



INFORME FINAL

Convenio de Desempeño 2017
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 / Marzo 2018



INFORME FINAL

Convenio de Desempeño 2017
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

Subsecretaría de Economía y
Empresas de Menor Tamaño:
Ignacio Guerrero Toro

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Director Ejecutivo
Leonardo Núñez Montaner

Jefe División Investigación Pesquera
Mauricio Gálvez Larach

JEFE PROYECTO

René Vargas Silva



AUTORES POR OBJETIVO

Estimación hidroacústica de la abundancia y biomasa, de merluza de tres aletas

René Vargas Silva
Javier Legua Delgado

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

Renato Céspedes Michea
Vilma Ojeda Cerda

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

Marianne Lichtenberg Alborno

Importancia relativa fauna acompañante

René Vargas Silva

Ítems alimentarios (UNAB)

Sebastián López Klarian
Ma. Francisca Hernández Rojas
Consuelo Salas López
Diego Riquelme Herrera
Carolina Cárcamo Durán

Análisis de las agregaciones de merluza de tres aletas

Álvaro Saavedra Godoy

COLABORADORES

Investigadores hidroacústicos a bordo

Alvaro Saavedra Godoy
Bernardo Leiva Perez

Muestreo biológico a bordo

Adrian Ibieta Figueroa
Braulio Acuña Guajardo
Miguel Vegas Acuña
Guillermo Carrasco Cisternas

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”, presentando 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 2017 en la zona sur-austral de Chile.

El proyecto contempló un crucero de prospección hidroacústica a bordo del buque hielero “Friosur VIII”, el cual se desarrolló entre los paralelos 46°30' y 51°00'S, con zarpe y recalada en puerto Chacabuco, entre el 28 de agosto y 08 de septiembre de 2017, respectivamente.

El crucero comenzó con una exploración en el área norte de la zona de estudio (46°30'S - 47°10'S), a fin de constatar la presencia del pulso migratorio el cual los últimos cinco años ha presentado un retraso en su entrada. Dicha situación se constató, al encontrarse en la zona indicada agregaciones importantes de merluza de tres aletas, además de la presencia del buque fábrica surimero que opera de preferencia sobre este recurso. Una vez prospectada la zona del foco de desove, se continuó con la prospección al sur.

El estimado de biomasa de merluza de tres aletas, considerando el método geoestadístico, alcanzó las 72.352 toneladas con un intervalo de confianza que abarcó entre las 46.627,5 y 98.075,9 toneladas (CV=21,5%), mientras que el estimado de abundancia alcanzó los 158,5 millones de individuos, con un intervalo de confianza entre los 96,2 y 220,8 millones de ejemplares (CV=23,8%).

Los resultados indican una disminución del 25,4% en biomasa y un aumento del 2,6% en la abundancia respecto al año 2016, observándose un stock compuesto por ejemplares de menor tamaño que el año anterior.

La estructura de tallas de merluza de tres aletas del año 2017 fue basada en una muestra de 1.273 ejemplares, compuesta principalmente de individuos adultos con una moda principal entre 38-47 cm, una talla media de 46 cm, predominio de los machos (57%) respecto de las hembras, y escasa presencia de juveniles (1,5% menores a 35 cm). En los años de estudio del 2001 al 2017 se ha registrado un descenso de la presencia de adultos migratorios de tallas mayores a 50 cm de 66% en el 2001 a 29% en el 2017; mientras en los últimos cuatro años (2014 a 2017) se ha caracterizado por un predominio de los machos entre 57% y 72% respecto de las hembras.

La estructura del stock comprende numerosos grupos etarios, observándose edades desde 1 a 24+ años, concentrándose hacia peces de GE jóvenes. Respecto de la estructura etaria de la serie histórica, desde el año 2001 al presente, queda en evidencia un stock desovante deteriorado recayendo el peso de la actividad de desove en la fracción más joven del stock.



Los indicadores reproductivos evidenciaron que la merluza de tres aletas se encontró en pleno proceso reproductivo y en un evidente proceso de desove masivo. El estado microscópico arrojó que el 89% de las hembras se encontraron en fase de maduración tardía, 27% en desove parcial, 15% en desove avanzado y 2% desovadas. La zona de Taitao presentó el mayor número de hembras en estado avanzado de reproducción con 70%. La fracción de hembras con tallas entre 36-40 cm fueron quienes se encontraron sexualmente activas, y desde los 41 cm la mayoría de las hembras que aportaron al proceso de este año. Los ejemplares inmaduros de tallas menores a 36 cm estuvieron presentes en baja proporción en el área. Los valores de IGS medio de los ejemplares mayores a 36 cm LT evidenciaron la actividad gonadal con 9% para machos y un 14% para hembras.

