



INFORME FINAL

Convenio de Desempeño 2016
Evaluación del stock desovante de merluza del sur,
merluza de cola y merluza de tres aletas en las
aguas exteriores entre la X y XII Regiones:

Sección III. Merluza de tres aletas

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 III. Merluza de tres aletas

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 Galvez Larach

JEFE PROYECTO

Álvaro Saavedra Godoy

AUTORES

Álvaro Saavedra Godoy
René Vargas Silva
Vilma Ojeda Cerda
Eduardo Díaz Ramos
Renato Céspedes Michea
Sebastian López Klarian
Carolina Lang Abarzúa
Juan Carlos Saavedra Nievas



AUTORES POR OBJETIVO

Evaluación hidroacústica biomasa, distribución espacial y batimétrica y análisis agregaciones

Álvaro Saavedra Godoy

Análisis geoestadístico de la estimación de biomasa

Carolina Lang Abarzúa

Estimación biomasa método Montecarlo

Juan Carlos Saavedra Nievas

Composición de talla; edad y proporción sexual; referido a distribución espacial y batimétrica

Renato Céspedes Michea

Vilma Ojeda Cerda

Luis Adasme Martínez

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

Eduardo Díaz Ramos

Importancia relativa fauna acompañante

René Vargas Silva

Ítems alimentarios (UNAB)

Sebastian López Klarian

Blanca Molina Burgos

Daniela Yepsen Duran

COLABORADORES

Investigadores hidroacústicos a bordo

Alvaro Saavedra Godoy

René Vargas Silva

Bernardo Leiva Perez

Muestreo biológico a bordo

José Pérez Soto

Adrian Ibieta Figueroa

Roberto Galaz Ubilla

Daniel Beroiza Castillo

Braulio Acuña Guajardo

Jose Pérez Sepulveda

Lectura otolitos

María Miranda Pérez

Lizandro Muñoz Rubio



RESUMEN EJECUTIVO

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

El proyecto contempló un crucero de prospección hidroacústica a bordo del B/C AGS 61 Cabo de Hornos, con zarpe y recalada en Valparaíso, el 1 y 31 de agosto de 2016, respectivamente, el cual en su primera etapa (crucero 1) se orientó a merluza del sur y merluza de cola (entre paralelos 43°30' y 47°00'S), y en una segunda etapa (crucero 2) a merluza de tres aletas (entre paralelos 46°35' y 51°00'S), realizándose una recalada intermedia en el puerto de Chacabuco el 16 de agosto.

El crucero 2 comenzó el 18 de agosto con una exploración en el área norte de la zona de estudio (46°40'S - 47°10'S), a fin de constatar la presencia del pulso migratorio, el cual los últimos cuatro años había presentado un retardo en la entrada, al no detectarlo se navegó hacia el límite sur (51°00'S) para realizar la prospección en sentido sur-norte y poder prospectar la zona de desove (47°00'S) a fines de agosto; en este escenario, el área prospectada abarcó desde la latitud 51°00'S hasta el 46°35'S, detectando el foco de concentración principalmente entre las latitudes 46°40'S y 46°50'S, finalizando la operación el 28 de agosto de 2016.

El estimado de biomasa de merluza de tres aletas, considerando el método geoestadístico, alcanzó las 97.042 toneladas con un intervalo de confianza que abarcó entre las 70.945 y 123.140 toneladas (CV=16,3%), mientras que el estimado preliminar de abundancia alcanzó los 154,4 millones de individuos, con un intervalo de confianza entre los 103,9 y 205,0 millones de ejemplares (CV=19,8%).

La estructura de talla registrada en el área y período de estudio, en base a 1.948 ejemplares muestreados, fue principalmente de individuos adultos con una moda principal entre 42-61 cm, talla media de 47 cm, predominio de machos (68%) respecto a hembras, y escasa presencia de juveniles (1,8% < 35 cm). En los años de estudio (2001-2016) se ha registrado un descenso de la presencia de adultos de tallas mayores a 50 cm, de 66% en 2001 a 17% en 2015, sumado a un aumento del predominio de los machos entre 67% y 72% registrado en los últimos tres años (2014 a 2016). No obstante, las hembras entre los 50 y 60 cm se concentraron principalmente entre los 46°30' y 47°30' S, área que el recurso se ha concentrado hacia fines del mes de agosto.

El rango de edades observado abarca desde la edad 1 a 24 años, concentrándose en peces de grupos de edad (GE) jóvenes, lo que al compararse respecto de la estructura etaria de hace una década atrás queda en evidencia un stock desovante deteriorado. Los grupos modales que se destacan en machos son GE IV, GE VI y GE VIII, presentando modas de mayor intensidad que las hembras y en hembras



se destacan los GE IV, GE VI y GE VIII a GEX, con aportes de menor intensidad, evidenciando a su vez la mayor longevidad.

De acuerdo a los indicadores del estado gonadal, merluza de tres aletas se encontró mayoritariamente en desarrollo del evento reproductivo, principalmente en madurez avanzada y en la fase inicial del proceso de desove masivo. En relación a la fracción participante del evento reproductivo, 96% de las hembras con tamaños entre 36 y 40 cm se encontraron sexualmente activas, para alcanzar prácticamente la totalidad en las hembras mayores a 41 cm. Por su parte, la mayor frecuencia de ejemplares inmaduros presentó tamaños menores a 36 cm. Los valores de IGS medio de ejemplares mayores a 35 cm LT evidenciaron la actividad gonadal con 9,0% y 14,1% en machos y hembras, respectivamente.

El ajuste de la ojiva de madurez con registros compilados de la serie de evaluaciones entre 2001 y 2016 entregó un estimado ($L_{50\%}$) en las hembras de 35,6 cm LT (35,2 cm – 36,0 cm). Por su parte, la edad media de madurez ($E_{50\%}$) con los datos de 2016 fue 2,4 años (1,7 años – 2,7 años). El potencial de fecundidad total promedio fue 270.607 ovocitos (cv 62%) y la fecundidad relativa promedio de 327 ovocitos (cv 30%), cifras 15% y 18% menor respecto al promedio de 2015, respectivamente.

Durante el desarrollo del crucero de evaluación se realizaron un total de 19 lances de pesca de identificación, de los cuales, 17 (89,5%) resultaron con captura positiva de merluza de tres aletas, mientras que merluza de cola y merluza del sur fueron capturadas en 17 (89,5%) y 15 (78,9%) lances de identificación respectivamente. Para el área de estudio, la captura total estuvo compuesta por merluza de tres aletas (77,17%), merluza de cola (15,16%), merluza del sur (4,42%), sierra (2,10%), cojinoba (0,56%), reineta (0,37%), mictófido (0,08%), brótula (0,08%), calamar (0,05%).

Los resultados de los taxa presentes en el espectro trófico de la merluza de tres aletas, indica una conducta trófica eurifága, dominando en la dieta peces mesopelágicos, como mictófidos y *Maurolicus parvipinnis*.



EXECUTIVE SUMMARY

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

The Project envisaged a hydro-acoustic prospection survey on board Research Vessel AGS 61 Cabo de Hornos, sailing and arriving to Valparaíso, on August 1 and 31, 2016, respectively. The first stage (survey 1) 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.

Survey 2 began on August 18, with an exploration of the northern part of the study area (46°40'S - 47°10'S), to verify the presence of a migratory pulse that had displayed a delayed entry during the last four years. Once its absence was detected, navigation was re-initiated toward the southern limit (51°00'S) to carry out a south-north prospection of the spawning area (47°00'S) at the end of August; in the scenario, the prospected area covered latitudes 51°00'S - 46°35'S, having detected the concentration point between latitudes 46°40'S - 46°50'S, completing the operation on August 28, 2016.

The biomass estimate of Southern Blue Whiting, with the use of the geostatistical method reached 97.042 tons, with a confidence interval ranging from 70,945 – 123,140 tons (VC=16.3%), while the preliminary abundance estimate reached 154.4 million individuals, with a confidence interval ranging from 103.9 - 205.0 million individuals (VC=19.8%).

The length structure recorded in the area during the study period based on 1.948 sampled individuals, mainly consisted of adult individuals with a main mode ranging from 42-61 cm, mean size of 47 cm, predominated by males (68%) with respect to females, and scarce presence of juveniles (1,8% < 35 cm). Throughout the years of the study (2001-2016) the presence of adults measuring over 50 cm, dropped from 66% in 2001 to 17% in 2015, in addition to an increase in the predominance of males from 67% - 72% recorded in the last three years (2014 - 2016). Nevertheless, females measuring from 50 - 60 cm concentrated mainly between parallels 46°30' - 47°30' S, at the end of August.

Ages observed ranged from 1 - 24 years, and centered on young age groups (AG), which compared to the age structure of a decade ago, evidences a deteriorated spawning stock. Modal groups in males distributed in AG IV, AG VI and AG VIII, displaying modes of higher intensity than females, which distributed in AG IV, AG VI and AG VIII - AGX, with contributions of lower intensity, evidencing an extended lifespan.



Based on gonadal status indicators, Southern Blue Whiting was mostly undergoing a reproductive event, mainly in advanced maturity and during the initial phase of the massive spawning process. With relation to the fraction involved in reproduction, 96% of female fish were found of sizes ranging from 36 - 40 cm and sexually active, and the length of almost the totality of female was 41 cm. The highest frequency of immature individuals showed sizes under 36 cm. Mean GSI values of individuals over 35 cm TL showed a gonadal activity of 9.0% and 14.1% in males and females, respectively.

The maturity adjustment ogive with records collected from a series of assessments from period 2001 - 2016 delivered an estimate ($L_{50\%}$) in females of 35.6 cm TL (35.2 cm – 36.0 cm). Mean age of maturity ($E_{50\%}$) with data from 2016 was 2.4 years (1.7 years – 2.7 years). The total average fecundity potential was 270.607 oocytes (cv 62%) and an average relative fecundity of 327 oocytes (cv 30%), 15% and 18% less with respect to the average in 2015, respectively.

During the assessment survey, a total of 19 fishing identification hauls were made, of which 17 (89.5%) resulted in positive catches of Southern Blue Whiting. Hoki and Southern Hake were captured in 17 (89.5%) and 15 (78.9%) identification hauls, respectively. In the study area, the total catch was comprised by Southern Blue Whiting (77.17%), Hoki (15.16%), Southern Hake (4.42%), Sierra (2,10%), Cojinoba (0,56%), Pomfret (0,37%), Myctophidae (0.08%), Botulid (0,08%), Squid (0.05%).

The results of the taxa present in the trophic spectrum of Southern Blue Whiting indicates a euryphagous trophic behavior, with a diet dominated by mesopelagic fish, such as myctophidae and *Maurolicus parvipinnis*.



ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO.....	i
EXECUTIVE SUMMARY	iii
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....	ix
1. OBJETIVO GENERAL	1
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
3. ANTECEDENTES.....	2
4. METODOLOGÍA.....	6
4.1 Área y período de estudio	6
4.2 Equipos	6
4.2.1 Embarcación	6
4.2.2 Sistema de ecointegración	7
4.2.3 Redes de pesca	7
4.3 Objetivo Específico 1: Determinar la biomasa total y desovante (en peso), abundancia total y desovante (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 de tres aletas.....	8
4.3.1 Diseño de muestreo	8
4.3.2 Identificación de ecotrazos de merluza de tres aletas	8
4.3.3 Información acústica	9
4.3.3.1 Corrección fuente de error producida por movimiento del transductor	10
4.3.4 Relación TS utilizada y coeficiente de ecointegración en número (C_n)	10
4.3.5 Estimación de la abundancia (en número) y la biomasa (en peso)	11
4.3.5.1 Separación en zonas del área de estudio	11
4.3.5.2 Estimación de la abundancia y biomasa	11
4.3.6 Estimación de la varianza de la abundancia y biomasa	13
4.3.6.1 Estimadores de la varianza de $\hat{R}$	13
4.3.7 Estimación del Coeficiente de variación (CV)	15
4.3.8 Distribución espacial del stock de merluza de tres aletas	15
4.3.9 Fuentes de incertidumbre	17
4.4 Objetivo Específico 2: Estimar la composición de tallas, edad y proporción sexual del stock total y desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas el área de estudio, referido principalmente a su distribución espacial y batimétrica. Sección merluza de tres aletas	19
4.4.1 Muestreo a bordo	19



4.4.2	Composición de tallas y proporción sexual	19
4.4.3	Estructura de edades del stock	21
4.4.3.1	Composición en número de la abundancia por edad	21
4.4.3.2	Peso medio a la edad por especie	23
4.4.3.3	Madurez a la edad	24
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 de tres aletas.....	25
4.5.1	Trabajo a bordo, toma y fijación de muestras	25
4.5.2	Procesamiento de muestras	25
4.5.3	Estimación de Indicadores reproductivos	26
4.5.3.1	Estimador del índice gonadosomático (IGS)	26
4.5.3.2	Estimación de estadios de madurez en la captura	26
4.5.3.3	Estimador de la proporción de estadios de madurez	26
4.5.3.4	Estimador de la varianza del estimador $\hat{P}_{EM}$	27
4.5.4	Estimación de la ojiva de madurez a la talla y edad	27
4.5.5	Estimación de la fecundidad	29
4.6	Objetivo Específico 4: Identificar y determinar la importancia relativa de la fauna acompañante 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 de tres aletas	30
4.6.1	Proporción de captura	30
4.6.2	Análisis de los datos	32
4.6.3	Análisis comunitario	32
4.6.3.1	Identificaciones de agrupaciones específicas	32
4.6.3.2	Determinación de diferencias entre asociaciones comunitarias (ANOSIM)	33
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 de tres aletas.....	34
4.7.1	Muestreo a bordo	34
4.7.2	Análisis de Laboratorio: análisis estomacal y de isótopos	34
4.7.3	Análisis de los datos	35
4.8	Objetivo Específico 6: Caracterizar y analizar las agregaciones de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en la zona de estudio. Sección merluza de tres aletas	37
4.8.1	Descriptorios morfológicos, batimétricos y de energía	38
4.8.2	Análisis de los datos	40
5.	RESULTADOS	41



5.1	Calibración del sistema de ecointegración	41
5.1.1	Lances de pesca	41
5.2	Objetivo Específico 1: Determinar la biomasa total y desovante (en peso), abundancia total y desovante (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 de tres aletas.....	41
5.2.1	Desarrollo del crucero	41
5.2.2	Separación en zonas de área de estudio	42
5.2.3	Biomasa y abundancia	42
5.2.4	Distribución espacial del stock de merluza de tres aletas	43
5.2.4.1	Distribución recurso en el área de estudio	43
5.2.4.2	Caracterización espacial de la densidad acústica de merluza de tres aletas	43
5.2.5	Evaluación de fuentes de error	44
5.3	Objetivo Específico 2: Estimar la composición de tallas, edad y proporción sexual del stock total y desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas el área de estudio, referido principalmente a su distribución espacial y batimétrica. Sección merluza de tres aletas	45
5.3.1	Composición de tallas y proporción sexual	45
5.3.1.1	Muestreos	45
5.3.1.2	Distribución de talla en la zona de estudio, estrato espacial y batimétrico	45
5.3.1.3	Distribución de talla del crucero 2016 respecto de los cruceros de investigación anteriores en la zona de estudio.....	46
5.3.2	Estructura de edades del stock	46
5.3.3	Relaciones peso – longitud	47
5.3.4	Abundancia por grupos de edad	47
5.3.5	Serie histórica	48
5.3.6	Caracterización de la abundancia	50
5.3.6.1	Proporción sexual de la abundancia	50
5.3.6.2	Edad mediana de la abundancia.....	51
5.3.7	Edad y estados de madurez	52
5.3.8	Concordancia entre las estimaciones de madurez gonadal macroscópica y microscópica	53
5.4	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 de tres aletas.....	54
5.4.1	Índice gonadosomático	54
5.4.2	Análisis macroscópico	55
5.4.2.1	Estadios de madurez sexual (EMS)	55
5.4.3	Análisis microscópico	56
5.4.3.1	Dinámica ovárica y tipo de desove	56
5.4.3.2	Estadios de madurez sexual (EMS)	56



5.4.3.3	Comparación entre el estimado macroscópico y microscópico de estadios de madurez sexual	56
5.4.3.4	Variable índice gonadosomático con relación al EMS microscópico	57
5.4.4	Ojiva de madurez	57
5.4.5	Fecundidad	58
5.5	Objetivo Específico 4: Identificar y determinar la importancia relativa de la fauna acompañante 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 de tres aletas	58
5.5.1	Proporción de captura	59
5.5.2	Identificación de agrupaciones para la serie histórica, cruceros 2001-2015	60
5.5.3	Identificación de agrupaciones para la serie histórica, cruceros 2001-2016, analizada por zona	61
5.5.4	Identificación de agrupaciones para la serie histórica, cruceros 2001-2016, analizada por veril	62
5.6	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 de tres aletas.....	63
5.6.1	Dieta general de <i>Micromesistius australis</i>	63
5.6.2	Alimentación de <i>Micromesistius australis</i> por sexo	63
5.6.3	Alimentación de <i>Micromesistius australis</i> por tallas	64
5.6.4	Isótopos estables (SIA)	64
5.7	Objetivo Específico 6: Caracterizar y analizar las agregaciones de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en la zona de estudio. Sección merluza de tres aletas	64
5.7.1	Resultados generales agregaciones merluza de tres aletas	64
5.7.2	Descriptores según zona.....	65
5.7.3	Descriptores según rango de fondo	65
5.7.4	Resultados análisis componentes principales	65
5.7.5.	Resultados serie histórica	66
6.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	67
7.	CONCLUSIONES	74
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

TABLAS
FIGURAS
ANEXO



ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

- Tabla 1.** Escala macroscópica para determinar estadios de madurez sexual de machos de merluza de tres aletas.
- Tabla 2.** Escala macroscópica para determinar estadios de madurez sexual de hembras de merluza de tres aletas.
- Tabla 3.** Caracterización histomorfológica de madurez sexual de hembras de merluza de tres aletas (Pájaro y Macchi, 2001 (modificada)).
- Tabla 4.** Calibración del sistema de ecointegración ER60. BC AGS 61 “Cabo de Hornos”.
- Tabla 5.** Captura en peso por cada lance de identificación, crucero merluza de tres aletas, Agosto 2016.
- Tabla 6.** Captura en número de individuos por cada lance de identificación, crucero merluza de tres aletas, Agosto 2016.
- Tabla 7.** Estimados de Biomasa y abundancia para la zona 1, según métodos Bootstrap y Geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2016.
- Tabla 8.** Estimados de Biomasa y abundancia para la zona 2, según métodos Bootstrap y Geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2016.
- Tabla 9.** Estimados Totales de Biomasa y abundancia según métodos Bootstrap y Geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2015.
- Tabla 10.** Abundancia y biomasa a la talla estimada mediante método geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2016. Zona 1.
- Tabla 11.** Abundancia y biomasa a la talla estimada mediante método geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2016. Zona 2.
- Tabla 12.** Abundancia y biomasa total a la talla estimada mediante método geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2016.
- Tabla 13.** Parámetros geoestadísticos de las estructuras espaciales de merluza de tres aletas y media kriging para la zonas 1 y 2. Agosto 2016.
- Tabla 14.** Estimados de biomasa mediante el método de simulación de Montecarlo.



- Tabla 15.** Parámetros de la relación peso - longitud de merluza de tres aletas crucero de evaluación agosto de 2016.
- Tabla 16.** Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza de tres aletas, machos, crucero 2016. (Abundancia Total = 154.445.118 ejemplares; Machos= 105.193.492; Hembras= 49.251.626).
- Tabla 17.** Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza de tres aletas, hembras, crucero 2016. (Abundancia Total = 154.445.118 ejemplares; Machos= 105.193.492; Hembras= 49.251.626).
- Tabla 18.** Abundancia por grupos de edad y desviación estándar para merluza de tres aletas por sexo y proporción de ambos según GE. Crucero de evaluación 2016.
- Tabla 19.** Estimaciones de grupo de edad (GE) al 50% de madurez para merluza de tres aletas; por sexo, para años que forman parte de la serie histórica de cruceros de evaluación.
- Tabla 20.** Valores promedios del índice gonadosomático por sexo, para todas las tallas y mayores a 35 cm, en el área prospectada y por tres zonas.
- Tabla 21.** Incidencia de fases macroscópicas de madurez gonadal por sexo.
- Tabla 22.** Incidencia de fases microscópicas de madurez ovárica, en el área prospectada y por tres zonas del área: (1): Taitao; (2): Golfo de Penas – Ladrillero; (3): Trinidad – Concepción.
- Tabla 23.** Estimados de talla de madurez sexual ($L_{50\%}$) de hembras de merluza de tres aletas de la serie de evaluaciones directas entre los años 2001 y 2016.
- Tabla 24.** Valores promedios de fecundidad de merluza de tres aletas a partir de evaluaciones directas entre los años 2001 y 2016.
- Tabla 25.** Resumen de las relaciones entre la fecundidad total con el peso corporal y la longitud total (a: intercepto; b: pendiente; S_x : error estándar del parámetro; gl: grado de libertad; SCE: suma cuadrado del error; r^2 : coeficiente de determinación).
- Tabla 26.** Nombre científico y código utilizado para la identificación de especies observadas en los lances de pesca, crucero 2016.
- Tabla 27.** Ítems alimentarios encontrados en los estómagos de *Micromesistius australis* para el año 2016.
- Tabla 28.** Ítems alimentarios representados por grupos mayores para *Micromesistius australis* durante año 2016
- Tabla 29.** Importancia por grupos mayores en la dieta de *Micromesistius australis* para el año 2016.



- Tabla 30.** Ítems alimentarios en las hembras de *Micromesistius australis* para el año 2016.
- Tabla 31.** Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de agregaciones de merluza de tres aletas.
- Tabla 32.** Valores promedio, Desv. Estándar y coeficiente de variación de los descriptores de agregaciones de merluza de tres aletas, según zona.
- Tabla 34.** Matriz de correlaciones de las variables originales (descriptores).
- Tabla 35.** Valores propios y variabilidad explicada, total y acumulada por los componentes
- Tabla 36.** Matriz de correlaciones de las variables originales con los componentes principales.

FIGURAS

- Figura 1.** Buque científico AGS 61 “Cabo de Hornos” utilizado en el crucero.
- Figura 2.** Red de arrastre Barracuda 608 utilizada en el crucero
- Figura 3.** Localización de las transectas de muestreo hidroacústico y lances de pesca de identificación, Agosto 2016.
- Figura 4.** Descriptores morfológicos y batimétricos de una agregación.
- Figura 5.** Distribución de frecuencia de la Abundancia para la Zona 1. Agosto 2016.
- Figura 6.** Distribución de frecuencia de la Abundancia para la Zona 2. Agosto 2016.
- Figura 7.** Distribución de frecuencia de la Abundancia Total de merluza de tres aletas. Agosto 2016.
- Figura 8.** Distribución espacial de la densidad de merluza de tres aletas, total área estudio. Agosto 2016.
- Figura 9.** CG, distribución merluza de tres aletas, períodos de realización de cruceros y distribución latitudinal de mayores densidades acústicas de merluza de tres aletas, período 2001-2016.
- Figura 10.** Variograma experimental de la densidad acústica de merluza de tres aletas, anisotropía (Ejes 0°,45°,90°,135°) y ajuste teórico para las zonas 1 y 2
- Figura 11** Distribución de talla por sexo de merluza de tres aletas para el período de estudio. B/C Cabo de Hornos (ago., 2016).
- Figura 12** Distribución de talla de merluza de tres aletas para las diferentes zonas en el área de estudio. B/C Cabo de Hornos (ago., 2016).



- Figura 13** Distribución de talla de merluza de tres aletas por área. B/C Cabo de Hornos (ago., 2016).
- Figura 14** Distribución de talla de merluza de tres aletas por sexo para la Zona 1 en el área de estudio. B/C Cabo de Hornos (ago., 2016).
- Figura 15** Distribución de talla de merluza de tres aletas por profundidad (rango profundidad de la red, m) para las hembras de la Zona 1 en el área de estudio. B/C Cabo de Hornos (ago., 2016).
- Figura 16** Distribución relativa de la talla de merluza de tres aletas para los cruceros hidroacústicos entre 2001 a 2009 y 2011 a 2016.
- Figura 17.** Rango de longitudes y tendencia central del Muestreo Biológico asociado a cada Lance, crucero de investigación 2016.
- Figura 18** Otolitos de merluza de tres aletas en que se observan los annuli. A: $L_p=31$ $LO=12,3$ $E=2$; B: $L_p=35$ $LO=14,0$ $E=3$; C: $L_p=41$ $LO=14,4$ $E=4$; D: $L_p=42$ $LO=15,6$ $E=5$ (L_p =Longitud pez en cm; LO =longitud Otolito en mm; E =Edad).
- Figura 19.** Dispersión de los datos peso-longitud para merluza de tres aletas. Crucero de Investigación 2016.
- Figura 20.** Curvas teóricas de función peso - longitud estimadas para merluza de tres aletas por sexo (A) y representación de los parámetros “a” (intercepto) y “b” (pendiente) de esta relación (B) en el período 2002 – 2016.
- Figura 21.** Estructura de la abundancia y la captura en número por grupo de edad de merluza de tres aletas. a: en porcentaje b: en número. Período 2001-2016. Barras vacías corresponden a pesquería; barras achuradas corresponden a cruceros de investigación.
- Figura 22.** Distribución de la abundancia por clases de talla (columna A de gráficos) y por GE (columna B de gráficos) registrada en los Cruceros de Evaluación de merluza de tres aletas. Período 2001-2016.
- Figura 23.** Razón de sexos de merluza de tres aletas, presente en la abundancia en el período de desove, según año.
- Figura 24.** Edades medianas de merluza de tres aletas, por sexo, presente en los cruceros de evaluación del stock desovante, período 2001 - 2016.
- Figura 25.** Fracción de merluza de tres aletas (machos y hembras) maduros, según grupos de edad, en los cruceros de evaluación años 2007 – 2016.



- Figura 26.** Curvas de madurez estimadas para merluza de tres aletas (machos y hembras), según grupos de edad y estados de madurez macroscópicos, en los cruceros de evaluación años 2007 a 2016. FMM: fracción de machos maduros; FHM: fracción de hembras maduras.
- Figura 27.** Fracción de individuos maduros por grupo de edad (GE 50%) estimado para merluza de tres aletas (machos y hembras), en base a clasificación macroscópica del estado de madurez; según año de crucero de evaluación de stock desovante.
- Figura 28.** Índice gonadosomático de machos de todas las tallas y mayores a 35 cm LT, en el área prospectada y por tres zonas del área: (1): Taitao; (2): Golfo Penas – Ladrillero; (3): Trinidad – Concepción (línea continua: mediana; discontinua: media; se indica el número de machos).
- Figura 29.** Índice gonadosomático de hembras de todas las tallas y mayores a 35 cm LT, en el área prospectada y por tres zonas del área: (1): Taitao; (2): Golfo Penas – Ladrillero; (3): Trinidad – Concepción.
- Figura 30.** Índice gonadosomático, ambos sexos, por grupos de tallas (se indica el número de machos abajo y hembras arriba).
- Figura 31.** Índice gonadosomático de machos en relación a la profundidad (referencial) del lance.
- Figura 32.** Índice gonadosomático de hembras en relación a la profundidad (referencial) del lance.
- Figura 33.** Distribución de los valores medios de IGS de machos mayores a 35 cm LT por grado de latitud y estrato de profundidad cada 50 m.
- Figura 34.** Distribución de los valores medios de IGS de hembras mayores a 35 cm LT por grado de latitud y estrato de profundidad cada 50 m.
- Figura 35.** Incidencia de fases macroscópicas de madurez gonadal por sexo (se indica el número de ejemplares).
- Figura 36.** Incidencia de fases microscópicas de madurez ovárica de merluza de tres aletas en el área prospectada (se indica el número de hembras).
- Figura 37.** Incidencia de fases microscópicas de madurez ovárica por grupos de tamaños de las hembras (se indica el número de hembras).
- Figura 38.** Fases ováricas microscópicas en relación al tamaño de las hembras y la profundidad (referencial) del lance.
- Figura 39.** Fases ováricas microscópicas en relación al tamaño de las hembras y el grado de latitud del lance.



- Figura 40.** Profundidad media de la incidencia de las fases microscópicas de madurez ovárica por grado de latitud del área de prospección.
- Figura 41.** Incidencia de fases microscópicas de madurez ovárica de merluza de tres aletas por tres zonas del área (se indica el número de hembras).
- Figura 42.** Índice gonadosomático individuales en relación al tamaño de la hembra y la fase microscópica de madurez.
- Figura 43.** Valores medios de IGS en relación a las fases microscópicas de madurez ovárica (se indica el número de hembras).
- Figura 44.** Ojiva de madurez a la talla de hembras de merluza de tres aletas en el área prospectada, con ajuste de 2016 y datos agrupados entre 2001 y 2016.
- Figura 45.** Estimados de talla de madurez ($L_{50\%}$) de hembras de merluza de tres aletas de la serie de evaluaciones directas entre los años 2001 y 2016.
- Figura 46.** Ojiva de madurez a la edad de hembras de merluza de tres aletas en el área prospectada.
- Figura 47.** Relación potencial entre la fecundidad total y el peso corporal.
- Figura 48.** Relación potencial entre la fecundidad total y la longitud total.
- Figura 49.** Composición de la captura obtenida en los lances de identificación efectuados en el área de estudio total, crucero 2016.
- Figura 50.** Composición de la captura obtenida en los lances de identificación por zonas históricas de distribución, crucero 2016.
- Figura 51.** Composición de la captura de fauna acompañante asociada a merluza de tres aletas, por zonas de distribución históricas, obtenida en los lances de identificación, crucero 2016..
- Figura 52.** Composición de especies presentes en la captura obtenida en los lances de identificación por veril de profundidad, crucero 2016.
- Figura 53.** Resultado del análisis de clasificación de los cruceros realizados entre los años 2001 y 2016, diferenciados por cruceros.
- Figura 54.** Resultado del análisis de ordenación de los cruceros realizados entre los años 2001 y 2016, diferenciados por cruceros.
- Figura 55.** Resultado del análisis de clasificación de los proyectos realizado entre los años 2001 y 2016, diferenciados por zonas.



- Figura 56.** Resultado del análisis de ordenación de los proyectos realizado entre los años 2001 y 2016, diferenciados por zonas.
- Figura 57.** Resultado del análisis de clasificación de los cruceros por veril de profundidad, realizado entre los años 2001 y 2016.
- Figura 58.** Resultado del análisis de ordenación de los cruceros por veril de profundidad, realizado entre los años 2001 y 2016.
- Figura 59.** Proporción de estómagos llenos y vacíos
- Figura 60.** Biplot de nitrógeno y carbono para *Micromesistius australis* en la zona estudiada. CAM: Camarones, EUF: Eufausidos, CEF: Cefalopodos, MESOP: Peces Mesopelagicos.
- Figura 61.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores largo, alto, elongación, perímetro, área, dimensión fractal, profundidad de agregaciones, profundidad del fondo, índice de altura, energía retrodispersada y densidad acústica de agregaciones según zona.
- Figura 62.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores largo, alto, elongación, perímetro, área, dimensión fractal, profundidad de agregaciones, índice de altura, energía retrodispersada y densidad acústica de agregaciones según rango de fondo.
- Figura 63.** Correlación de las variables originales con los dos primeros componentes.
- Figura 64.** Variación de los principales descriptores de las agregaciones de merluza de tres aletas años 2001-2016
- Figura 65.** Estimados de Biomasa con sus intervalos de confianza para merluza de tres aletas, años 2001-2016.
- Figura 66.** Estimados de Abundancia con sus intervalos de confianza para merluza de tres aletas, años 2001-2016.
- Figura 67.** Peso promedio (g) del stock desovante de merluza de tres aletas años 2001-2016.

ANEXO

TALLERES



1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el stock desovante 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), abundancia total y desovante (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.
- 2.2 Estimar la composición de tallas, edad y proporción sexual del stock total y desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas el área de estudio, referido principalmente a su distribución espacial y batimétrica.
- 2.3 Determinar el índice gonadosomático, estadios de madurez macroscópicos, ojiva de madurez, talla y edad de primera madurez y fecundidad de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas a partir de los lances de identificación.
- 2.4 Identificar y determinar la importancia relativa de la fauna acompañante de 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 la zona de estudio.



3. ANTECEDENTES

La merluza de tres aletas (*Micromesistius australis* Norman, 1937) representa un componente importante en el ecosistema sur austral. Esta especie presenta dos poblaciones, que corresponderían a poblaciones genéticamente diferentes (Ryan *et al.*, 2002), una alrededor de Nueva Zelanda en el Pacífico suroccidental (Csirke, 1990) y la sudamericana en el Pacífico suroriental y Atlántico suroccidental, asociada a la plataforma y talud continental de la región sur austral de Chile y Argentina como también alrededor de las islas Malvinas, islas Orcadas del Sur, islas Shetland del Sur e islas Georgias, existiendo siempre la duda si se trata de una población o dos subpoblaciones de esta especie. Al respecto Niklitschek *et al.* (2008) concluyen que no hay evidencias de segregación poblacional a escala evolutiva entre los ejemplares de *M. australis* capturados en los océanos Atlántico y Pacífico pero sí sustenta la hipótesis de dos poblaciones separadas, mientras que Arkhipkin *et al.* (2008) mediante un análisis químico de los otolitos concluye que hay diferencias significativas en los niveles de estroncio en la edad adulta de esta especie en los ejemplares capturados en Chile y Argentina, mientras que durante el período mas juvenil encuentra similitudes en ambas muestras en el 20% de los individuos. Lo anterior es corroborado por Niklitschek *et al.* (2010) los que mediante análisis químico de otolitos y análisis parasitario en individuos adultos apoyan la existencia de al menos dos subpoblaciones de merluza de tres aletas en Sudamérica.

Su distribución geográfica en el Océano Atlántico ha sido referida entre las latitudes 38°00'S a 55°00'S en invierno y desde los 42°00'S a 55°00'S en verano, en profundidades de 80 a 800 m en aguas próximas al talud continental. Perrotta (1982) señala que durante la temporada estival la distribución de la merluza de tres aletas se extiende hacia el extremo meridional del mar de Scotia entre las islas Georgias y Shetland del sur, asociada a un desplazamiento de carácter trófico durante el primer trimestre del año. En el Océano Pacífico Suroriental, Avilés y Aguayo (1979) sitúan su distribución entre las latitudes 42°26'S a 57°00'S y Lillo *et al.* (1993) informan que su presencia está asociada a la plataforma y talud continental en un rango de profundidad de 130 a 800 metros.

Lillo *et al.* (1994) postulan un esquema de dinámica espacial que asocia la presencia de este recurso en el Pacífico Suroriental a un pulso migratorio de carácter reproductivo, el cual ingresa al sector chileno a fines del segundo trimestre proveniente del sector Atlántico. Este pulso se desplaza en dirección general norte asociado a la plataforma y talud continental, hacia un área de desove localizada entre las latitudes 47°00'S a 51°00'S donde se concentra desde mediados de julio a septiembre, retornando luego hacia el sur abandonando el sector Pacífico a mediados de noviembre.

En lo que respecta a su proceso reproductivo, la merluza de tres aletas presenta un desarrollo ovárico de tipo sincrónico, con un solo grupo modal de ovocitos que maduran para ser desovados en tandas sucesivas en corto tiempo (450 -1.125 micras), sin que se registre un proceso continuo de reclutamiento desde el stock de ovocitos maduros en reserva, características que la identifican como un desovador parcial con fecundidad anual determinada (Lillo *et al.*, 2002; Macchi y Pajaro, 1999). La merluza de tres aletas comienza a desovar a una talla de 31 cm (2 años) y sobre 45 cm de longitud la totalidad de las hembras se encuentran maduras (Lillo *et al.*, 2004; Córdova *et al.*, 2003; Lillo *et al.*, 2002).



El proceso de desove en el Pacífico se lleva a cabo entre mediados de julio y septiembre (Lillo *et al.*, 1993; Córdova y Céspedes, 1997; Lillo y Céspedes, 1998; Lillo *et al.*, 2002; Córdova *et al.*, 2003; Lillo *et al.*, 2004 y 2005; Saavedra *et al.*, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2012, 2013, 2014 y 2015). En el Pacífico Suroriental, sobre la base de estimaciones del índice gonadosomático (IGS) y el análisis de los estadios de madurez macroscópicos como microscópicos, se ha registrado que esta especie experimenta un activo proceso reproductivo en el bimestre agosto-septiembre, con valores de fecundidad promedios que han variado entre 386.831 y 733.540 ovocitos, en tanto que su fecundidad relativa promedio ha fluctuado entre 392 y 703 ovocitos con sobre el 50% de las hembras en proceso de desove activo (Lillo *et al.*, 2002; Córdova *et al.*, 2003 y Lillo *et al.*, 2004), en cambio, hacia octubre y noviembre junto a los ejemplares con gónadas en regresión se observaron hembras inmaduras, pero ninguna en proceso de desove.

La talla media de madurez sexual ($L_{50\%}$) de hembras en el Pacífico Suroriental ha sido estimada en 38,4 cm (Balbontín y Lillo, 1999) y en 36 cm por Córdova *et al.*, 2003, Lillo *et al.*, 2004 y Saavedra *et al.*, 2015. Sánchez *et al.*, 1986 estimaron para el Atlántico Sudoccidental, la talla media de madurez en 35,4 cm para machos y 38,01 cm para hembras, mientras que Macchi y Pájaro (1999) señalan un valor sustantivamente menor de 30,8 centímetros.

En lo que respecta al comportamiento alimentario de *M. australis*, esta presenta características zooplanctófagas del tipo carcinófago, siendo sus presas en primer lugar crustáceos pelágicos (eufáusidos) y en segundo lugar pequeños peces (mictófidios) (Otero, 1977; Pool, *et al.*, 1997; Lillo *et al.*, 2003, Brickle *et al.*, 2009). Una característica de los estudios de la dieta de *M. australis* es la baja proporción de estómagos con algún tipo contenido (<27%), situación que ha sido atribuida a la rápida digestión de presas con cuerpos frágiles como son las especies del zooplancton (Pool *et al.*, 1997). Por otra parte, Pool *et al.*, (1997) señalan que la *M. australis* forma parte de la dieta de *Merluccius australis* y *Genypterus blacodes*, pero sin alcanzar los niveles de importancia que representa *Macruronus magellanicus*, situación también observada por Lillo *et al.* (2002; 2003).

En Chile, la explotación comercial de la merluza de tres aletas se inicia con el desarrollo a mediados de la década del 70 de la pesquería demersal sur austral, orientada a la captura de merluza del sur y congrio dorado, y donde la merluza de tres aletas formaba parte de su fauna acompañante. En el período 1981-1992, los desembarques de merluza de tres aletas variaron entre 2.000 y 5.000 toneladas anuales, obteniéndose las mayores capturas durante el tercer trimestre (Sernapesca, 1990, 1998), sin embargo a partir de 1993 y conjuntamente con el inicio de proyectos de pesca de investigación orientadas al desarrollo de su pesquería, las capturas elevaron a niveles que fluctuaron entre 20 y 24 mil toneladas hasta el año 2010, a partir de 2011 se observa una disminución reiterada en los desembarques para llegar el 2013 a desembarcar cerca de 15.000 toneladas de 25.000 autorizadas (Sernapesca, 2014), el 2014 se rebaja la cuota a 14.400 t llegando el desembarque a bordear las 11.200 t, el 2015 la cuota nuevamente se redujo a 13.900 t alcanzando el desembarque a 8.800 t. para el año 2016 bajar la cuota a 11.600 t alcanzando aproximadamente 10.000 t de desembarque (Fuente IFOP).

Aunque la merluza de tres aletas está presente durante todo el año, se han observado fuertes variaciones en su distribución y rendimientos de pesca. Giakoni (1992) señala la ausencia en diciembre de merluza de



tres aletas al norte de la latitud 52°00'S, mientras Lillo y Paillamán (1996), Córdova y Céspedes (1997) y Lillo y Céspedes (1998) señalan variaciones estacionales en la distribución de la merluza de tres aletas estimada a partir de las áreas de operación de un buque en actividades de Pesca de Investigación, con un límite septentrional localizado al norte de la latitud 47°00'S en invierno y 52°00'S en verano.

En lo que respecta a la localización de las áreas de pesca, tanto en el sector Atlántico como Pacífico las mayores capturas se efectuaban entre el segundo y tercer trimestre, esto es, cuando el recurso se dirige hacia su área de desove. Wohler y Marí (1996) señalan que las principales áreas de pesca de la flota argentina se localizaban en un área restringida ubicadas al este y noreste de las islas de los Estados, obteniéndose las mayores capturas en el bimestre mayo-junio cuando grandes concentraciones de merluza de tres aletas cruzaban en las cercanías del banco Burdwood en dirección a su área de desove en las cercanías de las islas Malvinas (Madirolas *et al.*, 1997). Mientras que en Chile se producen cuando el recurso se desplaza hacia el área comprendida entre los 47°S y 51°S, donde ocurre su proceso de desove (Lillo y Céspedes, 1998).

En este escenario, las variaciones estacionales en la distribución y biomasa de la merluza de tres aletas, que son dependientes de la fase de desarrollo del proceso migratorio, ejercen una clara influencia sobre los rendimientos de pesca del recurso objetivo. Al respecto, Giakoni (1992) estimó para la primera quincena de diciembre de 1992 rendimientos promedios de merluza de tres aletas de 3,2 t·h⁻¹, mientras Lillo y Paillamán (1996) estimaron para el período diciembre de 1994 a abril de 1995 rendimientos de pesca que fluctuaron entre 0,7 y 4,5 t·h⁻¹. En el período julio-noviembre los rendimientos de pesca han presentado un fuerte aumento, fluctuando desde 8 t·h⁻¹ (noviembre de 1998 y 2000) a 137 t·h⁻¹ (julio de 1997), mientras que en el resto de los años los valores máximos promedios han fluctuado entre 43 y 81 t·h⁻¹. Un elemento común, lo constituye la baja en los rendimientos de pesca en el período octubre y noviembre (Lillo *et al.*, 1993; Córdova y Céspedes, 1997; Lillo y Céspedes, 1998; Céspedes *et al.*, 2007).

En lo relativo a la biomasa de la merluza de tres aletas, dos evaluaciones directas realizadas mediante métodos acústicos el año 1993 para la zona comprendida entre las latitudes 47°S a 57°S, señalan valores de 186 mil toneladas en junio y 66 mil toneladas en noviembre, registrándose una disminución de la biomasa del 65% entre ambos períodos, hecho también atribuido al proceso migratorio del recurso (Lillo *et al.*, 1993). Las evaluaciones directas mediante métodos acústicos durante el período reproductivo realizados durante 2001 y 2002, resultaron en biomاسas en torno a las 200 mil toneladas, bordeando las 180 mil toneladas el 2003 y sufriendo una merma considerable el 2004 alcanzando las 84.000 toneladas, situación atribuible al período de realización del crucero ese año, ya que el recurso se encontró en una condición de post-desove y abandonando el área de estudio. El año 2005 la biomasa alcanzó los niveles del año 2003, bordeando las 180 mil toneladas, mientras que el año 2006 la estimación de biomasa alcanzó niveles cercanos a las 130 mil toneladas, observándose una disminución sostenida los años 2007 y 2008 con estimados de biomasa de 98.500 y 93.300 toneladas, respectivamente. El año 2009 se observaron incrementos en biomasa y abundancia del 22% y 63% respectivamente. El año 2010 no se realizó el crucero hidroacústico, mientras que el 2011 las estimaciones de la abundancia y la biomasa equivalieron a una disminución del 4% y a un incremento del 14% respecto al 2009, aumento insuficiente para revertir la tendencia y alcanzar los niveles históricos asociados al inicio de la declaración de esta pesquería en



plena explotación. Los resultados del 2012 reflejaron un cambio en el comportamiento del recurso, detectándose un retardo en la entrada del pulso reproductivo, observándose además una importante baja del 32% en la biomasa y del 23% en la abundancia respecto al año 2011, situación que se repitió el 2013 y 2014 detectándose en ambos años el retardo en la entrada del pulso reproductivo a fines de agosto y resultando en bajas consecutivas en las estimaciones de la biomasa y abundancia, alcanzando un repunte el año 2015 y 2016 pero manteniendo el retardo en la concentración reproductiva del stock desovante.

Esta pesquería fue declarada en régimen de plena explotación el año 2000 por la autoridad pesquera. De acuerdo a la nueva Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA), la asignación de las cuotas industriales para este recurso se realiza mediante licencias transables de pesca (LTP), creándose además los comités científicos técnicos como organismos asesores en las materias científicas relevantes para la administración y manejo de las pesquerías con su acceso cerrado, requiriéndose en consecuencia de antecedentes que permitan establecer los niveles de capturas totales permisibles o biológicamente aceptables. En este contexto es que el Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, institución responsable de fijar las políticas y establecer las medidas de regulación adecuadas para el desarrollo sustentable de la actividad de la pesca y la acuicultura, ha incluido el proyecto de “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” en el programa de investigaciones correspondiente al año 2016, del que se presenta su Informe Final, sección: merluza de tres aletas.



4. METODOLOGÍA

4.1 Área y período de estudio

El crucero de prospección, se efectuó en el período comprendido entre el 18 y 28 de agosto de 2016, en el área comprendida entre las latitudes 46°35' y 51°00'S.

Para determinar el área de distribución del recurso se digitalizaron los puntos de inicio y fin de los intervalos básicos de muestreo (Barbieri *et al.*, 1998) positivas con lectura de merluza de tres aletas en las transectas realizadas durante el crucero, expresados en grados y minutos de longitud y latitud, corrigiéndose la longitud a coordenadas Mercator. Posteriormente se construyó una grilla equivalente al área rectangular mínima que contuviera el polígono de la zona digitalizada. Sobre esta grilla se blanqueó el polígono formado por los puntos iniciales y finales de distribución del recurso en las transectas.

También se utilizó el área entregada por el software EVA2. El área entregada por el programa (en grados) fue transformada a la proyección Mercator mediante la corrección por el coseno de la latitud media y referida a millas náuticas cuadradas, según:

$$\text{Área}_{\text{grados}} = \iint \text{Long}(y) (\text{Lat}(x)) dy dx$$

$$\text{Área} = \text{Área}_{\text{grados}} * 3600 \text{ mn}^2$$

4.2 Equipos

4.2.1 Embarcación

La embarcación utilizada fue el buque científico AGS 61 “Cabo de Hornos” (**Fig. 1**), utilizado también en las prospecciones efectuadas los años 2013, 2014 y 2015. Este buque posee una eslora de 74,1 m, 15,6 m de manga, 8,5 m de puntal, Motor Diesel x Wartsila y eléctricos Ansaldo de 1.500 kW que permiten desarrollar el equivalente a 4.021 HP, y un T.R.G de 3.068 t, con un muy bajo nivel de radiación de ruido, cumpliendo con las recomendaciones dadas por ICES en la publicación del informe de Investigación Cooperativa N° 209 (Mitson, 1995). El B/C “Cabo de Hornos” es administrado por la Armada de Chile y fue utilizado en modalidad de arriendo

La autorización para realizar la pesca de investigación fue consignada y regulada a través de la Resolución Exenta N° 2.363 del 29 de julio de 2016, en que la Subsecretaría de Pesca autoriza a la nave Cabo de Hornos a realizar la pesca de investigación. La resolución autorizó para ambos cruceros (merluza austral-merluza de cola y merluza de tres aletas) 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 a los lances de identificación tales como cojinoba,



reineta, congrio dorado, tollo y brótula con cuotas de 1, 1, 0,5, 0,2, 0,5 y 1 tonelada, respectivamente para el total de cruceros.

4.2.2 Sistema de ecointegración

Se utilizó un ecosonda científico marca Simrad modelo ER60 con seis transductores (Split-beam transducer) con frecuencias de 18, 38, 70, 120, 200 y 333 kHz, siendo la frecuencia principal de uso de la 38 kHz. Estos transductores están instalados en una quilla retráctil, la que se mantuvo sumergida a 9 m bajo la superficie durante todo el crucero.

Los archivos RAW fueron almacenados diariamente para su posterior proceso. Este ecosonda fue configurado en su frecuencia principal para transmitir a una potencia de 2.000 W con una duración del pulso de 1,024 ms en todas las frecuencias. La ganancia utilizada previa calibración fue de 26,66 dB. El coeficiente de absorción nominal fue de 9,8 dB/km. Con un umbral mínimo de detección utilizado de -65 dB. Los archivos RAW fueron descargados diariamente del servidor del buque y respaldados en discos duros externos.

El sistema de ecointegración, fue calibrado de acuerdo al procedimiento recomendado por el fabricante (Simrad, 2003), el cual consiste en ubicar un blanco de referencia con fuerza de blanco conocida bajo el transductor y dentro del haz acústico, a fin de comparar la fuerza de blanco registrada por el equipo con la fuerza de blanco conocida, siendo el blanco estándar una esfera de tungsteno de 38,1 mm de diámetro y TS de -42,4 dB para la frecuencia de 38 kHz. Si es necesario ajustar el ecosonda, como fue el caso, esto es desarrollado automáticamente por el software de calibración del ER60. Cabe destacar que esta esfera de tungsteno sirve además para calibrar las frecuencias de 18, 70, 120 y 200 kHz.

Adicionalmente, se instaló directamente a la CPU del ER60 un inclinómetro digital marca Applied Geomechanics, modelo MD900-7, el cual permitió adquirir datos de ángulos de inclinación del buque de cabeceo y roleo (pitch and roll) a una frecuencia de 4 datos por segundo, lo que permitió compensar la señal acústica perdida por este movimiento (Dunford, 2005, Saavedra *et al.*, 2012).

4.2.3 Redes de pesca

Se realizaron 19 lances de pesca de identificación a profundidades que variaron entre 160 y 450 m, utilizándose para tal efecto una red de arrastre de mediagua Barracuda 608 con abertura vertical de 40-50 metros (**Fig. 2**). Esta red contaba con un cubrecopo de 50 mm, lo que aseguró rescatar el mayor espectro de tallas posible, así como el de mantener las condiciones operacionales de estudios anteriores.



4.3 Objetivo específico 1

Determinar la biomasa total y desovante (en peso), abundancia total y desovante (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 de tres aletas

4.3.1 Diseño de muestreo

Teniendo en cuenta los antecedentes que indican que durante el período y área del estudio, la concentración reproductiva del recurso presenta una estrecha distribución longitudinal, se efectuó, de acuerdo a lo propuesto en la oferta técnica, un muestreo de tipo sistemático con transectas equidistantes y perpendiculares al sentido general de la costa, lo que permite disminuir la varianza del estimador cuando los datos presentan un gradiente de densidad en el sentido de las transectas, así como también, obtener información adecuada sobre la distribución espacial de los recursos (Simmonds y MacLennan, 2005).

Durante el crucero se realizaron un total de 54 transectas con una separación entre ellas de cinco millas náuticas, las que cubrieron longitudinalmente desde el veril de los 100 a 1.500 metros de profundidad aproximadamente (**Fig. 3**). Los lances de identificación se realizaron lo más cercano al momento de la detección, a fin de disminuir la incertidumbre espacio-temporal en la asignación de las unidades de ecointegración.

4.3.2 Identificación de ecotrazos de merluza de tres aletas

La identificación de los ecotrazos correspondientes a la merluza de tres aletas, se realizó mediante la inspección visual de los ecogramas, en base a los resultados de los lances de identificación. Para lo anterior se utilizó el software SonarData Echoview® (versión 7.1.10) fijándose un umbral mínimo de detección (S_v) de -65 dB. El procedimiento utilizado es el considerado estándar (Simmonds *et al.*, 1991) constando de los siguientes pasos:

- 1) Definición de líneas de superficie y línea de fondo en el ecograma, las cuales limitaron las zonas de integración superior e inferior en el ecograma.
- 2) Revisión y edición de la línea de fondo, la cual fue corregida en las zonas en que hubo pérdida de señal, o en las zonas en que eventualmente el fondo se confundía con señales de agregaciones muy cercanas a éste. Esta corrección de la señal de fondo generó un límite inferior para el área de integración.
- 3) Revisión y edición de la línea de superficie, la cual debió ser generada a una profundidad tal que evite que la turbulencia o burbujas generadas por el casco del buque sean incorporadas como ruido a la integración, ésta línea se ubicó generalmente a 3 metros bajo el transductor.



- 4) Definición de regiones a integrar, donde se integraron las regiones dentro de cada IBM (Intervalo Básico de Muestreo de 0,5 millas náuticas de extensión). La delineación de la región a integrar fue de tipo manual, encerrando convenientemente en la región el ecotrazo detectado para su posterior integración.

La asignación de las unidades de ecointegración, a los ecotrazos detectados 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 ($s_{A(t)}$) del intervalo básico de muestreo es proporcional a su participación en la captura en número (n_i) de las "j" especies participantes en el lance y su coeficiente de dispersión acústico (σ).

$$s_{A(i)} = \frac{n_i * \sigma_i}{\sum (n_j * \sigma_j)} * s_{A(t)}$$

En el caso de los lances con captura multiespecífica se consideró las relaciones de TS de las especies recurrentes utilizando las relaciones descritas para merluza del sur por Lillo *et al.* (1996) y para merluza de cola por Lillo *et al.* (2006), mientras que para reineta, brótula y congrio se utilizó la relación para peces fisóstomos (Foote, 1987). Para cojinoba del sur y dada la falta de información para esta especie se optó por utilizar la relación para jurel (Córdova *et al.*, 1998):

Merluza de cola:	$20,2 * \text{Log}(L) - 73,1 \text{ (dB)}$
Merluza austral:	$20 * \text{Log}(L) - 68,1 \text{ (dB)}$
Reineta:	$20 * \text{Log}(L) - 71,9 \text{ (dB)}$
Cojinoba:	$20,11 * \text{Log}(L) - 71,9 \text{ (dB)}$

Las tallas medias fueron estimadas a partir de los muestreos de talla realizados a la especie objetivo y a la fauna acompañante.

La asignación de la proporción en número de merluza de tres aletas y de las especies recurrentes de cada lance se realizó al área inmediatamente vecina a éste. Durante el crucero se realizaron un total de 19 lances distribuidos en el área de estudio, intensificándose el muestreo biológico en las zonas donde se detectó mayor presencia del recurso. La distribución espacial de los lances se entrega en la **figura 3**.

4.3.3 Información acústica

La prospección acústica nocturna, se llevó a cabo en forma continua durante la navegación, discretizando la información en Intervalos Básicos de Muestreo (I.B.M.) de 0,5 mn. (Barbieri *et al.*, 1998). La información acústica está representada por el valor de densidad promedio detectada en cada I.B.M. a lo largo de la transecta, expresado en energía retrodispersada referida a una milla náutica cuadrada (s_A) y los valores de intensidad de blanco (TS), detectados dentro de los límites de integración de las I.B.M.'s.



4.3.3.1 Corrección fuente de error producida por movimiento del transductor

La pérdida de información generada durante la prospección por los cambios en la orientación del transductor entre el momento de la transmisión del pulso y su recepción y que puede ser severa en casos de mal tiempo (Simmonds y Maclennan, 2005) fue compensada determinando los ángulos de inclinación longitudinal (pitch) y lateral (roll) con un sensor de movimiento instalado en el puente de la embarcación y conectado al computador del ER60, el cual tomó muestras continuas de la inclinación a razón de 240 muestras por minuto.

Para efectos de incorporar y compensar la señal acústica se utilizó el módulo de operador avanzado “*Motion correction (Dunford method)*” de Echoview® (versión 7.1.10) el cual permite corregir pulso a pulso la atenuación de señal mediante el método de Dunford (Dunford, 2005). Aun así, a fin de minimizar el movimiento lateral y longitudinal de la embarcación, las transectas se realizaron generalmente con viento en popa o por la amura, intentando minimizar con esto la pérdida de señal por este concepto (Saavedra *et al.*, 2012).

4.3.4 Relación TS utilizada y coeficiente de ecointegración en número (C_n)

- Relación TS

La relación de TS empleada es la misma que se ha utilizado en todas las estimaciones de biomasa anteriores de merluza de tres aletas, a fin de mantener una consecuencia con evaluaciones pasadas y poder realizar comparaciones en la serie histórica. Se utiliza la relación señalada por Lillo *et al.*, (1996) para *Merluccius gayi* e igual a:

$$\overline{TS} = 20 * \log(talla) - 68,5 \quad (dB)$$

Existen diferentes estimaciones de la relación de TS para merluza de tres aletas realizadas por diferentes autores, pero todas recomiendan ser tomadas con precaución debido a la escasa base de datos que las sustentan, o a los rangos de talla en que son aplicables (Hanchet, 2000; Madirolas *et al.*, 1997; Godø *et al.*, 2002; Pedersen *et al.*, 2011) los que provocarían aumentos en las estimaciones de biomasa en hasta un 75%. En Chile, Lillo *et al.*, 2006 obtienen una relación de TS para merluza de tres aletas chilena igual a $TS = 20 * \log(talla) - 69,1 \quad (dB)$, la cual ha significado en años anteriores aumentos en la estimación de biomasa en valores cercanos al 15%.

Independiente de la relación utilizada, los argumentos descritos anteriormente son los que mantienen como base comparativa la aplicación de la relación estimada para merluza común en la evaluación de merluza de tres aletas. En este escenario, las estimaciones mediante métodos hidroacústicos deben ser consideradas como un indicador del tamaño de la biomasa desovante del stock.

- Coeficiente de ecointegración



El coeficiente de eointegración a la talla “k” en número (C_{nk}) referido a un s_A se calculó según:

$$C_{nk} = (4\pi * 10^{\frac{TS_k}{10}})^{-1}$$

Dónde: TS_k = Intensidad de blanco a la talla “k” (dB)

4.3.5 Estimación de la abundancia (en número) y la biomasa (en peso)

4.3.5.1 Separación en zonas del área de estudio

Debido a las diferencias observadas en las densidades acústicas observadas en el área de estudio al sur de la latitud 47°00 (casi la totalidad del área) y al norte del paralelo 47 (zona de mayor concentración del recurso), es que se separó el área de estudio en dos zonas, la zona 1 comprendida entre la latitud 46°35’S y 47°02,5’S y la zona 2 comprendida entre las latitudes 47°02,5’S y 51°00’S.

4.3.5.2 Estimación de la abundancia y biomasa

La abundancia y biomasa de merluza de tres aletas en cada sector se estimó según:

$$\begin{aligned}\hat{A}_k &= a \hat{C}_{nk} \hat{R}_k \\ \hat{A}_T &= \sum_k \hat{A}_k \\ \hat{B}_k &= \hat{A}_k \hat{w}_k \\ \hat{B}_T &= \sum_k \hat{B}_k\end{aligned}$$

Dónde:

- $\hat{A}_k$ = abundancia a la talla k (en número).
- a = área prospectada (mn^2) del sector
- $\hat{C}_{nk}$ = coeficiente de eointegración a la talla k ($n/mn^2/s_A$)
- $\hat{w}_{kj}$ = peso promedio a la talla k, expresado en (t).
- $\hat{A}_T; \hat{B}_T$ = abundancia y biomasa total.
- P_k = frecuencia de la talla k obtenida desde la estructura de tallas de los lances de pesca agrupados en el área de estudio.
- $\hat{R}_k$ = estimador de razón a la talla k.

Siendo:

$$\hat{R}_k = \hat{R} P_k$$



Dónde $\hat{R}$ se obtuvo de acuerdo a los siguientes métodos

- **Bootstrap**

El estimador de razón ($\hat{R}$) de las lecturas acústicas del ecointegrador (s_A) por IBM correspondiente al método Bootstrap (Robotham y Castillo 1990) se calcula según:

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

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

- **Variables regionalizadas**

Otro estimador de biomasa utilizado, corresponde al propuesto por Petitgas (1991) el cual considera que la biomasa depende de la geometría del área de distribución del recurso y estima su densidad (Z), que es equivalente a la razón $\hat{R}$, sólo en dicha área (V) mediante la expresión:

$$Z_v = \frac{1}{V} \int Z(x) dx$$

Z_v es un estimador de la media ponderada de las muestras de las lecturas acústicas, sin embargo, en aquellos casos donde las muestras provienen de una grilla regular, y donde cada una de ellas tiene igual área de influencia, el estimador de Z_v puede ser calculado como la media aritmética de los datos de s_A por intervalo básico de muestreo.

La lectura acústica del ecointegrador por IBM corresponde a la expresión:

$$s_A = 4\pi(1.852)^2 \int_{r1}^{r2} s_v * dr$$

Dónde:

- S_v = coeficiente volumétrico de dispersión (m^2/m^2).
- R_o = profundidad de referencia del blanco (m).
- $r2, r1$ = límites superior e inferior de la ecointegración ó de los estratos programados (m).
- 1.852 = factor de transformación de m a mn.



4.3.6 Estimaci3n de la varianza de la abundancia y biomasa

La varianza de la abundancia se determin3 seg3n:

$$\hat{V}(\hat{A}) = \sum_k^K \hat{V}(\hat{A}_k)$$

Dado que no se dispone de la varianza del TS a la talla, se debe considerar a C_{nk} como una constante, quedando la estimaci3n de la varianza reducida a:

$$\hat{V}(\hat{A}_k) = (a * C_{nk})^2 * [\hat{V}(\hat{R}_k)]$$

$$\hat{V}(\hat{R}_k) = \hat{V}(P_k) \hat{R}_k^2 + \hat{V}(\hat{R}_k) P_k^2 - \hat{V}(\hat{R}_k) \hat{V}(\hat{R}_k)$$

La varianza de la biomasa se calcula seg3n:

$$\hat{V}(\hat{B}) = \sum_k^K \hat{V}(\hat{B}_k)$$

$$\hat{V}(\hat{B}_k) = \hat{V}(\hat{A}_k) \hat{W}_k^2 + \hat{V}(\hat{W}_k) \hat{A}_k^2 - \hat{V}(\hat{A}_k) \hat{V}(\hat{W}_k)$$

4.3.6.1 Estimadores de la varianza de $\hat{R}$

Para dise1os sistem3ticos como el propuesto en esta evaluaci3n, donde se considera un 3nico punto de arranque para la muestra, no es posible obtener un estimador de varianza que sea insesgado ni consistente. Sin embargo, hay un amplio conjunto de estimadores aproximados que pueden ser usados con resultados razonablemente buenos, particularmente cuando la poblaci3n en estudio no presenta periodicidad en relaci3n a la selecci3n de la muestra sistem3tica. En este contexto, se obtienen dos estimadores alternativos de varianza de la raz3n.

- **M3todo bootstrap (Robotham y Castillo, 1990)**

$$\hat{V}_3(\hat{R}) = \frac{1}{(G-1)} = \sum_{i=1}^G (\hat{R}_i - \bar{\hat{R}})^2$$

El intervalo de confianza $(1-\alpha)$ para la abundancia $\hat{A}$ o la biomasa $\hat{B}$ se encuentra dado por el m3todo Percentil Corregido (BC).



$$(\hat{F}^{-1} \{ \phi(2 Z_0) \})$$

D3nde $\hat{F}^{-1}$ es la funci3n inversa de la distribuci3n acumulada de $\hat{F}(\hat{R})$, definida por:

$$\hat{F}(\hat{R}) = \text{Prob}(\hat{R}_x - \hat{R})$$

Y donde,

$$Z_0 = \phi^{-1}(\hat{F}(\hat{R}))$$

Siendo Z_α el percentil superior de una normal estandar.

- **M3todo de las variables regionalizadas**

Este estimador de varianza utilizado corresponde al propuesto por Matheron (1971), para datos geogr3ficamente correlacionados mediante la ecuaci3n:

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

D3nde los t3rminos de la ecuaci3n se pueden representar mediante sus respectivos variogramas ($\gamma(h)$) seg3n:

$$\begin{aligned}\gamma(S,S) &= \frac{1}{n^2} \sum_{\alpha} \sum_{\beta} \gamma(x_{\alpha} - x_{\beta}) \\ \bar{\gamma}(S,V) &= \frac{1}{n^2} \sum_{\alpha} \int_V \gamma(x_{\alpha} - y) dy \\ \bar{\gamma}(V,V) &= \frac{1}{V^2} \int_V dx \int_V \gamma(x - y) dy\end{aligned}$$

D3nde V es el 3rea de distribuci3n del recurso, (α, β) los 3ndices de los intervalos b3sicos de m3ueos y n el n3mero de muestras en V.

La varianza σ_e es entonces la diferencia entre la integral doble de la funci3n de estructura ($\bar{\gamma}(S,V)$) y sus dos aproximaciones discretas sobre la grilla de m3uestreo ($\bar{\gamma}(S,V)$ y $\bar{\gamma}(S,S)$), de los cuales estos 3ltimos no pueden ser calculados sin recurrir a un modelo de variograma.



La varianza σ_e depende de la estructura espacial a través de tres factores geométricos; de la geometría del campo para $\bar{\gamma}(V,V)$; de la disposición entre los intervalos básicos de muestreo para $\bar{\gamma}(S,S)$ y de la posición de la red de muestreo en el campo para $\bar{\gamma}(S,V)$ (Petitgas y Prampart, 1993).

Para la obtención de los estimadores geoestadísticos, se utilizó el software EVA2 (Petitgas y Lafont, 1997).

4.3.7 Estimación del Coeficiente de variación (CV)

Con el objeto de disponer de una medida de la precisión alcanzada en el estimado de biomasa, se utiliza el coeficiente de variación.

Coeficiente de variación:

$$CV = \frac{\sqrt{\hat{V}(\hat{B})}}{\hat{B}}$$

Dónde:

$$\begin{aligned}\hat{V}(\hat{B}) &= \text{varianza de la abundancia ó biomasa} \\ \hat{B} &= \text{Abundancia o biomasa}\end{aligned}$$

4.3.8 Distribución espacial del stock de merluza de tres aletas

La distribución espacial de la merluza de tres aletas en el área prospectada, se estimó a partir de los datos de densidades locales provenientes de la información acústica y de los lances de pesca de identificación. Se presenta como una carta de contornos, en donde estos representan curvas que unen puntos de igual densidad, permitiendo visualizar las áreas de mayor concentración de los recursos (Simmonds y MacLennan, 2005).

En el mapeo de las densidades de la merluza de tres aletas, se consideraron aspectos relacionadas con la técnica geoestadística (uso de los semivariogramas) herramienta analítica que permite determinar la existencia de estructuras espaciales tales como: tamaño, dirección y tipo de estructura (Anónimo, 1991; Pelletier y Parma, 1994; Maynou *et al.*, 1998). 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 $(Z(x_i) - Z(x_{i+h}))^2$ como función de su distancia h , definida mediante la ecuación:

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



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

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

Siendo $Z(x_i)$ el valor experimental en el punto x_i y $N(\theta, h)$ el número de pares de datos en la dirección θ y distancia h .

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

Modelo esférico:

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

Modelo exponencial:

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

Dónde, c_0 corresponde a la variabilidad de microescala, c_s , c_e representan la varianza estructural de los respectivos modelos de variogramas y a_s , a_e los rangos o distancias hasta la cual los datos presentan correlación.

La suma de ambas variabilidades ($c_0 + (c_s; c_e)$), representa el *sill* o nivel máximo de variabilidad. En el caso del modelo exponencial el rango se asume como el punto en el cual el modelo incluye el 95% del *sill*, esto puede ser estimado como tres veces el rango teórico ($3a_e$).

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

$$\sum_{i=1}^H |N(h(j))| \left\{ \frac{\hat{\gamma}(h(j))}{\gamma(h(j); \theta)} - 1 \right\}^2$$



Dónde H es el número de intervalos en que la distancia entre puntos de muestreo fue discretizada. Cada residuo al cuadrado es ponderado de acuerdo a $N(h_i)$, que es el número de pares de datos utilizados para estimar $\gamma(h_i)$ y al inverso de $\gamma(h_i)^2$. Lo anterior, tiene la propiedad de aumentar la ponderación de los puntos cercanos al origen del variograma, permitiendo obtener un buen ajuste en las cercanías de su origen y disminuir la ponderación de los puntos más distantes (Cressie, 1993; Maravelias *et al.*, 1996).

El grado de concentración en la distribución de la biomasa de merluza de tres aletas en el área de estudio, se estimó a partir de la curva de Lorenz y el Índice de Gini (Myers y Cadigan, 1995). La curva de Lorenz es un método gráfico para representar el grado de concentración de la distribución, representándose en el eje de la abscisa la proporción acumulada del área y en el eje de la ordenada la proporción acumulada de la biomasa. Si el recurso se distribuyera homogéneamente, la curva de Lorenz sería una recta desde el origen (función identidad) y curva si el recurso presenta algún grado de concentración.

El Índice (δ) 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 y la curva de Lorenz. Este índice puede fluctuar entre 0 (distribución homogénea) a valores cercano a 1 (alta concentración).

4.3.9 Fuentes de incertidumbre

Los estimados de Abundancia y de Biomasa son sensibles a fuentes de incerteza que ocurren durante la evaluación, si bien el medirlas es un proceso probabilística, en la mayoría de los casos, se puede tratar de minimizar el sesgo bajo ciertas condiciones que se pueden manejar. En primer lugar se debe considerar la incertidumbre en el “timing” o período en que se realiza el crucero, el cual debe realizarse en el período de máxima agregación de la especie y en el área que ésta se concentra a fin de optimizar los recursos disponibles y disminuir la fuente de error en este aspecto, factor que se consideró de acuerdo a los antecedentes históricos de la pesquería referido a las migraciones y períodos de máxima captura y desove, además de la comunicación directa con las empresas que operan sobre este recurso. En este sentido el crucero se realizó en la segunda quincena de agosto, período en que históricamente se ha registrado el máximo de concentración reproductiva de la especie.

Otra fuente potencialmente importante de incerteza la genera la interpretación del ecograma, ya sea en la asignación de identidad de los ecotrazos o de la proporción de los s_A asignados a la especie objetivo, lo cual fue abordado mediante la realización de los lances de identificación y con la asignación por proximidad directa a la vecindad del lance de pesca y un prolijo post-proceso de ecogramas.

La zona ciega bajo el transductor se puede considerar irrelevante dada la distribución batimétrica del recurso bajo los 100 metros de profundidad, la zona ciega por distribución de los peces muy cercana



al fondo se minimizó realizando la prospección en período nocturno, situación en que el recurso se encontró a mayor distancia del fondo.

Respecto a la incertidumbre respecto a la resolución temporal de las especies recurrentes, ésta se minimizó realizando el lance lo más cercano a la detección posible.

a) Corrección fuente de error producida por movimiento del transductor

La pérdida de información generada durante la prospección por los cambios en la orientación del transductor entre el momento de la transmisión del pulso y su recepción y que puede ser severa en casos de mal tiempo (Simmonds y Maclellan, 2005) fue compensada determinando los ángulos de inclinación longitudinal (pitch) y lateral (roll) con un sensor de movimiento instalado en el puente de la embarcación y conectado al computador del EK60, el cual tomó muestras continuas de la inclinación a razón de 240 muestras por minuto.

b) Evaluación de fuentes de error en la estimación de biomasa acústica

Para estimar y diagnosticar las fuentes de incertidumbre en las estimaciones acústicas, Rose *et al.* (2000) y O'Driscoll (2004) proponen un método basado en simulaciones Monte Carlo. El método involucra el conocimiento de las distribuciones de probabilidad de las fuentes de incertidumbre, a partir de las cuales se generan muestras aleatorias que son incorporadas en el proceso de estimación de biomasa acústica.

En este estudio se propuso estudiar el aporte de las fuentes de error en la estimación de la biomasa, que corresponden al factor de ecointegración (fuerza de blanco promedio ($\overline{TS}$)), las lecturas acústicas por intervalo básico de muestreo (s_A), la composición de tamaños y el peso medio ($\bar{w}$). Por lo tanto, para estas fuentes de error, se determinó las distribuciones de probabilidad asociadas y se realizaron simulaciones Monte Carlo con el objetivo de obtener una estimación de la incerteza del estimado de biomasa de merluza tres aletas, y compararlas con las estimaciones de varianza del resto de los métodos de estimación propuestos en este estudio.



4.4 Objetivo específico 2:

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

4.4.1 Muestreo a bordo

La estimación de la estructura de talla y la proporción sexual de merluza de tres aletas se basó en un diseño de muestreo bi-etápico, siendo la unidad de muestreo primario el lance de pesca y la unidad de segunda etapa una submuestra al azar de ejemplares de la captura del lance, siendo ésta la unidad de análisis. El muestreo biológico consistió en un muestreo al azar de los ejemplares capturados de la especie o censo en caso de tener menos de 60 muestras. La información registrada del muestreo biológico consistió básicamente en los datos del lance de pesca (fecha y hora del lance, posición, profundidad y captura), y los datos del muestreo biológico, como: talla, peso, sexo y frecuencia de ejemplares.

4.4.2 Composición de tallas y proporción sexual

La composición de longitud fue estimada de una combinación lineal de las distribuciones de talla obtenidas en cada lance de pesca, utilizando como factor de ponderación los valores de capturas correspondientes a cada uno de los lances. Las distribuciones de tallas obtenidas fueron representadas de forma gráfica, y apoyados también con distribuciones de tallas acumuladas.

Estimador de la estructura de talla de la captura por sexo ($\hat{P}_k$) y su varianza ($\hat{V}(\hat{P}_k)$)

$$\hat{P}_k = \sum_{j=1}^m \frac{Y_j}{Y_0} \cdot \hat{P}_{jk}$$

$$\hat{V}[\hat{P}_k] = \left[1 - \frac{m}{M}\right] \frac{1}{m(m-1)} \sum_{j=1}^m \frac{Y_j^2}{\hat{Y}^2} [\hat{P}_{jk} - \hat{P}_k]^2 + \frac{1}{Mm} \sum_{j=1}^m \frac{Y_j^2}{\hat{Y}^2} \left[1 - \frac{n_j}{N_j}\right] \frac{1}{n_j - 1} \hat{P}_{jk} [1 - \hat{P}_{jk}]$$

Dónde,

$$\hat{P}_{jk} = \frac{n_{jk}}{n_j} \quad ; \quad Y_0 = \sum_{j=1}^m Y_j \quad , \quad \hat{Y} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m Y_j$$

Notación:

Índices:

i	=	ejemplares $i = 1, 2, \dots, n$
j	=	Lance $j = 1, 2, \dots, M$
k	=	Longitud del ejemplar $k = 1, \dots, K$
s	=	Sexo 1 (macho) 2 (hembra)



Variables y Parámetros:

- n = Número de ejemplares en la muestra.
 Y = Captura en número.
 m = Número de lances muestreados.
 $\hat{P}_k$ = Estimador de la proporci3n a la talla.
 $\hat{P}_s$ = Estimador de la proporci3n sexual en la captura.

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

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

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

$$\hat{P}_s = \sum_{j=1}^m \frac{Y_j}{Y_0} \cdot \hat{P}_{js}$$

$$\hat{V}[\hat{P}_s] = \left[1 - \frac{m}{M}\right] \frac{1}{m(m-1)} \sum_{j=1}^m \frac{Y_j^2}{\hat{Y}^2} [\hat{P}_{js} - \hat{P}_s]^2 + \frac{1}{Mm} \sum_{j=1}^m \frac{Y_j^2}{\hat{Y}^2} \left[1 - \frac{n_j}{N_j}\right] \frac{1}{n_j - 1} \hat{P}_{js} [1 - \hat{P}_{js}]$$

D3nde,

$$\hat{P}_{js} = \frac{n_{js}}{n_j} \quad ; \quad Y_0 = \sum_{j=1}^m Y_j \quad ; \quad \hat{Y} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m Y_j$$

El análisis de las estructuras de tallas y la proporci3n sexual fue tratado de forma georreferencial seg3n la estratificaci3n espacial en zonas empleada en las estimaciones de biomasa hidrocústica identificadas en el presente estudio. Esta subdivisi3n del área de estudio fue en dos zonas, Zona 1 entre los 46°35'-47°02,5" S y Zona 2 entre los 47°02,5-51°00" S. A su vez, se efectuó un análisis seg3n los estratos espaciales empleados en proyectos similares de evaluaci3n hidrocústica en la especie realizados entre el 2001 y 2007 (Lillo *et al.* 2002, 2004 y 2005; C3rdova *et al.* 2003; Saavedra *et al.* 2006, 2007 y 2008) consistente en dividir el área de estudio en 3 áreas: Área 1 entre 45°30' y 47°29' S. denominada Taitao; Área 2 entre 47°30' y 48°59' S. denominada Golfo Penas-Ladrillero; y Área 3 entre 49°00' y 51°00' S. denominada Trinidad-Concepci3n.



4.4.3 Estructura de edades del stock

El diseño de muestreo para la estimación de la estructura de edades de la captura corresponde a un diseño de muestreo relacional que vincula los diseños de muestreo correspondientes a la estimación de la captura en número y la estructura de edad; a su vez la estimación de la estructura de edad vincula el diseño de muestreo para estimar la clave talla-edad y la estructura de talla.

Las claves edad - talla son matrices que históricamente se han procesado con intervalo de clase de 2 cm, el cual es adecuado para el rango de tallas que las sustenta. Permiten clasificar los individuos según su grupo de edad (GE), y calcular además la probabilidad de pertenencia para los diferentes estratos.

La asignación de los GE comprende a todos los peces nacidos en un mismo año (clase anual); corresponde a un número entero de años y se basa en el número de anillos observado en la estructura, el tipo de borde y la época del año en que se obtuvo la muestra. Se emplea una fecha arbitraria de nacimiento, la cual, en el caso de las pesquerías chilenas es el primero de enero, brindando facilidad en la identificación de la clase anual a la que pertenece el pez estudiado restando al año de la captura el GE asignado.

4.4.3.1 Composición en número de la abundancia por edad

Los individuos presentes en cada intervalo de longitud, se asignan a las diferentes edades según una clave edad - talla. Esta clave, indica las probabilidades de que un individuo de una determinada longitud pertenezca a cada una de las diferentes edades. La clave edad - talla es construida a partir de las lecturas de edad de los otolitos recolectados en el crucero de investigación que se realiza en este proyecto.

a) Estimador de la abundancia en número por grupo de edad $\hat{N}_{se}$

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

b) Estimador de la varianza de $\hat{N}_{se}$

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

c) Estimador de la estructura de edad de la captura $\hat{p}_{se}$

Atendiendo a la estructura del diseño de muestreo dada por la “dependencia” de la edad a la talla de un ejemplar, es natural pensar en un estimador “ p ” a la edad como una esperanza matemática de la proporción de ejemplares. Así la estructura del estimador propuesto está dada por la siguiente relación.



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

d) Estimador de la varianza de $\hat{p}_{se}$

La varianza del estimador $\hat{p}_{se}$, bajo el supuesto de que se haya realizado una distribuci3n proporcional de los ejemplares de la muestra a trav3s de las clases de talla (Kimura, 1977), est3 dado por la relaci3n o estimador siguiente:

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

e) Estimador de la clave talla-edad

La clave edad - talla, cuenta con la clasificaci3n de las lecturas de cada otolito por grupo de edad y de ello se estima cada probabilidad seg3n:

$$\hat{p}(e / K = k) = \hat{q}_{ske} = \frac{n_{ske}^*}{n_{sk}^*}$$

f) Estimador de la varianza del estimador $\hat{q}_{ske}$

$$\hat{V}(\hat{q}_{ske}) = \frac{1}{n_{sk}^* - 1} \hat{q}_{ske} [1 - \hat{q}_{ske}]$$

D3nde

$\hat{N}_s$: Estimador de la abundancia en n3mero para el sexo "s".

$\hat{N}_{se}$: Estimador de la captura en n3mero para el sexo "s" y grupo de edad "e".

$\hat{p}_{se}$: Estimador de la proporci3n para el sexo "s" y grupo de edad "e".

$\hat{p}_{sk}$: Estimador de la proporci3n de peces para el sexo "s" y la talla "k".

$\hat{q}_{ske}$: Estimador de la proporci3n de peces para el sexo "s" y la talla "k", clasificados en el grupo de edad "e".

n_{ske}^* : N3mero de peces del sexo "s" y la talla "k" que pertenecen al grupo de edad "e".

n_{sk}^* : N3mero de peces del sexo "s" y de la talla "k" en la muestra.



4.4.3.2 Peso medio a la edad por especie

a) 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 por lo general aumenta con la longitud, esta transformación tiene la ventaja que tiende a estabilizar la varianza del peso, pero introduce un factor de sesgo en las predicciones retransformadas que es necesario corregir (Bradú y Mundlak, 1970; Hayes *et al.*, 1995). Sin embargo, en aplicaciones en pesquerías esta corrección frecuentemente se omite, ya que por lo general es muy pequeña (De Robertis y Williams, 2008).

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

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

Dónde W_i y L_i representan el peso total y la longitud total del individuo i -ésimo, ε_i indica un error aleatorio, a y b son los parámetros del modelo.

Atendiendo a la forma de la ecuación anterior, podemos derivar 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 utilizará el método de máxima verosimilitud asumiendo que los errores siguen una distribución normal con media cero y varianza σ .

b) 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) abordaron este tema presentando un método que permite corregir en forma significativa este sesgo.

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



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

en donde el número de términos de esta expresión general, está dado por la parte entera de $(b+3)/2$. Dado el valor que toma el coeficiente b en las funciones para merluza de tres aletas, se indica el uso de 3 términos en esta expresión, siendo:

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

4.4.3.3 Madurez a la edad

El muestreo biológico efectuado en los lances de identificación realizados durante el crucero de investigación considera la caracterizaron del estado reproductivo de ambos recursos objetivos, clasificando macroscópicamente sus gónadas según su estadio de madurez sexual (EMS) en base a las escalas de clasificación utilizadas por el Instituto de Fomento Pesquero.

- **Ojiva de madurez y talla media de madurez**

Para la determinación de la ojiva de madurez, se consideran sexualmente inmaduros los peces en EMS I y II y maduros aquellos en EMS III, IV y V. La estimación de la edad media de madurez ($GE_{50\%}$) y de la ojiva de madurez fue realizada mediante el método de máxima verosimilitud (Welch y Foucher, 1988), teniendo como objetivo lograr como estimación del parámetro estudiado el valor que haga máxima la probabilidad de obtener la muestra observada.

La expresión corresponde a una función logística generalizada, restringida a los parámetros identificados por " b_0 " y " b_1 ", en que $P(GE)$ es la fracción de individuos maduros en función de la edad; GE es el grupo de edad, relacionados a través de:

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

Un factor importante a considerar en estos estudios es el tamaño de muestras en los estadios de desarrollo gonadal, especialmente en el rango de transición de inmaduros a maduros.

Las ojivas de madurez en función a la edad, se realizan sobre la base de muestreo que cubre el rango de edades presente en el área de desove, en los días en donde se desarrolla el máximo de esta actividad, por lo que es frecuente encontrar una baja representación de los individuos inmaduros.



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 de tres aletas

4.5.1 Trabajo a bordo, toma y fijación de muestras

Se analizó el estado reproductivo de la agregación de merluza de tres aletas a partir de muestras de cada lance efectuado durante el crucero de prospección. Los ejemplares fueron obtenidos aleatoriamente para estimar el índice gonadosomático y la proporción de estadios de madurez.

En cada lance con captura de merluza de tres aletas se propuso realizar un muestreo biológico, considerando al menos la medición entre 1.200 y 1.400 ejemplares. En este año, se registraron 2.038 ejemplares para el cálculo de indicadores macroscópicos (machos: 1.392; hembras: 646), de los cuales, 634 ovarios se analizaron microscópicamente mediante la técnica histológica.

A cada ejemplar se le registró la longitud total, el peso total y el peso eviscerado (± 10 g). Las gónadas extraídas fueron pesadas ($\pm 0,1$ g) y clasificadas en su fase de madurez macroscópica (**Tablas 1 y 2**), para posteriormente los ovarios ser inmediatamente fijados en formalina al 10% tamponada (introducidos completamente en el fijador). La fijación es una etapa esencial de la técnica histológica, siendo de gran importancia la velocidad de penetración del fijador en los diversos tejidos para conservarlo lo más parecido al estado vivo y protegerlo de la autólisis y del ataque bacteriano, evitando las distorsiones y retracciones que sobrepasen los límites compatibles con la obtención de cortes (Santander *et al.*, 1984 y Hunter, 1985).

4.5.2 Procesamiento de muestras

Los ovarios fijados se procesaron histológicamente para el examen microscópico del parénquima gonadal, en base a los criterios señalados por Wallace y Selman (1981); Selman y Wallace (1989) y Hunter y Macewicz (1985). Cada ovario se clasificó en su fase de madurez según la escala microscópica para hembras de merluza de tres aletas (**Tabla 3**). El método microscópico se basa en la observación interna de la gónada y su aplicación permite confirmar las apreciaciones efectuadas en forma macroscópica, dado que confiere una información precisa y detallada de las distintas transformaciones morfológicas que acontecen durante el ciclo de maduración gonadal.



4.5.3 Estimación de Indicadores reproductivos

4.5.3.1 Estimador del índice gonadosomático (IGS)

Se calculó el índice gonadosomático individual ($\hat{IGS}_i$) como la proporción del peso de la gónada (Wg_i) con respecto al peso eviscerado (W_i). Posteriormente se obtiene el IGS promedio ($\hat{IGS}$).

- Estimador de medias:

$$\hat{IGS}_i = \frac{Wg_i}{W_i} 100 ; \quad \hat{IGS} = \sum_{i=1}^n \hat{IGS}_i / n$$

- Estimador de la varianza del estimador del Índice gonádico ($\hat{V}(\hat{IGS})$):

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

i	=	Ejemplares $i = 1, 2, \dots, n$.
n	=	Número de ejemplares en la muestra.
Wg	=	Peso de la gónada.
W	=	Peso eviscerado.
$\hat{IGS}$	=	Estimador del Índice Gonadosomático.

4.5.3.2 Estimación de estadios de madurez en la captura

El diseño de muestreo para estimar la proporción de estadios de madurez correspondió a un muestreo aleatorio bi-etápico, donde las unidades de primera etapa corresponden a los lances y de segunda etapa a la selección de ejemplares al interior del lance. Los estimadores utilizados fueron:

4.5.3.3 Estimador de la proporción de estadios de madurez

$$\hat{P}_{EM} = \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{Y_0} \cdot \hat{P}_{EMi}$$

Dónde,

$$\hat{P}_{EMi} = \frac{n_{EMi}^*}{n_i^*} \quad Y_0 = \sum_{i=1}^n y_i$$



4.5.3.4 Estimador de la varianza del estimador $\hat{P}_{EM}$

$$\hat{V}[\hat{P}_{EM}] = \frac{\hat{P}_{EM} [1 - \hat{P}_{EM}]}{n - 1}$$

En la estimaci3n del tama1o de muestra para este par1metro, los resultados de la simulaci3n muestran que el 1ndice de error empleado presenta, por una parte, una relativa estabilidad frente al aumento del n1mero de ejemplares medidos al interior del lance, lo que indica que los card6menes presentan una condici3n reproductiva bastante homog6nea en el per1odo de desove, y por otra, una disminuci3n del 1ndice frente a un incremento del n1mero de lances muestreados. A nivel de lance la mayor tasa de reducci3n del 1ndice se registra hasta alrededor de los 15 lances, para una muestra de 30 ejemplares por lance, donde se obtiene un 1ndice en torno al 0,06 tanto para machos como hembras. Para la muestra biol3gica a partir de 22 lances, de 941 machos y 540 hembras, el 1ndice de error de la proporci3n de estados de madurez ser1a inferior a 10% para ambos sexos.

4.5.4 Estimaci3n de la ojiva de madurez a la talla y edad

Para un ajuste consistente de la ojiva de madurez es indispensable contar con una adecuada cobertura y representatividad de tama1os de la poblaci3n. Para este efecto se consider3 un muestreo dirigido a censar los ejemplares de tama1os poco frecuentes en los lances, especialmente de longitudes menores a 41 cm que incorpora a la fracci3n juvenil y de transici3n a la madurez, seg6n estimados de $L_{50\%}$ entre 36,0 y 36,7 cm a partir de evaluaciones de la especie (Saavedra *et al.*, 2010).

Este an1lisis tiene dos procedimientos, los que son secuenciales. Primero est1 el ajuste de un modelo para la probabilidad de madurez sexual (P) dependiente de la talla/edad del pez y luego est1 la estimaci3n de la talla/edad del pez dado una cierta probabilidad de estar maduro, $\hat{I}_P$, generalmente la talla/edad de $P=50\%$ de madurez sexual. El tema es tratado detalladamente en Roa *et al.*, (1999), y la metodolog1a que se plantea en este estudio es la publicada por esos autores.

Ajuste no lineal del modelo de madurez sexual

Los datos corresponden a la talla/edad de madurez, el que se asume toma s3lo dos valores: maduro o inmaduro. La variable predictora es continua y la variable respuesta es dicot3mica. El modelo se expresa como:

$$P(l) = \frac{\alpha}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 l}},$$



Dónde P es la probabilidad de estar maduro a la talla (l), α es la asíntota que se asume tiene un valor conocido e igual a 1, lo que puede ser verificado al observar los datos y encontrar que todos los peces sobre una cierta talla están maduros, y β_0 y β_1 son parámetros a estimar que representan la posición y pendiente, respectivamente. Los estimados son elegidos, dado un conjunto de datos, desde el punto en el cual el producto de las probabilidades binomiales de todos los datos (la verosimilitud del modelo) es un máximo, o más convenientemente desde el punto en el cual el negativo del logaritmo de la función de verosimilitud del modelo es un mínimo.

$$-l(\beta_0, \beta_1) = - \sum_l [(h_l) \ln(P(l)) + (n_l - h_l) \ln(1 - P(l))]$$

Donde h es el número de individuos maduros, n es el tamaño de muestra y la sumatoria es a través de todas las longitudes. Dada la naturaleza no lineal de las ecuaciones normales, el mínimo es encontrado mediante un algoritmo iterativo. Los parámetros estimados al minimizar la ecuación (2) son estimadores de máxima verosimilitud (EMV) (Welch y Foucher, 1988).

Estimación de la talla/edad de madurez sexual

Los resultados de los ajustes al modelo son un vector de parámetros estimados, que representa un valor medio y una matriz de covarianza, que representa a la incerteza asociada a los valores medios. Con esos dos elementos (vector medio y matriz de covarianza) es posible estimar el modelo inverso.

$$l_{P\%} = \frac{1}{\beta_1} \ln \left[\frac{1}{P} - 1 \right] - \frac{\beta_0}{\beta_1} \quad (3)$$

$$\hat{l}_{50\%} = - \frac{\hat{\beta}_0}{\hat{\beta}_1} \quad (4)$$

Se asume que el parámetro α de la ecuación (1) tiene un valor conocido e igual a 1. Este supuesto puede ser verificado al observar los datos y encontrar que todos los peces sobre una cierta talla están maduros. Si las estimaciones $\hat{\beta}_0$ y $\hat{\beta}_1$ son EMV de β_0 y β_1 y ellos son usados para calcular l_{50} en la ecuación (4), entonces ésta también es EMV.

Se consideraron los diagnósticos histológicos de la fase de desarrollo del ovario para la clasificación de individuos maduros e inmaduros, teniendo como criterio el estado de crecimiento de alvéolos corticales como indicador del proceso de maduración. Según la escala apreciativa propuesta se clasificaron como sexualmente maduras las hembras en EMS II al VI.



4.5.5 Estimaci3n de la fecundidad

La fecundidad total se calcul3 de acuerdo al m3todo gravim3trico que relaciona el peso del ovario con la densidad de ovocitos descrito por Hunter y Goldberg (1980), Santander *et al.* (1984) y Hunter *et al.* (1985). Para este efecto se analizaron 107 hembras que garantizaron un nivel de error relativo de un 9 a 10% en la estimaci3n de la fecundidad promedio.

La merluza de tres aletas es un desovador parcial con fecundidad anual determinada, de esta manera para calcular la fecundidad total se seleccionaron microsc3picamente s3lo ovarios en desarrollo avanzado pre-desovantes sin atresia ovocitaria masiva.

Para el c3lculo de la fecundidad total se us3 el m3todo de la distribuci3n modal de tama3os de los ovocitos. El procedimiento consisti3 en obtener de cada hembra seleccionada una submuestra de la regi3n media del ovario, la que fue pesada con una precisi3n de 0,1 mg. Los ovocitos contenidos en la submuestra se disgregaron mec3nicamente en un tubo bajo presi3n de agua para ser retenidos en un tamiz de 250 μm . Posteriormente, los ovocitos fueron digitalizados con un scanner para ser analizados con el programa ImageJ (<http://rsb.info.nih.gov/ij/>) y de esta manera obtener la frecuencia de tama3os, previa calibraci3n de las unidades de p3xeles a micras. Las distribuciones de tama3os de los ovocitos fueron analizados en sus componentes modales con la rutina MPA (An3lisis de Progresi3n Modal) del m3todo Batthacharya y la subrutina NORMSEP (separaci3n de la normalidad por m3xima verosimilitud) del Fisat II para la identificaci3n de la moda avanzada.

La sumatoria de ovocitos de la moda avanzada de la submuestra se utiliz3 para la estimaci3n del n3mero total de ovocitos avanzados del ovario (potencial de fecundidad total), la fecundidad promedio y su varianza, de acuerdo a las expresiones:

$$\hat{F}_j = \frac{1}{\nu} \sum_{\nu=1}^{\nu} \left[\frac{H_{\nu j}}{WS_{\nu j}} \right] * PG_j; \quad \hat{\bar{F}} = \frac{\sum_{j=1}^{n^*} \hat{F}_j}{n^*}; \quad \hat{V}(\hat{\bar{F}}) = \frac{\sum_{j=1}^{n^*} (\hat{F}_j - \hat{\bar{F}})^2}{n^*(n^* - 1)}$$

D3nde:

$\hat{F}_j$ = Fecundidad total de la hembra j.

$H_{j\nu}$ = N3mero de ovocitos en la submuestra ν del ovario de la hembra j.

$W_{j\nu}$ = Peso de la submuestra ν del ovario de la hembra j.

PG_j = Peso del ovario de la hembra j.

ν = N3mero de submuestras del ovario

n^* = N3mero de hembras analizadas.



Los datos de fecundidad se relacionaron con el peso corporal y la longitud total de las hembras para determinar el modelo que mejor explique la relación, para lo cual se probaron mediante análisis de regresión los siguientes modelos:

$$\hat{F}_{ij}^* = \alpha + \beta X_{ij}^*; \quad \hat{F}_{ij}^* = \alpha (X_{ij}^*)^\beta; \quad \hat{F}_{ij}^* = \alpha e^{\beta X_{ij}^*}$$

Siendo $\hat{F}_{ij}^*$ la fecundidad total estimada de la hembra i , α y β los parámetros de los modelos y X_{ij}^* la variable corporal de la hembra i en el lance j .

El análisis de los indicadores permitió determinar la condición reproductiva de la merluza de tres aletas, antecedentes que fueron comparados con resultados a partir de evaluaciones anteriores al recurso.

4.6 Objetivo específico 4:

Identificar y determinar la importancia relativa de la fauna acompañante 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 de tres aletas

4.6.1 Proporción de captura

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

En el diseño muestral, se contempló la realización de un censo de especies e individuos en lances de poca captura (hasta 1000 kg). Sin embargo, en caso de no poder muestrear la totalidad de la captura, se extrajeron muestras aleatorias de esta, en cajas de 30 kg, número de cajas el cual varió de acuerdo a la siguiente escala de captura.

Intervalo Captura (kg)	Número cajas
< 2000	3
2000 - 6000	4
6000 - 17000	5
> 17000	6



Cada caja muestreada se identific3 y registr3 su peso total, para luego separar todas las especies presentes (incluyendo la especie objetivo), y registrar su peso por grupo de especies y contabilizar la cantidad de individuos por especie, presentes en la muestra.

Para la estimaci3n de la proporci3n de especie se us3 el siguiente estimador:

a) Estimador de la proporci3n de especie

El estimador de la proporci3n de la especie e ($\hat{p}_e$) en la captura total est3 dado por la siguiente relaci3n:

$$\hat{p}_e = \sum_{j=1}^M \frac{C_j}{C_o} \hat{p}_{ej}$$
$$C_o = \sum_{j=1}^M C_j ; \quad \hat{p}_{ej} = \frac{\sum_{k=1}^K W_{ekj}}{\sum_{k=1}^K W_{jk}}$$

D3nde:

- C_j : Captura total en el lance j .
- C_o : Captura total acumulada.
- W_{ekj} : Peso de la especie e , en la caja k del lance j .
- W_{jk} : Peso en la caja k del lance j .
- M : N3mero total de lances en el viaje.
- $\hat{p}_{ej}$: Estimador de la proporci3n de la especie e en el lance j .

D3nde C_j se estim3 a partir de la observaci3n directa de la captura en el contenedor de pesca, los cuales se encuentran debidamente cubitados en peso por el fabricante del buque.

La expresi3n para el estimador de la varianza del estimador p_e , est3 dada por:

$$\hat{V}(\hat{p}_e) = \frac{1}{C_o^2} \sum_{j=1}^M C_j^2 \hat{V}(\hat{p}_{ej})$$

Donde

$$\hat{V}(\hat{p}_{ej}) = \frac{1}{K_j} \frac{1}{\bar{W}_j^2} \frac{\sum_{k=1}^{K_j} [W_{ekj} - W_{jk}]^2}{K_j - 1}$$



$$\bar{W}_j = \frac{1}{K_j} \sum_{k=1}^{K_j} W_{jk}$$

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

4.6.2 Análisis de los datos

Se efectuó un análisis descriptivo orientado a determinar el aporte porcentual en peso de las especies que componen la fauna acompañante del recurso *M. australis*, destacando que se efectuaron descripciones en términos de 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 componen la fauna acompañante.

Para determinar el aporte porcentual en peso de cada especie respecto del total de la captura de *M. australis*, se agrupó la fauna acompañante por especie en rangos latitudinales, en base a la información obtenida en los lances de pesca. Para estimar la importancia relativa de las especies, se consideró revisar el registro del volumen de captura específico y efectuar la determinación de la importancia relativa (en peso) de las especies que constituyen su fauna acompañante. La importancia relativa se determinó en términos de la contribución a la captura total y en relación a la especie objetivo.

4.6.3 Análisis comunitario

Se consideró realizar este tipo de análisis con el fin de poder establecer e identificar agrupaciones específicas en la fauna acompañante de merluza de tres aletas. Estos análisis consideraron dividir el área de estudio en tres macrozonas, cada una dividida en rangos batimétricos de 50 m de profundidad, facilitando la comparación faunística.

Este análisis consistió básicamente en establecer e identificar agrupaciones específicas dentro de la fauna acompañante, las que se obtienen a partir de la aplicación de métodos de análisis basados en la clasificación y ordenación de las especies. Estos métodos numéricos, según Acuña *et al.* (2004) permiten obtener una visión macro de cómo está estructurada la comunidad a la cual esta asociada la especie objetivo.

4.6.3.1 Identificaciones de agrupaciones específicas

Para la identificación de agrupaciones faunísticas específicas, el área de estudio en cada caso fue dividida según los criterios descritos anteriormente. El análisis consistió en la identificación por macro zona de las agrupaciones específicas a partir del análisis de clasificación de conglomerados (análisis de *cluster*) y de ordenación NMDS (*Multidimensional Scaling*) (Clifford y Stephenson, 1975).



Ambos métodos requieren la construcción de una matriz de similitud, la que fue estructurada a partir de una matriz de abundancia relativa (CPUA) de las especies componentes de la fauna acompañante, agrupadas por macrozona. La comparación se realizó utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis (Bray y Curtis, 1957), según Arancibia 1988 la ventaja de utilizar este índice es que no es afectado por las ausencias (valores cero). La función del índice se expresa por:

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

Dónde p número de puntos macro zona rango batimétrico, x_{ij} es la abundancia relativa de la especie “ i ” en la macro zona “ j ” rango batimétrico “ k ” y x_{ik} es la abundancia relativa de la especie “ i ” en la macro zona “ j ” rango batimétrico “ k ”.

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).

4.6.3.2 Determinación de diferencias entre asociaciones comunitarias (ANOSIM)

Una vez establecidas las agrupaciones comunitarias de la fauna acompañante a partir del análisis de clasificación, estas fueron comparadas a través del análisis de similitud ANOSIM de una vía (Clarke y Green, 1988), con el propósito de establecer las diferencias que puedan establecerse entre las agrupaciones comunitarias identificadas. El análisis considera efectuar permutaciones no paramétricas, entre pares de datos, sobre la matriz de similitud obtenida a partir del índice de similitud (BC). De esta forma, se obtiene el coeficiente R y su respectivo nivel de significancia, global y para todos los pares de datos comparados. El estadístico R se encuentra definido por la siguiente ecuación:

$$R = \frac{(r_B - r_W)}{n * (n - \frac{1}{4})}$$

Dónde: r_B corresponde al promedio de los rangos de similitud de todos los pares de replicas en las distintas macro zonas y r_W corresponde al promedio de todos los rangos de similitud entre réplicas dentro de cada macro zona.

El valor de R puede variar entre -1 y +1. Cuando el valor de R es igual o próximo a cero las agrupaciones específicas resultantes no muestran diferencias en la estructura de sus valores de abundancia relativa (CPUA). Por otro lado, cuando el valor de R es igual o se aproxima a 1, es



indicativo de que las agrupaciones obtenidas presentan diferencias en la estructura de sus valores de abundancia relativa (CPUA.).

Tanto los análisis de clasificación y ordenación como los análisis de similitud (ANOSIM) fueron realizados utilizando el paquete estadístico R.

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 de tres aletas

4.7.1 Muestreo a bordo

Se analizaron un total de 578 estómagos de *Micromesistius australis* provenientes del muestreo de los lances de identificación. De estos se separaron 40 tejidos para el análisis de isótopos estables. Los tejidos de las presas fueron obtenidos desde los estómagos de los predadores, y de estos se separaron 70 muestras. Las muestras obtenidas a bordo del B/C Cabo de Hornos fueron congeladas a -20C° y etiquetadas convenientemente.

4.7.2 Análisis de Laboratorio: análisis estomacal y de isótopos

Estómagos

El análisis del contenido estomacal se realizó en el laboratorio de Biología Marina de la Universidad Andrés Bello en Santiago, en donde cada estómago se analizó individualmente el cual se registró de acuerdo a la identificación que contenía, luego se pesó en una balanza electrónica de 0.1 g de precisión. Una vez extraído el contenido estomacal el estómago vacío se pesó y registró. Las presas se separaron cuidadosamente y se identificaron al taxon más bajo posible. Cada presa se contó, se pesó y se registró el grado de digestión. 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 mictófidos, Cohen et al. (1990) para peces Gadiformes y Nakamura (1986), Retamal (2000) y Palma y Kaiser (2003) para crustáceos, entre las más utilizadas.



Tejidos

Cada tejido fue reducido hasta ~ 10 mg y lavado con abundante agua mili-Q. Luego todas las muestras fueron secadas por 12-18 horas a 60°C, para después extraer el exceso de lípidos en una agitación 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):

$$1.- \delta^{13}\text{C}_{\text{librelipidos}} = 0.967 \times \delta^{13}\text{C}_{\text{muestra}} + 0.861$$

$$2.- \delta^{15}\text{N}_{\text{librelipidos}} = 1.018 \times \delta^{15}\text{N}_{\text{muestra}} + 0.020$$

Luego los tejidos fueron lavados con agua mili-Q, para extraer la solución y reducidos hasta llegar a un rango entre 0.4 – 0.6 mg. Posteriormente, los tejidos fueron depositados en cápsulas de estaño de 5 x 9 milímetros y secados a 40°C por 12 horas. Los tejidos fueron analizado en el laboratorio de isótopos estables de la Universidad Andrés Bello-Viña del Mar, los cuales fueron analizados en un Analizador Elemental de Espectrometría de Masa. Los radio isótopos fueron reportados en notación de δ con sus desviaciones estándar (Pee Dee Belemita para $\delta^{13}\text{C}$ y N atmosférico para $\delta^{15}\text{N}$). Por lo tanto, $\delta^{13}\text{C}$ ó $\delta^{15}\text{N} = [(R_{\text{muestra}} / R_{\text{estándar}}) - 1] \times 10^3$, donde R es $^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$ ó $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ respectivamente. Además la precisión fue del orden de $\pm 0.5\%$ para $\delta^{15}\text{N}$ y $\pm 0.2\%$ para $\delta^{13}\text{C}$.