El ajuste de la ojiva de madurez con registros agrupados en series de evaluaciones entre 2001 y 2017 entregó un estimado ($L_{50\%}$) en las hembras de 36 cm LT. Por su parte, la edad media de madurez ($E_{50\%}$) con los datos de 2017 fue de 3,02 años. El potencial de fecundidad total promedio fue de 264.807 ovocitos (CV 76,6%) y la fecundidad relativa promedio 360 ovocitos (CV 33,2%) con 10,3% mayor que el promedio del 2016.

Durante el desarrollo del crucero de evaluación se realizaron un total de 18 lances de pesca de identificación, en los cuales se identificaron un total 14 especies. La fauna presente en la zona de estudio estuvo compuesta, principalmente por dos especies, merluza de tres aletas y merluza de cola. Ambas representaron el 93,7% de la captura obtenida en la zona, seguidas en importancia por cojinoba y merluza del sur, las que en conjunto aportan con el 5,1%. Otras especies estuvieron presentes en muy baja proporción, representando el 1,2% de la captura total obtenida durante el crucero.

Los resultados de los taxa presentes en el espectro trófico de la merluza de tres aletas, indica una conducta trófica eurifaga, dominando en la dieta peces mesopelágicos, principalmente mictófidios como Alepocefálidos. A través del análisis de isótopos estables se confirma que la merluza de tres aletas es un depredador generalista y que se alimenta en toda la columna de agua.



ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO.....	i
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
1. OBJETIVO GENERAL	1
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
3. ANTECEDENTES.....	2
4. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	6
4.1 Área y período de estudio	6
4.1.1 Desarrollo del crucero	6
4.2 Embarcación y equipos	6
4.2.1 Embarcación	6
4.2.2 Equipos	6
4.3 Objetivo Específico 2.1: Estimar el tamaño del stock de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, presentes en el área de estudio. Sección Merluza de tres aletas	7
4.3.1 Diseño de muestreo	8
4.3.2 Transectas de muestreo acústico	8
4.3.3 Identificación de ecotrazos de merluza de tres aletas.....	8
4.3.3.1 Corrección fuente de error producida por movimiento del transductor	9
4.3.4 Relación TS utilizada y coeficiente de ecointegración en número (C_n)	10
4.3.5 Separación en zonas del área de estudio	11
4.3.6 Estimación de la abundancia y biomasa	11
4.3.7 Distribución espacial del stock de merluza de tres aletas	14
4.3.8 Fuentes de incertidumbre	15
4.4 Objetivo Específico 2.2: Caracterizar la composición demográfica de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas. Sección merluza de tres aletas.....	16
4.4.1 Estructura de tallas y proporción sexual	16
4.4.2 Estructura de edades del stock	18
4.4.3 Composición en número de la abundancia por edad	18
4.4.4 Peso medio a la edad por especie	20



4.4.5	Madurez a la edad	23
4.5	Objetivo Específico 2.3: Caracterizar la actividad reproductiva de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas a partir de los lances de identificación. Sección merluza de tres aletas	24
4.5.1	Trabajo a bordo, toma y fijación de muestras	24
4.5.2	Procesamiento de muestras	24
4.5.3	Estimación de Indicadores reproductivos	25
4.5.3.1	Estimador del índice gonadosomático (IGS)	25
4.5.3.2	Estimación de estadios de madurez en la captura	25
4.5.3.3	Estimador de la proporción de estadios de madurez	26
4.5.4	Estimación de la ojiva de madurez a la talla y edad	26
4.5.5	Ajuste no lineal del modelo de madurez sexual	26
4.5.6	Estimación de la talla/edad de madurez sexual	27
4.5.7	Estimación de la fecundidad	28
4.6	Objetivo Específico 2.4: Caracterizar la fauna acompañante de la merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas a partir de los datos obtenidos en los lances de identificación en el área y período de estudio. Sección merluza de tres aletas	29
4.6.1	Proporción de captura	29
4.6.2	Análisis de los datos	31
4.6.3	Análisis comunitario	31
4.7	Objetivo Específico 2.5: Caracterizar la composición alimentaria de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio. Sección merluza de tres aletas	33
4.7.1	Muestreo a bordo	33
4.7.2	Contenido estomacal	33
4.7.3	Tejidos y vértebras	33
4.7.4	Análisis de los datos	34
4.8	Objetivo Específico 2.6: Caracterizar las agregaciones de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, registradas acústicamente en el área de estudio. Sección merluza de tres aletas	35
4.8.1	Descriptores morfológicos, batimétricos y de energía	36
4.8.2	Análisis de los datos	38