4.7.3 Análisis de los datos

Los análisis de los contenidos estomacales se basan en los descriptores cuantitativos propuestos por Hyslop (1980) y que son:

- 1) Método Numérico: cada ítem presa encontrado en los estómagos es contado, y luego es expresado como porcentaje del total de presas de los estómagos con contenidos analizados.
- 2) Gravimétrico: cada ítem presa encontrado en los estómagos analizados se pesan. Se expresa como porcentaje del peso total registrado para cada ítem en el total de los estómagos.
- 3) Frecuencia de Ocurrencia: es el número de veces que el ítem aparece en el total de estómagos y se expresa en porcentaje.

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

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

Dónde: N : Porcentaje en número (%). P: Peso de cada taxon presa (%). F: Frecuencia de aparición de cada taxon presa (%). GI es un índice similar al de importancia relativa propuesto por Pinkas *et al* (1973), pero que representa menor sesgo en el calculo de la Frecuencia de ocurrencia y el peso en el calculo 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 $\delta^{15}\text{N}$ combinando 1000 pseudoréplicas. Además se usó modelos de dependencia alimenticia de acuerdo a los valores de %C y %N. La información a “prior” de los modelos bayesianos fueron tomados de las proporciones dietarias de los análisis estomacales. Para lo anterior se utilizó modelos de mezcla con el método de cadenas de Markov y Montecarlo (MCMC) en una dimensión paramétrica variable. La información a “prior” o variables latentes de los modelos bayesianos fueron tomados de las proporciones dietarias de los análisis estomacales. En tanto la función de verosimilitud fue estimada de acuerdo a la frecuencia de valores encontrados en los modelos de mezcla. Las comparaciones intra-específicas (sexos y tamaños) para las merluzas fueron hechas mediante un test de ANOVA de una vía seguido por un test *a posteriori* de Tukey. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el Software R (R Core Team 2013). Los valores de enriquecimiento trófico (TEF) fueron calculados por la siguiente ecuación:

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

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

Los grupos de tamaños fueron separados así: Grupo 1 (<45 cm), Grupo 2 (45 – 60 cm) y Grupo 3 (> 60 cm). Para establecer diferencias batimétricas y por zona de pesca, se separaron de acuerdo a la tabla entregada por IFOP. Zona 1 (43-46 S°) y Zona 2 (46-50 S°), en tanto las profundidades variaron de acuerdo a la especie de merluza.

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 2011) 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 la zona de estudio. Sección merluza de tres aletas

La merluza de tres aletas forma agregaciones que son fácilmente identificables y diferenciables de las otras merluzas presentes en el área (merluza de cola y merluza austral), esto es, agregaciones de tipo estrato de alta densidad, bien definidas en los bordes formando cardúmenes, por lo que su detección y separación no presenta mayor complejidad. La caracterización de las agregaciones de merluza de tres aletas, se efectuó mediante el uso de descriptores que se estimaron a partir de observaciones acústicas verticales realizadas durante la prospección acústica durante el crucero de evaluación mediante el sistema de ecointegración Simrad ER-60. Estos datos fueron posteriormente procesados mediante el programa Sonardata Echoview®.versión 7.1.

Definiendo un ecotrazo 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 corresponderá a la distancia cubierta entre pulsos sucesivos y la vertical sobre el mismo pulso, a la distancia relativa correspondiente a la semi-longitud del pulso.

- **Procedimiento de detección y de asignación de ecotrazos de merluza de tres aletas**

Es similar al procedimiento del numeral 4.3.2. con diferencias en el delineamiento del contorno de la región y en la asignación de los NASC, siendo éste el siguiente:

1. Definición de líneas de superficie y línea de fondo en el ecograma, las cuales limitaron las zonas de detección superior e inferior en el ecograma.
2. Revisión y edición de la línea de fondo, la cual fue corregida en las zonas en que hubo pérdida de señal, o en las zonas en que eventualmente el fondo se confundía con señales de agregaciones muy cercanas a éste, Esta corrección de la señal de fondo generó un límite inferior para el área de integración y detección.
3. Revisión y edición de la línea de superficie, la cual debió ser generada a una profundidad tal que evite que la turbulencia o burbujas generadas por el casco del buque sean incorporadas como ruido a la integración, ésta línea se ubicó 3 metros bajo el transductor. En todo caso este factor no fue relevante dada la profundidad media en que se encontraba el recurso.
4. Limpieza del ecograma, este proceso consistió en definir regiones del tipo “bad regions”, las cuales fueron excluidas de la detección e integración de los ecotrazos seleccionados y correspondieron a zonas con ruido acústico y fuera del contorno de éstos, de tal forma de delinear el borde de la señal acústica.



5. Una vez limpio el ecograma se enmarcó el ecotrazo seleccionado dentro de una región (rectangular) y se procedió a la detección automática de agregaciones, delineándose de esta forma el contorno de ésta. Los parámetros de detección fueron variables y dependieron de cada ecotrazo en particular, ya que en ocasiones un parámetro estándar provoca cortes en la agregación.

6. Asignación de NASC: A fin de asignar correctamente los s_A a los ecotrazos detectados y que sobrepasaban el largo del IBM (0,5 mn), se procedió a exportar dos tipos de archivos. Uno con “regiones” y otro con “regiones y celdas (IBM’s)”, debiendo efectuar un cruzamiento a fin de asignar a cada “región” la sumatoria de los s_A (PRC_NASC) que esta región generaba en cada celda o IBM.

4.8.1 Descriptores morfológicos, batimétricos y de energía

Se utilizaron descriptores que se pueden clasificar en tres tipos: morfológicos que permiten medir el tamaño y forma de las agregaciones, batimétricos que definen su posición en la columna de agua (Scalbrin y Massé, 1993; Freón *et al.*, 1996). Y de energía que reflejan la energía retrodispersada por el blanco o agregaciones de peces. Dentro de los descriptores morfológicos estimados para las agregaciones se encuentran: el área transversal, altura, largo, elongación y perímetro. De tipo batimétrico se consideraron la profundidad del fondo, profundidad media de agregaciones e índice de altura (**Fig. 4**) Como descriptores de energía se consideró la energía retrodispersada (expresada en s_A) y densidad acústica expresada en s_A/m^2).

El área de una agregación se obtiene asociando un rectángulo a cada muestra S con un valor de amplitud sobre el umbral de ecointegración. 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:

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

A partir de las estimaciones básicas, se derivaron otros descriptores que permiten definir otras características de la agregación.

La dimensión fractal ($DFrac$) es un descriptor adimensional empleado para caracterizar la irregularidad del contorno de la agregación, éste 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*) es un descriptor utilizado para caracterizar la forma general de la agregación y es definido básicamente como la relación entre el largo y el alto, donde valores elevados estarán asociados a agregaciones de forma elíptica, mientras que valores menores a agregaciones de tipo circular.

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

El Índice de altura (*IndAlt*) 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:

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

Los descriptores de energía están referidos a la energía retrodispersada de las agregaciones en unidades de NASC (m^2/mn^2) y a la densidad acústica (*Denst*) de las mismas referidas en unidades de s_A por área ($NASC/m^2$), determinadas de acuerdo a:

$$NASC = 4 * \pi * (1852)^2 * 10^{\frac{Sv_{prom}}{10}} * Altura media$$

Dónde:

$$Sv_{prom} = 10 * Log(E) \text{ (dB)}$$

$$E = \sum_{i=1}^N E_i$$

$$E_i = 10^{\frac{Sv_i}{10}}$$

Altura media = Altura media (m) de la agregación (definida a continuación en descriptores morfológicos).

N = número de muestras utilizadas para calcular Sv_{prom} en la agregación, y



$$Dens = NASC/\acute{Area}$$

4.8.2 Análisis de los datos

Las agregaciones con su morfología, batimetría y energía asociada se referenciaron considerando su posición geográfica (latitud, longitud), se aplicó un análisis de varianza de los diferentes vectores a fin de determinar la existencia de diferencias significativas entre los valores promedios de los descriptores de acuerdo a las zonas definidas y rangos de fondo. Posteriormente, los datos fueron analizados mediante la aplicación del análisis de componentes principales (ACP). Este método permite resumir la información contenida en la matriz de datos y lograr una representación visual o geométrica de la información (Rencher, 1995), preservando las características de la observación original.

Se redujo la dimensionalidad del problema obteniéndose nuevas variables 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.

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), para determinar los componentes que fueron seleccionados como principales para su posterior interpretación.



5. RESULTADOS

5.1 Calibración del sistema de ecointegración

La calibración acústica del sistema de ecointegración del B/C AGS 61 “Cabo de Hornos” se realizó el 31 de julio de 2016 en Valparaíso. Los resultados obtenidos para la frecuencia de 38 kHz se entregan en la **tabla 4**. La nueva ganancia (nominal) se estimó en 26,66 dB.

5.1.1 Lances de pesca

Se realizó un total de 19 lances de identificación en el crucero, todos los lances fueron realizados con la red modelo Barracuda 608, con un desarrollo vertical de la boca de la red de 40-50 m. La distribución geográfica, composición de capturas de los lances en peso y número y profundidad media de la red se entrega en las **tablas 5 y 6**, respectivamente.

5.2 Objetivo específico 1:

Determinar la biomasa total y desovante (en peso), abundancia total y desovante (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 de tres aletas

5.2.1 Desarrollo del crucero

El crucero comenzó el 18 de agosto con una exploración en el sector norte del área de estudio (46°40'S - 47°10'S) a fin de verificar la entrada del foco reproductivo, dados los antecedentes de los últimos cuatro años que daban cuenta de un retardo en el ingreso de éste, verificándose este año el mismo comportamiento no registrando indicios de presencia en la zona. Lo anterior se verificó mediante comunicaciones continuas con el B/F Unión Sur, el cual tampoco detectaba grandes concentraciones de merluza de tres aletas. En base a esto se tomó la decisión de navegar directo al límite sur del área de estudio y comenzar la prospección en sentido sur-norte a fin de otorgar mas tiempo para la concentración del recurso en la zona norte del área de estudio (47°00'S), situación que en los últimos cuatro años ha ocurrido los últimos días del mes de agosto.

En resumen la prospección se realizó entre el 18 y 28 de agosto, entre las latitudes 51°00'S y 46°35'S, logrando detectar el foco reproductivo en la zona norte del área de estudio al fin del período señalado.



5.2.2 Separación en zonas del área de estudio.

Debido a las diferencias observadas en las densidades acústicas observadas en el área de estudio al sur y al norte de la latitud $47^{\circ}00'$, observándose que al norte de esta latitud se detectó el foco reproductivo con altas densidades y al sur de esta latitud se detectó merluza de tres aletas en bajas densidades es que se separó el área de estudio en dos zonas:

- Zona 1: Desde el $46^{\circ}35'S$ hasta los $47^{\circ}02,5'S$ (zona de desove, altas densidades).
- Zona 2: Desde el $47^{\circ}02,5'S$ hasta el $51^{\circ}00'S$ (zona bajas densidades).

5.2.3 Biomasa y abundancia

Los estimados de biomasa y abundancia de las zonas 1, y 2 y total por método bootstrap y geoestadístico se entregan en las **tablas 7, 8 y 9**, respectivamente, los estimados totales corresponden a la suma de las estimaciones por zona.

La biomasa total estimada para merluza de tres aletas en el área de estudio, varió entre 111.128 y 97.042 toneladas según el método aplicado (Bootstrap y geoestadístico, respectivamente) con similares CV que variaron entre 19,6% y 19,8%, mientras que la abundancia total estimada en el área de estudio fluctuó entre 176.420 y 154.445 millones de ejemplares (Bootstrap y geoestadístico, respectivamente), también con similares CV que variaron entre 16,1% y 16,3%. Los resultados de la abundancia y la biomasa a la talla, obtenidos mediante método geoestadístico, de las zonas 1, 2 y total se entregan en las **tablas 10, 11 y 12**, respectivamente.

Las gráficas de las distribuciones de frecuencia de talla de la abundancia obtenidas mediante método geoestadístico de las zonas 1, 2 y total se entregan en las **figuras 5, 6 y 7**, respectivamente. En éstas se observa que la zona 1, en que el aporte es del 87,3% de la abundancia y donde se detectó el foco de desove, presenta un rango de tallas que abarca desde los 27 a 66 cm, con el mayor número de individuos centrados entre los 43 y 49 cm, con moda secundaria en individuos de menor tamaño centrados entre los 36 y 39 cm; y observándose además una pequeña fracción de individuos de mayor tamaño entre los 56 y 58 cm. La zona 2 que aporta el 12,7% de la abundancia, presenta un rango de tallas entre 20 y 61 cm, con el principal aporte dado por la fracción de individuos entre los 35 y 39 cm seguido del rango de tallas entre 43 y 47 cm. La distribución de la abundancia total, sustentada principalmente por la zona 1, muestra prácticamente la misma distribución que esta zona, con el aporte principal de individuos entre los 43 y 49 cm, rango levemente superior a lo observado los últimos tres años en que la moda se encontraba entre los 42 y 45 cm.



5.2.4 Distribución espacial del stock de merluza de tres aletas

5.2.4.1 Distribución recurso en el área de estudio

Al igual que los últimos cuatro años, el recurso se concentró a fines de agosto en el sector norte del área de estudio distribuyéndose esta vez al norte de la latitud $47^{\circ}00'$, resultando el centro de gravedad (CG) en la latitud $46^{\circ}46'S$ con la distribución del foco reproductivo principalmente entre las latitudes $46^{\circ}40'S$ y $46^{\circ}50'S$ (**Fig. 8**), en el resto del área (zona tradicional de estudio $47^{\circ}00'S$ - $51^{\circ}00'S$) se detectaron bajas densidades de merluza de tres aletas (presencia).

Los CG históricos de la distribución de merluza de tres aletas, daban cuenta de una relación entre el período que se realizaba el crucero y la posición latitudinal del CG (**Fig. 9**). Los años 2001 y 2004 el estudio se realizó principalmente a fines de agosto-primera semana de septiembre, ubicándose los CG al sur de la latitud $49^{\circ}20'S$, los años 2002-2003 el estudio se realizó las primeras dos semanas de agosto y los CG se ubicaron al norte de la latitud $48^{\circ}30'S$, posteriormente en la serie de años 2005-2009 el estudio se realizó durante la segunda quincena de agosto, resultando los CG cercanos al centro del área, entre latitudes $48^{\circ}05'S$ y $49^{\circ}20'S$, observándose siempre una concordancia con la dinámica migratoria reproductiva de la especie en que la tendencia era concentrarse entre las latitudes $47^{\circ}00'$ - $48^{\circ}00'LS$ durante la primera quincena-mediados de agosto para desovar y luego retornar hacia el sur durante la segunda quincena-fines de agosto, abandonando el área de estudio ($51^{\circ}00'LS$) durante la segunda quincena de septiembre. Los años 2011 a 2016 se continúa realizando el crucero durante la segunda quincena de agosto pero se comienza a detectar a partir de 2011 (2010 no se realizó crucero) que la concentración reproductiva se posiciona cada vez más al norte del área (entre $47^{\circ}00'S$ y $47^{\circ}10'S$) obteniéndose un CG en el $47^{\circ}19'S$. Luego a partir de 2012, se detecta además un retardo en la entrada y/o concentración del núcleo reproductivo del recurso, detectándose éste los últimos días de agosto, con un desfase cercano a 15 días respecto a lo observado históricamente, lo que se traduce en que el período 2012-2015 los CG varían entre la latitud $47^{\circ}14'S$ y $47^{\circ}05'S$, respectivamente, concentrándose y distribuyéndose el núcleo reproductivo en una reducida zona en el límite norte del área de estudio (**Fig. 9**), obteniendo este año 2016 el CG mas al norte de la serie histórica, detectándose además los últimos dos años la distribución del recurso fuera del área tradicional de estudio (norte de latitud $47^{\circ}00'S$).

La distribución batimétrica de merluza de tres aletas fluctuó entre los 180 y 350 metros de profundidad alcanzando un valor promedio de 260 metros.

5.2.4.2 Caracterización espacial de la densidad acústica de merluza de tres aletas

El análisis espacial realizado mediante el método geoestadístico de acuerdo a la división de zonas, reflejó que en la zona 1 el análisis de anisotropía mostró mayor continuidad espacial en la dirección de 135° (SE), el que es representado por un ajuste anidado del tipo gaussiano-exponencial (**Fig. 10**), el que describe un rango de correlación de 1,2 mn y una varianza estructural del 100% con un valor



de 5,6E08 (**Tabla 13**). En la zona 2, el variograma omnidireccional mostró una clara estructura espacial la que se ajustó a un modelo teórico anidado del tipo gaussiano-gaussiano (**Fig. 10**). La varianza estructural fue menor que la estimada en la zona 1, con un valor de 2,41E04, mientras que la variabilidad de microescala fue de 5E03, la que representa el 21% de la intensidad del patrón espacial observado en esta zona. La zona de influencia y máxima correlación fue de 3,6 mn, superando 3 veces la magnitud de la zona 1.

5.2.5 Evaluación de fuentes de error

Las fuentes de incerteza que afectan a la evaluación y que no fueron posibles de medir, fueron minimizadas, tales como: el timing, realizando el crucero en el período y zona de mayor agregación del recurso e incorporando una reprospección cuando fue necesario; y la variabilidad espacio temporal, realizando los lances lo más cercano a la detección; y la re-insonificación del recurso. La fuente de error que se pudo cuantificar y compensar fue la pérdida de información por cabeceo y roleo del buque durante la prospección, la cual también se minimizó realizando las transectas en sentido oeste-este.

También se cuantificó la incerteza asociada a la evaluación acústica mediante la metodología propuesta por Rose *et al.* (2000) y recomendada por O'Driscoll (2004) a fin de evaluar diferentes fuentes de error en la estimación de la biomasa, bajo un enfoque de simulación modelo basado, donde los términos de la ecuación hidroacústica son tratados como variables aleatorias que pueden ser descritas por una distribución de probabilidades.

En este estudio se consideraron como fuentes de error en la estimación de la biomasa los estimadores involucrados en el factor de eointegración (fuerza de blanco promedio ($\overline{TS}$)), la composición de tamaños ($\hat{P}_k$), peso medio ($\hat{W}_k$) y las lecturas acústicas por intervalo básico de muestreo ($\hat{R}$). Para cada una de las fuentes de error se determinó su distribución de probabilidad asociada y se realizaron 5.000 simulaciones MonteCarlo en el proceso de estimación de la biomasa, con el objetivo de obtener una estimación de la incerteza del estimado.

Esto dio como resultado una estimación de la biomasa y sus límites de confianza para el área total de 111.000 t aproximadamente, con un coeficiente de variación de un 15 % y un intervalo de confianza que fluctuó entre 79.464 y 142.714 t. La **tabla 14** entrega los estimados de biomasa mediante el método simulación de Montecarlo para el total y para dos zonas analizadas.



5.3 Objetivo específico 2:

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

5.3.1 Composición de tallas y proporción sexual

5.3.1.1 Muestreos

Durante el crucero de investigación fueron medidos 1.948 individuos de merluzas de tres aletas, subdividido en 1.392 machos y 556 hembras (**Fig. 11**). Para definir la distribución de talla de merluza de tres aletas para el período de desove, fueron adoptados los criterios de estratificación y zonificación definidas en el capítulo de análisis de biomasa hidroacústico del recurso subdividido en Zona 1 comprendido entre los 46°35' - 47°02,5' LS) y Zona 2 entre los 47°02,5' - 51°00' LS (**Fig. 12**). Por otra parte, también se efectuó la estratificación adoptada por Córdova *et al.* (2003), consistente en dividir el área de estudio en 3 áreas: Area 1 entre 45°30' y 47°29' S. denominada Taitao; Area 2 entre 47°30' y 48°59' S. denominada Golfo Penas-Ladrillero; y Area 3 entre 49°00' y 51°00' S. denominada Trinidad-Concepción en (**Fig. 13**). Luego, la mayor cantidad de muestras fue registrada en la Zona 1 con 1.608 ejemplares (**Fig. 12**), y la Zona 2 con un valor inferior de 340 ejemplares.

5.3.1.2 Distribución de talla en la zona de estudio, estrato espacial y batimétrico

La distribución de talla durante el período y área de estudio fue principalmente de ejemplares adultos, con escasa presencia de juveniles (1,8% <35 cm), registrando una talla promedio total de 47 cm y un alto predominio de los machos de 68% respecto de las hembras (32%). Esta composición de tallas de merluza de tres aletas registró básicamente una moda principal de ejemplares adultos entre los 42-61 cm, no obstante que es posible observar pequeñas modas una entre los 34-41 cm y otra entre los 54 y 61 cm. En el caso de las hembras, presentaron una distribución de talla desplazada a la derecha con una moda entre los 46-61 cm y una talla promedio de 52 cm, ambos resultados superiores a la distribución de los machos (moda 42-53 cm, talla media 45 cm (**Fig. 11**)).

La moda principal de ejemplares de tallas adultas entre los 42 y 61 cm fue registrada en principalmente en la Zona 1 (46°35'-47°02,5' S), área que registró la concentración de biomasa del recurso (**Fig. 12**); en cambio la Zona 2 ((47°02,5'-51°00' S) la escasa muestra registró una distribución de ejemplares adultos de menor talla entre los 34 y 49 cm. Por su parte, la estratificación por área muestra para el área Taitao una moda entre los 42-61 cm similar distribución a la Zona 1 por comprender latitudes similares; mientras las áreas Golfo de Penas – Ladrillero y Trinidad-Concepción registraron escasas muestras y distribuciones de tallas con menores tallas adultas (**Fig. 13**), no obstante en toda el área de estudio predominaron los machos respecto de las hembras.



Al efectuar un análisis en la Zona 1, las hembras presentaron una moda entre los 48-61 cm, con tallas destacadas entre los 50 y 57 cm (**Fig. 14**), ejemplares adultos que participan y aportan al proceso de desove; mientras los machos presentaron una moda adulta entre los 41-51 cm. En sentido batimétrico, la distribución de talla de las hembras registró que la moda adulta entre los 48-61 cm estuvo presente en toda la columna del agua (100 a 399 m, **Fig. 15**), salvo entre los 200-299 m de profundidad la presencia de una moda adulta de menor talla entre los 34-41 cm.

5.3.1.3 Distribución de talla del crucero 2016 respecto de los cruceros de investigación anteriores en la zona de estudio

Como es habitual durante el período reproductivo de la especie, para el año 2016 en el área de estudio se caracterizó por una alta presencia de adultos (92,2%) entre 42-61 cm con una talla media desplazada a la derecha respecto los últimos dos años, sin embargo, es posible observar que la moda de adultos superior a los 50 cm registrada en la distribución de talla de merluza de tres aletas en los primeros años de la serie con ~70%, ha tendido a bajar su proporción llegando al año 2016 a 17%, a lo cual se agrega el aumento en la presencia de adultos entre 35 y 49 cm (75%, **Fig. 16**). Teniendo presente que entre los años 2012 a 2016 se ha registrado una mayor concentración del recurso por actividad reproductiva principalmente localizada al norte del área de estudio entre los 46°30' y 47°30' S y en los últimos días del mes de agosto, con adultos entre los 34-49 cm, pero asociado a machos. No obstante, en la Zona 1 registró la presencia de hembras con bajo predominio (32%) respecto de los machos que presentaron una moda adulta que tiende a asemejarse las modas adultas principales registradas al inicio de la serie histórica de los cruceros de investigación. Lo anterior, viene a caracterizar al recurso bajo una condición de bajas biomásas, una escasa presencia de adultos sobre 50 cm acompañado por una baja presencia de hembras y un alto predominio de machos.

5.3.2 Estructura de edades del stock

El muestreo biológico específico en que se extrajo el par de otolitos *sagitta* de los ejemplares, estuvo compuesto por individuos con rango de tallas entre 20 y 66 cm de longitud total, colectándose una muestra de 2.022 pares de otolitos (1.377 machos y 645 hembras). La distribución de tallas del muestreo de otolitos analizados para el estudio de edad, para machos y hembras (box-plot) se presenta en la **figura 17**.

Las claves edad talla (CET) empleadas para el presente estudio, corresponden a las elaboradas a partir de la edad observada en los otolitos, en los cuales se desarrolló el análisis empleando técnicas de preparación, que facilitan la observación (Ojeda y Muñoz, 2008; www.ifop.cl, Laboratorio de Edad y Crecimiento; Recursos Demersales, Merluza de tres aletas).

Para merluza de tres aletas, en ambos otolitos de cada par colectado se empleó un tratamiento de hidratación y pulido, de manera de realzar los *annuli* que permiten la asignación de la edad, lo cual se ilustra en la **figura 18**. Si se emplea luz reflejada en la observación bajo el microscopio estereoscópico, se aprecia una alternancia de bandas translúcidas (anillos oscuros) y opacos (tono blanquecino).



Siguiendo a Ojeda *et al.* (1998) durante el año se formarían dos grandes zonas, una opaca, en las que se puede apreciar un número variable de marcas hialinas secundarias y una zona translúcida ancha con características propias de intensidad y continuidad, cuya adecuada discriminación se logra tras analizar numerosas muestras.

5.3.3 Relaciones peso - longitud

Las funciones peso-longitud (**Tabla 15**) producto de los muestreos biológicos específicos realizados en el área de operación presentan la dispersión de las variables que se muestra en la **figura 19**.

Si se compara las estimaciones que entregan las curvas teóricas que describen las funciones peso talla en los últimos 13 años en que se ha realizado el crucero de investigación de este recurso, se tiene que en el 2004 y 2006 ha sido donde se han registrado los menores pesos corporales de este período especialmente en hembras (**Fig. 20A**), lo cual en tales años, es coincidente con la presencia de ejemplares que han pasado el proceso de desove recientemente.

Durante el crucero 2016 el recurso, presentó valores teóricos de peso similares a lo estimado para el crucero anterior aunque levemente superiores. A modo de ejemplo se puede señalar que un pez macho de talla 40 cm en 2015 pesaba en base a función teórica 341g en cambio en 2016 a esta misma talla alcanzaba los 391g. En hembras, de forma similar, para talla de 40 cm su peso teórico se registraba en 352g en 2015 y 403g en 2016 lo que si bien son pequeñas ganancias (15%) en la tendencia central, esto habla de una condición levemente más robusta. En general, los pesos promedio estimados a la talla se encuentran situados de forma intermedia respecto de los registros históricos de estas funciones.

Los parámetros de las relaciones peso - longitud de merluza de tres aletas estimados con la información de crucero 2002 - 2016, presentan en sus parámetros una fluctuación que se manifiesta en un rango que abarca para "a" entre 0,00032 - 0,00540 y "b" entre 3,00392 - 3,76038 en el caso de los machos y "a" entre 0,00032 - 0,00434 y "b" entre 3,06432 - 3,76716 para hembras (**Fig. 20B**), señalándose con marcadores sólidos los correspondientes al período 2016.

5.3.4 Abundancia por grupos de edad

La estructura de edades fue estimada a partir de las claves edad-talla correspondiente al crucero de prospección realizado en el área de estudio. Los grupos de edades presentes en las capturas obtenidas durante los lances de identificación comprendieron a ejemplares pertenecientes a los grupos de edades 1 a 24+. La abundancia estimada en el crucero separada por sexo se presenta en las **tablas 16 y 17**, se aprecia que existió un 68% de machos (105.193.492 ejemplares) y un 32% de hembras (49.251.626 ejemplares).

Se destaca un fuerte componente de ejemplares adultos jóvenes con moda en GE IV que representa 18,1% de la abundancia de machos y 12,5% en el caso de las hembras (**Tablas 16 y**



17). En el caso de machos, esta moda en el GEIV en la estructura va seguida de otras dos modas que se sitúan en el GEVI (19,2%) y GEVIII (24,1), constituyendo esta última la moda principal. En hembras, la estructura además de tener destacada la presencia del GEIV se presenta formando parte de una moda en el GEVIII (11,2%), GEIX (12,4%) y GEX (9,6%), mostrando con ello moda en GE mayores que los machos y de menor intensidad, encontrándose las hembras con una mayor presencia en edades mayores.

Una característica particular del stock desovante evaluado, fue que en el caso de los peces más adultos, por ejemplo especies de edades mayores a GE XIII acuden al área de desove con escasa participación en el proceso, presentándose $\approx 2\%$ de machos y $\approx 18\%$ de hembras evidenciando la mayor longevidad de estas últimas.

En general, para la época de desove en 2016 se encontró que la estructura de la abundancia está constituida en el caso de machos por los grupos de edad que aportan en $\geq 5\%$ por los GE III hasta GE IX (corresponden a $\approx 85\%$ del total de la abundancia de ese sexo) y en caso de las hembras, que presenta estructura de edad con modas menos intensas, similar porcentaje lo comprenden los grupos de mayor relevancia que corresponden desde GEIII a GEXII.

Esta especie presenta un crecimiento notablemente lento después de la edad 7, con incrementos en longitud muy pequeños de año en año (Ojeda *et al.*, 1998). Esto se traduce, en la práctica, en que existe un rango de tallas (48-60 cm) que contiene una gran variedad de edades como se puede apreciar en las matrices de composición por GE de la abundancia (**Tablas 16 y 17**).

La **tabla 18** presenta la abundancia por GE, con su respectiva desviación estándar y coeficiente de variación (CV) asociado. Como es característico el CV toma valores elevados en los casos donde la información es escasa y en los grupos de modales más relevantes ($>5\%$) este coeficiente alcanza valores entre 0,21 – 0,30.

5.3.5 Serie histórica

Las estructuras de edades de las abundancias registradas en los Cruceros de Investigación 2001-2016 se presentan en la **figura 21**, en porcentaje (**Fig. 21A**) y en número de individuos (**Fig. 21B**). A modo de referencia se incluyó también la estructura que constituye la remoción que corresponde a la pesquería anual (período 2001 y 2015), que actúa preferentemente en el segundo semestre del año, considerando ambos sexos en común (Ojeda *et al.*, 2015; 2016).

Si se observa la columna A de gráficas en esta figura, en donde se presenta la estructura por GE en porcentaje, se aprecia que la moda en la pesquería (representada con barras vacías) tiene tendencia a manifestar modas principales en edades de adultos jóvenes, como se presenta GE III, IV, V; VI, VII, VIII, IX y X en el 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008 respectivamente, moda que se sigue secuencialmente su traspaso de año en año (**Fig. 21 A**).



Los GE destacados en la pesquería se observan a su vez en el período de concentración para desove, pero con menor intensidad, indicando una posible permanencia de este grupo en la zona ó al menos sugiriendo que no siguen el mismo comportamiento de los peces más adultos, de los cuales se aprecia su mayor presencia en las gráficas referidas a época de crucero de investigación.

La estructura por GE de la abundancia al momento del crucero de evaluación del stock desovante (**Fig. 21B**), presentó en los primeros años de esta serie, una característica particular en los peces nacidos en la clase anual 1998, señalada en la figura como **ca98**, en donde se aprecia su evolución desde 2001 a 2006, destacándose en 2001 como GEIII, y en los años sucesivos como GEIV, GEV, GEVI, GEVII y como moda muy relevante en GE VIII en 2006. Se observa que en los años 2001- 02 - 03 y 05, la estructura estuvo focalizada hacia peces más adultos en el período de desove. En los años 2004 y 2006, en que se ha encontrado en el área de estudio una fuerte componente de peces en fase de post desove, se observa una baja representación de la fracción de adultos mayores, los cuales posiblemente siguiendo su patrón de migración ya no están presentes en el área en su máxima concentración.

El stock en el año 2007 presentó parte de su composición concentrada en forma importante en peces del GE XVIII y mayores, no obstante igual se presenta el GE IX de forma relevante, siguiendo la trayectoria de la marcada moda del GE VIII que se produjo en el año anterior. Durante el crucero 2008, se destacó el GEX (clase anual 1998), representando un 10% de la abundancia (**Fig. 21 A**) y se registró además un ingreso notable del GEIV (clase anual 2004), el cual, se pronosticaba como un aporte importante para el año 2009 y en los años sucesivos, de no mediar cambios significativos en el medioambiente que alterasen su ciclo de vida. Durante 2009, se confirmó la clase anual 2004 encabezando la moda estructural, correspondiendo a una marcada moda principal (GEV, **Fig. 21B**). El año 2010 no se realizó crucero, mientras que el año 2011 mostró una estructura por grupos de edad del stock desovante con marcadas características de composición a partir de adultos jóvenes, presentando el GE III (ca08) como moda principal y el GEVIII como moda secundaria.

En 2012, se acentúa la composición focalizada aún con mayor intensidad que el año anterior hacia los GE más jóvenes, con moda principal en GEIV (ca08) y es esta misma ca08 la que se presenta de forma modal de adultos jóvenes como GEV en 2013 y GEVI en 2014, junto a lo cual se registró una drástica baja en la participación de grupos de edad más adultos en el período de desove, situación ya observada en 2012, intensificada en 2013 y más acentuada en 2014. Esta misma ca08 se puede seguir como GE VII en 2015 y GE VIII en 2016.

Otra clase anual de importancia son los peces nacidos en el año 2010 (ca10) que se presentan como GEIV destacado en 2014, pasa a conformar el GEV en 2015 el cual es modal en la estructura del stock de ese año y luego en 2016 como GEVI es uno de los tres grupos modales principales. Se aprecia a su vez de forma acentuada la juvenilización de la estructura de edades al presentarse con participación relevante el GEIII en 2015, que pasa a conformar el GE IV en 2016, presentando baja presencia



ejemplares de las edades mayores, los que una década atrás estaban presente como parte importante del proceso de desove.

En la **figura 22** se muestra la estructura demográfica separada por sexo de la serie de quince años en que se ha realizado cruceros de evaluación del recurso en el área de interés, tanto en composición de abundancia por tallas (gráficas de la columna izquierda), como por GE (gráficas de la columna derecha). Se puede apreciar las numerosas edades que componen la estructura de tallas del recurso y la diferencia estructural, condición típica de este recurso que presenta dimorfismo sexual (Saavedra *et al.*, 2008 a 2016).

Si se observa la abundancia por clases de talla, se puede apreciar que en los años 2001 a 2003, 2005 y 2007, la abundancia presentaba su mayor componente en la moda constituida por las clases de talla desde 52 a 60 cm, con una moda secundaria en clases de talla menores que se fue intensificando en el tiempo. Los años 2004 y 2006, años considerados atípicos, con características de visita a terreno en etapa en que ha pasado la máxima concentración para el desove, se aprecian con estructuras de tallas diferentes, si bien presentan moda en tallas entre 56-60 cm, tienen a su vez marcada moda en peces más pequeños entre las marca de clase 42-50 cm. Desde el año 2008 al 2015, la estructura de tallas se presentó fuertemente conformada por peces menores a 50cm.

Que la moda principal en una estructura de tallas (por ejemplo la correspondiente al año 2001) esté constituida por numerosos grupos de edad representa una ventaja significativamente alta ya que el impacto de la pesca lo reciben varias clases anuales, las cuales por su condición pueden ser más ó menos exitosas en el desarrollo de su vida, dependiendo de las condiciones medioambientales que hayan favorecido su supervivencia y desarrollo.

5.3.6 Caracterización de la abundancia

5.3.6.1 Proporción sexual de la abundancia

La composición interna de la abundancia que se concentra en el área de desove presenta una razón de sexos la cual suele expresarse como un cociente, por ejemplo 1:1 ilustrando el caso en que tanto machos como hembras se presenten en igual número. Esta relación ó cociente de número de individuos machos: hembras (m:h), se entrega en la **figura 23**, donde se puede observar a los machos representados como 1, y las hembras con un valor por bajo ó sobre este, según se encuentren en menor ó mayor número que los machos. En merluza de tres aletas esta relación m:h fluctúa desde 1:0,3 hasta 1:1,2, señalando con ello una relación variable. En los años 2001 a 2003 se presenta una relación estable, observándose entre 1:0,8 – 1:0,9 lo que señala a las hembras levemente en menor número que los machos. En 2004 y 2005 se encuentran prácticamente en relación 1:1, habiendo un cambio en los dos años siguientes (2006 y 2007) en que las hembras se presentaron algo más numerosas que los machos en relación 1:1,2 – 1:1,1. En los años posteriores, a partir del 2008 al 2016, no se volvió a registrar esta relación cercana en su proporción en número presente en los muestreos



y pasó a observarse una relación constituida con baja fracción de hembras siendo 1:0,6 – 1:0,7 con un registro extremo en el año 2009 en que se presentó con relación 1:0,3, lo que señaló a las hembras en notable menor abundancia en el período de desove. Durante los tres últimos cruceros de evaluación del stock desovante, esta relación acentuó la diferencia en proporción registrándose 1:0,5; 1:0,4 y 1,0.5 respectivamente, lo que indica mayor precariedad en las hembras.

La información que entrega del stock los muestreos realizados durante la prospección acústica, responde al período particular de desove y la baja presencia de las hembras puede tener una mezcla de razones de base poblacional y tecnológica, que corresponde a lo que ha ido ocurriendo en el tiempo y como se ha desarrollado la pesquería de este recurso. Entre otras razones, el bajo número de hembras puede ser atribuido en parte al cambio que ha sufrido estructuralmente el stock desovante, el cual no tiene la misma constitución que en lo observado una década atrás, sino que ahora se presenta focalizado hacia ejemplares más jóvenes como se describió en numerales anteriores relacionados a la composición de la abundancia por grupos de edad.

5.3.6.2 Edad mediana de la abundancia

Si bien en una sección precedente se ha reportado el cambio de la estructura de edades, en esta sección se incluye la edad que presentan los recursos al alcanzar el 50% de la abundancia, a fin de poder representar el comportamiento de ésta en el transcurso del tiempo.

En la **figura 24** se presenta una secuencia histórica de fluctuación de las medianas de la edad de machos y de hembras para la época que se realiza el crucero de evaluación. Se observa en general, que la mediana de la edad es menor en machos que en hembras lo que avala la diferenciación sexual propia de este recurso en donde los machos son de estructura etaria menor que las hembras y a su vez presentan menores frecuencias ó no están presentes en los estratos de mayor longevidad.

En el período 2001 a 2005 las edades medianas de machos y hembras permanecieron cercanas, con valores con leve ascenso al paso de los años presentándose desde edad 11 a 13 para machos y desde 11 a 14 para hembras, conteniendo en este período un hito relevante de baja de este parámetro en 2004 en que se observó una edad de ≈ 8 y ≈ 9 años para machos y hembras respectivamente. Esta baja en la edad mediana coincide con una visita al área que se caracterizó como desfasada, es decir no se estaba en presencia del stock desovante en pleno, sino más bien se caracterizó como fuera del período de máximo desove.

Durante 2006, dado las características de los ejemplares, en que también se considera que se llegó después del período de máximo desove al área de estudio, se presenta a su vez una edad mediana de ≈ 9 años. Después de 2006 hasta el presente, el stock desovante ha dado señales en su edad mediana que lo caracterizan, siendo estas las siguientes:



- Las edades medianas de machos y hembras son de mayor distanciamiento que al principio de la serie. Por ejemplo, en 2007 la edad media para machos fue de ≈ 11 y para hembras de ≈ 14 , en cambio antes del 2006 su diferencia era de aproximadamente 1 año.
- Las edades medianas en ambos sexos han descendido notablemente, registrándose en 2015 una edad mediana del stock desovante de ≈ 5 años en machos y hembras.
- En 2016 se presenta un incremento de la edad mediana registrándose en edad ≈ 6 en machos y ≈ 8 en hembras.

5.3.7 Edad y estados de madurez macroscópicos

Si se considera una talla media de madurez sexual (50%) de 36,0–36,5 cm de longitud total (Córdova *et al.*, 2003, Saavedra *et al.*, 2012), la estructura del stock estimado de merluza de tres aletas que es $\geq 36,5$ cm corresponde a 91,6% en machos y 96,7% en hembras, lo cual se puede considerar como propio de la concentración en este período de actividad reproductiva del recurso en el área de estudio, no obstante para estudiar en forma más particular la población se revisó la relación de los estados de madurez que ha presentado últimamente este recurso en relación a la edad en que alcanza el 50% de madurez.

Se presenta la fracción de peces maduros en relación a la edad observada en las muestras analizadas, incluyendo los nueve últimos años en que se realizó crucero de investigación en la zona (**Fig. 25**). Para la determinación de la ojiva de madurez, se consideró como sexualmente inmaduros los peces en estado de madurez sexual macroscópico (EMS) 1 y 2 y como peces maduros a aquellos en EMS 3, 4 y 5. Si bien los peces son inmaduros una vez en la vida, puede encontrarse clasificado macroscópicamente ejemplares adultos en EMS 2, lo cual no significa que sean peces inmaduros sino en reposo reproductivo. El estudio con resolución microscópica permite la confirmación de los estados inmaduros ó su reclasificación como “maduros”, no obstante en esta sección del Informe se presenta la relación de la edad con el estado de madurez macroscópico.

El macho maduro de menor edad correspondió a GEII, desde allí en adelante, los peces en esta condición (maduros), se prolongan hasta la edad máxima observada en este crucero que es GEXX, lo cual deja de manifiesto 21 clases anuales visitando la zona de desove para formar parte del proceso reproductivo, de las cuales los grupos más jóvenes (GEIII-IX) presentan las mayores abundancias. La hembra de menor edad en estado maduro pertenecía a GEII, presentándose ejemplares en la zona de desove hasta GEXXIV, lo que brinda 22 clases anuales que participan del proceso reproductivo, en donde las edades con mayor abundancia de peces están concentradas en moda principal en los GEIII - VIII, pero con menor intensidad que los machos.

En la serie histórica que se presenta en la **figura 25**, la fracción de machos maduros (FMM) en un 50% fluctuó desde grupo de edad 2,1 hasta 3,7 años presentando los ejemplares muestreados en el crucero 2016 GE_{50%} en 2,1 años (**Tabla 19**). Las hembras en cambio, alcanzan su madurez (50%,



FHM) a edades mayores que los machos, observándose entre 2,0 hasta 4,7 ańos y registrando en 2016 $GE_{50\%}$ en 2,0 ańos (**Tabla 19**).

Para el ańo 2016, segun sexo, los $GE_{50\%}$ indicados precedentemente de 2,1 en machos y 2,0 en hembras equivalen a talla media de ≈ 29 -30 cm, valores obtenidos en base a la estructura etaria presentada en la **tabla 16 y 17**, las fracciones de peces inmaduros corresponden a porcentajes ínfimos de ejemplares ($<0,1\%$) que se manifiestan bajo el GE en que se alcanza una FMM_{50%} y FHM_{50%}.

Una vista conjunta de las curvas de edad - madurez para el período 2007- 2016 se presenta en la **figura 26**. Se aprecia de forma gráfica el desplazamiento de $GE_{50\%}$ en los diferentes ańos, registrándose este parámetro entre los grupos de edad II y IV para machos y entre los grupos II y V para hembras. En la Figura 12 esta misma informaci3n se despliega presentando las variaciones en el tiempo del $GE_{50\%}$, el cual presenta oscilaci3n que responde a la conformaci3n del stock que se reúne a desovar, cuyo cambio en la serie hist3rica de la estructura del stock por tallas y edad se puede apreciar en la **figura 27** El stock desovante 2016 evidenci3 ciertas característicās no observadas en ańos anteriores, en cuanto presentar un mismo grupo de edad en que el 50% de su abundancia estā maduro tanto en machos como en hembras ($GE_{50\%}=GE_{II}$) , y constituye a su vez, el mās el $GE_{50\%}$ mās bajo del período considerado.

5.3.8 Concordancia entre las estimaciones de madurez gonadal macrosc3pica y microsc3pica.

Dado que todo lo mencionado en ajustes de curvas edad versus clasificaci3n de estado de madurez que procede de observaciones macrosc3picas de las g3nadas, es de inter3s tener presente el grado de concordancia que se tiene entre la clasificaci3n de peces “maduros” 3 “inmaduros” de acuerdo a las estimaciones que se realiza mediante:

- observaci3n macrosc3pica de las g3nadas: correspondiente a la observaci3n *in situ* que realiza el observador científcico.
- observaci3n microsc3pica de las g3nadas: corresponde al estudio empleando técnicas histol3gicas que se realizan en el Laboratorio de la especialidad conducido por el investigador Eduardo DÍaz R.

Se emple3 la data hist3rica del período 2007 a 2013, para obtener tablas de doble entrada que permitiesen medir similitudes y diferencias, de donde se obtuvieron los resultados que se seńalan en Saavedra *et al.*, 2015 (ver la Tabla 25 de estos autores). Cada ańo arroj3 que entre el 95% al 99% de las observaciones son coincidentes, es decir, que la clasificaci3n macrosc3pica es avalada por la clasificaci3n microsc3pica en el rango de clasificaci3n de peces maduros e inmaduros, lo que da una base que permite seńalar que las ojivas de edad versus madurez macrosc3picas cuentan con apoyo en la clasificaci3n de acuerdo a las observaciones microsc3picas (por histología).

Por otra parte es importante destacar que el análisis histol3gico es preferible (Saavedra *et al.*, 2012; 2015) a la clasificaci3n que se realiza en el trabajo de campo (macrosc3pica). Los $GE_{50\%}$ estimados



en base a madurez macroscópica versus edad, pudiesen contener una sobreestimación del parámetro, dado que existe una cantidad de observaciones (estados de madurez) que siendo estado maduro se clasifican como inmaduras al usar el criterio macroscópico.

5.4 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 de tres aletas

Los indicadores reproductivos se sustentaron en 2.038 ejemplares de merluza de tres aletas (machos: 1.392; hembras: 646), los que fueron muestreados en 17 lances de identificación, de los cuales, 634 ovarios se analizaron microscópicamente mediante el examen histológico para confirmar las apreciaciones macroscópicas. Los tamaños de los ejemplares fluctuaron entre 20 y 61 cm y entre 27 y 66 cm de longitud total (LT) en machos y hembras, respectivamente.

5.4.1 Índice gonadosomático

El valor promedio del índice gonadosomático para todos los machos fue 8,1% (d.s. = 5,1) y en hembras de 13,5% (d.s. = 6,4), mientras que al segregar los tamaños mayores a 35 cm, los que se consideran sexualmente maduros (Saavedra *et al.*, 2009), el IGS señaló 9,0% (d.s. = 5,2) y 14,1% (d.s. = 6,1) en machos y hembras, respectivamente, hecho que mostró que los valores no se vieron fuertemente influenciados, en ambos sexos, debido a la menor presencia de juveniles en la muestra (**Tabla 20; Fig. 28 y 29**). La dispersión de los valores del índice se explica por la coexistencia tanto de ejemplares con desarrollo gonadal, en liberación de gametos e inmaduros.

El cálculo IGS medio sólo de la fracción parental (≥ 36 cm LT) por tres zonas del área de estudio mostró valores que fluctuaron en los machos de 7,9% en Trinidad-Concepción a 9,1% en Taitao, mientras que en las hembras, el IGS varió de 7,2% en Trinidad-Concepción a 14,9% en Taitao (**Tabla 20; Fig. 28 y 29**). El análisis de varianza teniendo como factor las zonas, indicó que las diferencias entre las distribuciones del índice sólo fueron significativas en las hembras (KW = 91,2 ($p < 0,0001$); machos: KW = 2,89 ($p = 0,236$)). Por su parte, el posterior test Dunn evidenció que la Zona de Taitao varió significativamente con las otras dos zonas ($p < 0,05$).

El indicador por grupos de tamaños mostró una tendencia positiva con relación al incremento del tamaño de los ejemplares, donde en los machos las medianas variaron significativamente ($p < 0,05$) a partir del grupo 36 – 40 cm, mientras que en las hembras, las diferencias en la distribución del IGS por grupo de tamaños fue significativa ($p < 0,05$) a partir del grupo 46 – 50 cm (**Fig. 30**).

La distribución de los valores individuales de IGS de acuerdo a la profundidad (referencial) de los lances, en los machos se evidenció en el rango hasta 5% una mayor incidencia entre 150 y 350 m, mientras que en valores entre 5% y 25% se visualizó una amplia distribución que cubre todo el espectro



de profundidad entre 150 y 400 m. Por su parte, los mayores registros ($> 25\%$), de menor frecuencia, se concentraron principalmente entre 150 y 300 m de profundidad (**Fig. 31**). En cuanto a las hembras, se observó un comportamiento similar a los machos, con los menores registros (bajo 5%) mayoritariamente entre 150 y 350 m, a la vez que en el rango entre 5% y 20% de mayor aporte se distribuyeron ampliamente entre 150 y 400 m. Así mismo, las hembras con IGS sobre 20% se encontraron en un rango más estrecho entre 150 y 300 m (**Fig. 32**).

En el factor espacial, por grado de latitud y distribución batimétrica por estratos cada 50 m, los registros medios de IGS evidenciaron, en ambos sexos, ejemplares adultos (≥ 36 cm) sexualmente activos en toda el área de prospección. Sin embargo, tanto en machos como en hembras, los mayores valores se observaron en el sector norte de la zona, entre 46° y 47° S, y en el espectro entre 150 y 400 m de profundidad (**Fig. 33 y 34**).

5.4.2 Análisis macroscópico

5.4.2.1 Estadios de madurez sexual (EMS)

El análisis de las fases macroscópicas de madurez mostró similar condición en ambos sexos. En los machos sólo se observaron dos fases, donde los testículos en maduración (EMS III) prácticamente representaron la totalidad con 95%, mientras que en baja frecuencia apareció la fase inmaduro (EMS II: 5%). El coeficiente de variación de la proporción de la fase más representada no alcanzó 1% (EMS II: 8%; III: 0,5%). En cuanto a las hembras, 96% de los ovarios se encontraron en maduración (EMS III), seguido en baja ocurrencia por la fase Inmaduro (EMS II: 4%) y desovante (EMS IV: 1%). El CV fue inferior a 1% para la proporción de la fase predominante en la captura (EMS II: 16,6%; III: 0,7%; IV: 49,7%) (**Tabla 21; Fig. 35**).

Al agrupar las fases, 95% de los machos y 96% de las hembras se encontraron sexualmente activos (EMS III+IV). Sin embargo, prácticamente no se evidenció la liberación de gametos (EMS IV), encontrándose representada sólo por 1% de ovarios. En tanto, no se observó indicios de término del evento reproductivo (EMS V).

El análisis de los resultados señaló una fracción mayoritaria de merluza de tres aletas en desarrollo del proceso reproductivo, en fase de maduración avanzada, pero prácticamente sin mostrar actividad de liberación de gametos.



5.4.3 Análisis microscópico

5.4.3.1 Dinámica ovárica y tipo de desove

La merluza de tres aletas se caracteriza por presentar un patrón de desarrollo ovárico de tipo sincrónico por grupo, con desoves parciales sucesivos en corto tiempo y una fecundidad anual determinada (Lillo *et al.*, 2002).

5.4.3.2 Estadios de madurez sexual (EMS)

El análisis de las fases macroscópicas de madurez mostró similar condición en ambos sexos. En los machos sólo se observaron dos fases, donde los testículos en maduración (EMS III) prácticamente representaron la totalidad con 95%, mientras que en baja frecuencia apareció la fase inmaduro (EMS II: 5%). El coeficiente de variación de la proporción de la fase más representada no alcanzó 1% (EMS II: 8%; III: 0,5%). En cuanto a las hembras, 96% de los ovarios se encontraron en maduración (EMS III), seguido en baja ocurrencia por la fase Inmaduro (EMS II: 4%) y desovante (EMS IV: 1%). El CV fue inferior a 1% para la proporción de la fase predominante en la captura (EMS II: 16,6%; III: 0,7%; IV: 49,7%) (Tabla 21; Fig. 35).

Al agrupar las fases, 95% de los machos y 96% de las hembras se encontraron sexualmente activos (EMS III+IV). Sin embargo, prácticamente no se evidenció la liberación de gametos (EMS IV), encontrándose representada sólo por 1% de ovarios. En tanto, no se observó indicios de término del evento reproductivo (EMS V).

El análisis de los resultados señaló una fracción mayoritaria de merluza de tres aletas en desarrollo del proceso reproductivo, en fase de maduración avanzada, pero prácticamente sin mostrar actividad de liberación de gametos.

5.4.3.3 Comparación entre el estimado macroscópico y microscópico de estadios de madurez sexual

Las determinaciones macroscópicas presentaron alta concordancia en las fases de desarrollo avanzado y en desove activo, por las notorias características morfológicas del ovario que permiten su fácil identificación. Por su parte, las mayores inconsistencias se presentaron por la dificultad de discernir entre ejemplares virginales de aquellos inmaduros reincidente, a si mismo, se tiende a subestimar la fracción desovante al no poder detectar con precisión aquellas hembras que tienen desoves parciales y a que a nivel microscópico presentan folículos postovulatorios. Para efectos de ajustar la ojiva de madurez y de calcular la fecundidad total es indispensable el análisis microscópico mediante la utilización de la histología, debido a que confiere precisión para identificar ejemplares que están maduros sexualmente y en seleccionar hembras que clasifiquen para la fecundidad, es decir que no presenten folículos postovulatorios que señalan desoves recientes ni atresia masiva, factores que subestiman el estimado.



5.4.3.4 Variable índice gonadosomático con relación al EMS microscópico

La distribución de los valores individuales de IGS en relación a las distintas fases ováricas histológicas (**Fig. 42**), mostró registros inferiores a 5% y 10% en ejemplares inmaduros (EMS I) y en desarrollo inicial (EMS II), respectivamente. Por su parte, la fase de madurez avanzada (EMS III) que fue la condición ovárica predominante presentó valores de IGS con amplia dispersión que alcanzaron máximos en torno al 25%. En cuanto a las fases de desove, los ovarios hidratados (EMS IV) mostraron el mayor incremento del indicador con máximos próximos a 45%, mientras que los ovarios con folículos postovulatorios (EMS V: desove reciente) presentaron IGS que disminuyeron a niveles de ovarios vitelados tardíos (EMS III). Al calcular el valor medio del indicador para cada fase de madurez ovárica (**Fig. 43**), el IGS no alcanzó 5% en ovarios inmaduros (EMS I) y en desarrollo inicial (EMS II). Por su parte, el incremento fue significativo ($p < 0,05$) en la fase siguiente de desarrollo tardío (EMS III: 12,8%), para alcanzar el máximo en ovarios hidratados (EMS IV) con 19%. Posteriormente, conforme ocurren los desoves parciales (EMS V), el IGS disminuye a 14,5%. En cuanto a la fase de regresión (EMS VI), que señala el término de desove, es esperable la mayor caída del IGS. En este estudio, la media de 14% en las hembras está acorde a la predominancia de ovarios en fase III.

5.4.4 Ojiva de madurez

Para el ajuste de la ojiva de madurez a la talla se contó con 633 registros histológicos de madurez de hembras con longitudes que fluctuaron entre 27 y 66 cm LT. No obstante el amplio espectro de tamaños, las hembras con longitudes entre 27 y 33 cm estuvieron débilmente representadas en los lances. Este hecho dificultó el ajuste de la ojiva dado que la fracción menor representada corresponde a ejemplares virginales y de transición a la madurez sexual (rama izquierda de la curva) (**Fig. 44**). Por su parte, al igual que años anteriores, se entrega un ajuste referencial que compila la información de evaluaciones de 2001 al 2016, con las implicancias de agrupar distintos pulsos de agregaciones reproductivas. El ajuste se sustentó de 8.785 registros histológicos, cuyas hembras presentaron tamaños entre 22 y 66 cm LT.

El estimado de la talla de madurez ($L_{50\%}$) de hembras para los datos de 2016 fue 32,1 cm, con intervalo de confianza al 95% entre 29,3 y 34,1 cm. Los parámetros β_0 y β_1 que describen la ecuación logística alcanzaron valores de -19,203 y 0,598, respectivamente. De acuerdo a lo señalado anteriormente, este valor de 2016 debe ser tomado con cautela. Por su parte, el estimado de la talla para la serie 2001 - 2016 fue 35,6 cm LT (LI: 35,2; LS: 36,0 cm) (**Fig. 44**). En la **figura 45** y **Tabla 23** se presentan los estimados de talla de madurez ($L_{50\%}$) de hembras en campañas hidroacústicas en el periodo reproductivo de 2001 al 2016.

Para estimar la edad media de madurez se realizó la lectura de otolitos a hembras que fueron analizadas histológicamente (513). El rango de grupo de edad abarcó entre 2 y 24 años.



Los resultados mostraron la hembra madura de menor edad en el GE 2 años. El ajuste señaló la edad media de madurez ($E_{50\%}$) en 2,4 años, con un límite inferior de 1,7 años y un límite superior de 2,7 años. Los parámetros β_0 y β_1 que describen la ecuación logística alcanzaron valores de -5,3919 y 2,2707, respectivamente (**Fig. 46**).

5.4.5 Fecundidad

Para el cálculo de fecundidad total se seleccionaron microscópicamente 100 hembras que clasificaron para este análisis, es decir en fase de desarrollo gonadal con una clara separación del grupo modal avanzado de ovocitos, sin evidencia de desove (folículos postovulatorios) ni atresia ovocitaria. La merluza de tres aletas se caracteriza por ser un desovador parcial con fecundidad anual determinada, cuya moda a desovar estaría constituida por ovocitos entre 450 y 1.125 μm (Lillo *et al.*, 2002).

Los valores de fecundidad total variaron entre 53.997 (40 cm; 380 g) y 697.584 ovocitos (64 cm; 1.900 g). El potencial fecundidad total promedio fue 270.607 ovocitos (cv 62%), cifra 15% menor respecto a la estimada en la evaluación de 2015. Por su parte, la fecundidad relativa promedio fue 327 ovocitos por gramo de peso corporal (menos el peso del ovario) (cv 30%), fluctuando entre 152 y 571 ovocitos, valor que representó 18% menor al promedio de 2015. La **tabla 24** muestra los estimados de fecundidad a partir de campañas hidroacústicas en el periodo 2001 - 2016.

La fecundidad total en función del peso corporal y la longitud total presentó un mejor ajuste al modelo potencial (**Tabla 25; Fig. 47 y 48**).

Los promedios de fecundidad total en el marco de las prospecciones entre los años 2001 y 2016 variaron significativamente ($F_{\text{calculado}} = 35,3$; $F_{\text{crítico}} = 1,7$ ($P < 0,05$)), donde el estimado 2016 no varió significativamente del 2015 ($p > 0,05$). Por su parte, la fecundidad relativa promedio también presentó variabilidad interanual significativa ($F_{\text{calculado}} = 75,1$; $F_{\text{crítico}} = 1,7$ ($P < 0,05$)), donde el estimado 2016 varió con el 2015 ($P < 0,05$).

5.5 Objetivo específico 4:

Identificar y determinar la importancia relativa de la fauna acompañante 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 de tres aletas.

Para el desarrollo del presente objetivo, se realizó un análisis general para la zona completa, complementado por una división histórica de zonas, separadas de la siguiente manera, zona Taitao comprendida entre 45°30'S-47°29'S, zona golfo de Penas comprendida entre 47°30'S-48°59'S, zona Trinidad-Concepción comprendida entre 49°00'S-51°00'S.

5.5.1 Proporción de captura



Durante el desarrollo del crucero de evaluación se realizaron un total de 19 lances de pesca de identificación, de los cuales, 17 (89,5%) resultaron con captura positiva de merluza de tres aletas, mientras que merluza de cola y merluza del sur fueron capturadas en 17 (89,5%) y 15 (78,9%) lances de identificación respectivamente. Para el área de estudio, la captura total estuvo compuesta por merluza de tres aletas (77,17%), merluza de cola (15,16%), merluza del sur (4,42%), sierra (2,10%), cojinoba (0,56%), reineta (0,37%), mictófido (0,08%), brótula (0,08%), calamar (0,05%). (**Fig. 49**).

Considerando sólo la fauna acompañante, merluza de cola representa el 66,39% de la captura de fauna, seguida en importancia por merluza del sur con 19,38%, sierra 9,18%, cojinoba azul 2,26%, reineta 1,64%, y el 1,14% restante se compone por el resto de especies observadas cojinoba ploma (0,18%), brótula (0,36%), calamar (0,06%) y mictófido (0,37%)

a) Proporción de captura por zonas

Al separar la captura obtenida por cada una de las zonas históricas en la que se divide el área de estudio (**Fig. 50**), se tiene que para la primera zona denominada Taitao, la principal especie capturada correspondió a merluza de tres aletas, con 83,29% de la captura efectuada en la zona, siguiéndole en importancia, merluza de cola (10,26%), merluza del sur (3,68%), sierra (2,29%), cojinoba (0,36%), reineta (0,06%) y brótula (0,06%).

Para la zona denominada golfo de Penas - Ladrillero la riqueza de especies fue mayor que en el área anterior, siendo la especie más capturada merluza de cola (62,93%), seguida en importancia por merluza de tres aletas (12,77%), merluza del sur (11,36%), reineta (5,05%), cojinoba (4,89%), mictófido (1,89%), calamar (1,10%), y brótula (0,16%).

En la zona Trinidad – Concepción, la riqueza de especies fue la menor de las tres subzonas, representada en un 71,92% de la captura por merluza de cola, seguida por merluza de sur (13,42%), merluza de tres aletas (12,11%), reineta (1,86%), y brótula (0,75%). (**Fig. 50**)

Los porcentajes de presencia de las especies recurrentes, junto a la merluza de tres aletas, muestran que la especie dominante en las tres zonas es la merluza de cola. Mientras que para la zona de Taitao destaca además la presencia de merluza del sur y sierra. Para la zona de golfo de Penas - Ladrillero, destaca la presencia de merluza del sur, reineta y cojinoba. Mientras que para la zona de Trinidad – Concepción, destaca la presencia de merluza del sur y reineta. (**Fig. 51**).

b) Proporción de captura por veril de profundidad

Al realizar una separación por cada 50 m de profundidad, se obtuvieron 6 veriles, comenzando desde los primeros 100 m de profundidad. Los resultados de la participación de cada una de las especies presentes en la captura total, muestran notables diferencias entre ellos.



En el veril 1 (100-150 m), la única especie observada fue merluza de cola. Veril 2 (151-200 m), merluza de tres aletas representa el 83,56% de la participación total, seguida por merluza de cola (7,68%), merluza del sur (4,15%), y en menor proporción sierra (3,94%) y cojinoba (0,66%). En el veril 3 (201-250 m) merluza de cola domina el estrato con un 82,68% de la participación total, seguida por merluza de tres aletas (5,03%), cojinoba (4,16%), reineta (3,19%), merluza del sur (2,55%), mictófido (1,00%), calamar (0,81%), brótula (0,58%), destacando en este veril, una mayor riqueza de especies que en los estratos anteriores. En el veril 4 (251-300 m), se observó que este estrato fue dominado por las tres especies de merluzas, destacando merluza de tres aletas con un 81,15%, merluza de cola con un 13,57% de la participación total, seguida por merluza del sur (4,35%), reineta (0,40%), sierra (0,34%), brótula (0,11%) y calamar (0,02%). En el veril 5 (301-350 m), el presente año no se obtuvo presencia de ejemplares entre estas profundidades. En el veril 6 (351-400 m), se observó un dominio de las tres especies de merluza, donde merluza de cola representó un 56,98%, merluza del sur un 22,39%, y merluza de tres aletas un 19,16%, con la presencia de 1,47% de reineta, especie la cual puede haber sido capturada en aguas más someras, en el virado de la red, pues su distribución batimétrica no corresponde. (Fig. 52).

5.5.2 Identificación de agrupaciones para la serie histórica, cruceros 2001-2016

De la información contenida en los lances de identificación y los veriles de profundidad establecidos dentro la zona y sub-zonas donde se realiza el estudio, se elaboró una matriz de captura estándar para todas las especies capturadas en la serie histórica de lances de identificación efectuados para todos los cruceros realizados desde el año 2001 a 2016. A partir de esta matriz se efectuaron dos tipos de análisis, el primero, consiste en un análisis de clasificación por conglomerados (“cluster”), mientras que el segundo análisis se basó en la clasificación de las entidades (zona, lances y veril) por el método de ordenación (“NMDS”). Para tal efecto, se consideró como unidad de muestra el lance.

La información histórica de los cruceros precedentes (periodo 2001-2015), se analizó con el objetivo de establecer diferencias interanuales en la composición de especies. Para ello se utilizó además la data proveniente de los cruceros de evaluación efectuados entre el 2001 y 2015 (Lillo *et al.*, 2002, Córdova *et al.*, 2003, Lillo *et al.*, 2004, Lillo *et al.*, 2005, Saavedra *et al.*, 2006 a 2016).

El resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados, para el total de cruceros (Fig. 53), muestra la presencia de tres grupos, con niveles de similitud superiores al 65%. El primer grupo está compuesto solamente por la información proveniente del crucero de 2004, caracterizado por una captura de merluza de tres aletas más baja que en otros años de la serie, además del bajo aporte de otras especies a la fauna acompañante, en especial merluza del sur. El segundo grupo compuesto por los cruceros realizados, durante los años, 2011 a 2016 se caracterizan por ser los años con mayor riqueza de especies, y valores de capturas similares entre los recursos merluza de cola y merluza de tres aletas, destaca además en este grupo, que los valores de capturas son más bajos que para el grupo tres. En el tercer grupo compuesto por los años 2001 a 2003 y 2005 a 2009 se observó en ellos el dominio de la especie merluza de tres aletas por sobre el resto de especies, donde además se observó una baja riqueza de especies.



A partir del análisis de ordenación (**Fig. 54**), se observó que la fauna asociada a cada uno de los conglomerados, muestra que el grupo 1 se diferencia claramente de los otros dos, por la baja presencia de merluza de tres aletas, en comparación con los años cercanos a 2004. Lo contrario se observa en el grupo tres, en donde la captura de merluza de tres aletas fue más abundante, y con menor presencia de otras especies, lo cual no ocurre dentro del grupo dos, donde se observa una mayor presencia de fauna acompañante como también menor abundancia de merluza de tres aletas en los lances de identificación.

Adicionalmente se efectuó un análisis de similitud (ANOSIM) de una vía a partir del resultado obtenido del análisis de clasificación, esto como método de validación estadística para verificar diferencias entre las agrupaciones resultantes. El resultado obtenido del análisis de similitud (ANOSIM) de una vía obtenido a su vez, del análisis de clasificación, muestra que las agrupaciones resultantes no presentan diferencias estadísticas, estimándose un valor global del estadístico

$R = 0,6302$ ($\text{valor-}p < 0,002$). Este método de validación estadística se realizó para verificar diferencias entre las agrupaciones resultantes.

5.5.3 Identificación de agrupaciones para la serie histórica, cruceros 2001-2016, analizada por zona

El resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados por año y zona (**Fig. 55**), muestra la presencia de cinco grupos, con niveles de similitud superiores al 60%.

El primer conglomerado representado por las zonas 1 y 3 del año 2007, se caracteriza por presentar bajos valores de captura de reineta y una alta captura de merluza de tres aletas en la zona 3, siendo las únicas dos especies observadas para esta zona en dicho año. El segundo conglomerado identificado en este análisis corresponde a la zona 3, de los años 2003 y 2013, grupo el cual se caracteriza por presentar en buena proporción de merluza de cola, merluza de tres aletas y jibia. El tercer conglomerado, compuesto por la zona 1 de los años 2001 y 2005 es caracterizado por la presencia de merluza de cola en una alta proporción al igual que merluza del sur, y presencia también de cojinoba, pero por el contrario bajos niveles de merluza de tres aletas. El cuarto grupo está conformado por 28 niveles, los cuales pertenecen en su mayoría a los años 2004, 2009, 2011 y de 2012a 2016, este grupo destaca por la alta presencia de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, además de la presencia constante de variadas especies recurrentes en la fauna acompañante siendo el grupo con la mayor riqueza de especies. El quinto grupo contiene principalmente a los años 2001, 2002, 2005, 2006, 2008 y 2014, este grupo destaca por una presencia constante de merluza de cola y merluza de tres aletas, y en menor cantidad merluza del sur, diferenciándose de los demás por observarse una alta presencia de cojinoba y reineta.

A partir del análisis de ordenación (**Fig. 56**), se observa que los grupos 1, 2, y 3 se observan en la misma dimensión. Comprobándose la cercanía de las especies merluza de cola y merluza de tres aletas, estableciéndose como un componente faunístico principal en la segunda y tercera zona para



todo el periodo analizado, el cuarto grupo se ve representado por las especies congrio dorado, brótula, cojinoba, y tollo de cachos, los cuales tienen una alta presencia en las tres zonas pero una baja abundancia para toda la serie de años, la especie reineta aparece más asociada a cojinoba, calamar y jibia, principalmente dentro de la zona 1 para los años que componen el cuarto grupo. El quinto grupo representa una asociación fuerte entre merluza de cola y merluza de tres aletas, pues son las especies más capturadas en las tres zonas que conforman el grupo, observándose también una presencia alta de cojinoba, y en menor importancia merluza del sur.

El análisis de similitud de una vía, obtenido a partir del resultado del análisis de clasificación, entrega un $R = 0,7123$ (*valor-p* = 0,001), evidenciando que las agrupaciones resultantes no presentan diferencias estadísticas significativas.

5.5.4 Identificación de agrupaciones para la serie histórica, cruceros 2001-2016, analizada por veril

El análisis de clasificación por conglomerados, realizado por año y veril (**Fig. 57**), muestra la presencia de tres grupos, con niveles de similitud superiores al 45%.

El primer grupo se compone por el primer veril de los años 2004 y 2016, veriles en los cuales se observa solamente una especie capturada, en 2004 fue reineta, y en 2016 solamente merluza de cola, para los lances de identificación realizados, en el primer veril de profundidad. El segundo grupo caracterizado por la presencia de merluza de cola y tres aletas, además de reineta, jibia y cojinoba. Destacando para estas seis observaciones, la ausencia de merluza del sur.

El tercer grupo reúne a gran parte de los años analizados desde 2001 hasta 2016, en este grupo destaca la presencia de merluza de tres aletas junto a reineta, calamar, cojinoba y merluza de cola, formando una agrupación heterogénea de especies de comportamiento pelágico y más superficial por observarse en los veriles más someros de profundidad. Así mismo y sin perjuicio de lo anterior, en este grupo se observa también una alta presencia de especies más profundas como congrio dorado, brótula, tollo de cachos, y mictófidios, destacando también una fuerte asociación de merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas.

En base al análisis de ordenación (**Fig. 58**), se observa una asociación importante entre las especies de comportamiento principalmente pelágico, reineta, jibia y cojinoba, siendo más cercano este grupo a merluza de tres aletas, la cual también ha mantenido un comportamiento pelágico en los últimos cruceros. Es destacable que las especies merluza del sur y merluza de tres aletas se vean, ubicadas en agrupaciones distintas, lo cual se explica por la asociación de merluza del sur mayormente en veriles de mayor profundidad, contrario al comportamiento observado en merluza de tres aletas, especie la cual se ha observado tanto en cardúmenes demersales como también más pelágicos. Un tercer conglomerado lo forman las especies, congrio dorado, tollo de cachos, brótula, calamar y mictófidios, especies las cuales se encuentran en veriles más profundos.



El análisis de similitud de una vía, obtenido a partir del resultado del análisis de clasificación, no evidencia diferencias estadísticas significativas, entre las agrupaciones resultantes, obteniéndose un $R = 0,7197$ ($\text{valor-}p < 0,001$).

5.6 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 de tres aletas

Se analizaron 578 estómagos de *Micromesistius australis*, provenientes de los muestreos realizados en los lances de pesca de identificación en el área de estudio (**Tabla 5**), de los cuales 152 presentaron algún tipo de contenido, lo que indica que sólo 26.3% de los estómagos analizados permitió inferencias sobre la dieta de la especie (**Fig. 59**).

5.6.1 Dieta general de *Micromesistius australis*

La merluza de tres aletas exhibió una dieta basada en 6 taxa de presas (**Tabla 27**), la que estuvo compuesta en similares proporciones del pez mesopelágico *Maurolicus parvipinnis* y *Euphausia* sp. ambos con un 34% GI. La presa que sigue en orden de importancia son el grupo de los mictófidios 18.4%GI (**Tabla 28**). Además, durante el análisis se encontraron dos estómagos que presentaron restos de plásticos. En términos de Número *Euphausia* sp. aportó >70% de las presas consumidas, mientras que, al cuantificar Peso y Frecuencia, *M. parvipinnis* fue la presa de mayor importancia para la merluza de tres aletas, superando el 35% de contribución. Cuando se hace la comparación entre las categorías mayores, los peces mesopelágicos (MESOP) representan la principal presa con un 53.4%GI, seguido por eufáusidos (EUF) con 34.6%GI (**Tabla 28**). Cabe destacar que el espectro trófico de la merluza de tres aletas es reducido con solo cuatro grupos presa.

5.6.2 Alimentación de *Micromesistius australis* por sexo

La alimentación por sexos de merluza de tres aletas estuvo dominada por peces mesopelágicos y eufáusidos (**Tabla 29 y 30**). Para los machos se encontró que *Euphausia* sp y *Maurolicus parvipinnis* representaron las principales presas con valores superiores al 40% GI cada una. Mientras que en hembras se observó que además el consumo de mictófidios, dentro de los principales ítems presa. Los análisis estadísticos dan cuenta una alimentación similar con valores no significativos ($U=6$; $p=0.685$).

5.6.3 Alimentación de *Micromesistius australis* por tallas:

Dado el bajo número de estómagos con contenido analizado no se pudo establecer si existieron o no, diferencias en las preferencias alimentarias dado por cambio en el tamaño corporal. Tampoco se realizó comparación según zona y profundidad de pesca.



5.6.4 Isotopos estables (SIA)

Las concentraciones de la estabilidad isotópica de la merluza de tres aletas presentaron valores de $\delta^{13}\text{C}$ -18.14 ± 1.39 y de $\delta^{15}\text{N}$ 16.38 ± 3.71 . La **figura 60** muestra la distribución de *Micromesistius australis* junto a sus presas en el ecosistema de aguas exteriores, así se diferencia la merluza de tres aletas (M3A) da cuenta que es un predador que se alimenta en la superficie y también meso pelágicamente. En cuanto al hábitat inferido por SIA, el “biplot” (**Fig. 60**), mostró que la merluza de tres aletas presenta una conducta bento-pelágica, debido amplitud de $\delta^{13}\text{C}$ (entre -16 a -20), evidenciado en las preferencias alimentarias

Al igual que la merluza de cola, la merluza de tres aletas presentó preferencia por peces mesopelágicos (MESOP) con 53.1%, seguido con la contribución dada por los eufáusidos (EUF) con un aporte de 34.2% del alimento asimilado. Finalmente, los camarones (CAM) contribuyeron en un 11.1%, registrándose un escaso aporte de cefalópodos con sólo 1.6% de contribución a la dieta asimilada

5.7 Objetivo específico 6:

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

5.7.1 Resultados generales agregaciones merluza de tres aletas

El resumen de la información de cada descriptor o variable original se entrega en la **tabla 31** donde se incluye el valor máximo, mínimo, promedio, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) para las características morfométricas, batimétricas y de energía de las agregaciones de merluza de tres aletas para la zona de estudio, detectándose un total de 52 agregaciones.

Las agregaciones de merluza de tres aletas presentaron en promedio un largo de 416 m (CV 1,94), una altura de 24 m (CV 0,68), una relación de aspecto o elongación de 8 (CV 1,64), perímetro de 3.780 m (CV 0,98), área de 19.771 m² (CV 3,82) y un valor de la dimensión fractal de 1,58 (CV 0,10). Batimétricamente las agregaciones presentaron una profundidad promedio de 250 m (CV 0,14) con profundidad promedio del fondo en 389 m (CV 0,26). El índice de altura, que permite ubicar las agregaciones con respecto al fondo del mar, presentó un valor promedio de 32% (CV 0,52). El valor promedio de energía retrodispersada alcanzó los 17.218 s_A (CV 2,68) y la densidad relativa acústica medida en NASC/m², promedió 4,0 (CV 2,28).

5.7.2 Descriptores según zona.



Los resultados obtenidos al separar las agregaciones detectadas por zona se entregan en la **Tabla 32**. Se grafican los valores medios obtenidos con sus respectivos intervalos de confianza. La **figura 61** muestra la gráfica de los valores medios y sus respectivos intervalos de confianza de las variables por zona, de ésta se desprende que en la zona 1 se detectaron en promedio agregaciones de mayor tamaño (área) que en la zona 2, mientras que las variables batimétricas tampoco presentan grandes diferencias entre zona. El mayor número de agregaciones se ubicó en la zona 1 que correspondió a la zona de desove y por ende la zona de mayor concentración del recurso, a raíz de lo cual también se obtienen mayor valor promedio de NASC y el mayor valor ed densidad relativa.

5.7.3 Descriptores según rango de fondo

La **tabla 33** entrega los valores promedios, desviación estándar y coeficiente de variación de los descriptores para cada rango de fondo. Se debe consignar que dado el bajo número de agregaciones en el rango de 100 y de 600 m (una en 196 m y otra en 298 m), éstas fueron consideradas en el rango de 200 y 500 m, respectivamente. Los mayores valores promedio de largo, elongación, perímetro y área se presentaron en el rango de 400 m (**Fig. 62**), observándose además una tendencia ascendente en estos valores hasta llegar a un máximo en el rango de 400 m y posteriormente disminuir ante aumentos en el rango de fondo.

La profundidad promedio de agregaciones es bastante similar en todos los estratos de fondo (entre 230 y 260 m promedio), mientras que el índice de altura aumenta notoriamente a medida que aumenta el fondo, indicando que las agregaciones se encuentran más distanciadas del fondo a mayores profundidades, pero debido al aumento del fondo (**Fig. 62**).

Los descriptores de energía NASC y densidad relativa presentan su mayor valor promedio en el rango de 200 y 300 m, respectivamente con su menor valor en el rango de 400 m (**Fig. 62**), indicando que el foco reproductivo tiende a ubicarse en ese estrato de profundidad.

5.7.4 Resultados análisis componentes principales

La matriz de correlaciones presenta las asociaciones más fuertes ($r > 0,70$) entre las variables: largo-área, NASC-Densidad, Fondo-Índice altura, alto-área y largo-alto, respectivamente (**Tabla 34**). La **tabla 35** entrega los valores propios y la proporción de la variabilidad explicada, total y acumulada por cada uno de los componentes. 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), los primeros 4 componentes cumplen la condición, explicando en conjunto el 82,6% de la variabilidad total.

La **tabla 36** entrega los valores de las correlaciones de las variables originales con los componentes principales, en ésta se observa que el largo, área y , alto, respectivamente, presentan los mayores coeficientes positivos y la dimensión fractal el mayor componente negativo dentro de la primera



componente, agrupando un grupo principal de agregaciones con mayor tamaño, mayor longitud y altura y bastante cohesionadas en sus bordes. El segundo componente relaciona a agregaciones que se ubicaron en mayores profundidades de fondo pero con bajos valores de NASC y de densidad, el tercer componente agrupo a agregaciones con altos valores de NASC y densidad, que presentaron una alta relación de aspecto. La **figura 63** muestra la correlación de las variables con los dos primeros componentes.

5.7.5 Resultados serie histórica

Al analizar la serie histórica, se observa que morfométricamente los registros se encuentran dentro de las variaciones observadas en la serie de años, con altibajos, aun cuando principalmente en el largo se observa una tendencia general a la disminución. Los datos batimétricos de la serie histórica reflejan que la profundidad promedio de las agregaciones de merluza de tres aletas han variado entre los 200-300 m, situación que se mantuvo este año con una profundidad promedio de 250 m, respecto a los fondos donde se han detectado las agregaciones, este año se observó un mayor acercamiento a la costa que el año anterior (**Fig. 64**).

Este año se observó un aumento importante en los NASC promedio respecto al año anterior y al promedio de la serie histórica, explicado por una agregación que presentó un valor extraordinariamente alto de NASC (el mayor de la serie histórica) en la zona de desove. Si se considera además que el número de agregaciones es en general reducido (52) respecto al promedio histórico (96), este valor promedio de s_A se debe tomar con moderación. El valor de densidad presenta también el máximo histórico de la serie, lo que se explica por dos agregaciones con valores muy altos de este descriptor, ambas en la zona de desove (**Fig. 64**).



6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En este crucero y por quinta vez consecutiva en la serie de cruceros de evaluación 2001-2016, se detectó el foco principal de desove con un desfase de aproximadamente 15 días respecto a las fechas en que históricamente se detectaba el recurso (cruceros anteriores al año 2012). El crucero se inició el 18 de agosto en el límite norte del área, realizándose una exploración para verificar la entrada del stock desovante, dados los antecedentes observados *in situ* los últimos cuatro años en que se observó la entrada del recurso más cercana a fines de agosto que a la segunda quincena del mes. Esta exploración dio cuenta de bajas densidades de merluza de tres aletas no presentando las características observadas históricamente en esta especie en su momento de desove masivo: altas concentraciones en un sector reducido de área. De acuerdo a esto se decidió, al igual que los años 2014 y 2015, navegar directo al límite sur y comenzar la prospección en sentido sur-norte, lo que permitió por una parte darle más tiempo al recurso para que se agrupara y por otra parte realizar una prospección completa y continua del área de estudio, sin ventanas temporales que complican el análisis global.

El área total de estudio comprendió desde el límite sur en latitud 51°00'S hasta la latitud 46°35'S, detectándose el núcleo principal de desove entre las latitudes 46°40'S y 46°50'S, fuera del área histórica evaluada (47°00'-51°00'LS). Dadas las diferencias observadas en las densidades acústicas al norte y al sur de la latitud 47 es que se separó el área de análisis en dos zonas, la zona 1 que incorpora las transectas con las mayores densidades en donde se concentró el núcleo reproductivo (norte de latitud 47°00'S), y la zona 2 al sur de la latitud 47°00'S donde se detectó presencia de merluza de tres aletas (bajas densidades). Esta división en zonas permite recoger de mejor manera las características espaciales de la distribución así como determinar una distribución de frecuencia de talla más robusta del stock desovante de merluza de tres aletas. El estimado total de biomasa y abundancia se consideró sumando los resultados de las zonas que fueron prospectadas en forma continua, tanto espacial como temporalmente.

Dado que en la zona 1 se realizó una intensificación del muestreo acústico, incorporando intertransectas diagonales y otras en modo zigzag, a fin de asegurar la prospección completa del stock desovante, es que se consideraron los resultados de la estimación geoestadística por sobre la estimación bootstrap, dado que el método bootstrap al no considerar la georreferenciación del dato y considerar una media aritmética de las lecturas acústicas, puede resultar en una sobreestimación de la biomasa al no utilizar una grilla regular de muestreo, como fue el caso.

De acuerdo a esto la biomasa preliminar estimada de merluza de tres aletas, considerando el método geoestadístico, alcanzó las 97.042 toneladas (CV=16,3%) y la abundancia alcanzó los 154,4 millones de individuos (CV=19,8%), obtenidos a partir de la relación talla-fuerza de blanco estimada por Lillo *et al.* (1996), utilizada en todas las evaluaciones anteriores ejecutadas por el IFOP. lo que permite comparar con un mismo criterio las fluctuaciones anuales de los estimados. En este contexto, los



valores obtenidos de biomasa y abundancia este año representaron un aumento del 27,7% en biomasa y una disminución del 5,7% en abundancia respecto a lo estimado el año anterior.

Dado este retardo en la agrupación le stock desovante, que al ser quinto año consecutivo ya no puede considerarse como un hecho aislado, sino como un cambio en la dinámica del stock, los estimados de biomasa y abundancia de merluza de tres aletas no pueden analizarse sin considerar esta dinámica, partiendo por lo postulado por Lillo *et al.*, 1994 en que asocia la presencia de este recurso en el Pacífico suroriental a un pulso migratorio de carácter reproductivo, el cual ingresa (ingresaba) al sector chileno proveniente del sector Atlántico, desplazándose hacia un área de desove localizada entre las latitudes 47°00'S a 51°00'S durante el mes de agosto. La directa relación entre esta dinámica y los períodos en que se ha realizado el crucero se evidencia al revisar las distribuciones observadas del recurso en el área y sus respectivos CG obtenidos, la cual hasta el año 2009 permitía asociar los períodos de crucero a principios de agosto con CG ubicado más al norte, cruceros a fines de agosto con CG más al sur y cruceros a mediados de agosto con CG cercanos al centro del área de distribución (**Fig. 9**). También, hasta el año 2009 los estimados de biomasa si bien venían con tendencia a la baja respecto a los estimados de los primeros años de la serie, aun se mantenían sobre las 100 mil toneladas, y con abundancias cercanas a los 170 millones de individuos (**Fig. 65 y 66**), reflejándose en la serie histórica de las distribuciones de frecuencia de talla la fracción del stock migratorio con individuos con tallas entre los 54 y 60 cm, fracción que a partir de 2009 comienza a disminuir, observándose un aumento en el aporte de individuos de menor tamaño con tallas entre 42 y 46 cm (**Fig. 16**), lo que tuvo implicancias en el peso medio del stock llegando ese año al menor valor de la serie 2001-2009 (**Fig. 67**). El año 2011 fue el último año en que se detectó el núcleo reproductivo a mediados del mes de agosto (año 2010 no se realizó crucero), concentrándose el stock desovante en una reducida área en el límite norte de la zona de estudio (47°00'S), también ese año se observó que la fracción principal del stock la componían ejemplares entre 46 y 52 cm, con una merma importante del denominado stock migratorio (54-60 cm) (**Fig. 16**), no obstante obtener un estimado de biomasa cercano a las 130 mil toneladas. A partir de 2012 se comienza a observar un cambio en la dinámica del recurso, que se manifiesta en un retardo del período de máxima concentración de aproximadamente 15 días, agrupándose las mayores concentraciones a fines de agosto y cada vez más al norte del área de estudio, resultando que los últimos dos años el foco principal de desove se ha detectado al norte de la latitud 47°00'S (**Fig. 8**)., lo anterior asociado a una reiterada disminución del área de distribución efectiva del foco reproductivo bajando a cerca de 250 mn² los años 2014-2015 y a cerca de 100 mn² en el presente año.

Este cambio en la dinámica observado los últimos cinco años, ha planteado la duda respecto a si es un efecto de la falta de un pulso reproductivo proveniente del atlántico, lo que daría pie a sostener que lo que se está evaluando es solamente el stock "residente", o a una disminución del ingreso de este pulso más la fracción residente en aguas chilenas. La evidencia por lo menos indica que desde el año 2012 la fracción del pulso migratorio (54-60 cm) definitivamente deja de ser la principal siendo reemplazada por individuos con tallas entre 42-46 cm (**Fig. 16**), lo que se evidencia al observar una baja reiterada en el peso promedio para igual período de años (**Fig. 67**), esta merma en el ingreso del pulso reproductivo se vería reflejado en las bajas estimaciones de biomasa y abundancia hasta el año



2014, comenzando a repuntar el año 2015 sobre todo en la abundancia, con una fracción de individuos menores a 36 cm resultando ese año en el peso promedio más bajo de la serie histórica 2001-2016.

Este año se observó un repunte en la biomasa y una leve disminución en la abundancia, observándose además, aun en niveles bajos, una pequeña fracción de individuos entre 54-60 cm, lo cual reforzaría la segunda teoría respecto a una disminución del pulso migratorio, donde el mayor aporte de lo estimado sería parte del stock residente en aguas chilenas, no obstante es conveniente integrar la información proveniente del sector argentino, donde la disminución de las tallas de individuos sobre los 50 cm en el atlántico se evidencia desde el año 2010 hasta 2013, estando en proceso de actualizar la información (2014-2016) a fin de complementar y obtener un escenario más completo de la situación actual de merluza de tres aletas. El repunte observado de la biomasa este año no debe opacar la condición observada los últimos años, que dan cuenta de una disminución de las tallas de las principales fracciones del stock desovante junto a una disminución de los pesos medios, lo cual debe mantener la alerta sobre este recurso, especialmente considerando que el principal período de pesca se realiza en su época de desove.

Respecto a la edad del stock evaluado, históricamente se ha podido apreciar la fuerza de diferentes clases anuales. En estos quince años de crucero, se ha visto para la clase anual 98 su evolución desde pertenecer al GEIII en el 2001, GEIV en el 2002 hasta llegar al GEXI en 2009, siendo un grupo que mantuvo su presencia en el área ya sea se haya registrado el crucero en plena época de desove ó se haya visitado la zona en períodos con clara presencia de post desove, permitiendo señalar la posibilidad de que grupos de adultos jóvenes presenten sistemas de migración diferente a los adultos mayores, los que en períodos de post desove, como es el caso de los cruceros realizados en el 2004 y 2006, estuvieron ausentes en el área estudiada.

Las modas principales que se habían observado en el stock desovante 2014 como GEIV y VI, se continuaron observando en el stock desovante 2015 como GEV y VII, con la particularidad de presentar una fuerte aumento en su abundancia y como grupos destacados GEVI y VIII en 2016. En los últimos años de la serie histórica, desde 2011 en adelante, se aprecia además que hay una clase fuerte (clase anual 2008) que se puede seguir marcadamente los seis últimos años de la serie, la cual en la actualidad se registra como GEVIII.

El encontrar un stock desovante sostenido principalmente por GE más jóvenes y con una componente debilitada de la presencia de las clases anuales más adultas habla de un potencial de reproductores mermado que afecta el estado del recurso. No obstante, se debe destacar que la presencia de edades más adultas no ha desaparecido totalmente, sino que es la proporción en el stock desovante la que ha cambiado en cuanto a su conformación en estructura de edades.

Siendo la mediana de la edad un estimado que representa la estabilidad o cambio que manifiesta el stock en una etapa de su vida, en merluza de tres aletas si bien hace una década el stock desovante presentaba por edad mediana de ≈ 11 -12 años, en estos últimos años se presenta que este parámetro para ambos sexos desciende aceleradamente, registrándose en este último tiempo una edad mediana



de ≈ 5 años en machos y hembras en 2015 y de ≈ 6 años en machos y 8 en hembras en 2016, lo que lo constituye en un stock parental de composición principal de ejemplares jóvenes, los cuales en teoría presentan diferente calidad del huevo respecto de los ejemplares más adultos.

Como información adicional se tiene que el tema de la diferenciación sexual y la estructura interna que conlleva, si bien ha estado planteado desde los primeros estudios de crecimiento de esta especie, ha sido considerado últimamente en las reuniones de Grupo Técnico que estudia este recurso y se aprecia que en sus recomendaciones, junto con el modelo actual de evaluación del stock que considera los sexos combinados, se ha mencionado la necesidad de explorar un modelo de evaluación de stock incorpore información separada por sexo, lo que posibilitaría recoger de mejor manera en lo teórico las características naturales de esta población.

Los indicadores reproductivos evidenciaron que la merluza de tres aletas en el periodo y área prospectada se encontró mayoritariamente en desarrollo del proceso reproductivo, principalmente en maduración avanzada y en la fase inicial de los desoves masivos. Los datos indicaron 97% de hembras sexualmente activas, de las cuales, 20% presentó evidencia de desove, hecho que mostró una condición similar a la observada en la evaluación de 2015, con 14% mayor y 12% menor, respectivamente (Saavedra *et al.*, 2016). Por su parte, los resultados son concordantes con la serie de evaluaciones al recurso en cuanto a la predominancia de ejemplares con actividad reproductiva y la manifestación de desoves masivos entre mediados de agosto e inicio de septiembre.

En términos espaciales, la actividad reproductiva de merluza de tres aletas se verificó en toda la zona de estudio, reflejado en los valores medios de IGS de ejemplares adultos (≥ 36 cm) en toda el área aunque con el valor significativamente más alto en las hembras de la zona de Taitao (zona 1) con muestreos al final del crucero. En cuanto al análisis histológico, en toda el área se observó la frecuencia predominante de hembras en maduración tardía. Por su parte, los desoves activos (hidratadas) se focalizaron en la zona de Taitao lo que explica los mayores IGS. En el factor batimétrico, las hembras sexualmente activas (en su mayoría sobre 35 cm) presentaron una amplia distribución en todo el espectro de profundidad, entre 150 y 400 m, mientras que las hembras en condición de desove activo y en postdesove reciente (con folículos postovulatorios) manifestaron un comportamiento más somero, entre 150 y 300 m. Al respecto, los antecedentes señalan a la merluza de tres aletas con hábitos bento-pelágicos (50 – 900 m) y migraciones reproductivas hacia aguas menos profundas, en áreas sobre la plataforma y talud continental a profundidades de 200 – 300 m (Céspedes *et al.*, 1998). Así mismo, en el Atlántico se reportan desoves al sur de las Islas Malvinas a profundidades cercanas a 200 m (Pájaro y Macchi, 2001) y en aguas de Nueva Zelanda la especie forma agregaciones desovantes en el rango de 250 – 500 m sobre la Plataforma Campbell y Bounty (Dunford y Macaulay, 2006).

En relación con la fracción participante del evento reproductivo, el análisis histológico por grupos de tamaños mostró 96% de hembras sexualmente activas en el rango 36-40 cm, para alcanzar prácticamente la totalidad en las hembras mayores a 41 cm. Por su parte, la mayor frecuencia de ejemplares inmaduros presentó longitudes menores a 36 cm. Estos resultados son concordantes con



la serie de evaluaciones, en cuanto a los tamaños de transición a la madurez sexual participante del proceso reproductivo, con un aporte importante en el rango 36-40 cm (Saavedra *et al.*, 2015).

Con respecto a la madurez sexual de merluza de tres aletas, los datos del presente año no permitieron un ajuste robusto de la ojiva de madurez por estar débilmente representadas las longitudes entre 27 y 33 cm, correspondiendo este rango a ejemplares virginales y de transición a la madurez (rama izquierda de la curva). No obstante, al igual que en otros años, se entrega un ajuste referencial que compila la información de distintos pulsos migratorios de la serie de evaluaciones entre 2001 y 2016. La modalidad de agrupar la información se fundamenta en la dificultad de ajustar la ojiva debido a la menor frecuencia en los lances de ejemplares de tamaños medianos y pequeños (bajo 40 cm), hecho entendible por cuanto se está prospectando al contingente adulto en su periodo y área de desove. En este aspecto, Céspedes *et al.* (2011) señalan que la fracción juvenil presentaría un patrón de distribución que podría diferir de los adultos. Los resultados para el 2016 indicaron la talla de madurez ($L_{50\%}$) en 32,1 cm, valor que debe ser tomado con cautela de acuerdo a lo señalado anteriormente, mientras que para los datos agrupados la talla ($L_{50\%}$) fue 35,6 cm, hecho que señaló un registro similar a los estimados para años agrupados y en particular con años en que se logró el ajuste de la ojiva a partir de la serie de evaluaciones al recurso entre 2001 y 2015 (**Tabla 23**), los que muestran una relativa estabilidad en la talla de madurez de las hembras con fluctuaciones estrechas en torno a 36,0 y 37,0 cm LT (Saavedra *et al.*, 2016). Por otro lado, para la especie en el Atlántico se entregan estimados de 35,6 cm (Perotta, 1982), de 38,0 cm (Sánchez *et al.*, 1986) y de 37,8 cm LT (Pájaro y Macchi 2001), a la vez que Lisovenko *et al.* (1982) observaron que las hembras comenzaban a madurar a los 35,5 cm.

Acerca de la edad de madurez en las hembras, el ajuste ($E_{50\%}$) indicó 2,4 años (GE II), con intervalos de 1,7 y 2,7 años. Los antecedentes de $E_{50\%}$ con registros de madurez a nivel histológico señalan 3,1 años (GE IV) (Saavedra *et al.*, 2015) y 3,7 años (GE III) (Saavedra *et al.*, 2016). Por otro lado, los estimados para la especie que provienen de un análisis macroscópico entre los años 2007 y 2011 fluctúan entre 2,9 (GE III) y 4,7 años (GE V) (Saavedra *et al.*, 2012).

En cuanto al patrón de desove, la merluza de tres aletas es un desovador parcial con fecundidad anual determinada, cuya fecundidad total estaría constituida por 4 o 5 generaciones de ovocitos desovados en un breve lapso de tiempo (Sánchez *et al.*, 1986). Con respecto a los estimados de fecundidad de la serie de evaluaciones entre 2001 y 2015, los valores fluctúan entre 203.332 ovocitos en el 2014 y 733.540 ovocitos en el 2003. En este año, el promedio de fecundidad fue 15% menor y 25% mayor que los registros para el 2015 y 2014, respectivamente, hecho que indica que el valor de 2016 se encuentra en el rango de años recientes, no obstante, mantiene la gradual tendencia al descenso de los estimados a partir de evaluaciones al recurso, correspondiendo a uno de los registros más bajos de la serie (Saavedra *et al.*, 2016). El análisis de la variabilidad interanual señaló diferencias significativas ($p < 0,05$), donde el valor de 2016 no varió significativamente del 2015 ($p > 0,05$), mientras que la fecundidad relativa si varió significativamente del 2015 ($p < 0,05$).



Los resultados descriptivos de la composición faunística del presente crucero, muestran que merluza de tres aletas se presentó como la principal especie capturada durante el período de estudio, seguida en importancia por merluza de cola y merluza del sur, siendo esta última especie menos abundante en porcentaje que en años anteriores. También se observó este año una presencia importante de especies pelágicas asociadas a merluza de tres aletas, como sierra, cojinoba y reineta, lo cual corrobora que además merluza de tres aletas presenta un comportamiento pelágico observado durante estos últimos años. Las especies restantes que conforman la fauna acompañante, presentan una participación muy baja; sumadas todas ellas presentan una participación tan solo del 0,21% del total, para el área de estudio total.

Al analizar el área de estudio por zonas, encontramos que para la zona 1 se observa un claro dominio de merluza de tres aletas sobre el resto de especies presentes en el área, lo cual se debe a la alta concentración de cardúmenes monoespecíficos dentro de esta zona, que fue finalmente la zona de desove. En las zonas 2 y 3 la especie dominante es la merluza de cola, seguida por la merluza de tres aletas y merluza del sur. Destaca además que la presencia de merluza de tres aletas disminuye a medida que se avanza hacia el sur, contrario a lo que ocurre con merluza del sur, la cual se observa con mayor presencia desde norte a sur. No obstante los análisis de clasificación muestran que estas asociaciones estarían fuertemente influenciadas por la presencia de merluza de tres aletas, merluza de cola y merluza del sur, en casi la totalidad de los lances de identificación, obteniéndose, al igual que los últimos años una mayor riqueza de especies, destacando dentro de ellas la alta presencia de sierra (*Thyrsites atun*), especie no observada en años anteriores.

Los resultados obtenidos del análisis de clasificación para los datos históricos (cruceros 2001-2016), muestran claramente el dominio de las tres especies de merluzas por sobre el resto de las especies recurrentes, donde las diferencias están dadas, por los niveles de participación de éstas en los primeros años de la serie de tiempo, donde se observaba mayor abundancia de merluzas, pero menor riqueza de especies, situación contraria a lo observado en los últimos años, como también en el presente crucero, donde se puede observar mayor riqueza de especies pero en niveles de participación muy bajos, resultando que, las tres especies de merluza son una condición permanente de la composición de fauna en el área de estudio. Sin embargo, otras especies incidentales también han ganado importancia, pero de forma secundaria, pues cambian su aporte entre cruceros, e incluso hay años en que no se observan, pudiendo deberse ese aumento o disminución de algunas de ellas a cambios en las condiciones ambientales o en la presión de pesca, pues como se conoce, la flota de la pesquería demersal austral, opera mayoritariamente sobre tres recursos específicos, merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas, esta última en un periodo muy reducido de tiempo, por lo que altas o bajas capturas anuales, en la pesca de merluza de cola o merluza del sur, podrían provocar cambios interanuales en la importancia o aporte de ellas como fauna acompañante de merluza de tres aletas, sin embargo la tendencia de estos últimos años, es a la aparición de nuevas especies como, mictófidos, calamar, granadero, pez sol del sur, pejegallo, sierra, las cuales no se encontraban en los registros de años anteriores a 2011.



Las agregaciones de merluza de tres aletas como es característico, morfométricamente, mantienen la tendencia a formar agregaciones alargadas tipo estrato con valores altos en su relación de aspecto largo/alto, no observándose este año cambios significativos en sus valores manteniéndose dentro de los promedios históricos. El aumento en el número de agregaciones detectadas refleja en parte el aumento en la biomasa estimada, no obstante aun es un número reducido de agregaciones respecto a los primeros años de la serie 2001-2006, lo que lleva a tomar con mesura estos resultados.

La alimentación de la merluza de tres aletas, para la época y zonas comprendidas en este estudio no es diferente a la que han sido encontrada por anteriores autores (Córdova et al., 2003, Lillo et al., 2002, Lillo et al., 2004, Saavedra et al., 2007, Saavedra et al., 2008, Saavedra et al., 2009 y Saavedra et al., 2010), al menos en lo relacionado con los grupos mayores de presas. El presente estudio da cuenta para toda el área, el grupo de los peces mesopelágicos, que incluye presas como el stomido *Maurolicus parvipinnis* y peces de la familia Myctophidae, representan las principales presas consumidas y asimiladas en la alimentación de *Micromesistius australis* durante la época estudiada. Los crustáceos, aparecen en ésta oportunidad como presas secundarias, lo que puede reflejar diferencias con lo señalado con algunos informes ya mencionados. La importancia de los peces mesopelágicos se manifiesta en este estudio, aun cuando más de la mitad de los estómagos analizados estuvieron vacíos. Al igual que en investigaciones anteriores realizadas por este laboratorio, la cantidad de estómagos vacíos es también bastante alta, en ésta ocasión ocupando casi 75% de las muestras; una rápida revisión indica que los lances realizados ocurren cercanos al crepúsculo, en la noche o bien temprano en la mañana. Lo anterior sería un punto a tener en consideración y poder cruzar los datos de los lances con la cantidad de estómagos con y sin contenidos. Un aspecto relevante, es el cambio de alimentación en la última década de la merluza de tres aletas, donde pasa de ser un predador sobre krill a un predador de peces meso pelágicos. Este cambio de dieta, puede afectar los requerimientos energéticos de los individuos de merluza de tres aletas, que finalmente induzca en procesos reproductivos y fisiológicos. Los taxa presentes en el espectro trófico de la merluza de tres aletas, nos estaría indicando una cierta amplitud en su alimentación, y por lo tanto, podríamos inferir una alimentación eurífaga.



7. CONCLUSIONES

- Se estimó una biomasa total preliminar de 97.042 toneladas, mediante el método geoestadístico con un intervalo de confianza entre 70.945 y 123.140 toneladas.
- La abundancia preliminar del stock de merluza tres aletas, mediante método geoestadístico se estimó en 154,44 millones de individuos con un intervalo de confianza entre 103,87 y 205,02 millones de ejemplares.
- El recurso presentó una distribución asociada al borde de la plataforma y talud continental. El centro de gravedad de la distribución se centró en la latitud 46°46'S con el foco principal de concentración situado entre las latitudes 46°40'S y 46°50'S.
- La estructura de talla de merluza de tres aletas registrada en el área y período de estudio durante el 2016 fue principalmente de individuos adultos con una moda principal entre 42-61 cm, una talla media de 47 cm, predominio de los machos (68%) respecto de las hembras, y escasa presencia de juveniles (1,8% < 35 cm).
- En los años de estudio del 2001 al 2016 se ha registrado un descenso de la presencia de adultos migratorios de tallas mayores a 50 cm de 66% en el 2001 a 17% en el 2015.
- Las relaciones peso-longitud mostraron al recurso (machos y hembras) con valores teóricos de peso a la talla similares aunque levemente superiores con respecto a lo observado en el año 2015.
- Los grupos de edad en que el 50% de los individuos estaban maduros correspondieron a los 2 años en machos y hembras lo que equivale a talla media de ≈29-30 cm.
- La estructura de edades en el área del stock desovante refleja que la edad mediana es un parámetro que ha descendido notablemente, registrándose en el último año una alza moderada, que los señala en el presente con una edad mediana del stock desovante de ≈6 años en machos y ≈8 años hembras.
- En el crucero de investigación 2016, los grupos de edad de mayor aporte en la estructura del stock de merluza de tres aletas estuvieron conformados en un ≈85% por los GE III hasta GE IX en el caso de los machos y en caso de las hembras similar porcentaje los comprendieron los grupos desde GEIII a GEXII.
- La merluza de tres aletas se encontró mayoritariamente en desarrollo del proceso reproductivo, principalmente en maduración avanzada y en la fase inicial de los desoves masivos.



- Los datos de 2016 no permitieron un ajuste robusto de la ojiva de madurez, mientras que los registros de madurez compilados de la serie de evaluaciones entre 2001 y 2016 entregaron un estimado de talla de madurez ($L_{50\%}$) de las hembras de 35,6 cm LT (35,2-36,0 cm).
- El ajuste de la ojiva de madurez al grupo de edad de las hembras indicó la edad de madurez ($E_{50\%}$) en 2,4 años (1,7 años – 2,7 años).
- El potencial de fecundidad total promedio fue 270.607 ovocitos, valor que ubicó en el rango de registros de años recientes y que mantiene la gradual tendencia al descenso de los estimados a partir de la serie de evaluaciones al recurso.
- Las especies dominantes en la composición faunística de la zona demersal sur austral son las tres especies de merluza observadas, siendo la especie más capturada en los lances de pesca merluza de tres aletas (71,17%), seguida en importancia por merluza de cola (15,16%)
- El análisis de clasificación (Cluster), como el método de ordenación (“NMDS”), fueron concordantes, manifestando la gran importancia de las tres merluzas como los componentes faunísticos principales del ecosistema evaluado.
- La alimentación de merluza de tres aletas se basó principalmente en peces mesopelágicos, como mictófidios y *Maurolicus parvipinnis*, mostrando una conducta trófica eurífaga, presentándose los eufáusidos como una presa secundaria.
- En base a resultados no publicados durante 10 años, la merluza de tres aletas ha cambiado su alimentación desde predar a pequeños crustáceos a peces meso pelágicos
- Los análisis de isótopos estables confirman que la merluza de tres aletas es un depredador generalista y que se alimenta en toda la columna de agua.



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abitia-Cardenas L., Galvan-Magaña F y Rodriguez-Romero. 1997. Food habits and energy values of prey of striped marlin, *Tetrapturus audax*, off the coast of Mexico. Fish Bull. 95: 360-368
- Acuña, E., R. Alarcón, H. Arancibia, L. Cid, A. Cortés, L. Cubillos, P. Haye, R. León, G. Martínez y S. Neira. 2004. Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII regiones, año 2004. Informe final. Proyecto FIP N° 2004-11, 405 pp.
- Adasme, J. Oliva y E. Díaz. 2003. Evaluación hidroacústica del stock parental de merluza de tres aletas en su unidad de pesquería, año 2002. FIP 2002-12. 86 pags.
- Arancibia, H. 1988. Cluster analysis: the use of a simple statistical method in the identification of groups. ICES, C.M.ID: 12 Statistics Cttee., Ref. Demersal Fish Cttee., 18 pp.
- Arguelles J, Lorrain A, Cherel Y, Graco M, Tafur R, Alegre A, Espinoza P, Taipei A, Ayon P y Bertrand A. 2012. Tracking habitat and resource use for the jumbo squid *Dosidicus gigas*: a stable isotope analysis in the Northern Humboldt Current System. Marine Biology 159: 2105-2116
- Arkhipkin A., P. Schuchert and L. Danyushevsky. 2008. Otolith chemistry reveals fine population structure and close affinity to the Pacific and Atlantic oceanic spawning grounds in the migratory southern blue whiting (*Micromesistius australis australis*) Fisheries Research. Volume 96 pags 188-194.
- Avilés, S., M. Aguayo. 1979. Merluza común. En: Estado actual de las principales pesquerías nacionales. Bases para un desarrollo pesquero. Ifop-Corfo. AP-79-18.
- Bahamonde N., N. 1953. Alimentación de la merluza de los canales (*Merluccius australis* (Hutton), 1872), con datos biométricos de los ejemplares. Investigaciones Zoológicas Chilenas, 2(2):23-30.
- Balbontín, F. y S. Lillo. 1999. Madurez sexual y talla de primera madurez en hembras de la merluza de tres aletas en el sur de Chile. XIX Congreso de Ciencias del Mar, Antofagasta, mayo de 1999, pág. 70 (Libro de Resúmenes).
- Barbieri, M. A., J. Córdova, S. Lillo, J. Castillo, M.G. Böhm, J. L. Blanco, E. Yáñez, V. Catasti, H. Robotham, H Arancibia, O. Guzmán y F. Gerlotto. 1998. Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la zona centro-sur (fase crucero metodológico).Informe Final FIP. IFOP.
- Berg, J. 1979. Discussion of methods of investigating the food of fishes with reference to preliminary study of the prey of *Gobiusculus flavescens*. Mar. Biol. 50: 263-273.



- Bodholt, H. 1991. Fish density derived from echo-integration and in situ target strength measurements. ICES. C:M. 1990/B:21.
- Bowman R, Stillwell C, Michaels W y Grosslein M. 2000. Food of northwest Atlantic fishes and two common species of Squid. NOAA Tech. Memo. NMFS-NE 155, 138 p.
- Bradu, D. y Y. Mundlak. 1970. Estimation in lognormal linear models: J. Am. Stat. Assoc. 65: 198-211.
- Bray, J.R., and J.T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecol. Monogr. 27:325-349.
- Brickle, P., A. I. Arkhipkin, V. Laptikhovsky, A. Stocks and A. Taylor. 2009. Resource partitioning by two large planktivorous fishes *Micromesistius australis* and *Macruronus magellanicus* in the SouthWest Atlantic. Estuarine, Coastal and Shelf Science 84:91-98.
- Brown-Peterson, N.J., D.M. Wyanski, F. Saborido-Rey, B. J. Macewicz, S. K. Lowerre-Barbierie. 2011. A Standardized Terminology for Describing Reproductive Development in Fishes. Mar. Coast. Fish. 3:52-70.
- Caut S, Angulo E y Courchamp F. 2009. Variation in discrimination factors (^{13}C and ^{15}N): the effect of diet isotopic values and applications for diet reconstruction. Journal of Applied Ecology 46: 443-453
- Céspedes R., L. Chong, V. Ojeda, L. Adasme, L. Muñoz, K. Hunt, L. Cid, M. Miranda y A. Villalón. 2011. Asesoría integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura 2010. Actividad 2: Peces Demersales: Seguimiento Demersal y Aguas Profundas 2010. Sección III: Demersales Sur Austral. Informe Final. Instituto de Fomento Pesquero. 277 pp.
- Céspedes R., Z. Young, V. Ojeda, F. Cerna, L. Adasme, H. Hidalgo, R. Bravo, H. Miranda y C. Vera. 1998. Investigación situación pesquería demersal zona sur austral 1997. Programa de seguimiento del estado de situación de las principales pesquerías nacionales. Informe Final. IFOP: 93 p. (más tablas y figuras).
- 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 págs.
- Céspedes, R., L. Adasme, L. Chong, V. Ojeda, L. Muñoz, H. Hidalgo, R. Bravo, L. Cid, y K. Hunt. 2007. Investigación Situación Pesquería Demersal Austral, 2006. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA. Informe final, IFOP, 198 p. (+ anexos).
- Ciechomski, J., M. Ehrlich, C. Lasta y R. Sánchez. 1981. Distribución de huevos y larvas de peces en el Mar Argentino y evaluación de los efectivos desovantes de anchoita y merluza. Contribución del INIDEP 383: 59-79.



- Clarke, K. R. y R. H. Green. 1988. Statistical design and analysis for a biological effects study. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol 46, pp.213-226.
- Clarke, K. R. y R. M. Warwick. 1994. Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 144p.
- Clifford, H.T. y W. Stephenson. 1975. An introduction to numerical classification. Academic Press, Inc., London, 229p.
- Cohen, D. M., T. Inada, T. Iwamoto and N. Scialabba. 1990. Gadiform fishes of the world (order Gadiformes). An annotated and illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other gadiform fishes known to date. FAO species catalogue. Vol. 10. FAO Fish. Synop. No. 125, v. 10: i-x + 1-442.
- Contreras, F., C. Canales y J. Quiroz. 2013. Informe Final Convenio "Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, Año 2013". Merluza de tres aletas, 2013. Ejecutor: IFOP - Requiriente: SUBPESCA.
- Córdova, J. y R. Céspedes. 1997. Pesca de investigación de la fluctuación interanual y comportamiento del recurso merluza de tres aletas. Informe final, IFOP, 34 p. (más tablas y figuras).
- Córdova, J., A. Saavedra, M. Espejo, V. Ojeda, L. Muñoz, L. Chong, R. Céspedes, L. Adasme, J. Oliva y E. Díaz. 2003. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza de tres aletas en su unidad de pesquería, año 2002. FIP 2002-20. Informe final. IFOP, 76 p. (+ tablas y figuras)
- Córdova, J., M. A. Barbieri, S. Lillo, 1998. Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (161p)+ anexo figs.
- 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.
- Cox S, Timothy E. Essington, James F. Kitchell, Steven J.D. Martell, Carl J. Walters, Christofer Boggs, y Isaac Kaplan. 2002. Reconstructing ecosystem dynamics in the central Pacific Ocean, 1952–1998. II. A preliminary assessment of the trophic impacts of fishing and effects on tuna dynamics. *Ca. J. Fish. Aquat. Sci.* 59: 1736-1747
- Cressie, N. 1991. Statistics for Spatial Data. John Wiley and Sons, Inc., New York, United States.
- Csirke, J. 1990. Los recursos pesqueros patagónicos y las pesquerías de altura en el Atlántico sudoccidental. FAO. Doc. Téc. de Pesca. 288.



- De Robertis, A. y K. Williams. 2008. Weight-Length Relationships in Fisheries Studies: The Standard Allometric Model Should be applied with Caution. Transactions of the American Fisheries Society 137: 707 - 719.
- Dunford, A. J. y G. J. Macaulay. 2006. Progress in determining southern blue whiting (*Micromesistius australis*) target strength: results of swimbladder modelling. ICES Journal of Marine Science, 63: 952-955.
- Dunford, Adam 2005. Correcting echo-integration data for transducer motion (L), J Acoust. Soc. Am. 118 (4) 2121-2123.
- Ehrlich, M., R. Sánchez, J. Ciechowski, L. Machinandiarena y M. Pájaro. 1999. Documento Científico INIDEP 5: 37-65.
- Ehrlich, M., R. Sánchez, J. Ciechowski, L. Machinandiarena y M. Pájaro. 1999. Documento Científico INIDEP 5: 37-65.
- 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.
- Espinoza P y Bertrand A. 2008. Revisiting Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) trophodynamics provides a new vision of the Humboldt current system. Progress in Oceanography 79: 215-227.
- Ferry, L y G. M. Caillet. 1996. Sample size and data analysis: are we characterizing and comparing diet properly?, Pages 71-80 In D. MacKinlay and Karl Shearer, editors. Feeding ecology and nutrition in fish, Symposium proceedings. American Fisheries Society, San Francisco.
- Foote K, G. 1987. Fish target strengths for use in echo-integrator surveys. J. Acoust. Soc. Am. 82, 981-7.
- Foote, K.; Knudsen, H.; Vestnes, G.; MacIennan, D. y Simmonds, J. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. ICES. Cooperative Research Report N° 144.
- Fuentes H, Antonietti E y Alano A. 1988. Espectro alimentario del patudo (*Thunnus obesus*) en la primavera austral de 1986 en el Pacífico sur oriental. En Salzwedel y Landa (eds) Recursos y Dinámica del Ecosistema de afloramiento Peruano. Bol. Inst. Mar del Perú. Volumen extraordinario.
- Fujita T, Kitagawa D, Okuyama, Ishito Y, Inada T y Jin Y. 1995. Diets of the demersal fishes on the shelf off Iwate, northern Japan. Mar. Biol. 123: 219-233.
- García C y Chong J. 2002. Composición de la Dieta de *Brama australis* Valenciennes 1837 en la zona centro-sur de Chile (VIII Región) en otoño 2000 y verano 2001. Gayana 66 (2): 225-230.



- Gartland, J. 2002. Diet composition of young-of-the-year bluefish, *Pomatomus saltatrix*, in the lower Chesapeake Bay and Virginia's coastal ocean. Master's Thesis, College of William and Mary, Gloucester Point, Virginia.
- Gelsleichter, J., J. A. Musick y S. Nichols. 1999. Food habits of the smooth dogfish, *Mustelis canis*, dusky shark, *Carcharhinus obscurus*, Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*, and the sand tiger, *Carcharias taurus*, from the northwest Atlantic Ocean. *Environmental Biology of Fishes* 54:205-217.
- Giakoni, I. 1992. Pesca exploratoria de recursos presentes en mediagua en el área comprendida entre los paralelos 47°-57° S. IFOP. 32 p.
- Godø, O., M. Heino, H. Sjøiland, J. Alvarez, M. Dahl, J. Lange, O. Gullaksen, Ø. Tangen and T. Torkelsen (2002). Blue Whiting Survey During Spring 2002. Rapport and working document. The Northern Pelagic and Blue Whiting Fisheries Working Group Vigo, Spain, 29 April-8 May 2002. ICES CM 2002/ACFM:19.
- Gómez-Canchong P, Manjarres M, Duerte L y Altamar. 2004. Atlas pesquero del area norte del mar Caribe de Colombia. Universidad del Magdalena, Santa Marta. 230 pp.
- Gorelova J, Agafonova T y Lipskaya. 1994. Feeding of cigarfishes (Genus Cubiceps, Stromateioidae). *J. Ichthyol.* 34 (7): 70-82
- Hanchet, S. 1999. Stock structure of southern blue whiting (*Micromesistius australis*) in New Zealand waters. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, Vol. 33: 599-609.
- Hansen, R., W. Modow y W. Huwitz. 1953. Sample Survey methods and theory. Volume I and II Methods and applications: John Wiley and sons. INC.
- Hart, T.J. 1946. Report on trawling surveys on the Patagonian continental shelf. *Discovery Reports* 23: 223-408.
- 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. y B. Macewicz. 1985. Measurements of spawning frequency in multiple spawning fishes. In: R. Lasker (ed.) an egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 79-94.
- Hunter, J. y S. Goldberg. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fish Bull.*, U.S. 77: 641-652.
- Hunter, J., N. Lo y R. Leong. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application



- to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 67 - 77.
- Hunter, J.R. 1985. Preservation of northern anchovy in formaldehyde solution. 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: 63-65.
- Hyslop, E. 1980. Stomach contents analysis – A review of methods and their application. Journal of Fish Biology, 17: 411-429.
- Ibañez C, Arancibia H y Cubillos L. 2008. Biases in determining the diet of jumbo squid *Dosidicus gigas* (D'Orbigny 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae) off southern-central Chile (34S - 40 S). Helgoland Marine Research 62(4): 331-338
- ICES, 2001. Report of the study group on target strength estimation in the Baltic Sea. CM 2001/B:02 Ref.: H.
- ICES. 1999. Methodology for target strength measurements (with special references to *in situ* techniques for fish and mikro-nekton). Ed. E Ona. ICES Cooperative Research Report No. 235. 59 pp.
- Inada, T. I. Nakamura. 1975. A comparative study of two populations of the gadoid fish *Micromesistius australis* from New Zealand and Patagonian regions. Bulletin of the Far Seas Fishery Research Laboratory 13: 1-26.
- Inger R, Ruxton G, Newton J, Colhoun K, Mackie K, Robinson J y Bearhop S. 2006. Using daily ration models and stable isotopes analysis to predict biomass depletion by herbivores. Journal of Applied Ecology. 43:1022-1030.
- Kim S, Casper D, Galvan-Magaña F, Ochoa-Díaz, Hernández-Aguilar S y Koch P. 2011. Carbon and nitrogen discrimination factors for elasmobranch soft tissues based on a long-term controlled feeding study. Environmental Biology of Fishes 95: 37-52.
- Kimura, D. 1977. Statistical assessment of the age - length key. J. Fish. Res. Board of Can. 34 : 317 - 324.
- Kochina V. 1992. Trophic status of Peruvian pseudoneritic fish in oceanic epipelagic water. J. Ichthyol 32(8): 20-39.
- Leal, E. y E. Díaz. 2012. Estimación de la Ojiva de Madurez Sexual en Jurel. Informe Final. Requiriente SUBPESCA.
- Lillo, S, R. Céspedes, E. Díaz y V. Ojeda. 2004. Evaluación hidroacústica del stock parental de merluza de tres aletas en su unidad de pesquería, año 2003. FIP 2003-10. Informe final. IFOP, 86 p. (+ tablas y figuras)



- Lillo, S., R. Céspedes, V. Ojeda, E. Díaz, Y. Muñoz, A. Saavedra, J. Oliva, y L. Adasme. 2002. Evaluación hidroacústica de merluza de tres aletas, 2001. FIP 2001-20. Informe final. IFOP, 78 p. (+ tablas y figuras)
- Lillo, S. y A. Paillamán. 1995. Selectividad en redes de arrastre de medigua utilizadas en la captura de merluza de tres aletas. Informe final, IFOP, 22 p. (+ figuras y tablas)
- Lillo, S. y R. Céspedes. 1998. Pesca de investigación análisis de los procesos biológicos y migratorios del recurso merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*). Inform. Final, IFOP, 38 p. (+ figuras)
- Lillo, S., A. Paillamán y B. Leiva, 1994. Pesca de investigación de merluza de cola y tres aletas al sur de los 47°S. Informe Final de Investigación para empresas Sur ibérica y American Seafoods.
- Lillo, S., A. Paillamán y S. Pino. 1993. Pesca de investigación de merluza de cola y merluza de tres aletas al sur del paralelo 47° S. Informe Final. Requirente SUBPESCA. IFOP, 65 pp.
- Lillo, S., A. Saavedra, R. Céspedes, V. Ojeda, E. Díaz y L. Adasme. 2005. Evaluación hidroacústica del stock parental de merluza de tres aletas en su unidad de pesquería. Informe Final Proyecto FIP 2004-08, IFOP.
- Lillo, S., E. Molina, V. Ojeda, R. Céspedes, K. Hunt, H. Hidalgo, L. Muñoz, F. Balbontín, R. Bravo, R. Meléndez y Á. Saavedra. 2012. Evaluación del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en aguas exteriores de la X y XI regiones, año 2011. Proyecto FIP 2011-04. Informe final.
- Lillo, S., J. Córdova and A. Paillamán. 1996. Target strength measurements of hake and jack mackerel. ICES. J. of Mar. Sci. 53: 267-271.
- Lillo, S., R. Céspedes, V. Ojeda, E. Díaz, J. Oliva, L. Adasme y A. Saavedra. 2004. Evaluación hidroacústica del stock parental de merluza tres aletas en su unidad de pesquería, año 2003. Informe Final FIP 2003-10, IFOP. p. + Anexo.
- Lillo, S., R. Céspedes, V. Ojeda, E. Díaz, y. Muñoz, A. Saavedra, J. Oliva y L. Adasme. 2002. Evaluación hidroacústica de merluza de tres aletas, 2001. Preinforme Final FIP 2001-20, IFOP. 72 p. + Anexo.
- Lillo, S., R. Céspedes, V. Ojeda, F. Balbontín, L. Adasme y A. Saavedra. 2003. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza austral en aguas exteriores. Preinforme Final Proyecto FIP 2002-19, IFOP.
- Lillo, S., R. Céspedes, y M. Barbieri. 1999. Evaluación directa del stock desovante de merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) y monitoreo de sus procesos biológicos y migratorios. Informe Final, IFOP, 48 pp. (+ Figuras).



- Lisovenko, L. A. Barabanov y V. Yefremenko. 1982. (new data on the reproduction of the “Souther Putassu”, *Micromesistius australis* (Gadidae) from the Falkland-Patagonian zoogeographic region). *Journal of Ichthyology* 22(4): 55-67.
- López, R.B. y N.B. Bellisio. 1973. Polaca *Micromesistius australis* Norman 1937. *Monografías de Recursos Pesqueros*, 2. 150 pp.
- Macchi, G. Y M. Pájaro. 1999. Features of the reproductive biology of the southern blue whiting (*Micromesistius australis*). National Institute for Fisheries Research and Development (INIDEP). *Documento Científico* 5: 67-79.
- MacDonald, M. 2006. Systematic sampling in Ecology. PhD thesis. Depart. Of statistics and Biology. University of Auckland. 317 pp.
- Madigan D, Carlisle A, Dewar H, Snodgrass O, Litvin S, Micheli F y Block B. 2012. Stable Isotope analysis challenges Wasp-Waist food web assumptions in an upwelling pelagic ecosystem. *Scientific Reports* 2: 654.
- Madirolas, A., E. Guerrero, R. Sánchez, L. Prenskey, M. Sabatini, M. Pájaro and L. Machindiarana. 1997. Acoustic, oceanographic and ichthyoplanton surveys on the spawning grounds of the austral blue whiting (*Micromesistius australis*), off southern patagonian, 1994-1996. *ICES, CM 1997/Y*: 26.
- 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.
- Mingram, F. 2013. AGS “Cabo de Hornos” reimpulsa la investigación científica. *REVISMAR* 6 /2013: 582-587.
- Miranda, H. 1998. Dócima de heterogeneidad Generalizada. Documento Interno, IFOP.
- Mitson, R.B. (Ed.), 1995. Underwater Noise of Research Vessels: Review and Recommendations. *ICES Coop. Res. Rep. No.* 209, 61.
- Monstad, T., Borkin, I., y Ermolchev, V. 1992. Report of the joint Norwegian-Russian acoustic survey on blue whiting, spring 1992. *ICES C:M: 1992/H*: 6. 26 p.
- Moteki M, Fujita K y Kohno H. 1993. Stomach contents of longnose lancetfish, *Alepisaurus ferox*, in Hawaiian and central equatorial Pacific waters. *J. Tokyo Univ. of Fish.* 80(1): 121-137.
- 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.* 52: 1274-1285.



- Nakamura, I. 1986 Important fishes trawled off Patagonia. Japan Marine Fishery Resource Center. Tokyo. Japan. 369 p.
- Niklitschek, E., C. Canales, S. Ferrada, R. Galleguillos, M. George-Nascimento, E. Hernández, C. Herranz, A. Lafon, R. Roa y P. Toledo. 2008. Unidades Poblacionales de merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*). Informe Final FIP 2006-15. Universidad Austral de Chile (Centro Trapanada), Coyhaique. 101. (Documento en evaluación).
- Niklitschek, E., D. Secor, P. Toledo, A. Lafon, M. George-Nascimento. 2010. Segregation of SE Pacific and SW Atlantic southern blue whiting stocks: integrating evidence from complementary otolith microchemistry and parasite assemblage approaches. Environ Biol Fishes. Vol (89): 399-413.
- O' Driscoll, R. L. 2004. Estimating uncertainty associated with acoustic surveys of spawning hoki (*Macruronus novaezelandiae*) in Cook Strait, New Zealand. ICES Journal of Marine Science, 61:84-97.
- 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. 2015. 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, 2014. Actividad Demersal. Reg. 2015-I-7. SEC- IFOP.
- Ojeda, V. y L. Muñoz, 2008. Técnicas y metodologías de análisis de edad en recursos pesqueros chilenos. Serie 1 peces de importancia comercial. I.S.B.N. RPI N° 173096.
- Ojeda, V., F. Cerna, J. Chong, M. Aguayo, I. Payá. 1998. Estudio de Crecimiento y construcción de claves talla edad de merluza de tres aletas y merluza de cola. FIP 97-15 - IFOP. 131p, 52 Fig. 53 tablas y anexo.
- Otero, H. 1977. Relación largo-peso y alimentación de la "polaca" (Gadidae, *Micromesistius australis* Norman 1937) del Atlántico sudoccidental. Physis (37): 13 – 23.
- Pájaro, M. Y G. Macchi. 2001. Spawning pattern, length at maturity, and fecundity of the southern blue whiting (*Micromesistius australis*) in the south-west Atlantic Ocean. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, Vol. 35: 375-385.
- Palma, S. y K. Kaiser. 1993. Plancton marino en aguas chilenas. Ediciones Universitarias de Valparaíso.



- Parnell A y Jackson A. 2011. siar. Stable Isotope Analysis in R. R package version 4.1.1. Available at: <http://CRAN.R-project.org/package=siar>.
- Parnell A, Inger R, Bearhop S y Jackson A. 2012. Source partitioning using stable isotopes: coping with too much variation. PLoS ONE 5: e9672.
- Payá, 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.
- Pedersen, G., O. Godø, E. Ona and G. y G. Macaulay 2011. A revised target strength – length estimate for blue whiting (*Micromesistius poutassou*): implications for biomass estimates. – ICES Journal of Marine Science, 68: 2222-2228.
- Perotta, R.C. 1982. Distribución y estructura poblacional de la polaca (*Micromesistius australis*). Rev. Invest. Desarr. Pesq. Mar del Plata, (3): 35-50.
- Petitgas, P y A. Prampart 1995. EVA: A geostatistical software for structure characterization and variance computation. Institut Francais de Recherche scientifique pour le developement en cooperation. Editorial de l'Orstom. Paris, Francia. 106 pp.
- Petitgas, P. 1991. Contributions geostatistiques a la biologie des peches maritimes. Thèse de doctorat, Centre de Geostatistique, Fontainebleau, 211 p.
- Petitgas, P. y T. Lafont. 1997. EVA2 : Estimation variance. A geostatistical software on Windows 95 for the precision of fish stock assessment surveys. ICES CM 1997/Y: 22.
- Piennar L. and 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.
- Polovina J, Abecasiis M, Howell E y Woodworth P. 2011. Vertical movement and habitat of opah (*Lampris guttatus*) in the central North Pacific recorded with pop-up archival tags. Mar Biol 153: 257-267.
- Pool, H., F. Balbontín, C. Montenegro, N. Cortes y M. Arriaza. 1997. Interacciones tróficas recursos demersales sur-austral. Informe final proyecto FIP 1994-32. FIP-IFOP. 76 p.
- Post D. 2002. Using stable methods to estimate trophic positions: models, methods and assumptions. Ecology 83:703-718.



- R Development Core Team. 2011. R: A Language and Environment for Statistical Computing. *R Foundation for Statistical Computing*. Vienna, Austria.
- Rencher, A. 1995. Methods of multivariate analysis. New York: Wiley. 627 pp.
- Retamal, M. 2000. Catálogo multimedia de los crustáceos decápodos de Chile. World Biodiversity Data Base ETI series.
- Ribeiro jr. P. y Diggle, P. 2001. geoR: A package for geostatistical analysis. *R News* 1(2), 14-18.
- Ricker W. 1958. Handbook of computations for biological statistics of fish population. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, N° 119.
- Ricklefs, R. 1979. Ecology. 2th Edition, Chiron Press, University of Pennsylvania, NY. 966 pag.
- Rivoirad, J., J. Simmonds, K. G. Foote, P. Fernandes y N. Bez. 2000. Geostatistics for estimating Fish abundance. Blackwell science. 200 pp.
- Roa R. y F. Tapia. 2000. Cohorts in space: geostatistical mapping of the age structure of the squat lobster (*Pleuroncodes monodon*) population off central Chile. *Marine Ecology Progress Series*, 196: 239-251 pp.
- Roa, R.; B. Ernst y F. Tapia. 1999. Estimation of size at sexual maturity: an evaluation of analytical and resampling procedures. *Fish. Bull.* 97:570-580.
- 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.
- Rocha F, 2003. Biología, ecología, cultivo y pesquerías de cefalópodos. Curso de Postgrado Universidad Austral de Chile, 206 p.
- Rose, G., Gauthier, S., y Lawson, G. 2000. Acoustic surveys in the full monte: simulating uncertainty. *Aquatic Living Resources*, 13: 367-372.
- Ruiz-Cooley I, Gendron D, Aguiñiga S, Mesnick y Carriquiry J. 2004. Trophic relationships between sperm whales and jumbo squid using stable isotopes of C and N. *Marine Ecology Progress Series* 277: 275-283.
- Ryan, A. W., P. J. Smith, J. Mork. 2002. Genetic differentiation between the New Zealand and Falkland Islands populations of southern blue whiting *Micromesistius australis* *Journal of Marine and Freshwater Research*, 2002, Vol. 36: 637-643.



- Saavedra A., J. Castillo, E. Niklitschek and J. Saavedra-Nievas. 2012. Reducing uncertainty and bias in acoustic biomass estimations of southern blue whiting (*Micromesistius australis*) in the southeastern Pacific: transducer motion effects upon acoustic attenuation. Latin American Journal of Aquatic Research. Vol 40(3):743-754, 2012.
- Saavedra, A., C. Lang, A. Barraza, J. C. Saavedra, R. Céspedes, V. Ojeda, L. Adasme, E. Díaz, R. Vargas, S. López. 2015. Evaluación directa de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas. CAPITULO III – Merluza de tres aletas. Convenio de desempeño 2014. 213 pp + Anexos.
- Saavedra, A., C. Lang, A. Barraza, J. Saavedra, R. Céspedes, V. Ojeda, L. Adasme, E. Díaz, R. Vargas, R. Meléndez. 2014. Evaluación directa de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, año 2013. Pre-Informe Final. FIP 2013-13 Capítulo III – Merluza de tres aletas. Ejecutor: IFOP.
- Saavedra, A., C. Lang, R. Céspedes, V. Ojeda, L. Adasme, E. Díaz, R. Vargas y R. Meléndez. 2012. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza de tres aletas, año 2011. Informe Final Proyecto FIP 2011-09, IFOP.
- Saavedra, A., C. Lang, R. Céspedes, V. Ojeda, L. Adasme, E. Díaz, R. Vargas y R. Meléndez. 2013. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza de tres aletas, año 2012. Informe Final Proyecto FIP 2012-08, IFOP.
- Saavedra, A., R. Céspedes, L. Adasme, V. Ojeda, E. Díaz, M. San Martín y P. Rojas. 2010. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza de tres aletas, año 2009. Informe final de proyecto FIP 2009-11. Ejecutor: IFOP (www.fip.cl/proyectos).
- Saavedra, A., R. Céspedes, V. Ojeda, L. Adasme, E. Díaz, E. Molina y P. Rojas. 2009. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza de tres aletas, año 2008. Informe Final Proyecto FIP 2008-12, IFOP. 144 p. (más tablas, figuras y anexos)
- Saavedra, A., R. Céspedes, V. Ojeda, L. Adasme, E. Díaz, J. Oliva, E. Molina y P. Rojas. 2008. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza de tres aletas, año 2007. Informe Final Proyecto FIP 2007-15, IFOP.
- Saavedra, A., R. Céspedes, V. Ojeda, L. Adasme, E. Díaz, M. San Martín y P. Rojas. 2010. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza de tres aletas, año 2009. Informe Final Proyecto FIP 2009-11, IFOP.
- Saavedra, A., R. Vargas, V. Ojeda, E. Díaz, R. Céspedes, S. López, C. Lang y J. C. Saavedra. 2016. Evaluación del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en las aguas exteriores entre la X y XII Regiones: Sección III. Merluza de tres aletas. Convenio de Desempeño 2015. Subsecretaría de Economía y EMT.
- Saavedra, A., V. Correa, R. Céspedes, V. Ojeda, E. Díaz, J. Oliva y L. Adasme. 2007. Evaluación hidroacústica stock parental merluza de tres aletas en su unidad de pesquería. Año 2006. Informe Final Proyecto BIP 30043868-0, IFOP.
- Saavedra, A., V. Correa, R. Céspedes, V. Ojeda, E. Díaz, J. Oliva, P. Rojas y L. Adasme. 2006. Evaluación hidroacústica del stock parental de merluza de tres aletas. En su unidad de pesquería, año 2005. Informe Final Proyecto FIP 2005-06, IFOP.



- Sánchez, R., J. Ciechomski y E. Acha. 1986. Estudios sobre la reproducción y fecundidad de la polaca (*Micromesistius australis* Norman, 1937) en el mar Argentino. Rev. Invest. Pesq., 6: 21-43.
- Santander, H., J. Alheit y P. Smith. 1984. Estimación de la biomasa de la población desovante de anchoveta peruana, *Engraulis ringens*, en 1981 por aplicación del "Método de Producción de Huevos". Bol. Inst. Mar Perú, Callao. 8: 209-250.
- Scalabrin, C. 1997. Identification acoustique des especes pelagiques a partir d'attributs discriminants des bancs de poissons monospecifiques. Thèse. Ecole doctorale des sciences de la mer.
- Scalabrin, C., y J. Masse. 1993. Acoustic detection of spatial and tempopral distribution of fish shoals in the Bay of Biscay. Aquat. Living Resour. 6: 269-283.
- Schultz, S., 2011, Butterfly Mackerel, *Gasterochisma melampus*, in Fishes of Australia, accessed 19 Dec 2013, <http://www.fishesofaustralia.net.au/home/species/2541>.
- Selman, K. y R. Wallace. 1989. Cellular aspects of oocyte growth in teleosts. Zoological Science. 6: 211-231.
- Sernapesca, 1990, 1998, 2002, 2010. Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura.
- Shotton, R. y Bazigos, J.P. 1984. Techniques and consideration in the design of acoustic survey. Rapp. P. V. Reún. Cons. Int. Explor. Mer. 184: 34-57.
- Shubnikov, D.A. Y.E. Permitin y S.P. Voznyak. 1969. Biology of the pelagic gadoid fish *Micromesistius australis* Norman. Trudy VNIRO 66: 299-306.
- Simmonds J. y D. MacLennan 2005. Fisheries acoustic, second edition. Chapman y Hall, 379 pp.
- Simmonds, E. y R. Fryer. 1996. Which is better random or systematic acoustic surveys? A simulation using North Sea herring as an example. ICES J. mar. Sci., 53:285-298.
- Simmonds, J., N. Williamson, F. Gerlotto y A. Aglen. 1991. Survey design and analysis procedures: A comprehensive review of good practices. ICES C.M. 1991, 113 p.
- Simrad, 2003. Simrad ER60. Scientific echo sounder application. Operator manual. 165 pp.
- Vivanco, M. 1999. Análisis estadístico multivariable. Editorial Universitaria, Chile. 233 p.
- Wallace, R. y K. Selman. 1981. Cellular and dynamic aspects of the oocyte growth in teleosts. Amer. J. Fish. 45:333-343.
- Welch, D. y 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.



- Williams A, Koslow J, Terauds A y Haskard K. 2001. Feeding ecology of five fishes from mid-slope micronekton community off southern Tasmania, Australia. *Mar Sci* 139: 1177-1192.
- Wisner, R. 1974. The taxonomy and distribution of lanternfishes (Family Myctophidae) of the Eastern Pacific Ocean. Navy Ocean Research and Development Activity, Mississippi, 229 p.
- Wöhler, O. y N. Marí. 1996. Aspectos de la pesca de la polaca (*Micromesistius australis*) por parte de la flota argentina en el período 1989-1995. En: INIDEP Inf. Tec., X: 1-25.
- Wolter, K. 1985. Introduction to Variance Estimation. Series: Springer-Verlag. 427p.
- Wolter, K. M. 1985. Introduction to Variance Estimation XII, 428 page, 1985
- www.ifop.cl, Laboratorio de Edad y Crecimiento; Recursos Demersales, Merluza del Sur.
- Zar, J. 1996. Biostatistical analysis. 3rd edn. Prentice hall, Princeton, NJ, USA, 663 pp.

T A B L A S



Tabla 1.
Escala macroscópica para determinar estadios de madurez sexual
de machos de merluza de tres aletas.

Estadio	Denominación	Aspecto macroscópico
I	Virginal	Sexo indeterminado, gónadas pequeñas, filiformes, generalmente juveniles menores de 24 centímetros.
II	Inmaduro	Testículos pequeños rojizos sin zonas blancas (reposo).
III	En maduración	Testículos turgentes, rojizos con zonas blancas y vasos sanguíneos visibles (en preparación). A ligera presión no escurre líquido seminal.
IV	Maduro	Testículos blancos, muy firmes, al apretar escurre semen (líquido viscoso blanco) (en evacuación).
V	Evacuados	Testículos grandes, flácidos rojizos, con zonas blancas muy vascularizadas.

Tabla 2.
Escala macroscópica para determinar estadios de madurez sexual
de hembras de merluza de tres aletas.

Estadio	Denominación	Aspecto macroscópico
I	Virginal	Sexo indeterminado, gónadas pequeñas, filiformes, generalmente juveniles menores de 24 centímetros.
II	Inmaduro	Comienzo de maduración de juveniles y reincidentes, ovario bien definido de color rosado claro, sin óvulos visibles al ojo desnudo. En ejemplares grandes es normal que el ovario en esta fase presente lumen claramente apreciable, pero su pared es más gruesa que en la fase V (indica reposo gonádico).
III	En maduración	Gónadas de gran volumen con óvulos visibles de color amarillo pálido, pero no traslúcido, con escasa vascularización. Por lo general, el lumen desaparece cuando los óvulos alcanzan un diámetro mayor de 500 micrones. Ovario turgesciente.
IV	Desovante	Ovario turgente con óvulos visibles y transparentes de color anaranjado. Al apretarlo escurren óvulos transparentes.
V	Desovado y en regresión	Ovario vacío, distendido, lumen amplio, muy flácido, de color rojizo de aspecto hemorrágico, sin óvulos visibles. Este ovario pasa al estado II, inmaduro.



Tabla 3.
Caracterización histomorfológica de madurez sexual de hembras de merluza de tres aletas (Pájaro y Macchi, 2001 (modificada)).

Estadio	Clasificación	Descripción
I	Virginal e Inmaduro reincidente	Sólo ovocitos previtelogénicos basófilos.
II	En Desarrollo (inicial)	Un número de ovocitos muestra vesículas de vitelo en el citoplasma (estado vesicular). Los ovocitos más grandes presentan glóbulos de vitelo entre las vesículas. Se observan también, ovocitos previtelogénicos basófilos.
III	En Desarrollo (tardío)	A medida que el crecimiento avanza, el diámetro de los ovocitos incrementa y su citoplasma se hace acidófilo, debido a la acumulación de glóbulos de vitelo. Ovocitos previtelogénicos y en estado vesicular están presentes.
IV	Hidratado y En desove	En la fase final de la maduración, ovocitos vitelados incrementan rápidamente su volumen debido a la hidratación. Durante la ovulación es posible observar folículos postovulatorios (FPO) junto a ovocitos hidratados y vitelados tardío.
V	Desove parcial	Presencia de ovocitos vitelados tardío junto a folículos postovulatorios.
VI	Desovada	Esta fase indica el final del desove e involucra la degeneración y reabsorción de los ovocitos maduros residuales. Presencia de ovocitos atrésicos junto con ovocitos previtelogénicos.

Tabla 4.
Calibración del sistema de econtegración ER60. BC AGS 61 “Cabo de Hornos”.

Lugar	Valparaíso	
Fecha	31/07/2016	
Buque	AGS 61 - Cabo de Hornos	
Ecosonda	Simrad ER 60	
Transductor	ES38B	
Profundidad esfera	16 m	
Profundidad fondo	42 m	
Frecuencia	38 KHz	
Ganancia anterior	26,50 dB	
Ganancia (calibración)	26,66 dB	
TS esfera (Tungsteno)	-42,04 dB	
Corrección s_A	-0,62 dB	
Ancho de banda	2,43 KHz	
Intervalo de muestreo	0,191 m	
Coefficiente de absorción	9,8 dB/km	
Velocidad del sonido	1493,9 m/s	
2-way beam angle	-20,6 dB	
	<u>Alongship</u>	<u>Athwartships</u>
Sensibilidad del ángulo	21,9	21,9
Ancho del haz	7,00°	6,90°
Desplazamiento del ángulo	-0,03°	0,01°



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

Tabla 5.

Captura en peso por cada lance de identificación, crucero merluza de tres aletas, agosto 2016.

Información técnica						Captura (kg)										
Lance	Fecha	Hora inicio	Latitud	Longitud	Prof. Media	M. Cola	M. Austral	M.3 aletas	Cojinoba moteada	Cojinoba Ploma	Brotula	Reineta	Sierra	Calamar	Mictofido	Total
1	19-08-2016	0325	4679,9	7535,6	365	106,6	40,3	4,0				3,0				153,9
2	20-08-2016	0349	5050,9	7609,4	300	57,2	46,7	34,9								138,8
3	20-08-2016	0852	5059,1	7601,4	240	19,5		1,2				1,9				22,6
4	22-08-2016	2140	5025,0	7579,8	145	0,9										0,9
5	23-08-2016	0612	4958,8	7549,0	240	239,0	4,9	14,7								258,7
6	23-08-2016	1638	4939,7	7557,0	235							2,0				2,0
7	24-08-2016	0052	4913,3	7554,2	300	45,1	14,9	2,5				2,6				65,1
8	24-08-2016	0651	4854,8	7559,7	222	24,4	5,3	11,2			3,8	3,9				48,7
9	24-08-2016	1936	4838,6	7556,5	280	27,8	17,0	11,2				3,7				59,8
10	25-08-2016	0620	4779,5	7550,4	280	20,9	40,1	23,2			0,2	12,3		1,0	3,9	101,6
11	25-08-2016	1735	4751,3	7544,1	220	0,6	6,5	2,5	31,2		0,0	11,8		6,1	7,6	66,4
12	26-08-2016	0109	4734,2	7536,6	235	338,3	2,4	8,2			0,6	4,4				353,9
13	26-08-2016	0520	4729,9	7540,8	370	10,9	5,9	35,6								52,4
14	27-08-2016	0045	4651,9	7538,9	270	225,8	134,1	145,6			6,6	5,0				517,1
15	27-08-2016	0512	4644,9	7541,0	288	351,6		3.648,4								4.000,0
16	27-08-2016	1733	4638,2	7540,4	196	58,0	19,2	136,8	1,6							215,6
17	27-08-2016	1937	4639,3	7540,7	156	281,2	138,5	5.286,2	29,5				264,6			6.000,0
18	28-08-2016	0210	4645,0	7541,0	276	72,4	3,8	923,5					19,7			1.019,4
19	28-08-2016	0858	4645,8	7541,1	160	175,7	120,5	177,1	7,8	5,6						486,7
Total captura (Kg)						2.056,0	600,0	10.466,8	70,1	5,6	11,2	50,7	284,4	7,1	11,5	13.563,5
Proporción captura (%)						15,2	4,4	77,2	0,5	0,04	0,1	0,37	2,10	0,05	0,1	100,0

Tabla 6.

Captura en número de individuos por cada lance de identificación, crucero merluza de tres aletas, agosto 2016.

Información técnica						Captura (Num. Ind.)											Total
Lance	Fecha	Hora inicio	Latitud	Longitud	Prof. Media	M. Cola	M. Austral	M.3 aletas	Cojinoba moteada	Cojinoba Ploma	Brotula	Reineta	Sierra	Calamar	Mictofido		
1	19-08-2016	0325	4679,9	7535,6	365	512	14	6				2				534	
2	20-08-2016	0349	5050,9	7609,4	300	167	13	60								240	
3	20-08-2016	0852	5059,1	7601,4	240	54		2				1				57	
4	22-08-2016	2140	5025,0	7579,8	145	5										5	
5	23-08-2016	0612	4958,8	7549,0	240	1.128	2	44								1.174	
6	23-08-2016	1638	4939,7	7557,0	235							2				2	
7	24-08-2016	0052	4913,3	7554,2	300	143	5	8				2				158	
8	24-08-2016	0651	4854,8	7559,7	222	101	1	25			2	2				131	
9	24-08-2016	1936	4838,6	7556,5	280	128	5	38				3				174	
10	25-08-2016	0620	4779,5	7550,4	280	104	10	52			12	10		61	205	454	
11	25-08-2016	1735	4751,3	7544,1	220	4	3	4	22			8		126	406	573	
12	26-08-2016	0109	4734,2	7536,6	235	2.090	3	52			2	3				2.150	
13	26-08-2016	0520	4729,9	7540,8	370	52	2	56								110	
14	27-08-2016	0045	4651,9	7538,9	270	878	69	468			11	4				1.430	
15	27-08-2016	0512	4644,9	7541,0	288	1.924		5.143								7.067	
16	27-08-2016	1733	4638,2	7540,4	196	213	5	162	2							382	
17	27-08-2016	1937	4639,3	7540,7	156	1.271	45	7.672	45				136			9.170	
18	28-08-2016	0210	4645,0	7541,0	276	457	1	1.523					19			2.000	
19	28-08-2016	0858	4645,8	7541,1	160	707	35	557	5	3						1.307	
Total captura (Num. Ind.)						9.938	213	15.871	74	3	27	37	155	187	611	27.117	
Proporción captura (%)						36,6	0,8	58,5	0,3	0,01	0,1	0,136	0,57	0,690	2,253	100,0	



Tabla 7.

Estimados de Biomasa y abundancia para la zona 1, según métodos Bootstrap y Geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2016.

Método	Zona 1			
	Biomasa (t)	CV	Abundancia (N°*1000)	CV
Bootstrap	102.021	0,158	155.251	0,185
Geoestadístico	88.607	0,159	134.838	0,186

Tabla 8

Estimados de Biomasa y abundancia para la zona 2, según métodos Bootstrap y Geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2016.

Método	Zona 2			
	Biomasa (t)	CV	Abundancia (N°*1000)	CV
Bootstrap	9.107	0,354	21.169	0,472
Geoestadístico	8.436	0,357	19.607	0,478

Tabla 9.

Estimados Totales de Biomasa y abundancia según métodos Bootstrap y Geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2016.

Método	Total Zonas			
	Biomasa (t)	CV	Abundancia (N°*1000)	CV
Bootstrap	111.128	0,161	176.420	0,196
Geoestadístico	97.042	0,163	154.445	0,198



Tabla 10.
Abundancia y biomasa a la talla estimada mediante método Geoestadístico para merluza de tres aletas,
año 2016. Zona 1.

Talla (cm)	Peso (g)	Abundancia (Nº ind.)	Biomasa (t)
20	43,1	0	0
21	50,3	0	0
22	58,4	0	0
23	67,3	0	0
24	77,2	0	0
25	87,9	0	0
26	99,7	0	0
27	112,5	51.249	6
28	126,4	26.888	3
29	141,4	155.774	22
30	157,6	122.716	19
31	175,0	158.797	28
32	193,7	170.643	33
33	213,8	511.513	109
34	235,2	881.601	207
35	258,1	2.875.217	742
36	282,4	4.327.548	1.222
37	308,3	4.999.158	1.541
38	335,8	4.565.441	1.533
39	364,9	5.505.687	2.009
40	395,7	3.441.784	1.362
41	428,2	4.682.022	2.005
42	462,5	5.281.251	2.443
43	498,7	9.652.750	4.814
44	536,7	9.115.492	4.893
45	576,8	8.289.576	4.781
46	618,8	8.474.377	5.244
47	662,9	7.972.909	5.285
48	709,1	7.741.204	5.489
49	757,4	9.389.192	7.112
50	808,0	5.841.007	4.720
51	860,9	6.162.729	5.305
52	916,1	5.198.130	4.762
53	973,6	4.067.111	3.960
54	1033,6	2.937.765	3.037
55	1096,1	1.535.593	1.683
56	1161,2	2.450.405	2.845
57	1228,9	2.742.483	3.370
58	1299,2	1.606.290	2.087
59	1372,2	1.030.882	1.415
60	1448,1	769.115	1.114
61	1526,7	929.618	1.419
62	1608,3	608.265	978
63	1692,7	158.531	268
64	1780,2	307.231	547
65	1870,8	0	0
66	1964,4	99.693	196
67	2061,3	0	0
68	2161,3	0	0
69	2264,7	0	0
70	2371,4	0	0
TOTAL		134.837.635	88.607



Tabla 11.
Abundancia y biomasa a la talla estimada mediante método Geoestadístico para merluza de tres aletas,
año 2016. Zona 2.

Talla (cm)	Peso (g)	Abundancia (Nº ind.)	Biomasa (t)
20	43,1	92.805	4
21	50,3	0	0
22	58,4	76.698	4
23	67,3	0	0
24	77,2	0	0
25	87,9	0	0
26	99,7	0	0
27	112,5	296.927	33
28	126,4	443.901	56
29	141,4	713.758	101
30	157,6	727.900	115
31	175,0	502.219	88
32	193,7	418.582	81
33	213,8	341.963	73
34	235,2	465.411	109
35	258,1	1.375.814	355
36	282,4	853.781	241
37	308,3	858.566	265
38	335,8	1.193.115	401
39	364,9	1.561.992	570
40	395,7	1.023.819	405
41	428,2	623.242	267
42	462,5	898.905	416
43	498,7	1.167.571	582
44	536,7	878.581	472
45	576,8	1.029.037	594
46	618,8	804.754	498
47	662,9	802.326	532
48	709,1	490.077	347
49	757,4	286.671	217
50	808,0	471.320	381
51	860,9	497.277	428
52	916,1	117.311	107
53	973,6	206.802	201
54	1033,6	55.364	57
55	1096,1	53.369	59
56	1161,2	51.480	60
57	1228,9	49.690	61
58	1299,2	47.148	61
59	1372,2	0	0
60	1448,1	44.057	64
61	1526,7	85.248	130
62	1608,3	0	0
63	1692,7	0	0
64	1780,2	0	0
65	1870,8	0	0
66	1964,4	0	0
67	2061,3	0	0
68	2161,3	0	0
69	2264,7	0	0
70	2371,4	0	0
TOTAL		19.607.482	8.436



Tabla 12.
Abundancia y biomasa total a la talla estimada mediante método geoestadístico
para merluza de tres aletas, año 2016.

Talla (cm)	Peso (g)	Abundancia (Nº ind.)	Biomasa (t)
20	43,1	92.805	4
21	50,3	0	0
22	58,4	76.698	4
23	67,3	0	0
24	77,2	0	0
25	87,9	0	0
26	99,7	0	0
27	112,5	348.176	39
28	126,4	470.789	59
29	141,4	869.532	123
30	157,6	850.616	134
31	175,0	661.016	116
32	193,7	589.224	114
33	213,8	853.476	182
34	235,2	1.347.012	317
35	258,1	4.251.030	1.097
36	282,4	5.181.328	1.463
37	308,3	5.857.725	1.806
38	335,8	5.758.556	1.934
39	364,9	7.067.678	2.579
40	395,7	4.465.603	1.767
41	428,2	5.305.264	2.272
42	462,5	6.180.156	2.858
43	498,7	10.820.321	5.396
44	536,7	9.994.073	5.364
45	576,8	9.318.613	5.375
46	618,8	9.279.131	5.742
47	662,9	8.775.236	5.817
48	709,1	8.231.282	5.837
49	757,4	9.675.864	7.329
50	808,0	6.312.327	5.100
51	860,9	6.660.006	5.733
52	916,1	5.315.441	4.869
53	973,6	4.273.913	4.161
54	1033,6	2.993.130	3.094
55	1096,1	1.588.962	1.742
56	1161,2	2.501.885	2.905
57	1228,9	2.792.172	3.431
58	1299,2	1.653.437	2.148
59	1372,2	1.030.882	1.415
60	1448,1	813.172	1.178
61	1526,7	1.014.866	1.549
62	1608,3	608.265	978
63	1692,7	158.531	268
64	1780,2	307.231	547
65	1870,8	0	0
66	1964,4	99.693	196
67	2061,3	0	0
68	2161,3	0	0
69	2264,7	0	0
70	2371,4	0	0
TOTAL		154.445.118	97.042



Tabla 13.

Parámetros geoestadísticos de las estructuras espaciales de merluza de tres aletas y media kriging para la zonas 1 y 2. Agosto 2016.

ZONA	Dir	Nugget	Modelo	Sill	Range (mn)	sA_{krig}
1	135°	0	Gaussiano	4.10E+08	0.228	5175.88
			Exponencial	1.50E+08	1.02	
2	Omni	5000	Gaussiano	2.00E+04	0.6	82.62
			Gaussiano	4.10E+03	3	

Tabla 14.

Estimados de biomasa mediante el método de simulación de Montecarlo.

Biomasa MC	Estimación	Coef. Var. %	Lim Inf	Lim Sup
Área	111.089	15%	79.464	142.714
Zona 1	102.029	16%	70.483	133.574
Zona 2	9.060	13%	6.817	11.304



Tabla 15.
Parámetros de la relación peso - longitud de merluza de tres aletas crucero de evaluación agosto de 2016.

Sexo	Parámetros	Zona sur	
Machos	a	0,004168556	
	intervalo	0,0035602	0,0048808
	b	3,103910473	
	intervalo	3,0612007	3,1466202
	N	1370	
	r²	0,937	
Hembras	a	0,002622629	
	intervalo	0,0021501	0,0031990
	b	3,237261134	
	intervalo	3,1856475	3,2888748
	N	633	
	r²	0,960	
Ambos	a	0,002957367	
	intervalo	0,0026377	0,0033158
	b	3,199885783	
	intervalo	3,1693280	3,2304436
	N	2003	
	r²	0,955	



Tabla 16.

Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza de tres aletas, machos, crucero 2016.
(Abundancia Total = 154.445.118 ejemplares; Machos= 105.193.492; Hembras= 49.251.626).

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
10 - 11																									
12 - 13																									
14 - 15																									
16 - 17																									
18 - 19																									
20 - 21	92.805	92.805																							
22 - 23	76.698	76.698																							
24 - 25																									
26 - 27	199.713		133.142	66.571																					
28 - 29	1.195.830		1.087.119	108.712																					
30 - 31	1.176.116		882.087	294.029	31																				
32 - 33	1.323.657		240.665	1.022.826	60.166																				
34 - 35	4.726.676			3.288.122	1.438.554																				
36 - 37	9.073.615			2.806.273	6.173.800	93.542																			
38 - 39	9.010.986			415.892	6.931.528	1.386.306	138.631			138.631															
40 - 41	7.234.716				3.460.081	2.201.870	471.829	471.829	629.106																
42 - 43	15.664.716				939.883	2.193.060	6.579.181	626.589	4.699.415	626.589															
44 - 45	17.572.523						6.813.835	3.227.606	5.737.967	1.075.869	358.623	358.623													
46 - 47	13.158.750						4.814.177	641.890	6.739.848		320.945	320.945	320.945												
48 - 49	12.490.616						1.040.885	346.962	4.510.500	3.816.577	693.923	693.923	1.387.846												
50 - 51	5.242.267							291.237	2.329.896	1.164.948		291.237	873.711	291.237											
52 - 53	2.612.585								580.574	290.287		290.287	870.862	290.287			290.287								
54 - 55	1.791.297												255.900	1.023.599			255.900								
56 - 57	1.686.983											337.397	337.397				337.397								
58 - 59	522.060													174.020			174.020			174.020					
60 - 61	340.882																85.221			85.221					
62 - 63																									
64 - 65																									
66 - 67																									
68 - 69																									
70 - 71																									
72 - 73																									
74 - 75																									
76 - 77																									
78 - 79																									
80 - 81																									
82 - 83																									
84 - 85																									
86 - 87																									
TOTAL		105.193.492	169.503	2.343.012	8.002.424	19.004.012	5.874.778	20.149.774	5.314.876	25.365.936	6.974.270	1.373.491	2.292.412	4.046.660	2.116.540		767.316	422.617	290.287	515.140	85.221	85.221			
PORCENTAJE		0,16	2,23	7,61	18,07	5,58	19,15	5,05	24,11	6,63	1,31	2,18	3,85	2,01		0,73	0,40	0,28	0,49	0,08	0,08				
TALLA PROM. (cm)		21,40	29,55	34,86	38,09	40,71	44,48	44,41	45,97	47,84	46,99	49,53	50,68	54,32		56,29	57,31	52,50	56,84	60,50	60,50				
VARIANZA		0,99	2,27	4,23	3,98	2,65	4,23	3,41	7,84	6,61	2,83	13,95	7,48	4,67		2,20	2,58		5,87						
PESO PROM (g)		56,6	154,2	258,3	339,3	415,6	548,1	544,6	610,2	688,8	647,9	774,0	823,7	1.017,3		1.132,6	1.197,9	910,3	1.172,0	1.413,8	1.413,8				

Grupo de Edad	Abundancia (%)																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

Marca de Clase (cm)	M-2016	H_2016
10	0.1	0.1
20	0.5	0.5
30	1.5	1.5
40	17.5	4.0
50	12.5	7.5
60	1.0	1.0
70	0.1	0.1

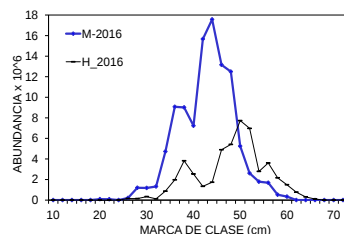
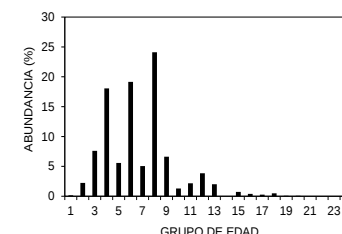




Tabla 17.

Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza de tres aletas, hembras, crucero 2016.
(Abundancia Total = 154.445.118 ejemplares; Machos= 105.193.492; Hembras= 49.251.626).

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
10 - 11																									
12 - 13																									
14 - 15																									
16 - 17																									
18 - 19																									
20 - 21																									
22 - 23																									
24 - 25																									
26 - 27	148.464		148.464																						
28 - 29	144.490		72.245	72.245																					
30 - 31	335.517		95.862	239.655																					
32 - 33	119.043		39.681	79.362																					
34 - 35	871.366			703.796	167.570																				
36 - 37	1.965.438			1.357.088	608.350																				
38 - 39	3.815.249			545.036	3.036.626	155.724	77.862																		
40 - 41	2.536.152			72.461	2.028.921	362.307	72.461																		
42 - 43	1.335.761				205.502	513.754	308.252	308.252																	
44 - 45	1.740.163					116.011	928.087	348.033	232.022	116.011															
46 - 47	4.895.616				122.390	367.171	1.591.075	1.468.685	1.101.514	244.781															
48 - 49	5.416.529						792.663	660.552	2.642.209	1.056.884	264.221														
50 - 51	7.730.067					118.924		237.848	832.469	3.448.799	1.902.786	951.393	237.848												
52 - 53	6.976.769							601.446	962.313	2.285.493	1.202.891	1.082.602	481.157	120.289	120.289										
54 - 55	2.790.794							90.026	180.051	270.077	90.026	990.282	360.103	360.103	360.103	90.026									
56 - 57	3.607.074								103.059			103.059	412.237	721.415	721.415	618.356	618.356	309.178							
58 - 59	2.162.259												154.447	231.671		74.358	74.358	148.716	231.671	231.671	231.671	231.671	231.671	231.671	231.671
60 - 61	1.487.156																								
62 - 63	766.795																								
64 - 65	307.231																								
66 - 67	99.693																								
68 - 69																									
70 - 71																									
72 - 73																									
74 - 75																									
76 - 77																									
78 - 79																									
80 - 81																									
82 - 83																									
84 - 85																									
86 - 87																									
TOTAL	49.251.626	356.252	3.069.643	6.169.360	1.633.892	3.770.401	3.023.371	5.499.685	6.111.898	4.722.577	2.244.310	2.413.792	1.407.943	1.433.477	1.662.282	1.246.080	1.044.673	689.564	699.309	643.577	528.270	170.207	611.371	99.693	
PORCENTAJE		0,72	6,23	12,53	3,32	7,66	6,14	11,17	12,41	9,59	4,56	4,90	2,86	2,91	3,38	2,53	2,12	1,40	1,42	1,31	1,07	0,35	1,24	0,20	
TALLA PROM. (cm)		28,65	35,73	39,14	43,30	45,82	46,61	48,77	50,41	51,58	51,73	53,29	54,84	55,99	56,42	57,34	56,77	58,03	60,11	60,62	61,37	61,63	62,76	66,50	
VARIANZA		4,50	6,14	3,53	10,31	4,69	4,21	4,35	3,72	1,90	1,27	2,09	4,18	2,73	3,66	2,03	3,80	2,44	1,72	2,14	4,48	0,98	1,42		
PESO PROM (g)		139,4	284,3	378,6	530,8	630,2	665,5	770,1	856,3	919,9	927,6	1.022,4	1.124,2	1.199,7	1.231,4	1.294,9	1.256,2	1.347,1	1.508,1	1.550,0	1.616,9	1.633,4	1.733,2	2.087,8	

Grupo de Edad	Abundancia (%)
1	0.5
2	0.5
3	6.5
4	12.5
5	3.5
6	7.5
7	6.5
8	11.5
9	12.5
10	9.5
11	5.5
12	3.5
13	2.5
14	2.5
15	2.5
16	2.5
17	1.5
18	1.5
19	1.5
20	1.5
21	1.5
22	1.5
23	1.5

Marca de Clase (cm)	M-2016	H_2016
10	0.0	0.0
20	0.0	0.0
30	0.5	0.5
35	8.5	3.5
40	16.5	7.5
45	17.5	10.5
50	12.5	12.5
55	2.5	3.5
60	0.5	1.5
70	0.0	0.0

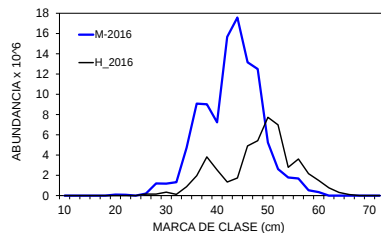
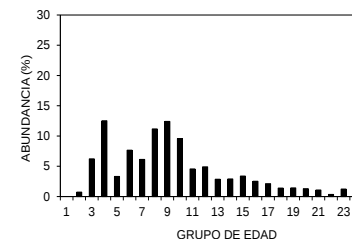




Tabla 18.

Abundancia por grupos de edad y desviación estándar para merluza de tres aletas por sexo y proporción de ambos según GE. Crucero de evaluación 2016.

GE	MACHOS			HEMBRAS			AMBOS	
	Nº	sd	CV	Nº	sd	CV	Nº	%
I	169503	33562	0,1980	0	0		169.503	0,1
II	2.343.012	509.284	0,2174	356.252	123.216	0,3459	2.699.263	1,7
III	8.002.424	1.689.203	0,2111	3.069.643	666.496	0,2171	11.072.067	7,2
IV	19.004.012	3.895.476	0,2050	6.169.360	1.274.921	0,2067	25.173.372	16,3
V	5.874.778	1.528.414	0,2602	1.633.892	489.507	0,2996	7.508.670	4,9
VI	20.149.774	4.474.035	0,2220	3.770.401	928.892	0,2464	23.920.176	15,5
VII	5.314.876	1.611.128	0,3031	3.023.371	801.980	0,2653	8.338.247	5,4
VIII	25.365.936	5.500.396	0,2168	5.499.685	1.283.533	0,2334	30.865.621	20,0
IX	6.974.270	1.924.867	0,2760	6.111.898	1.400.218	0,2291	13.086.168	8,5
X	1.373.491	721.949	0,5256	4.722.577	1.129.623	0,2392	6.096.068	3,9
XI	2.292.412	961.824	0,4196	2.244.310	647.413	0,2885	4.536.722	2,9
XII	4.046.660	1.316.861	0,3254	2.413.792	655.773	0,2717	6.460.452	4,2
XIII	2.116.540	776.135	0,3667	1.407.943	454.623	0,3229	3.524.483	2,3
XIV	0	0		1.433.477	444.114	0,3098	1.433.477	0,9
XV	767.316	473.782	0,6175	1.662.282	488.679	0,2940	2.429.598	1,6
XVI	422.617	351.217	0,8311	1.246.080	392.694	0,3151	1.668.697	1,1
XVII	290.287	290.287	1,0000	1.044.673	360.749	0,3453	1.334.960	0,9
XVIII	515.140	330.749	0,6421	689.564	270.991	0,3930	1.204.704	0,8
XIX	85.221	85.221	1,0000	699.309	254.724	0,3643	784.529	0,5
XX	85.221	85.221	1,0000	643.577	245.559	0,3816	728.798	0,5
XXI	0	0		528.270	239.243	0,4529	528.270	0,3
XXII	0	0		170.207	123.592	0,7261	170.207	0,1
XXIII	0	0		611.371	250.628	0,4099	611.371	0,4
XXIV	0	0		99.693	19.739	0,1980	99.693	0,1
TOTAL	105.193.492	20.828.311		49.251.626	9.751.822		154.445.118	100

Tabla 19.

Estimaciones de grupo de edad (GE) al 50% de madurez para merluza de tres aletas; por sexo, para años que forman parte de la serie histórica de cruceros de evaluación.

Merluza de tres aletas									
Sexo	2007	2008	2009	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Machos	2,3	3,7	2,7	3,7	2,6	2,5	2,7	3,3	2,1
Hembras	2,9	4,5	3,4	4,7	3,6	3,2	3,2	4,2	2,0
Diferencia	0,6	0,8	0,7	1,0	1,0	0,7	0,5	0,9	-0,1



Tabla 20.

Valores promedios del índice gonadosomático por sexo, para todas las tallas y mayores a 35 cm, en el área prospectada y por tres zonas.

Zona	Todos ejemplares						Ejemplares mayores a 35 cm					
	Machos			Hembras			Machos			Hembras		
	Media	sd	n	Media	sd	n	Media	sd	n	Media	sd	n
Area prospección	8,1	5,1	1.392	13,5	6,4	646	9,0	5,2	1.090	14,1	6,1	599
Taitao	8,5	5,1	1.151	14,5	6,2	547	9,1	5,3	936	14,9	6,0	520
Golfo Penas - Ladrillero	5,9	4,7	170	7,9	4,5	56	8,3	4,5	94	9,9	3,5	39
Trinidad - Concepción	7,2	4,6	71	7,0	2,7	43	7,9	4,6	60	7,2	2,7	40

Tabla 21.

Incidencia de fases macroscópicas de madurez gonadal por sexos.

Fases macroscópicas	Fases macroscópicas madurez			
	Machos		Hembras	
	%	n	%	n
I				
II	5,2	73	3,7	24
III	94,8	1319	95,7	618
IV			0,6	4
V				
Total		1.392		646

Tabla 22.

Incidencia de fases microscópicas de madurez ovárica, en el área prospectada y por tres zonas del área: (1): Taitao; (2): Golfo de Penas – Ladrillero; (3): Trinidad – Concepción.

Fases microscópicas	Fases ováricas microscópicas							
	Area prospección		Zona 1		Zona 2		Zona 3	
	%	n	%	n	%	n	%	n
I	3,5	22	1,3	7	19,6	11	9,5	4
II	1,3	8	1,1	6	3,6	2		
III	75,1	476	73,9	396	75,0	42	90,5	38
IV	17,7	112	20,7	111	1,8	1		
V	2,5	16	3,0	16				
VI								
Total		634		536		56		42



Tabla 23.

Estimados de la talla de madurez sexual ($L_{50\%}$) de hembras a partir de evaluaciones directas entre los años 2001 y 2016.

Año/Período	$L_{50\%}$ (cm)	LI	LS	Nº hembras
2001-2002	36,0	34,4	37,6	1.109
2001-2003	36,6	34,9	38,0	1.326
2001-2004	36,1	34,8	37,5	1.640
2001-2005	36,7	35,6	37,8	2.310
2001-2006	36,6	35,6	37,6	3.028
2001-2007	36,0	35,7	36,2	3.143
2008	36,7	34,2	38,4	713
2001-2008	36,6	35,5	37,5	3.856
2009	37,3	34,2	40,2	608
2001-2009	36,7	35,9	37,5	4.464
2011	36,5	35,0	38,2	1.077
2001-2011	36,7	36,1	37,3	5.541
2012	35,5	33,7	36,6	821
2001-2012	36,7	36,1	37,3	6.358
2001-2013	36,1	35,5	36,7	6.992
2014	36,5	33,8	38,3	648
2001-2014	36,2	35,7	36,6	7.637
2015	37,4	36,3	38,5	515
2001-2015	36,4	35,9	36,8	8.152
2016	32,1	29,3	34,1	632
2001-2016	35,6	35,2	36,0	8.777

Tabla 24.

Valores promedios de fecundidad de merluza de tres aletas a partir de evaluaciones directas entre los años 2001 y 2016.

Año	Fecundidad total			Fecundidad relativa			Tamaño hembras		
	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo	n
2001	119479	1110293	386831	150	974	392	50	61	57
2002	124058	1103030	523125	254	972	592	37	63	94
2003	119842	1340841	733540	174	1981	698	40	62	124
2004	76676	1573646	615362	141	1159	639	40	64	135
2005	71771	1245209	593968	165	913	534	43	64	124
2006	52285	1590339	474335	87	817	445	42	64	104
2007	105435	1210836	400327	197	738	482	36	62	28
2008	84034	1111541	530681	193	780	447	42	66	123
2009	18478	926779	297329	34	646	314	42	63	36
2011	128402	1387777	649082	182	849	545	44	67	101
2012	103340	1083838	400441	239	695	456	34	65	117
2013	68064	954929	370708	144	620	403	41	66	104
2014	26746	686435	203332	64	493	234	36	66	118
2015	19140	1133218	318473	88	766	397	33	71	107
2016	53997	697584	270607	152	571	327	39	64	100



Tabla 25.

Resumen de las relaciones entre la fecundidad total con el peso corporal y la longitud total (a: intercepto; b: pendiente; S_x : error estándar del parámetro; gl: grado de libertad; SCE: suma cuadrado del error; r^2 : coeficiente de determinación).

Año	Variable	Regresión	a	S_a	b	S_b	gl	SCE	r^2
2016	Peso corporal	Lineal	-84369	17228	454,4	20,26	98	455100000000	0,84
		Potencial	37,7	17,27	1,327	0,0656	98	442400000000	0,84
		Exponencial	86017	6834	0,0013	0,0001	98	546000000000	0,80
2016	Longitud total	Lineal	-805850	59027	21473	1167	98	626500000000	0,78
		Potencial	0,017	0,016	4,201	0,226	98	512500000000	0,82
		Exponencial	5000	1158	0,077	0,004	98	533200000000	0,81

Tabla 26.

Nombre científico y código utilizado para la identificación de especies observadas en los lances de pesca, crucero 2016.

Nombre común	Código	Nombre científico
Merluza de tres aletas	m3a	<i>Micromesistius australis</i>
Merluza del sur	mau	<i>Merluccius australis</i>
Merluza de cola	mm	<i>Macruronus magellanicus</i>
Mictófidios	mic	Fam. Mictofidae
Cojinoba (*)	ser	<i>Seriolella sp.</i>
Reineta	bau	<i>Brama australis</i>
Congrio dorado	gb	<i>Genypterus blacodes</i>
Tollo de cachos	sqa	<i>Squalus acanthias</i>
Jibia	dg	<i>Dosidicus gigas</i>
Brótula	sau	<i>Salilota australis</i>
Calamar	lgh	<i>Loligo gahi</i>
Sierra	thy	<i>Thysites atun</i>

(*) La especie Cojinoba, se agrupó por género, para evitar confusión en la identificación de especies del mismo.



Tabla 27.

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

Especie	N	P	F	%N	%P	%F	GI	%GI
<i>Euphausia</i> sp.	112	4.9	9.0	70.9	11.1	20.0	58.9	34.0
Cefalópodo indeterminado	1	0.4	1.0	0.6	0.8	2.2	2.1	1.2
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	28	15.8	22.0	17.7	35.4	48.9	58.9	34.0
Mictófidós	8	18.4	4.0	5.1	41.2	8.9	31.8	18.4
<i>Pasiphaea</i> sp.	4	2.1	4.0	2.5	4.6	8.9	9.3	5.3
<i>Sergestes arcticus</i>	3	3.0	3.0	1.9	6.7	6.7	8.8	5.1
Plástico	2	0.1	2.0	1.3	0.2	4.4	3.4	2.0
Total	158	44.6	45	100	100	100	173.2	100

Tabla 28.

Ítems alimentarios representados por grupos mayores para *Micromesistius australis* durante el año 2016

Grupo	N	P	F	%N	%P	%F	GI	%GI
EUFI	112	4.9	9.0	71.8	11.1	20.9	59.9	34.6
CEF	1	0.4	1.0	0.6	0.8	2.3	2.2	1.3
CAM	7	5.05	7	4.5	11.3	16.3	18.5	10.7
MESOP	36	34.16	26	23.1	76.8	60.5	92.6	53.4
Total	156	44.5	43	100	100	100	173.2	100

Tabla 29.

Importancia por grupos mayores en la dieta de *Micromesistius australis* para el año 2016.

Especie	N	P	F	%N	%P	%F	GI	%GI
<i>Euphausia</i> sp.	92	3.9	6	79.3	23.7	22.2	72.3	41.7
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	17	9.7	14	14.7	59.5	51.9	72.8	42.0
Mictófidós	2	1.5	2	1.7	9.4	7.4	10.7	6.2
<i>Pasiphaea</i> sp.	2	0.5	2	1.7	3.1	7.4	7.0	4.1
<i>Sergestes arcticus</i>	2	0.7	2	1.7	4.0	7.4	7.6	4.4
Plástico	1	0.1	1	0.9	0.4	3.7	2.9	1.7
Total	116	16.4	27	100	100	100	173.2	100



Tabla 30.

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

Especie	N	P	F	%N	%P	%F	GI	%GI
<i>Euphausia</i> sp.	20	1.06	3	47.6	3.8	16.7	39.3	22.7
Cefalópodo indeterminado	1	0.36	1	2.4	1.3	5.6	5.3	3.1
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	11	6.05	8	26.2	21.4	44.4	53.1	30.7
Mictófidos	6	16.84	2	14.3	59.6	11.1	49.1	28.3
<i>Pasiphaea</i> sp.	2	1.56	2	4.8	5.5	11.1	12.4	7.1
<i>Sergestes arcticus</i>	1	2.34	1	2.4	8.3	5.6	9.4	5.4
Plástico	1	0.03	1	2.4	0.1	5.6	4.6	2.7
Total	42	28.24	18	100	100	100	173.2	100

Tabla 31

Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de agregaciones de merluza de tres aletas.

Variable	Promedio	Max.	Min.	Desv.est	CV	Nº obs
Largo (m)	416	5.438	10	810	1,94	52
Alto (m)	24	92	5	16	0,68	52
Elongación	18	198	0	30	1,64	52
Perímetro (m)	3.780	16.715	394	3.716	0,98	52
Area (m ²)	19.771	524.519	308	75.493	3,82	52
Dim. Fractal	1,58	1,90	1,10	0,15	0,10	52
Prof. Card (m)	250	343	171	36	0,14	52
Prof. Fondo (m)	389	699	196	102	0,26	52
Índice altura (%)	32	61	6	17	0,52	52
s _A (m ² /mn ²)	17.218	281.345	240	46.107	2,68	52
Densidad (s _A /m ²)	4,0	53,74	0,02	9,1	2,28	52



Tabla 32

Valores promedio, Desv. Estándar y coeficiente de variación de los descriptores de agregaciones de merluza de tres aletas, según zona.

Zona 1	Promedio	Max.	Min.	Desv.est	CV	Nº obs
Largo (m)	409	5.438	10	873	2,13	44
Alto (m)	25	92	8	17	0,67	44
Elongación	13	60	0	14	1,08	44
Perímetro (m)	3.512	16.715	637	3.699	1,05	44
Area (m ²)	22.113	524.519	308	81.963	3,71	44
Dim. Fractal	1,57	1,93	1,11	0,15	0,09	44
Prof. Card (m)	240	295	171	25	0,10	44
Prof. Fondo (m)	378	583	196	98	0,26	44
Índice altura (%)	33	61	6	17	0,51	44
s _A (m ² /mn ²)	20.248	281.345	246	49.601	2,45	44
Densidad (s _A /m ²)	4,7	53,74	0,02	9,7	2,08	44

Zona 2	Promedio	Max.	Min.	Desv.est	CV	Nº obs
Largo (m)	455	931	36	304	0,67	8
Alto (m)	17	41	5	12	0,67	8
Elongación	47	198	4	64	1,37	8
Perímetro (m)	5.257	9.910	394	3.691	0,70	8
Area (m ²)	6.891	15.601	352	5.571	0,81	8
Dim. Fractal	1,62	1,87	1,33	0,16	0,10	8
Prof. Card (m)	305	343	230	41	0,14	8
Prof. Fondo (m)	449	698	346	110	0,25	8
Índice altura (%)	29	53	7	18	0,61	8
s _A (m ² /mn ²)	554	1.413	240	422	0,76	8
Densidad (s _A /m ²)	0,2	0,68	0,06	0,2	1,39	8

**Tabla 33**

Valores promedio, Desv. Estándar y coeficiente de variación de los descriptores de agregaciones de merluza de tres aletas según rango de fondo

200 - 299 m	Promedio	Máximo	Mínimo	Desvest	C.V.	N
Largo (m)	277,9	836,6	33,1	232,9	0,84	13
Alto (m)	23,6	68,9	9,5	15,9	0,67	13
Elongación	12,4	33,2	1,6	9,6	0,77	13
Perímetro (m)	3.229,0	10.514,6	636,9	2.949,3	0,91	13
Area (m ²)	9.045,7	57.922,1	426,1	15.461,0	1,71	13
Dim. Fractal	1,56	1,70	1,11	0,16	0,10	13
Prof. Agreg (m)	227,6	256,8	170,6	25,2	0,11	13
Índice altura (%)	14,1	38,2	5,7	9,0	0,64	13
S _A (m ² /mn ²)	32.271,2	281.345,3	681,4	77.296,4	2,40	13
Densidad (S _A /m ²)	5,9	53,7	0,0	14,5	2,44	13

300 - 399 m	Promedio	Máximo	Mínimo	Desvest	C.V.	N
Largo (m)	395,3	2.292,9	49,2	571,8	1,45	15
Alto (m)	26,4	73,5	8,1	15,6	0,59	15
Elongación	12,6	42,5	3,4	11,4	0,91	15
Perímetro (m)	3.519,1	11.086,4	770,6	3.227,1	0,92	15
Area (m ²)	17.314,3	167.414,6	383,4	42.015,2	2,43	15
Dim. Fractal	1,53	1,77	1,17	0,14	0,09	15
Prof. Agreg (m)	261,8	343,4	215,3	40,9	0,16	15
Índice altura (%)	25,9	40,5	6,7	11,8	0,45	15
S _A (m ² /mn ²)	18.342,1	171.170,2	245,6	43.448,3	2,37	15
Densidad (S _A /m ²)	4,5	36,2	0,0	9,4	2,11	15

400 - 499 m	Promedio	Máximo	Mínimo	Desvest	C.V.	N
Largo (m)	577,2	5.437,8	27,9	1.225,8	2,12	19
Alto (m)	22,3	92,2	4,7	18,7	0,84	19
Elongación	27,6	198,2	2,1	46,3	1,68	19
Perímetro (m)	4.511,8	16.715,1	394,3	4.638,0	1,03	19
Area (m ²)	33.181,4	524.519,2	352,2	119.430,9	3,60	19
Dim. Fractal	1,61	1,87	1,20	0,14	0,09	19
Prof. Agreg (m)	257,5	324,8	199,7	30,9	0,12	19
Índice altura (%)	42,5	57,7	26,0	7,5	0,18	19
S _A (m ² /mn ²)	8.176,1	72.397,8	240,0	16.783,7	2,05	19
Densidad (S _A /m ²)	2,0	10,7	0,0	3,2	1,64	19

500 - 599 m	Promedio	Máximo	Mínimo	Desvest	C.V.	N
Largo (m)	229,3	565,9	9,5	236,0	1,03	5
Alto (m)	21,0	33,0	11,0	7,9	0,37	5
Elongación	14,2	35,1	0,3	15,4	1,09	5
Perímetro (m)	3.217,1	9.251,7	947,8	3.540,8	1,10	5
Area (m ²)	4.065,2	12.317,0	308,3	4.810,0	1,18	5
Dim. Fractal	1,64	1,93	1,48	0,18	0,11	5
Prof. Agreg (m)	246,5	331,1	218,7	47,6	0,19	5
Índice altura (%)	57,8	60,8	52,6	3,7	0,06	5
S _A (m ² /mn ²)	9.066,0	23.441,7	288,8	9.625,8	1,06	5
Densidad (S _A /m ²)	5,0	11,7	0,1	5,0	1,02	5



Tabla 34
Matriz de correlaciones de las variables originales (descriptores).

	Largo	Alto	Elon.	Perím.	Área	Dim. Frac.	Prof. Agreg.	Fondo	Ind. Alt.	NASC	Dens.
Largo	1	0,75	0,40	0,54	0,97	-0,46	0,12	0,03	0,01	0,03	-0,12
Alto	0,75	1	-0,03	0,28	0,77	-0,73	-0,04	-0,06	-0,01	0,05	-0,09
Elongación	0,40	-0,03	1	0,57	0,22	0,21	0,38	0,14	-0,03	-0,02	-0,11
Perímetro	0,54	0,28	0,57	1	0,34	0,05	0,18	0,10	0,05	0,08	-0,17
Área	0,97	0,77	0,22	0,34	1	-0,50	0,04	0,01	0,03	0,01	-0,09
Dim. Fractal	-0,46	-0,73	0,21	0,05	-0,50	1	0,09	0,22	0,17	-0,13	-0,06
Prof. Agreg.	0,12	-0,04	0,38	0,18	0,04	0,09	1	0,31	-0,19	-0,11	-0,12
Fondo	0,03	-0,06	0,14	0,10	0,01	0,22	0,31	1	0,85	-0,19	-0,13
Ind. Altura	0,01	-0,01	-0,03	0,05	0,03	0,17	-0,19	0,85	1	-0,16	-0,10
NASC	0,03	0,05	-0,02	0,08	0,01	-0,13	-0,11	-0,19	-0,16	1	0,93
Densidad	-0,12	-0,09	-0,11	-0,17	-0,09	-0,06	-0,12	-0,13	-0,10	0,93	1

Tabla 35
Valores propios y variabilidad explicada, total y acumulada por los componentes

Nº componente	Valor propio	% variabilidad explicada	% acumulado
1	3,36	30,58	30,58
2	2,41	21,94	52,51
3	1,72	15,59	68,11
4	1,59	14,44	82,55
5	0,92	8,32	90,87
6	0,46	4,14	95,01
7	0,35	3,17	98,18
8	0,14	1,26	99,45
9	0,03	0,30	99,74
10	0,02	0,22	99,96
11	0,00	0,04	100,00



Tabla 36

Matriz de correlaciones de las variables originales con los componentes principales.

Variable	Com. 1	Com. 2	Com. 3	Com. 4
Largo	0,97	0,05	0,08	0,03
Alto	0,86	-0,21	-0,28	0,12
Elongación	0,35	0,44	0,64	-0,24
Perímetro	0,55	0,32	0,47	-0,09
Área	0,93	-0,04	-0,08	0,09
Dim. Fractal	-0,61	0,47	0,37	-0,07
Prof. Agreg.	0,13	0,39	0,41	-0,28
Fondo	0,00	0,72	0,03	0,63
Ind. Altura	-0,03	0,56	-0,19	0,78
NASC	0,01	-0,66	0,61	0,42
Densidad	-0,16	-0,65	0,53	0,48

FIGURAS



Figura 1. Buque cient3fico AGS 61 Cabo de Hornos utilizado en el crucero.

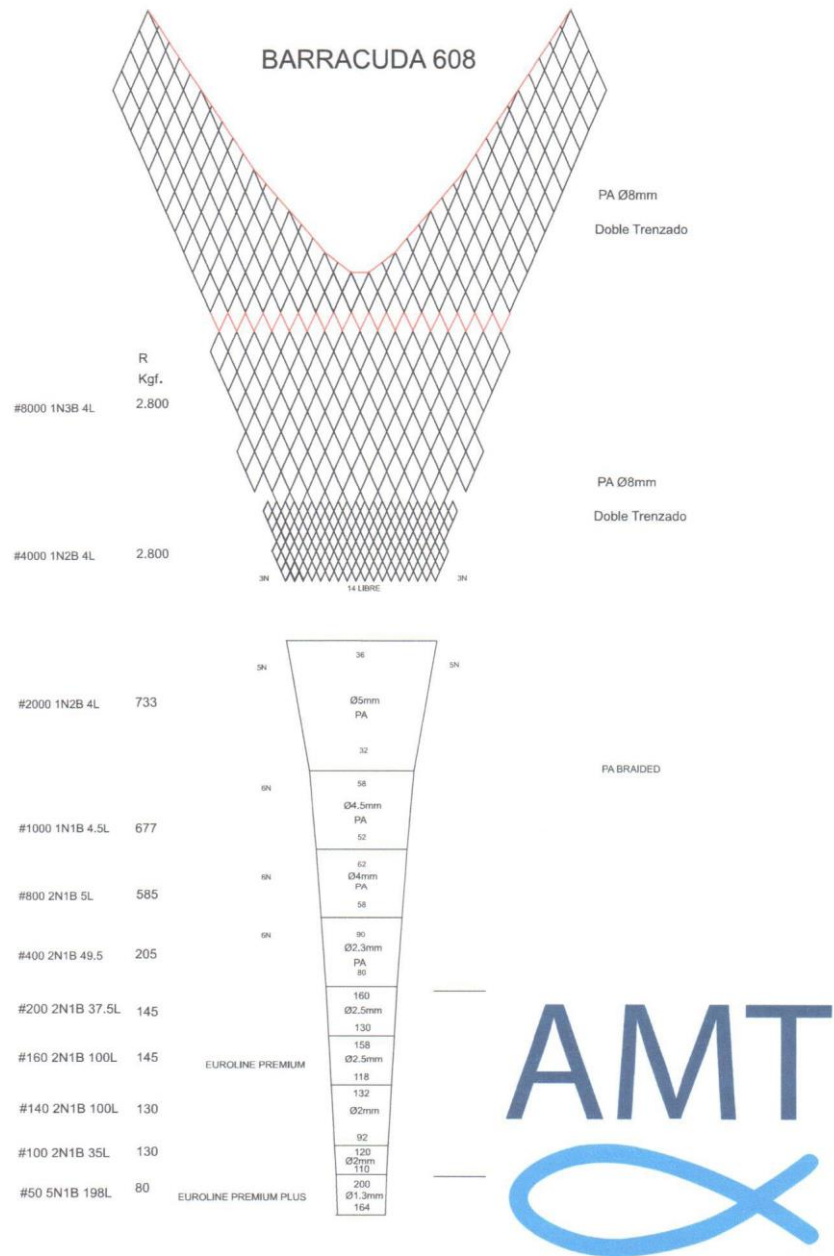


Figura 2. Red de arrastre Barracuda 608 utilizada en el crucero

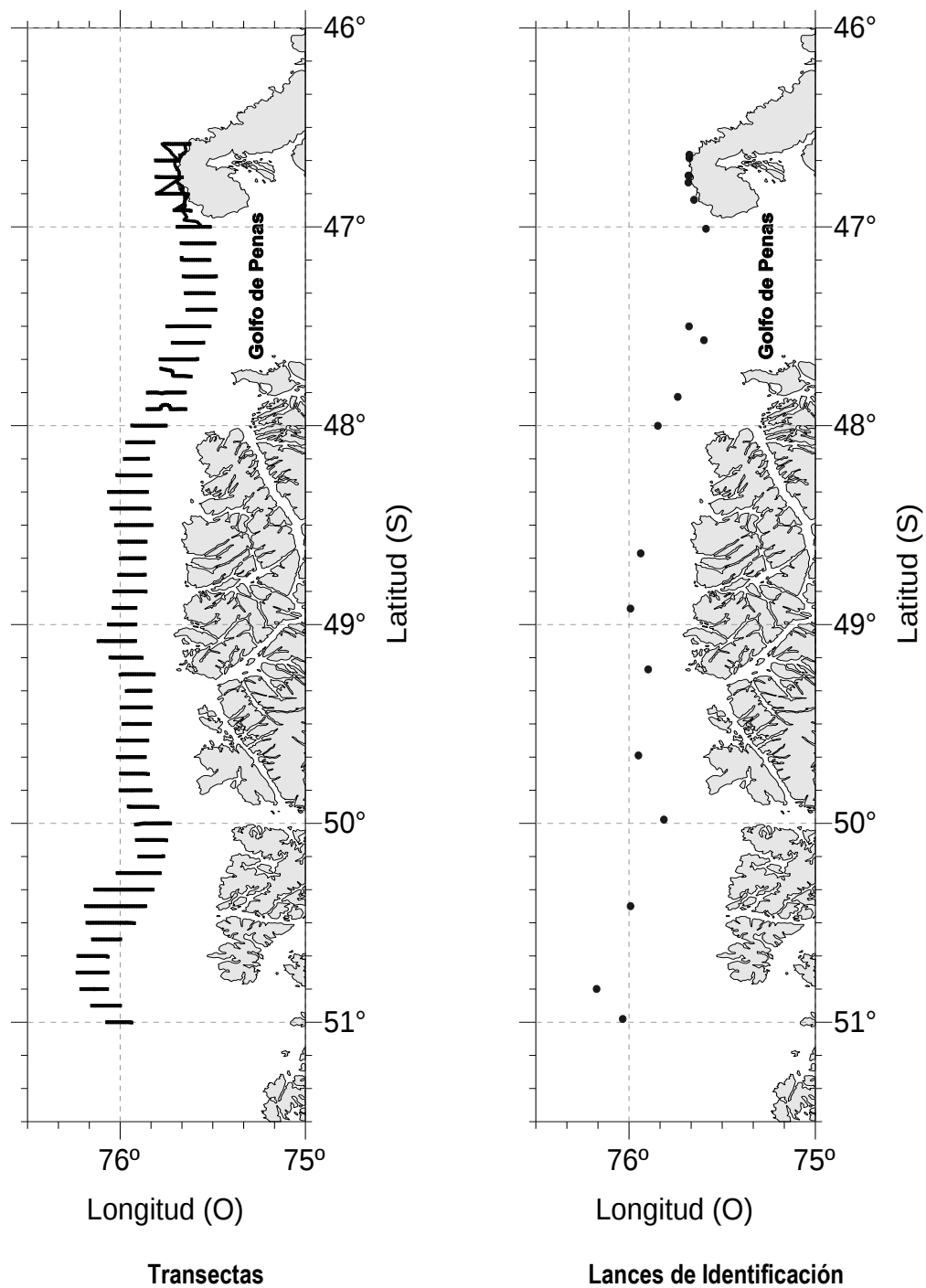


Figura 3. Localización de las transectas de muestreo hidroacústico y lances de pesca de identificación, Agosto 2016.

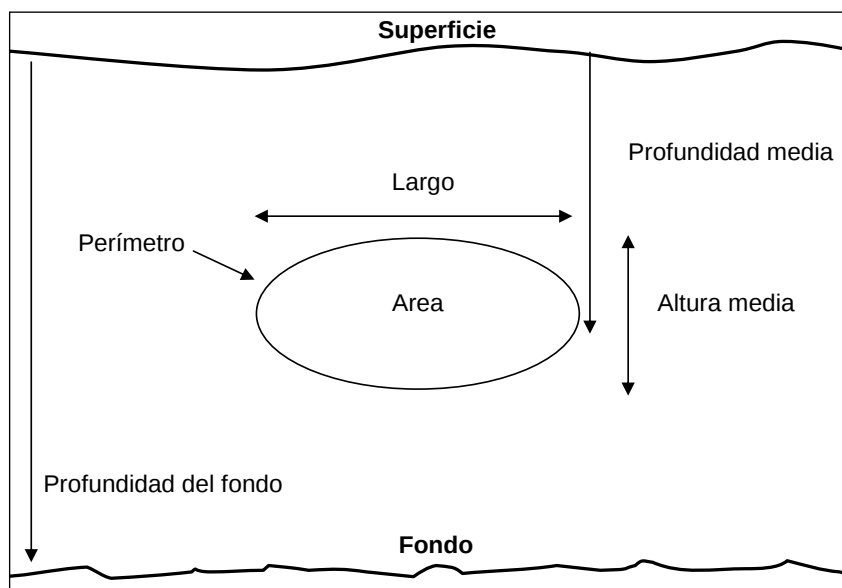


Figura 4. Descriptores morfológicos y batimétricos de una agregación.

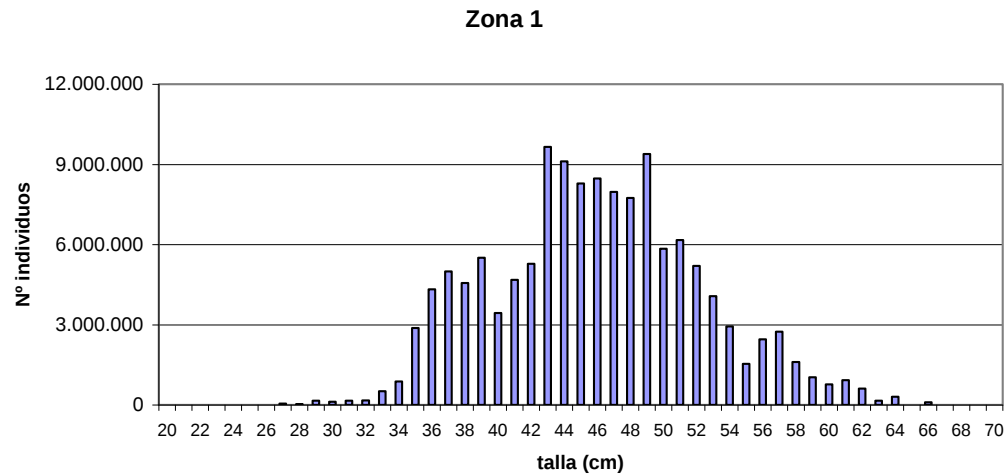


Figura 5. Distribución de frecuencia de la Abundancia para la Zona 1. Agosto 2016.

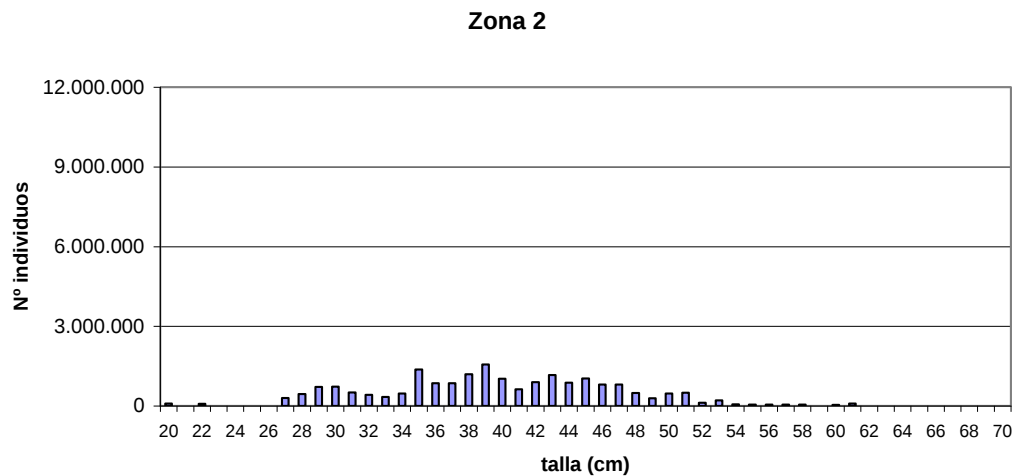


Figura 6. Distribución de frecuencia de la Abundancia para la Zona 2. Agosto 2016.

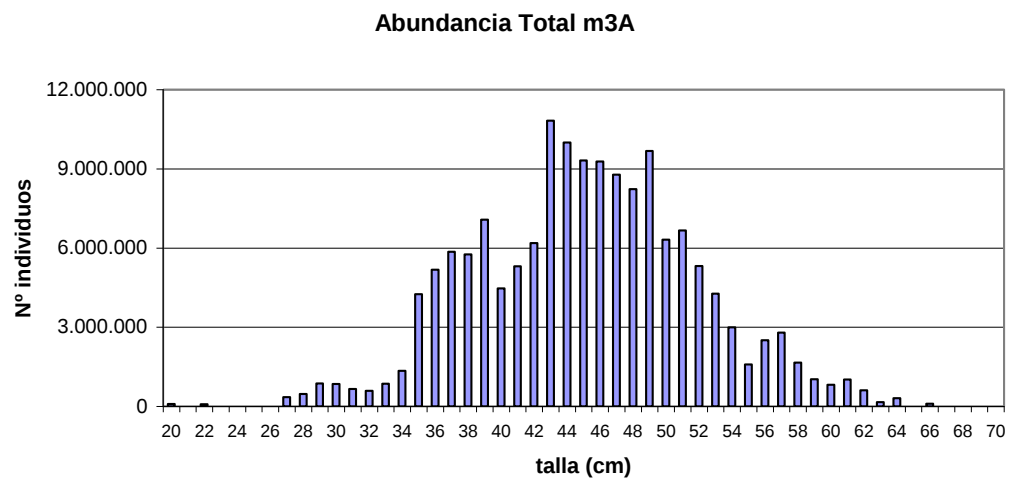


Figura 7. Distribución de frecuencia de la Abundancia Total de merluza de tres aletas. Agosto 2016.

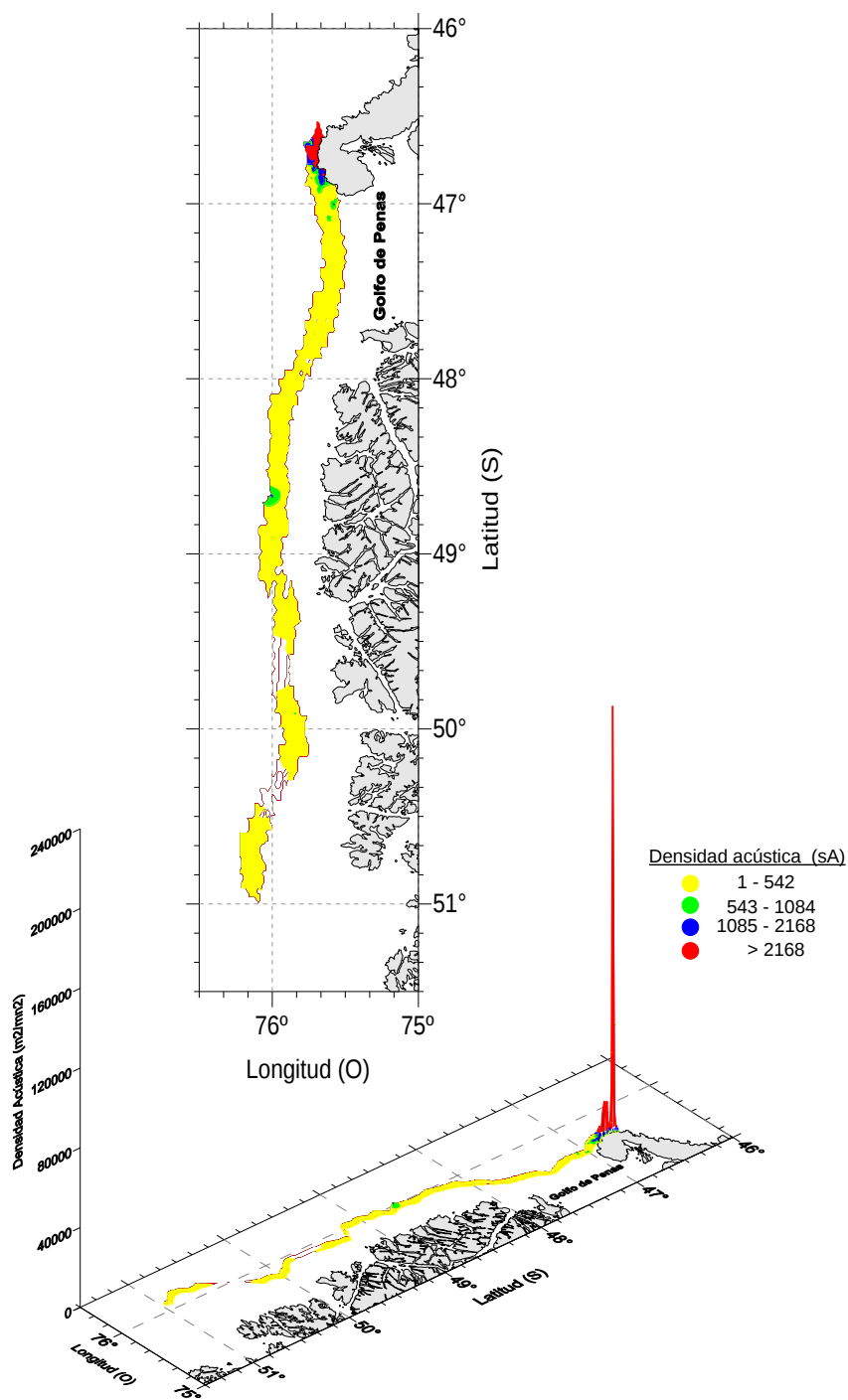


Figura 8. Distribución espacial de la densidad de merluza de tres aletas, total área estudio. Agosto 2016.

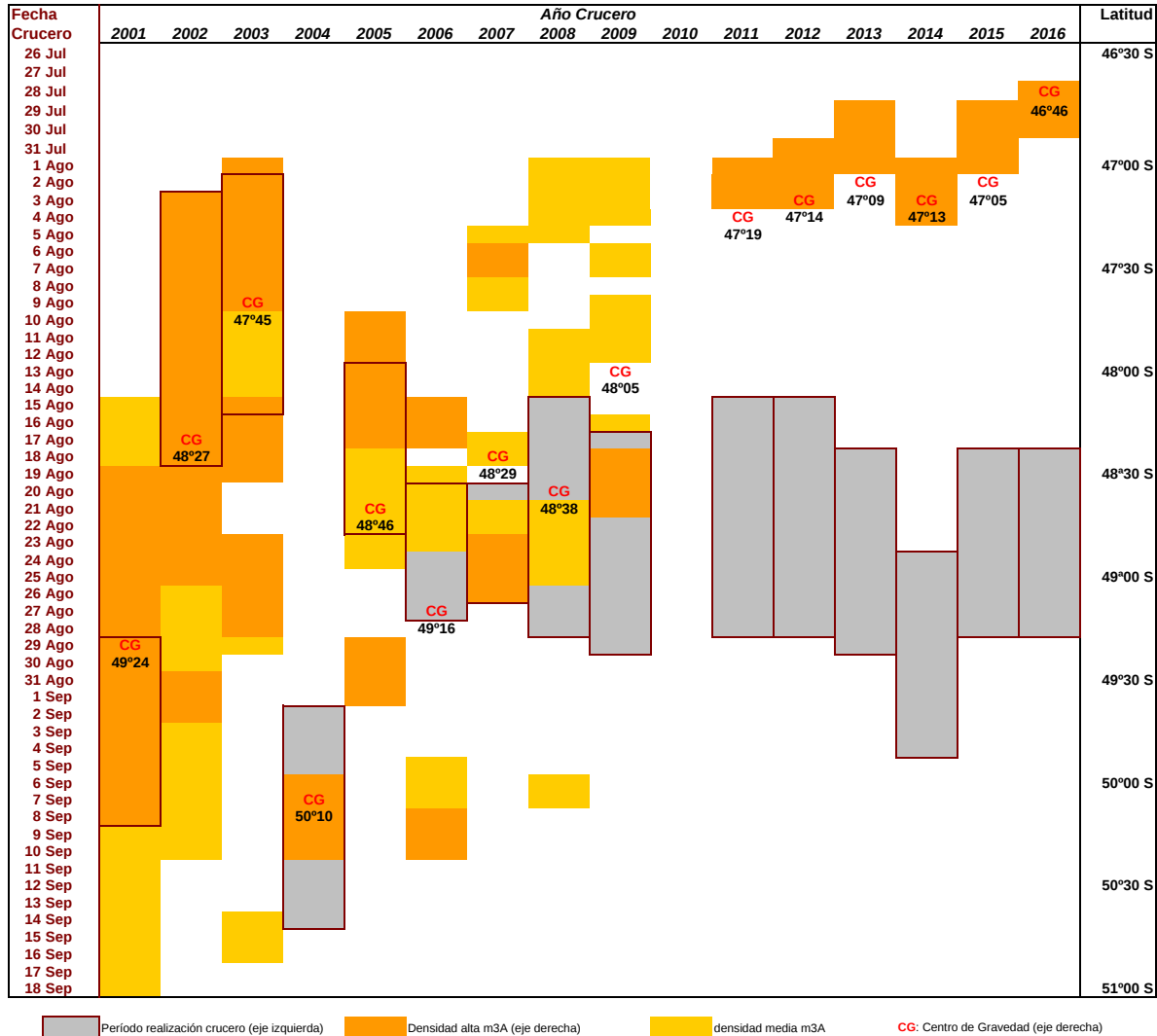


Figura 9. CG, distribución merluza de tres aletas, períodos de realización de cruceros y distribución latitudinal de mayores densidades acústicas de merluza de tres aletas, período 2001-2016.

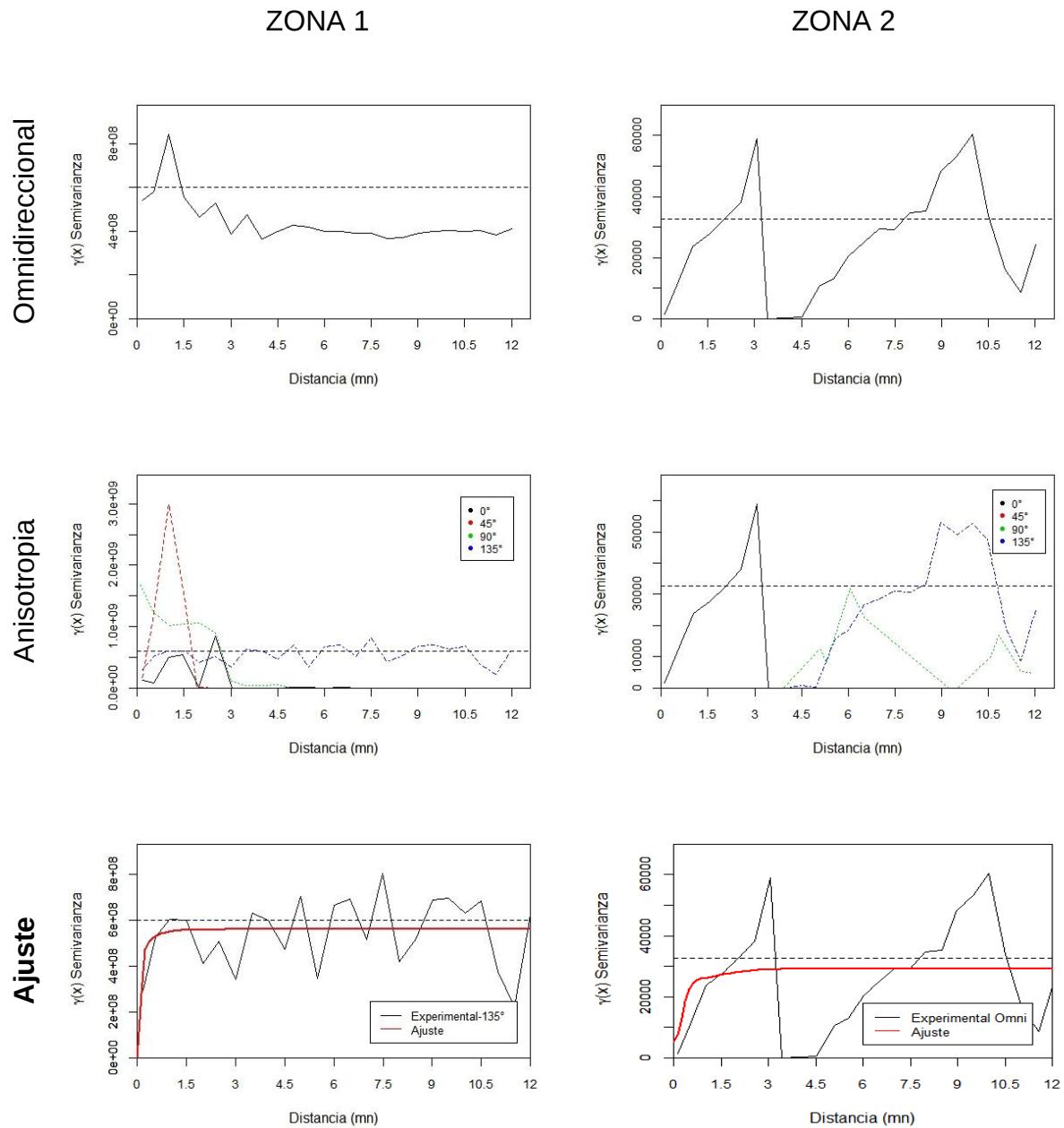
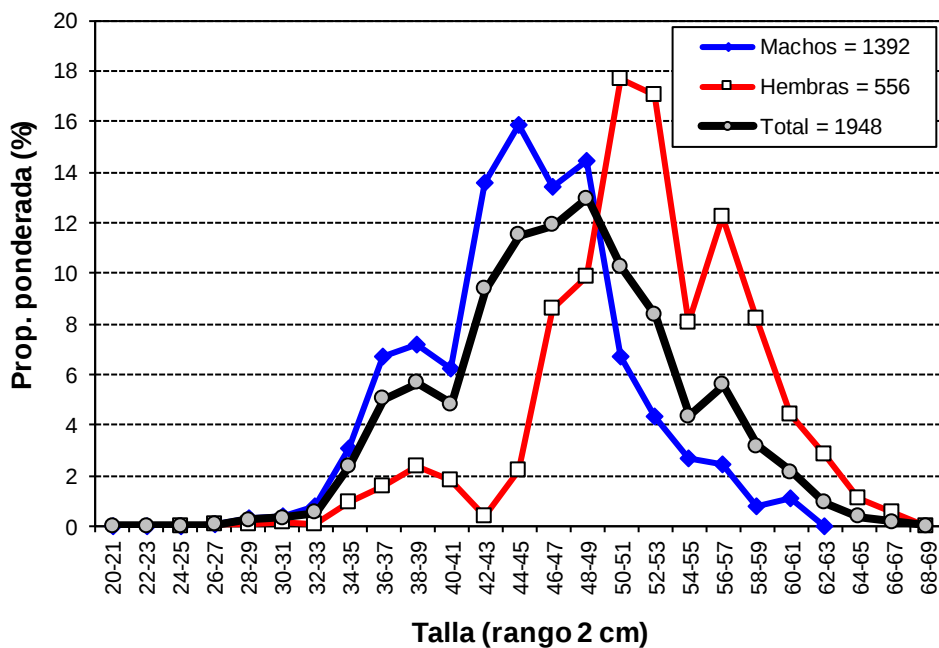
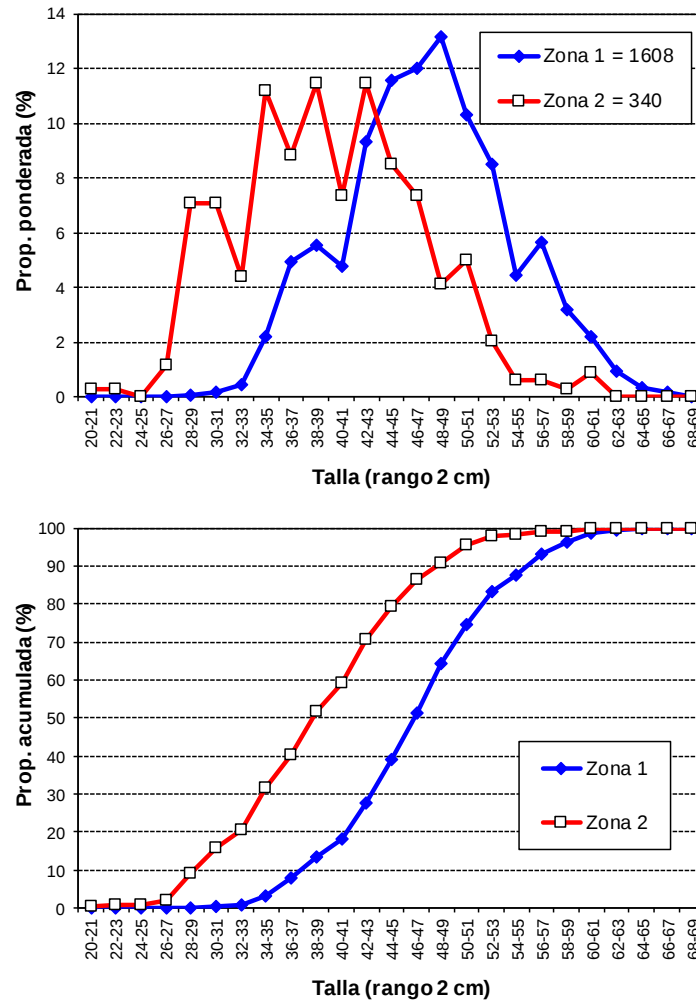


Figura 10. Variograma experimental de la densidad acústica de merluza de tres aletas, anisotropía (Ejes $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$) y ajuste teórico para las zonas 1 y 2.



Indicador	Macho	Hembra	Total
n	1392	556	1948
Mín. (cm)	20	27	20
Máx. (cm)	61	66	66
Prom. (cm)	45,0	52,0	47,2
D. est. (cm)	2,0	3,2	1,7
% < 35 cm	2,3	0,7	1,8
Prop. Sex. (%)	68	32	100

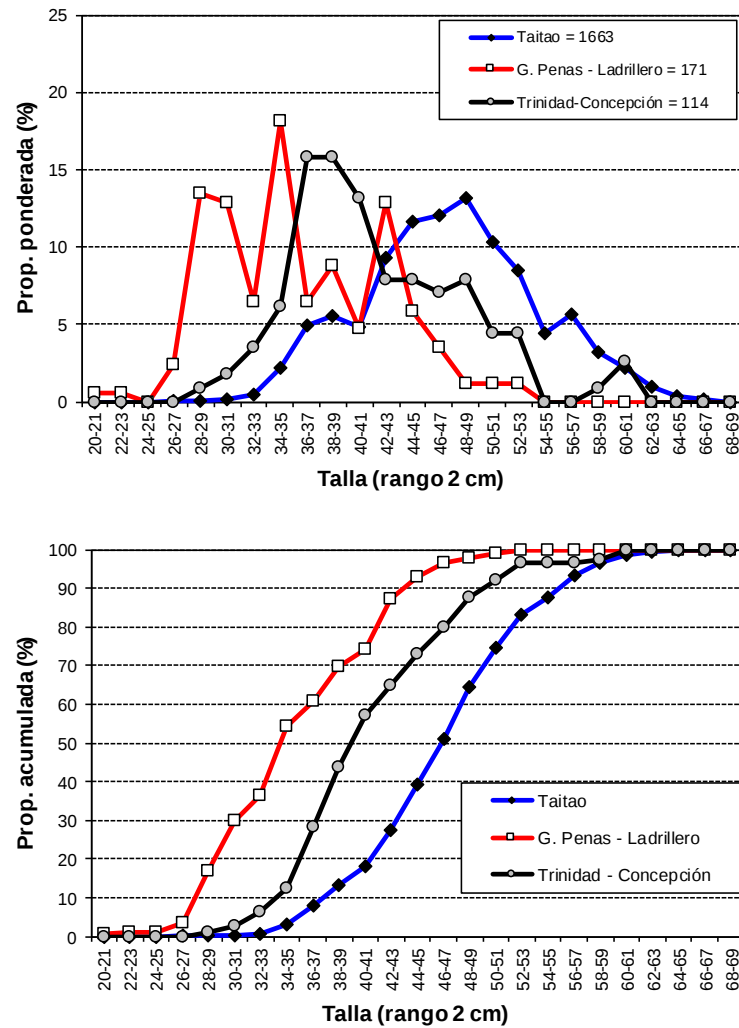
Figura 11 Distribución de talla por sexo de merluza de tres aletas para el período de estudio. B/C Cabo de Hornos (ago., 2016).



Indicador	Zona 1	Zona 2
n	1608	340
Mín. (cm)	26	20
Máx. (cm)	66	61
Prom. (cm)	47,4	39,6
D. est. (cm)	1,7	2,3
% < 35 cm	1,3	23,2
Macho (%)	68	71
Hembra (%)	32	29

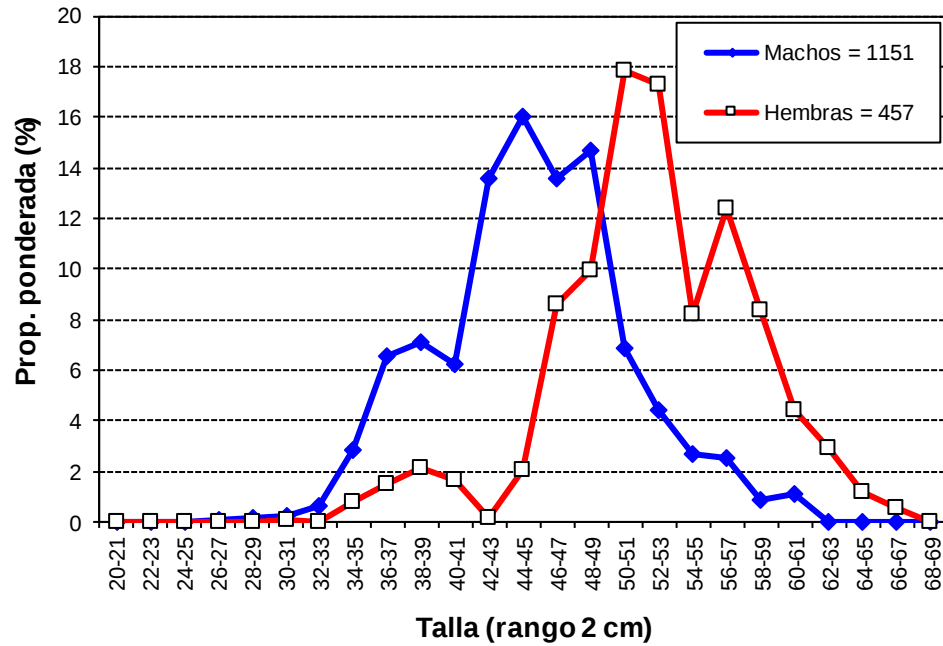
Zona 1	46°35' - 47°02,5' LS
Zona 2	47°02,5' - 51°00' LS

Figura 12 Distribución de talla de merluza de tres aletas para las diferentes zonas en el área de estudio. B/C Cabo de Hornos (ago., 2016).



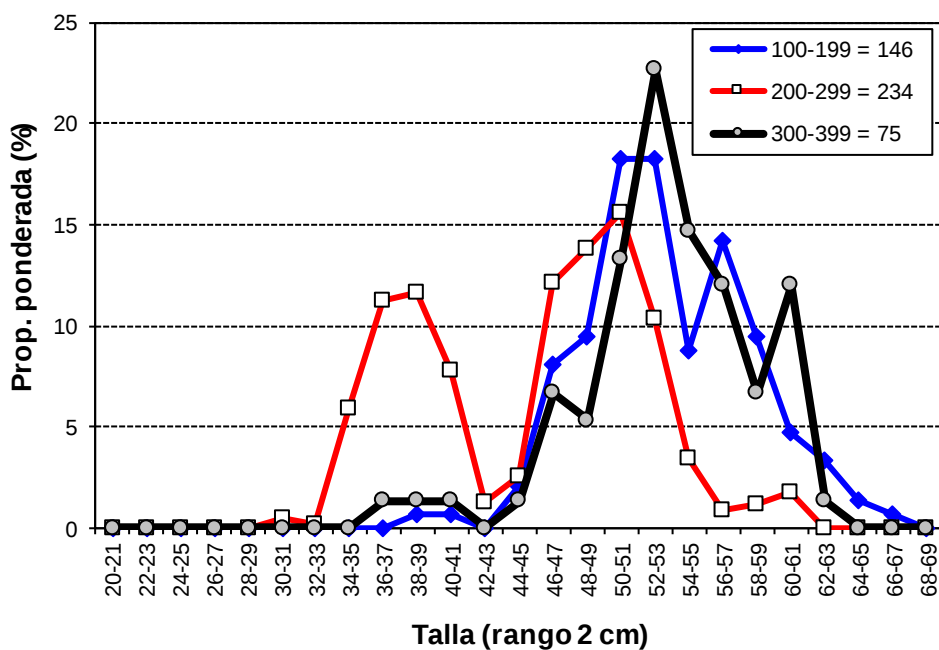
Indicador	Taitao	G. Penas - Ladrillero	Trinidad - Concepción
n	1663	171	114
Mín. (cm)	26	20	29
Máx. (cm)	66	53	61
Prom. (cm)	47,4	36,1	41,9
D. est. (cm)	1,7	2,3	3,4
% < 35 cm	1,3	41,5	7,0
Macho (%)	68	81	62
Hembra (%)	32	19	38
Taitao		45°30' - 47°29' S	
G. Penas - Ladrillero		47°30' - 48°59' S	
Trinidad - Concepción		49°00' - 51°00' S	

Figura 13 Distribución de talla de merluza de tres aletas por área. B/C Cabo de Hornos (ago., 2016).



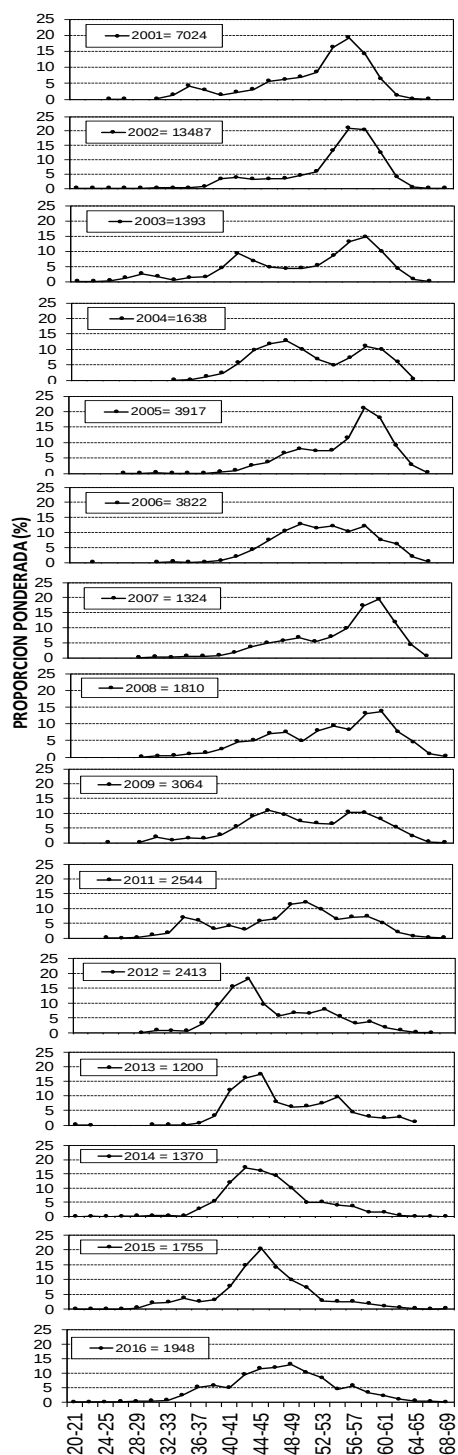
Indicador	Macho	Hembra
n	1151	457
Mín. (cm)	26	31
Máx. (cm)	61	66
Prom. (cm)	45,1	52,2
D. est. (cm)	2,0	3,4
% < 35 cm	1,8	0,3

Figura 14 Distribución de talla de merluza de tres aletas por sexo para la Zona 1 en el área de estudio. B/C Cabo de Hornos (ago., 2016).



Indicador	100-199	200-299	300-399
n	148	234	75
Mín. (cm)	39	31	37
Máx. (cm)	66	61	62
Prom. (cm)	53,3	45,4	53,2
D. est. (cm)	3,0	3,1	0,7
% < 35 cm	0,0	2,5	0,0

Figura 15 Distribución de talla de merluza de tres aletas por profundidad (rango profundidad de la red, m) para las hembras de la Zona 1 en el área de estudio. B/C Cabo de Hornos (ago., 2016).



Año	Talla prom. (cm)	Desv est. (cm)	< 35 cm (%)	Prop. Sexual %	
				Macho	Hembra
2001	50,0	6,8	3,6	54	46
2002	49,9	7,8	3,5	53	47
2003	46,8	8,7	7,0	56	44
2004	53,0	6,0	0,5	49	51
2005	54,0	1,9	0,3	52	48
2006	52,6	0,6	0,5	42	58
2007	53,9	2,0	0,5	49	51
2008	51,9	2,5	1,0	53	47
2009	49,4	1,7	3,4	69	31
2011	48,5	1,6	5,0	58	42
2012	45,7	2,3	1,7	36	64
2013	47,8	2,6	0,1	49	51
2014	45,8	1,8	1,0	67	33
2015	45,0	1,6	7,1	72	28
2016	47,2	1,7	1,8	68	32

Año	20-33 cm (%)	34-49 cm (%)	>= 50 cm (%)
2001	1,6	32,5	65,9
2002	0,6	22,4	77,0
2003	6,4	36,9	56,7
2004	0,0	53,7	46,1
2005	0,3	22,3	77,4
2006	0,4	37,9	61,7
2007	0,5	24,4	75,2
2008	0,8	33,6	65,6
2009	2,9	47,8	49,3
2011	2,9	46,7	50,4
2012	1,6	68,8	29,6
2013	0,1	63,1	36,8
2014	1,0	77,7	21,3
2015	4,9	76,1	19,0
2016	8,8	74,5	16,8

Figura 16 Distribuci3n relativa de la talla de merluza de tres aletas para los cruceros hidroacústicos entre 2001 a 2009 y 2011 a 2016.

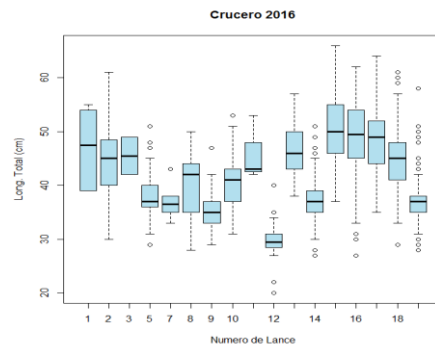


Figura 17. Rango de longitudes y tendencia central del Muestreo Biológico asociado a cada Lance, crucero de investigación 2016o.

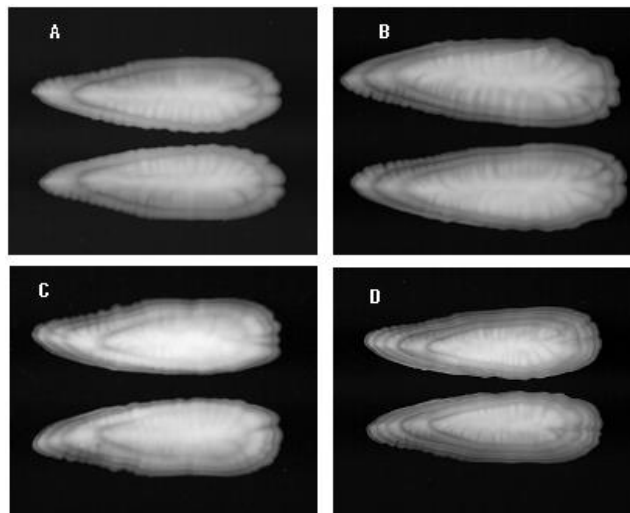


Figura 18. Otolitos de merluza de tres aletas en que se observan los *annuli*. **A:** Lp=31 LO=12,3 E=2; **B:** Lp=35 LO=14,0 E=3; **C:** Lp=41 LO=14,4 E=4; **D:** Lp=42 LO=15,6 E=5 (Lp=Longitud pez en cm; LO=longitud Otolito en mm; E=Edad).

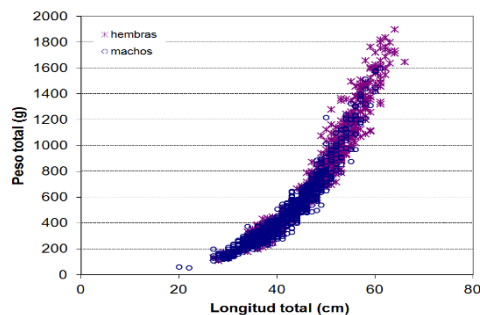
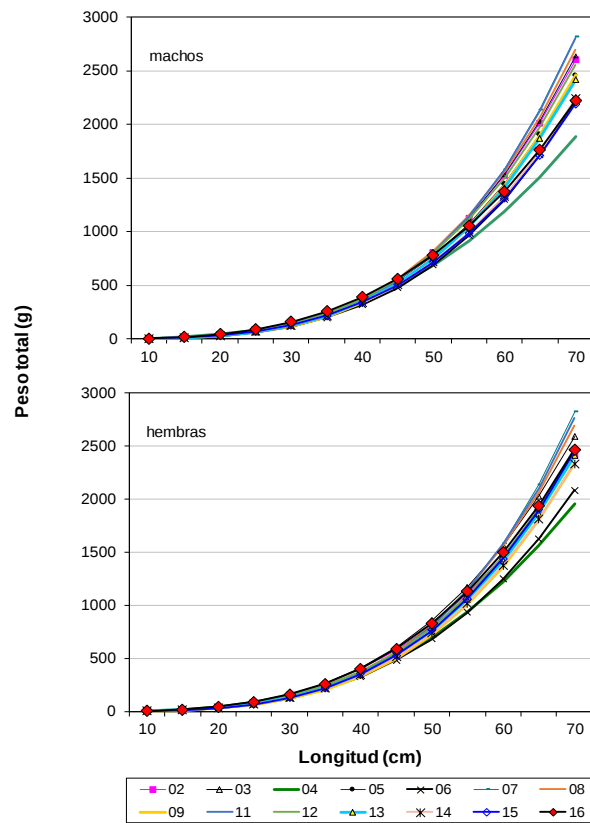


Figura 19. Dispersión de los datos peso-longitud para merluza de tres aletas, año 2016.



A



B

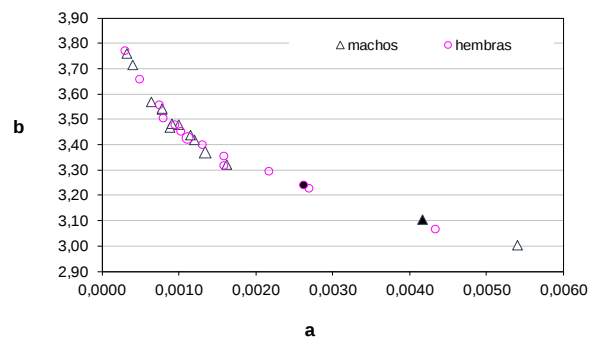


Figura 20. Curvas teóricas de función peso - longitud estimadas para merluza de tres aletas por sexo (A) y representación de los parámetros “a” (intercepto) y “b” (pendiente) de esta relación (B) en el período 2002 – 2016.

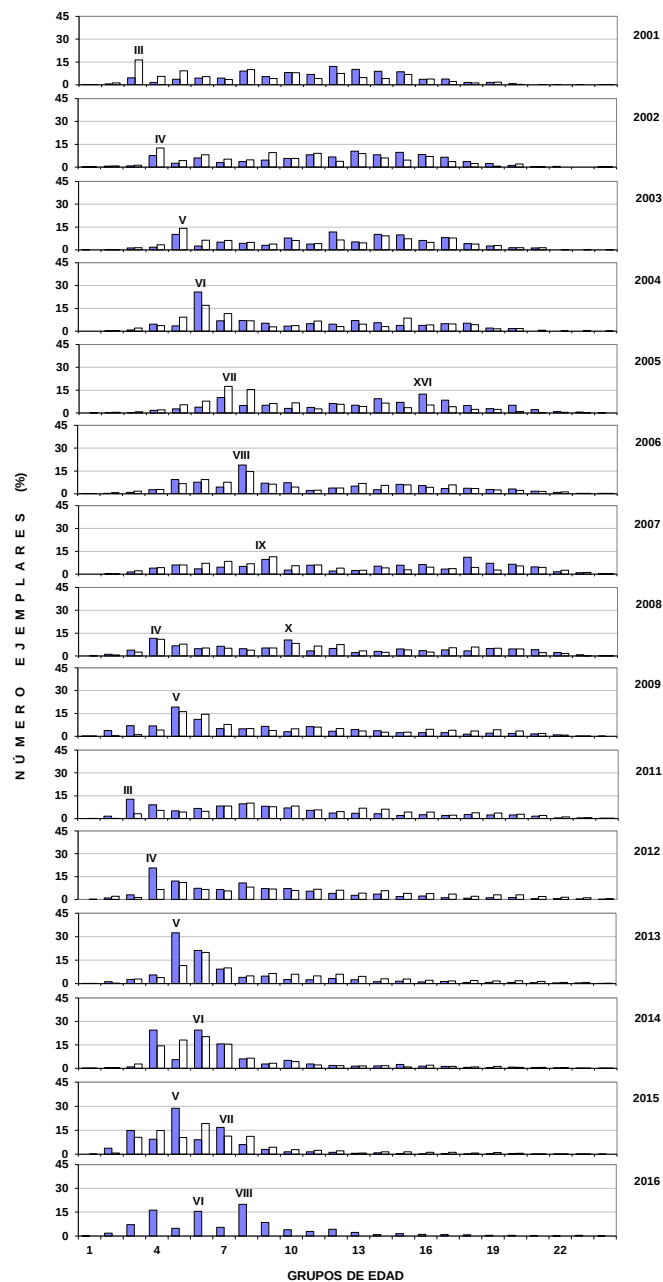


Figura 21 a. Estructura de la abundancia y la captura en número por grupo de edad de merluza de tres aletas, en porcentaje. Período 2001-2016. Barras vacías corresponden a pesquería; barras achuradas corresponden a cruceros de investigación.

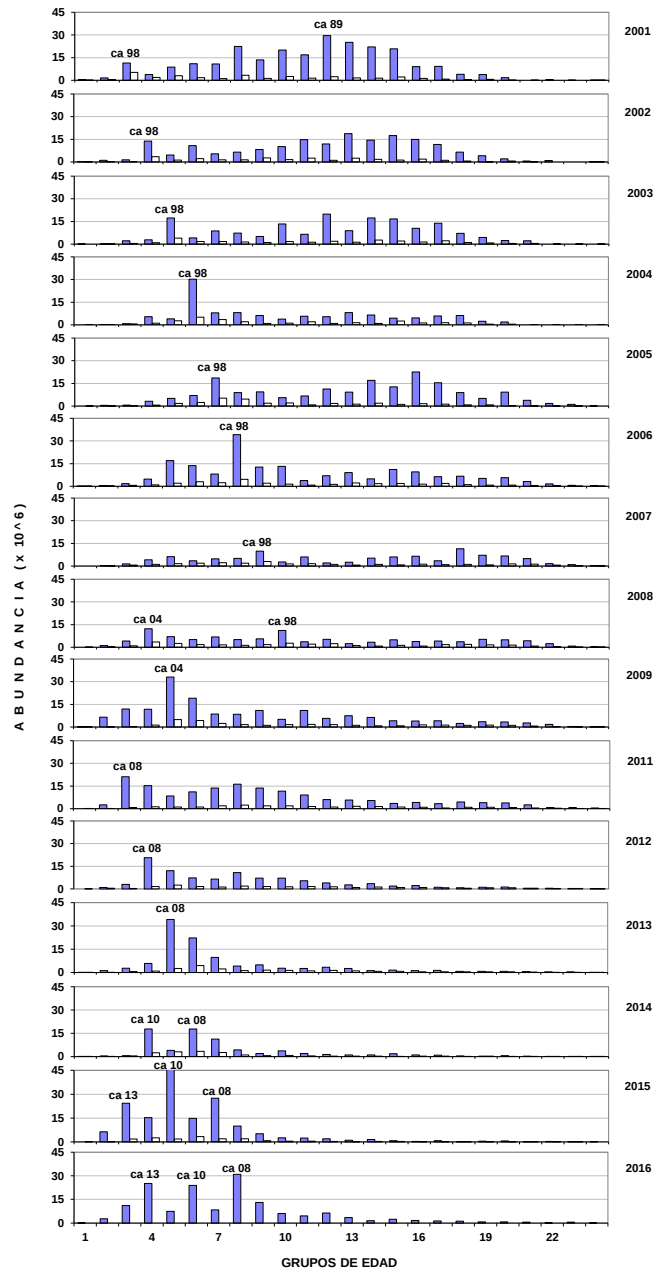


Figura 21 b. Estructura de la abundancia y la captura en número por grupo de edad de merluza de tres aletas, en número. Período 2001-2016. Barras vacías corresponden a pesquería; barras achuradas corresponden a cruceros de investigación.

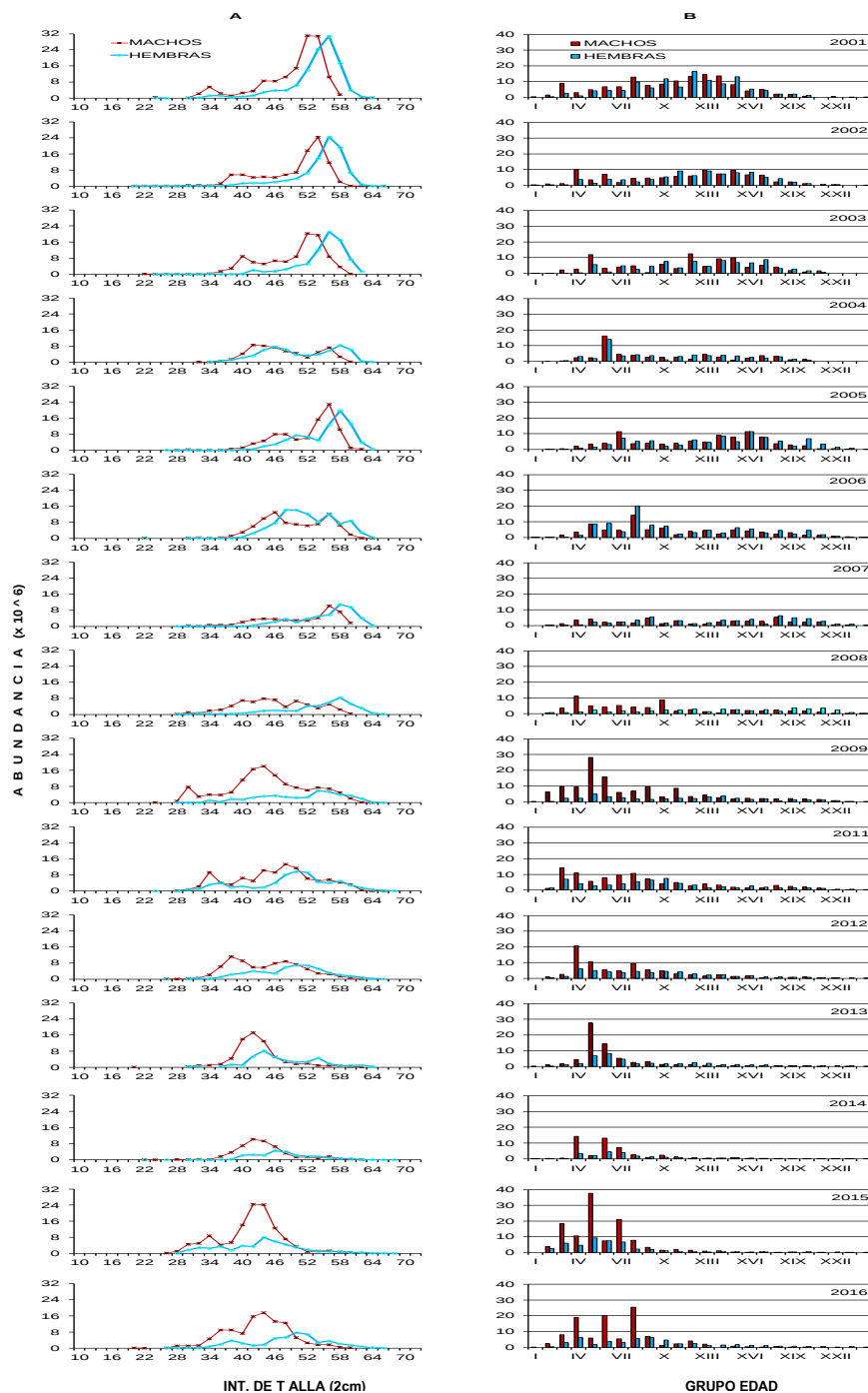


Figura 22. Distribuci3n de la abundancia por clases de talla (columna A de gr1ficos) y por GE (columna B de gr1ficos) registrada en los Cruceros de Evaluaci3n de merluza de tres aletas. Per3odo 2001-2016.

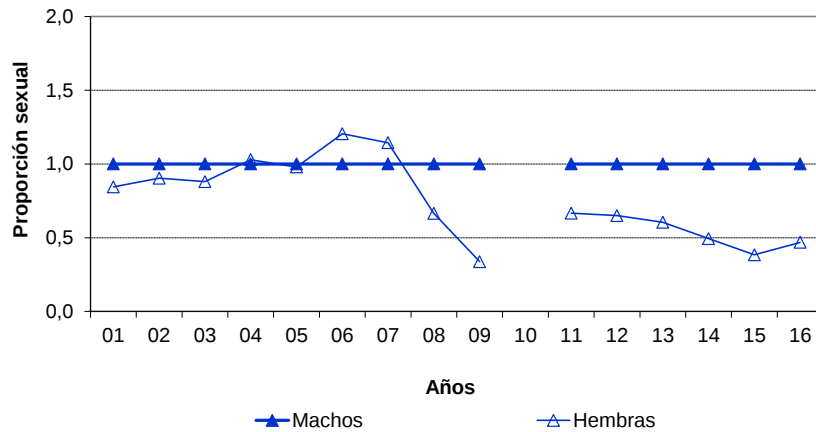


Figura 23. Raz3n de sexos de merluza de tres aletas, presente en la abundancia en el per3odo de desove, seg3n a3o.

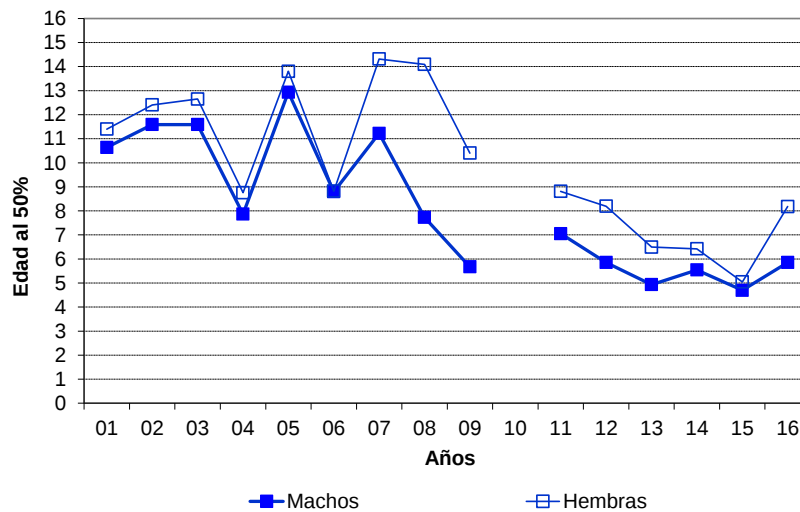


Figura 24 Edades medianas de merluza de tres aletas, por sexo, presente en los cruceros de evaluaci3n del stock desovante, per3odo 2001 - 2016.

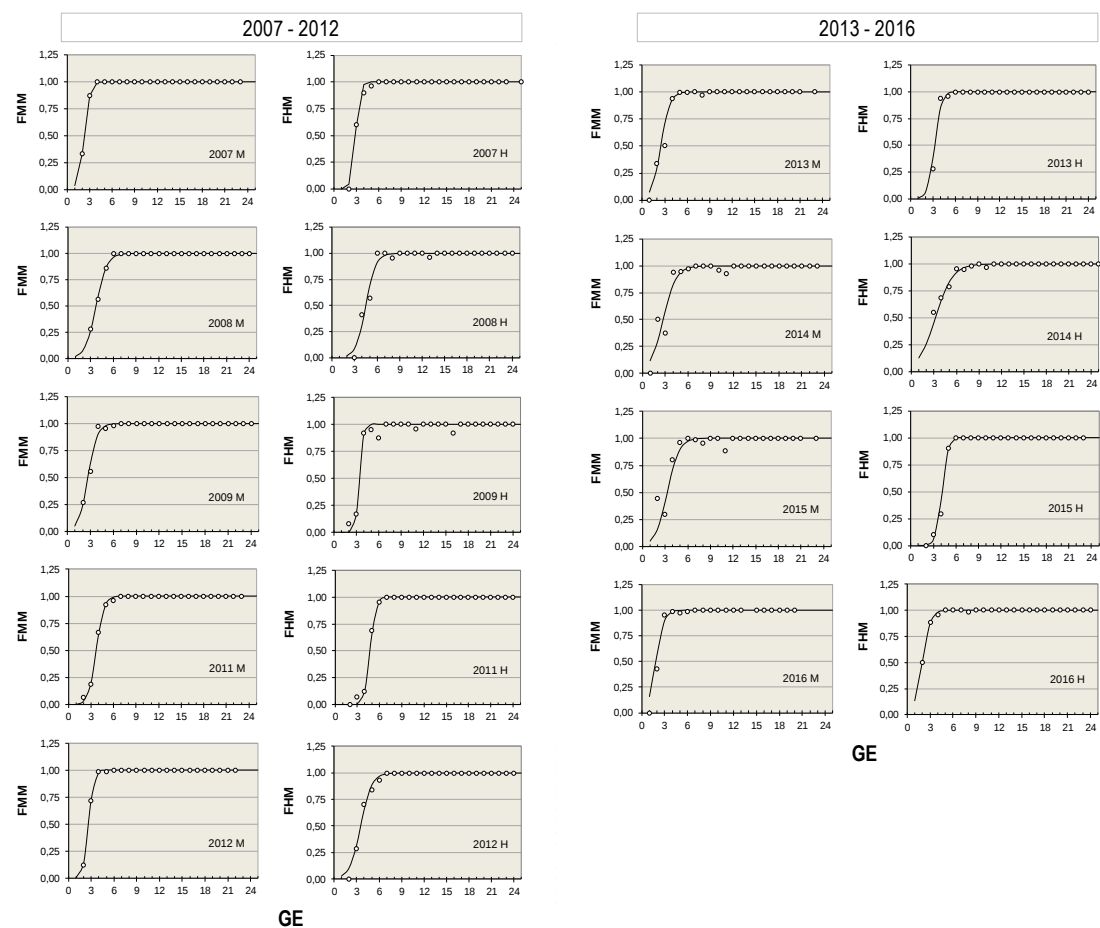


Figura 25. Fracción de merluza de tres aletas (machos y hembras) maduros, según grupos de edad, en los cruceros de evaluación años 2007 – 2016.

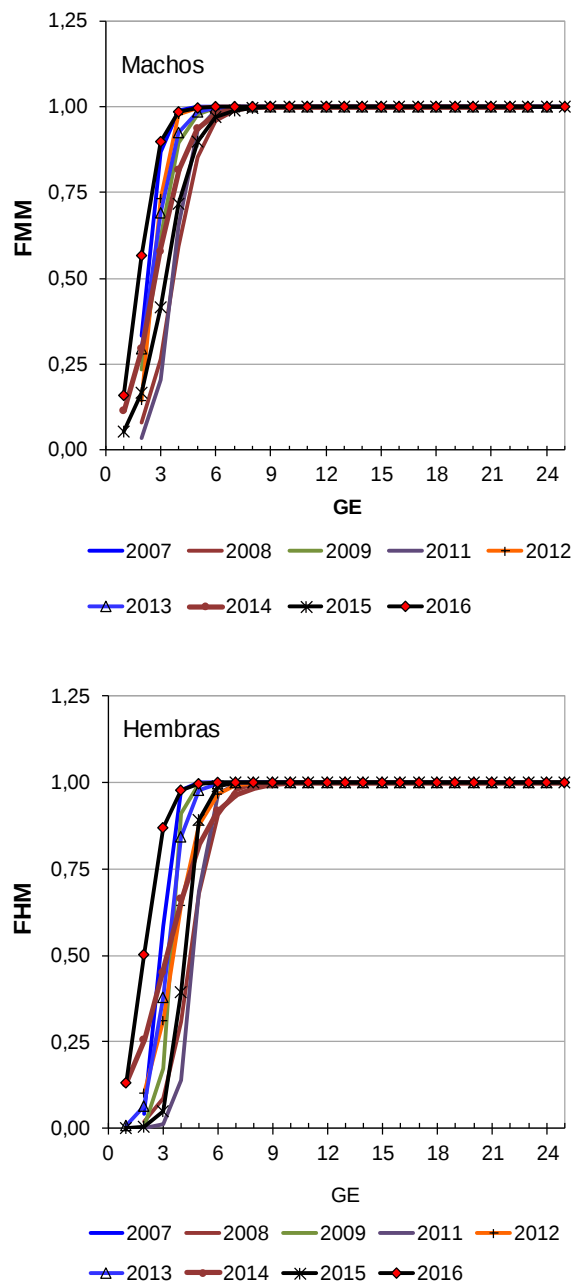


Figura 26. Curvas de madurez estimadas para merluza de tres aletas (machos y hembras), segun grupos de edad y estados de madurez macroscopicos, en los cruceros de evaluaci3n aros 2007 a 2016. FMM: fracci3n de machos maduros; FHM: fracci3n de hembras maduras.

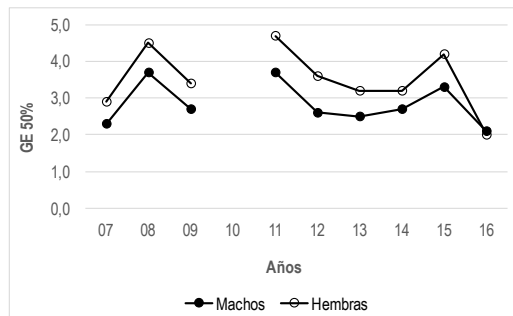


Figura 27 Fracción de individuos maduros por grupo de edad ($GE_{50\%}$) estimado para merluza de tres aletas (machos y hembras), en base a clasificación macroscópica del estado de madurez; según año de crucero de evaluación de stock desovante

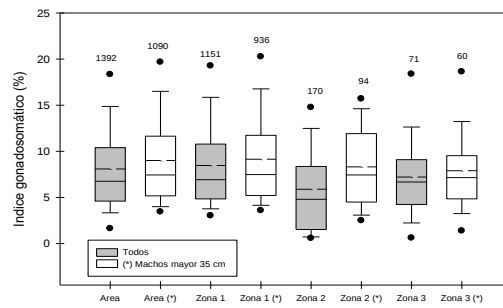


Figura 28. Índice gonadosomático de machos de todas las tallas y mayores a 35 cm LT, en el área prospectada y por tres zonas del área: (1): Taitao; (2): Golfo Penas – Ladrillero; (3): Trinidad – Concepción (línea continua: mediana; discontinua: media; se indica el número de machos).

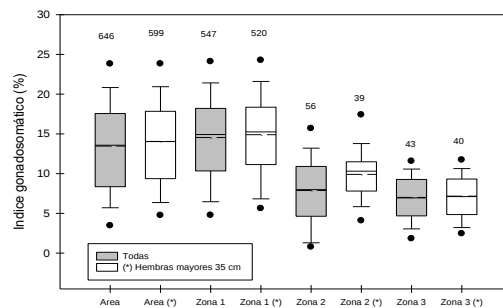


Figura 29. Índice gonadosomático de hembras de todas las tallas y mayores a 35 cm LT, en el área prospectada y por tres zonas del área: (1): Taitao; (2): Golfo Penas – Ladrillero; (3): Trinidad – Concepción.

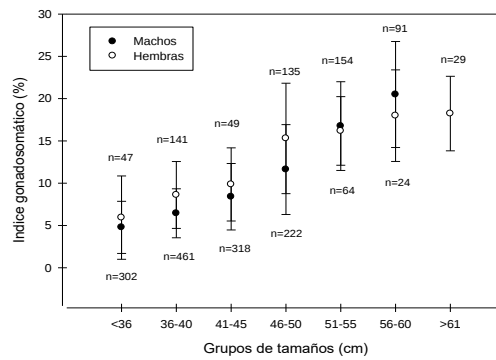


Figura 30. Índice gonadosomático, ambos sexos, por grupos de tallas (se indica el número de machos abajo y hembras arriba).

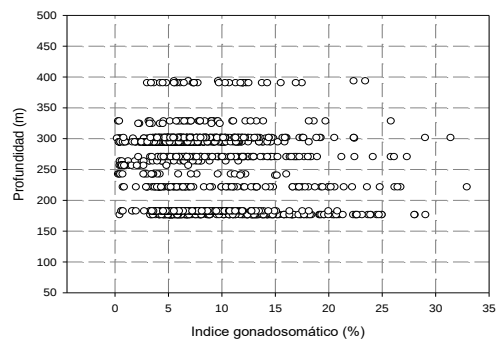


Figura 31. Índice gonadosomático de machos en relación a la profundidad (referencial) del lance.

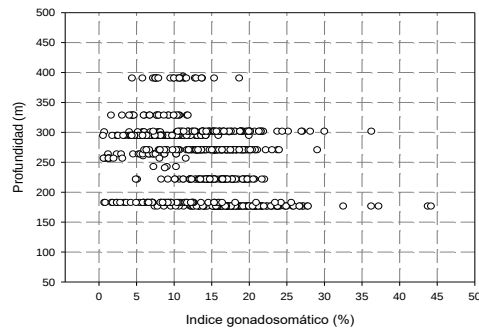


Figura 32. Índice gonadosomático de hembras en relación a la profundidad (referencial) del lance.

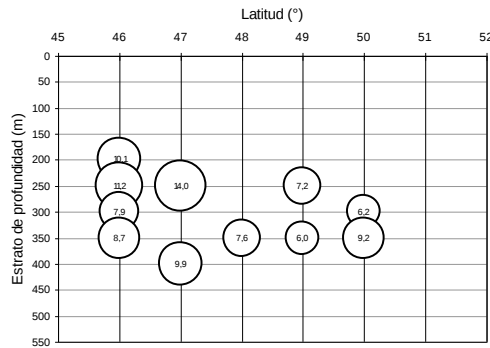


Figura 33. Distribución de los valores medios de IGS de machos mayores a 35 cm LT por grado de latitud y estrato de profundidad cada 50 m.

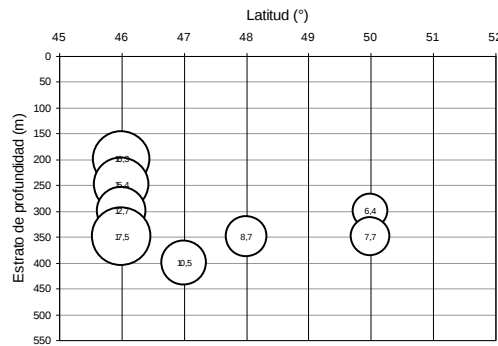


Figura 34. Distribución de los valores medios de IGS de hembras mayores a 35 cm LT por grado de latitud y estrato de profundidad cada 50 m.

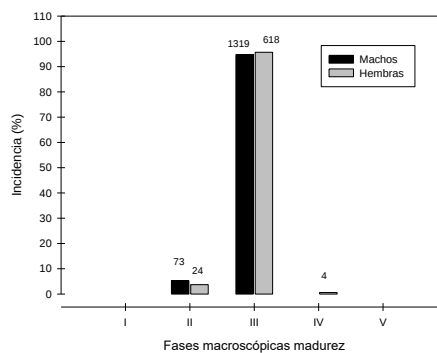


Figura 35. Incidencia de fases macroscópicas de madurez gonadal por sexo (se indica el número de ejemplares).

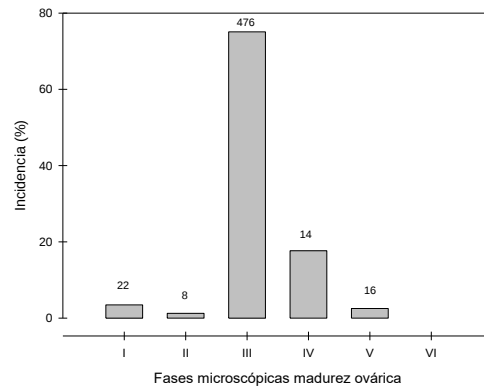


Figura 36. Incidencia de fases microscópicas de madurez ovárica de merluza de tres aletas en el área prospectada (se indica el número de hembras).

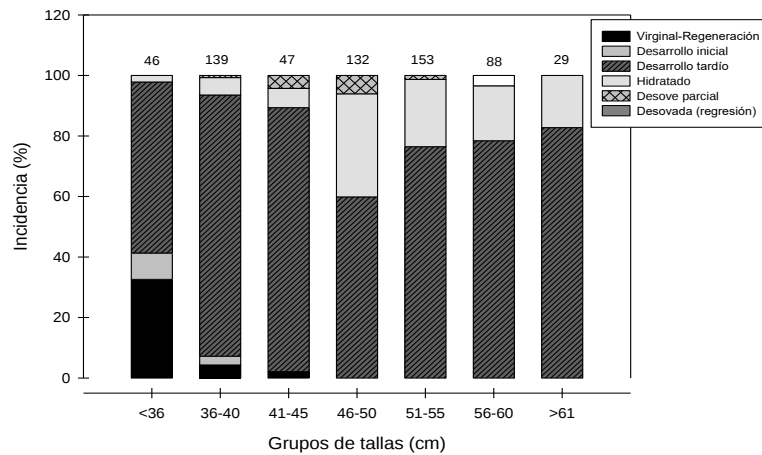


Figura 37. Incidencia de fases microscópicas de madurez ovárica por grupos de tamaños de las hembras (se indica el número de hembras).

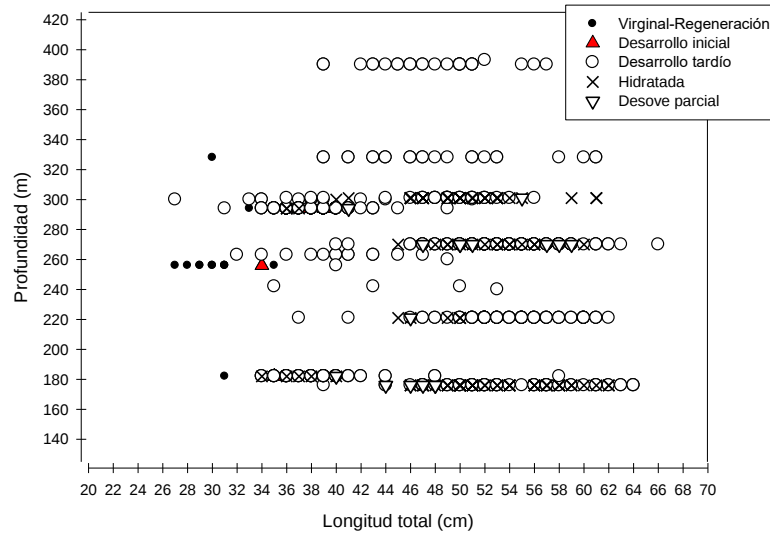


Figura 38. Fases ováricas microscópicas en relación al tamaño de las hembras y la profundidad (referencial) del lance.

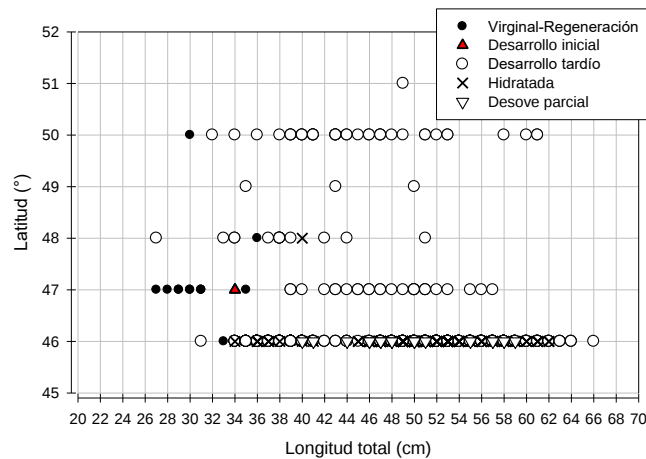


Figura 39. Fases ováricas microscópicas en relación al tamaño de las hembras y el grado de latitud del lance.

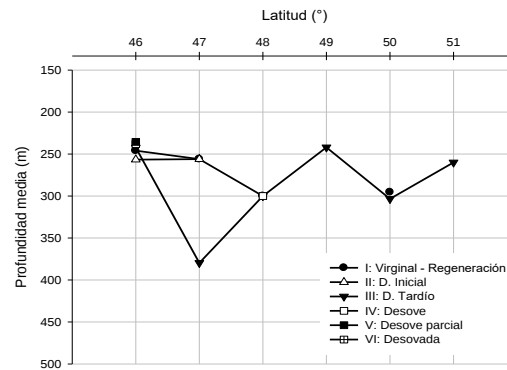


Figura 40. Profundidad media de la incidencia de las fases microscópicas de madurez ovárica por grado de latitud del área de prospección.

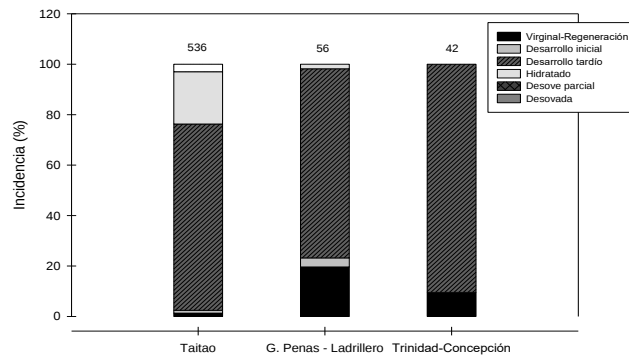


Figura 41. Incidencia de fases microscópicas de madurez ovárica de merluza de tres aletas por tres zonas del área (se indica el número de hembras).

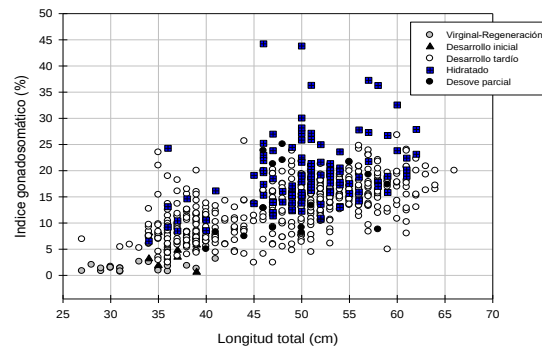


Figura 42. Índice gonadosomático individuales en relación al tamaño de la hembra y la fase microscópica de madurez.

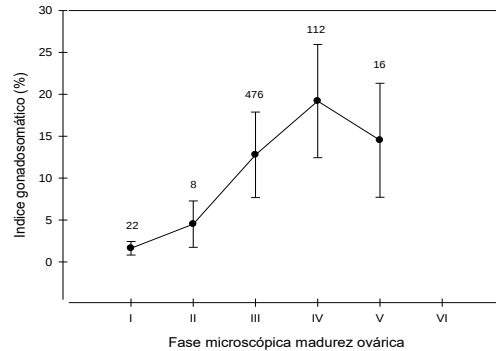


Figura 43. Valores medios de IGS en relación a las fases microscópicas de madurez ovárica (se indica el número de hembras).

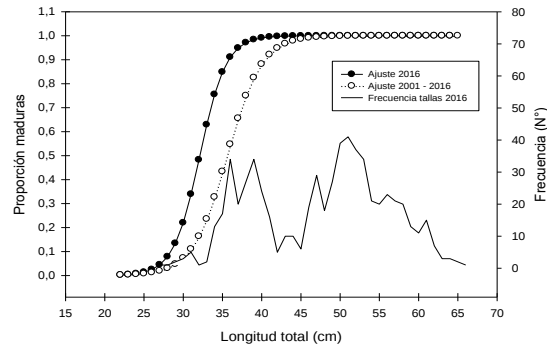


Figura 44. Ojiva de madurez a la talla de hembras de merluza de tres aletas en el área prospectada, con ajuste de 2016 y datos agrupados entre 2001 y 2016.

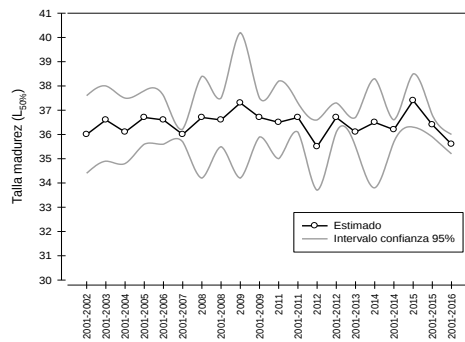


Figura 45. Estimados de talla de madurez ($L_{50\%}$) de hembras de merluza de tres aletas de la serie de evaluaciones directas entre los años 2001 y 2016.

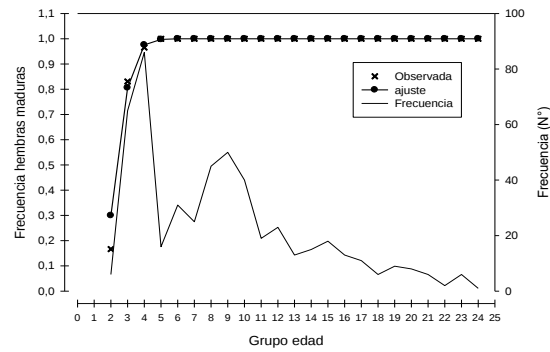


Figura 46. Ojiva de madurez a la edad de hembras de merluza de tres aletas en el área prospectada.

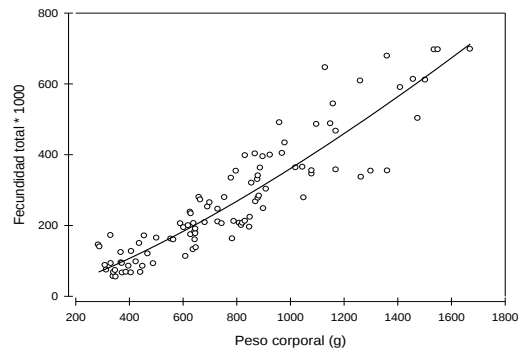


Figura 47. Relación potencial entre la fecundidad total y el peso corporal.

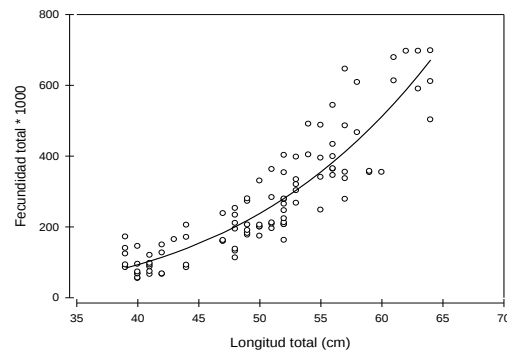


Figura 48. Relación potencial entre la fecundidad total y la longitud total.

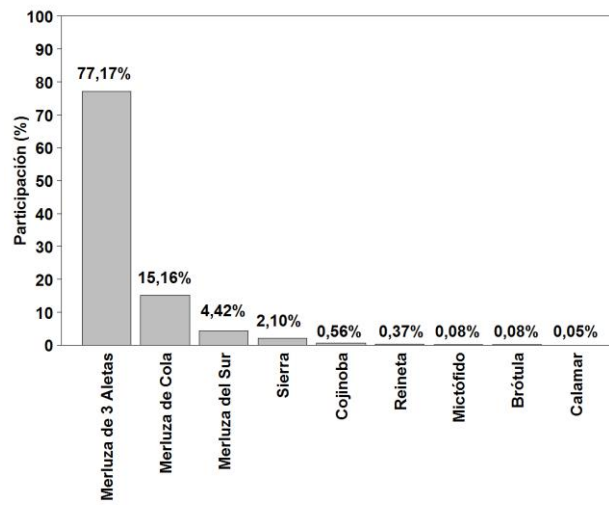


Figura 49. Composici3n de la captura obtenida en los lances de identificaci3n efectuados en el 3rea de estudio total, crucero 2016.

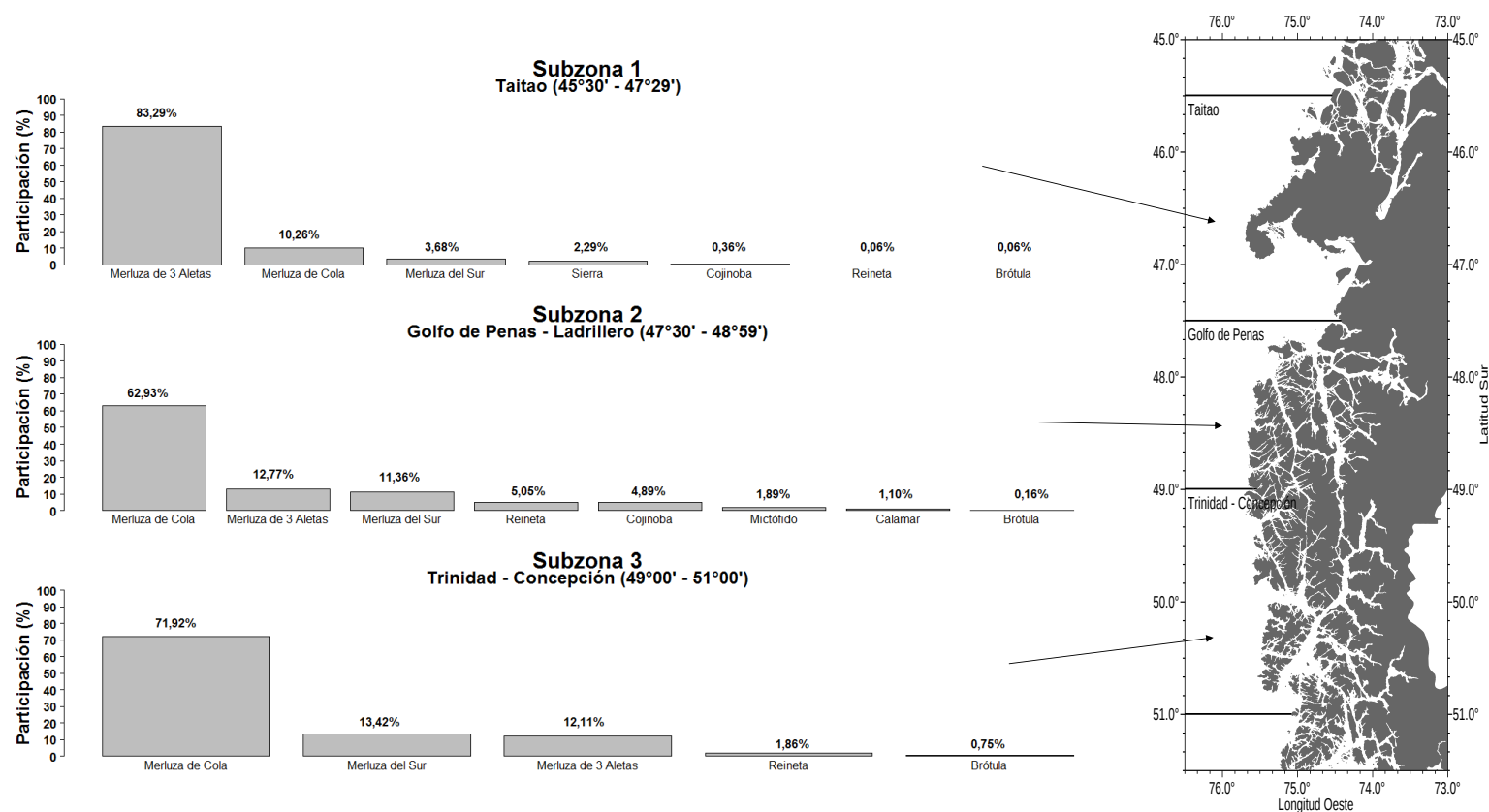


Figura 50. Composición de la captura obtenida en los lances de identificación por zonas históricas de distribución, crucero 2016.

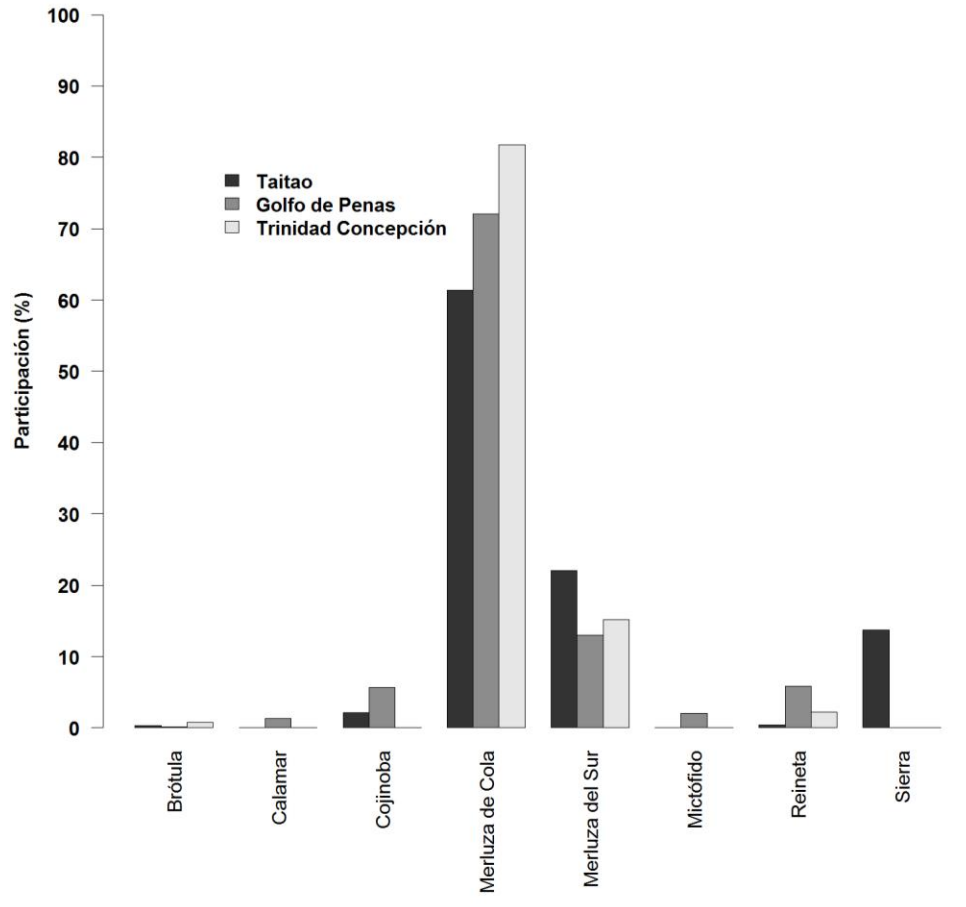


Figura 51. Composición de la captura de fauna acompañante asociada a merluza de tres aletas, por zonas de distribución históricas, obtenida en los lances de identificación, crucero 2016..

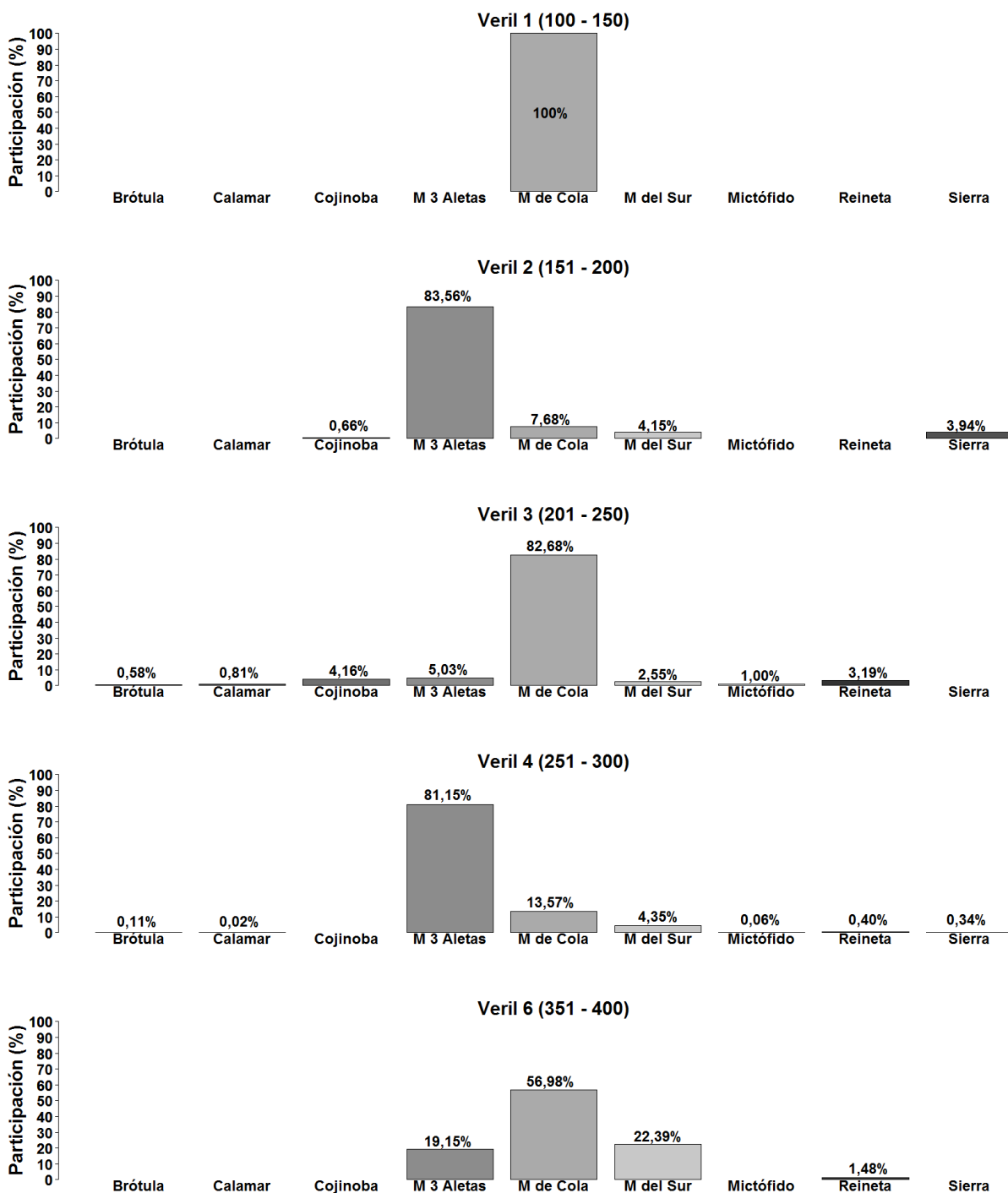




Figura 52. Composición de especies presentes en la captura obtenida en los lances de identificación por veril de profundidad, cruceo 2016.

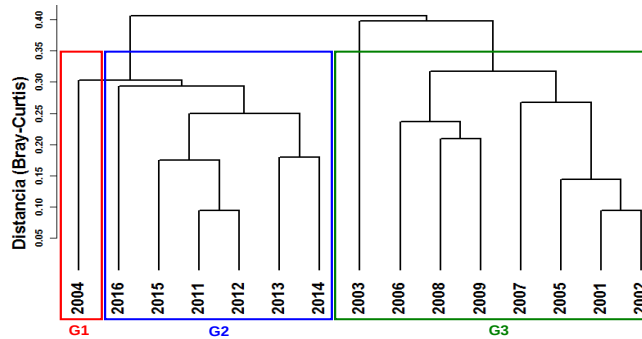


Figura 53. Resultado del análisis de clasificación de los cruceos realizados entre los años 2001 y 2016, diferenciados por cruceos.

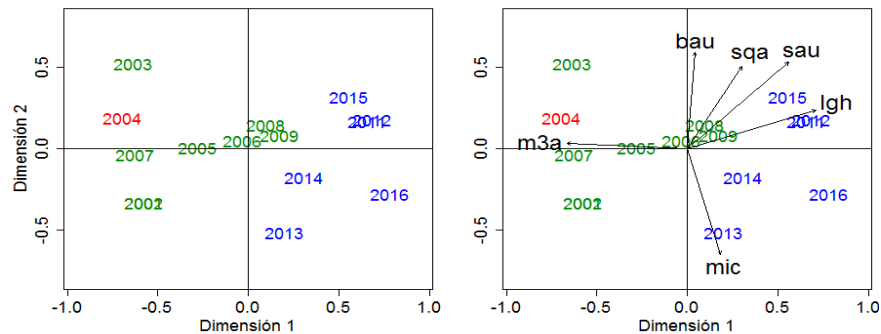


Figura 54. Resultado del análisis de ordenación de los cruceos realizados entre los años 2001 y 2016, diferenciados por cruceos.

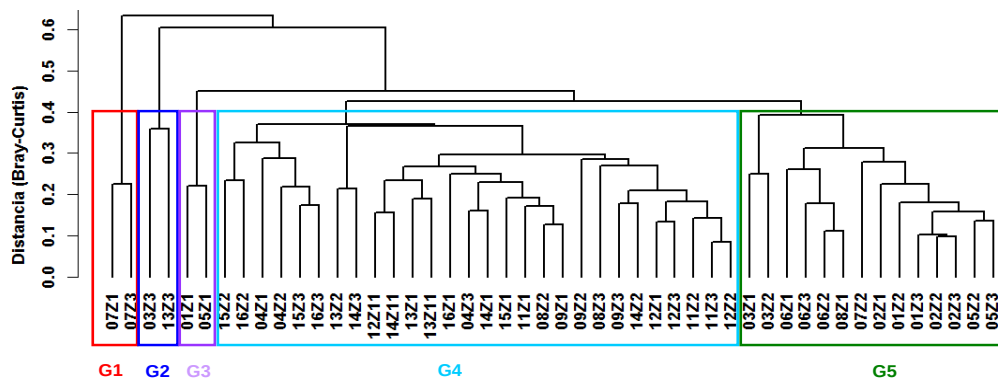


Figura 55. Resultado del análisis de clasificación de los proyectos realizado entre los años 2001 y 2016, diferenciados por zonas.

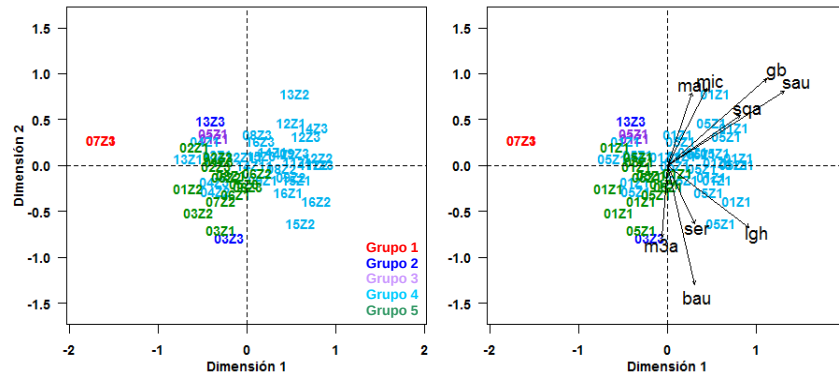


Figura 56. Resultado del análisis de ordenación de los proyectos realizado entre los años 2001 y 2016, diferenciados por zonas.

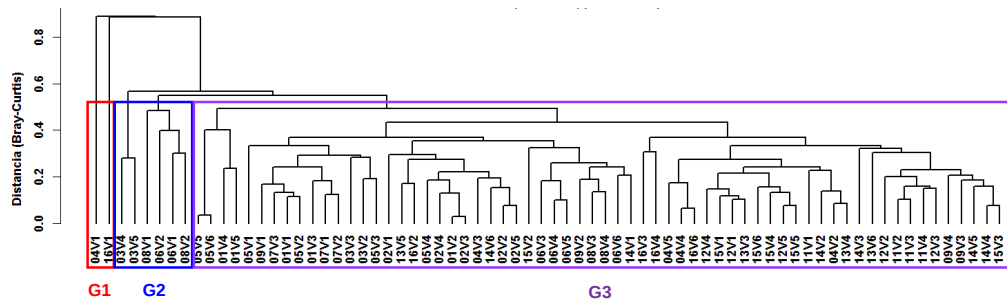


Figura 57. Resultado del análisis de clasificación de los cruces por veril de profundidad, realizado entre los años 2001 y 2016.

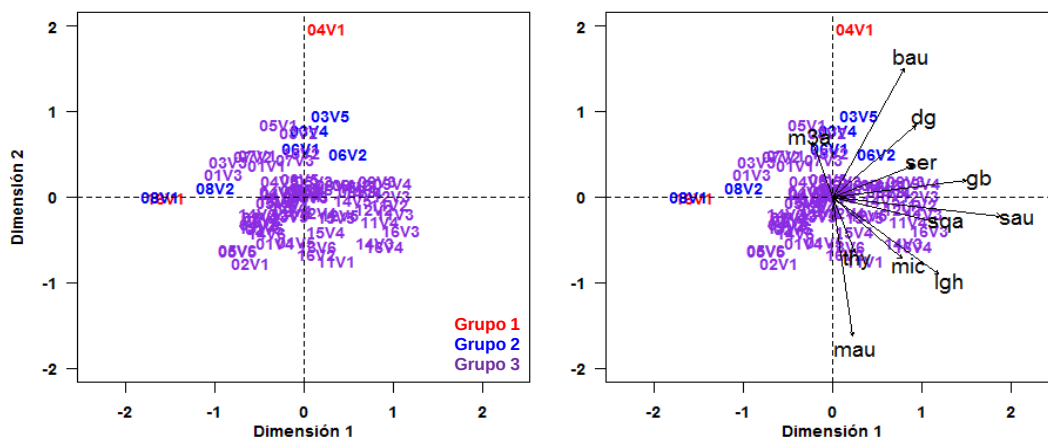


Figura 58. Resultado del análisis de ordenación de los cruces por veril de profundidad, realizado entre los años 2001 y 2016.

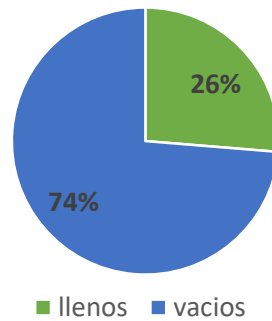


Figura 59. Proporción de estómagos llenos y vacíos

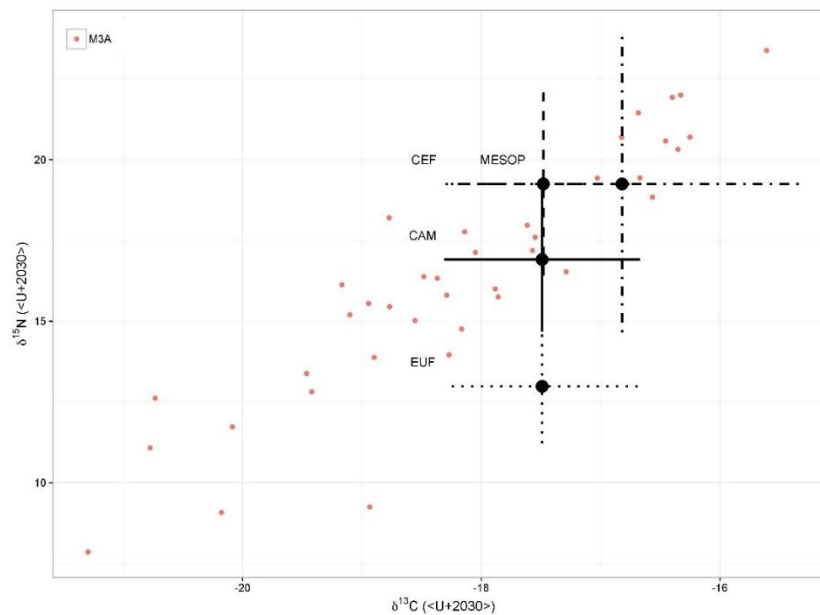


Figura 60. Biplot de nitrógeno y carbono para *Micromesistius australis* en la zona estudiada. CAM: Camarones, EUF: Eufausidos, CEF: Cefalopodos, MESOP: Peces Mesopelagicos.

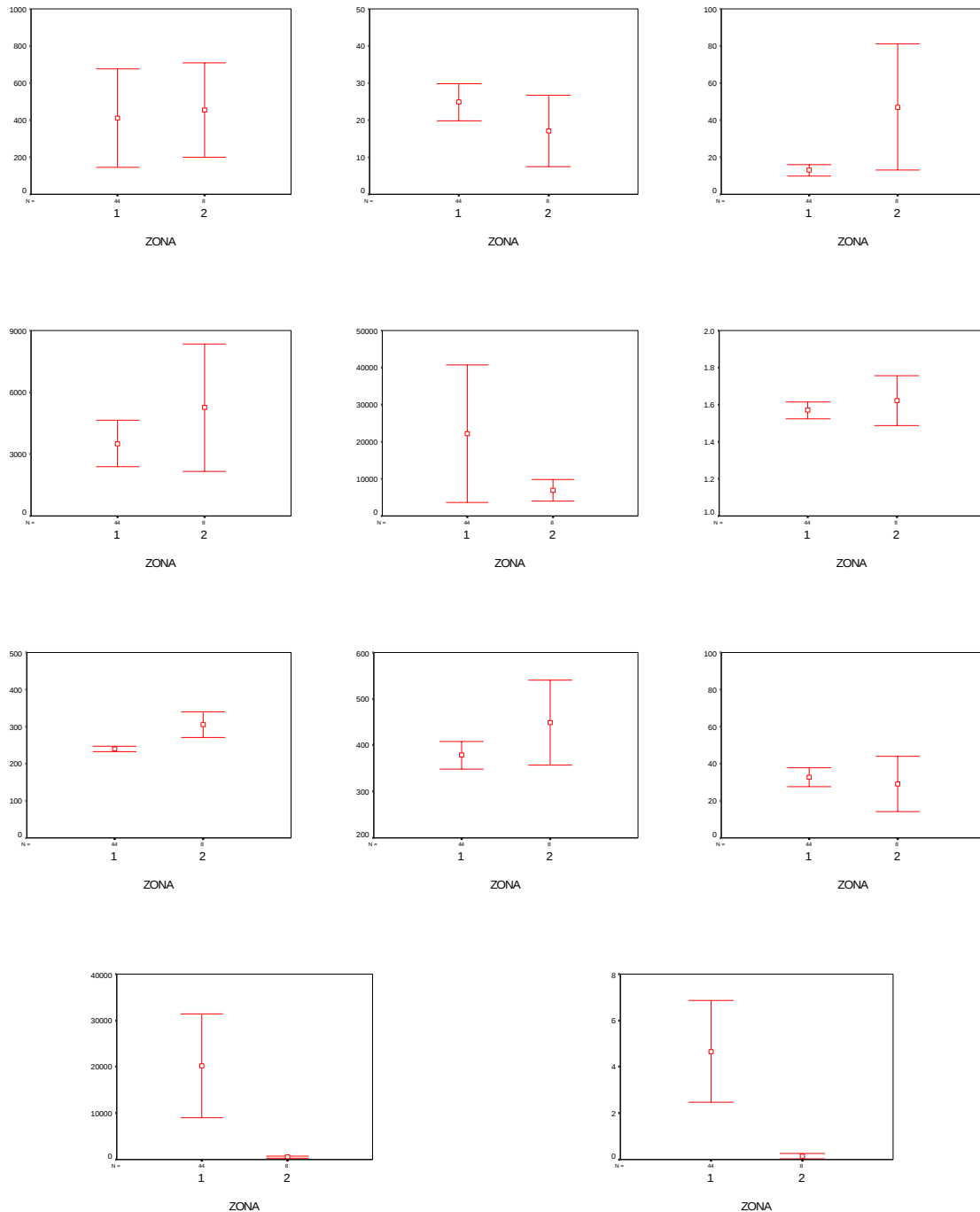


Figura 61. Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores largo, alto, elongación, perímetro, área, dimensión fractal, profundidad de agregaciones, profundidad del fondo, índice de altura, energía retrodispersada y densidad acústica de agregaciones según zona.

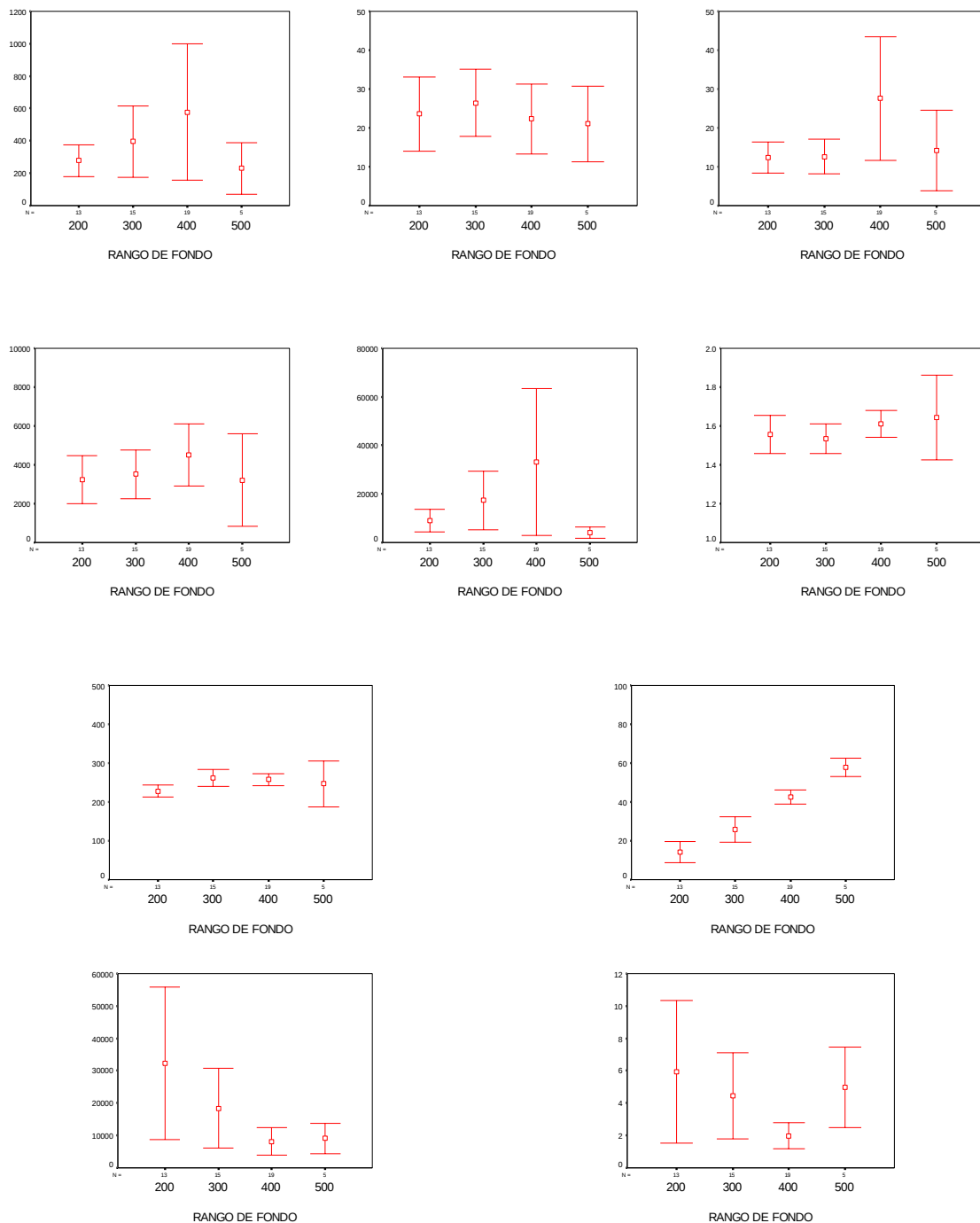


Figura 62. Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores largo, alto, elongaci3n, per3metro, 3rea, dimensi3n fractal, profundidad de agregaciones, 3ndice de altura, energ3a retrodispersada y densidad ac3stica de agregaciones seg3n rango de fondo.

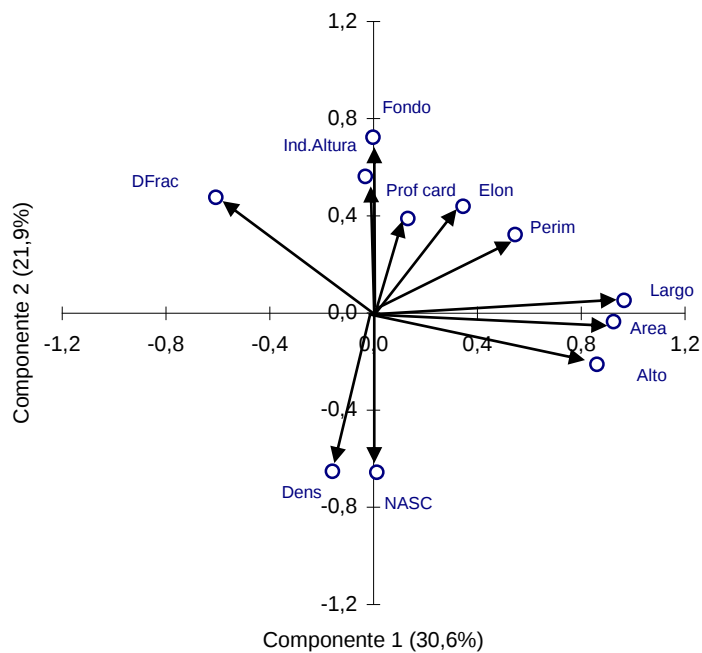


Figura 63. Correlaci3n de las variables originales con los dos primeros componentes.

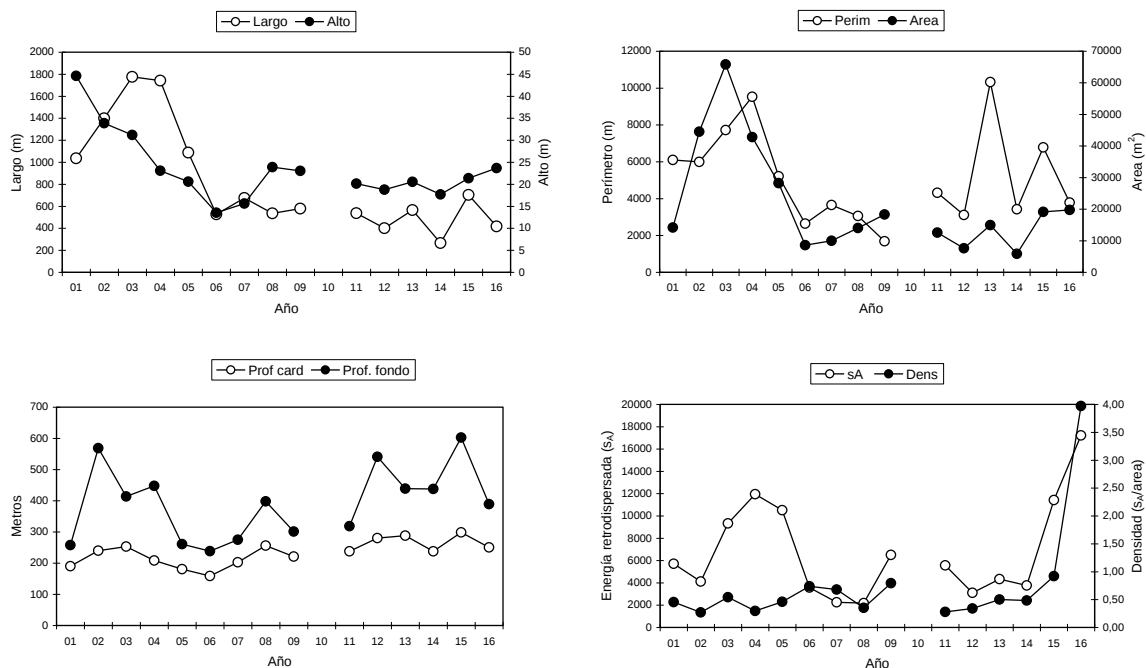


Figura 64. Variación de los principales descriptores de las agregaciones de merluza de tres aletas años 2001-2016

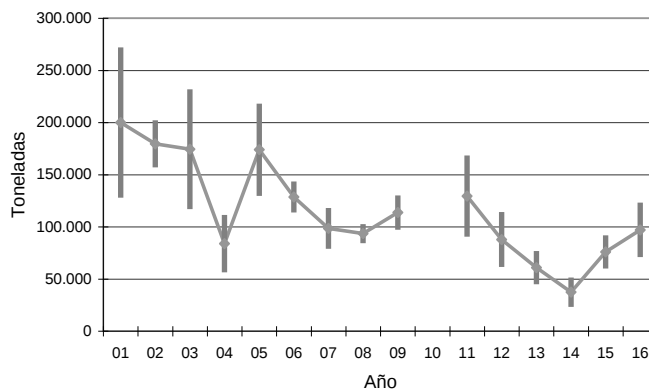


Figura 65. Estimados de Biomasa con sus intervalos de confianza para merluza de tres aletas, años 2001-2016.

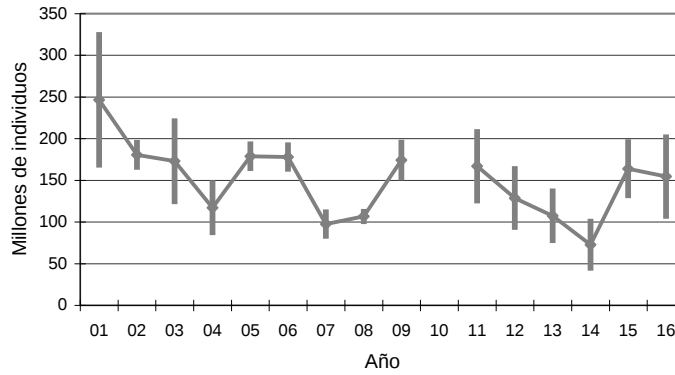


Figura 66. Estimados de Abundancia con sus intervalos de confianza para merluza de tres aletas, años 2001-2016.

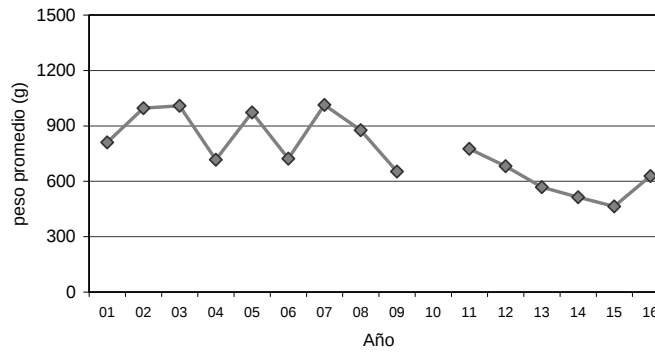


Figura 67 Peso promedio (g) del stock desovante de merluza de tres aletas años 2001-2016.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

ANEXO



TALLERES

1 Taller de Coordinación

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



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

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



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

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

3 Taller de Presentación y Discusión de resultados

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



Taller de Entrega de Resultados

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

Martes 28 de marzo de 2017.

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

Programa

09:50 - 10:00
Bienvenida a los asistentes, antecedentes del proyecto y del cruce 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 macroscópica, ojiya 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 López K.

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

13:30
Fin Taller.





Taller de Entrega de Resultados

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

☒ Martes 28 de marzo de 2017.

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

ASISTENCIA:

Nº	Nombre	Mail	Institución	Firma
1	Renato Céspedes	renato.cespedes@ifop.cl	IFOP	
2	Valma Ojeda C	valma.ojeda@ifop.cl	IFOP	
3	Carlo Falcón Simonetti	cfalcon@economia.cl	Minecon	
4	Mario Inostroza	minostroza@nissui.cl	EMDEPES IFOP	
5	Yoshihito Nishino	nishino@nissui.cl	EMDEPES IFOP	
6	Heitor Torrealva P	HTORREALVA@NISSUI.CL	EMDEPES	
7	Sergio Lillo	Sergio.Lillo@ifop.cl	IFOP	
8	Rene Vargas Silva	RENEVARGAS@ifop.cl	IFOP	
9	SEBASTIAN KHAM	Slopez@UNAB.cl	UNAB	
10	EDUARDO DIAZ L	EDUARDO.DIAZ@ifop.cl	IFOP	
11	JARAH Hopf S.	shopf@cepes.cl	CEPES	
12	Fernando Balbontin	fernando.balbontin@uv.cl	U. Valparaíso	
13	Alypda Zuleta	azuleta@cepes.cl	CEPES	
14	Francisco Contreras	francisco.contreras@ifop.cl	IFOP	
15	Josmarín Guzmán	josmarin.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 Espejo Vidal"
Almte. Manuel Blanco Encalada 839, Valparaíso.

ASISTENCIA:

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



Resumen de los principales comentarios del taller:

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

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

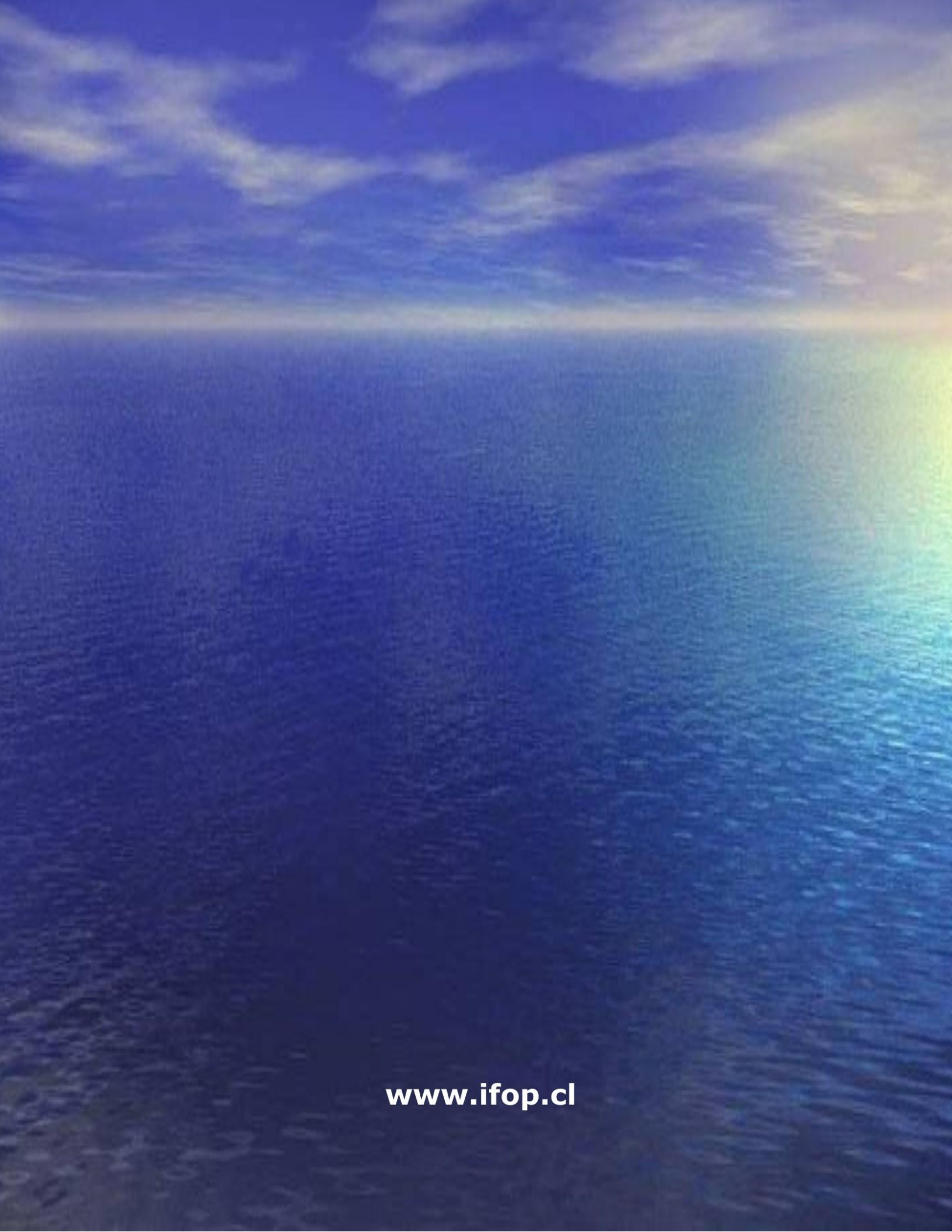
El ítem alimentario de estas tres especies alcanza especial relevancia en la discusión al analizar el sistema demersal austral bajo un enfoque ecosistémico, al poder obtener en base a estudios de isótopos estables la memoria alimentaria de hasta ocho meses atrás en los ejemplares estudiados, permitiendo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

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



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Sección Ediciones y Producción
Almte. Manuel Blanco Encalada 839
Fono 56-32-2151500
Valparaíso, Chile
www.ifop.cl



www.ifop.cl