5.	RESULTADOS	39
5.1	Objetivo Específico 2.1: Estimar el tamaño del stock de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, presentes en el área de estudio. Sección merluza de tres aletas	39
5.1.1	Sistema de eointegración	39
5.1.2	Lances de pesca	39
5.1.3	Separación en zonas del área de estudio	39
5.1.4	Biomasa y abundancia.....	40
5.1.5	Distribución espacial del stock de merluza de tres aletas	40
5.1.6	Caracterización espacial de la densidad acústica de merluza de tres aletas.....	41
5.1.7	Evaluación de fuentes de error	41
5.2	Objetivo Específico 2.2: Caracterizar la composición demográfica de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas. Sección merluza de tres aletas.....	42
5.2.1	Composición de tallas y proporción sexual	42
5.2.1.1	Muestreos	42
5.2.1.2	Distribución de talla en la zona de estudio, estrato espacial y batimétrico	42
5.2.1.3	Distribución de talla del crucero 2017 respecto de los cruceros de investigación anteriores en la zona de estudio.....	43
5.2.2	Estructura de edades del stock	44
5.2.3	Relaciones peso – longitud	44
5.2.4	Abundancia por grupos de edad	45
5.2.5	Serie histórica	47
5.2.6	Caracterización de la abundancia.....	49
5.2.6.1	Proporción sexual de la abundancia.....	49
5.2.6.2	Edad mediana de la abundancia.....	50
5.2.7	Edad y estados de madurez	51
5.2.8	Concordancia entre las estimaciones de madurez gonadal macroscópica y microscópica	52
5.3	Objetivo Específico 2.3: Caracterizar la actividad reproductiva de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas a partir de los datos obtenidos en los lances de identificación. Sección merluza de tres aletas.....	53
5.3.1	Índice gonadosomático	53
5.3.2	Análisis macroscópico	54
5.3.2.1	Estadios de madurez sexual (EMS)	54
5.3.3	Análisis microscópico	55
5.3.3.1	Dinámica ovárica y tipo de desove	55



5.3.3.2	Estadios de madurez sexual (EMS)	55
5.3.4	Comparación entre el estimado macroscópico y microscópico de estadio de madurez sexual	56
5.3.5	Variable índice gonadosomático con relación al EMS microscópico	56
5.3.5.1	Ojiva de madurez	57
5.3.5.2	Fecundidad	57
5.4	Objetivo Específico 2.4: Caracterizar la fauna acompañante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los datos obtenidos en los lances de identificación en el área y período de estudio. Sección merluza de tres aletas	58
5.4.1	Proporción de captura	58
5.4.2	Parámetros comunitarios.....	59
5.5	Objetivo Específico 2.5: Caracterizar la composición alimentaria de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en el área de estudio. Sección merluza de tres aletas	60
5.5.1	Dieta general de <i>Micromesistius australis</i>	61
5.5.2	Isotopos estables (SIA)	61
5.5.3	Alimentación de <i>Micromesistius australis</i> por tallas	61
5.6	Objetivo Específico 2.6: Caracterizar las agregaciones de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, registradas acústicamente en el área de estudio. Sección merluza de tres aletas	61
5.6.1	Resultados generales agregaciones merluza de tres aletas	61
5.6.2	Descriptores según zona.....	62
5.6.3	Descriptores según rango de fondo	62
5.6.4	Resultados análisis componentes principales	63
5.6.5.	Resultados serie histórica	63
6.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	64
7.	CONCLUSIONES	70
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

FIGURAS
TABLAS
ANEXOS



ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

- Figura 1** Cuota y desembarque históricos del recurso Merluza de 3 aletas, entre 1990 y 2016.
- Figura 2** Red de arrastre Gloria 1408 utilizada en los lances de pesca del crucero.
- Figura 3** Localización de las transectas de muestreo hidroacústico y lances de pesca de identificación, 2017.
- Figura 4** Descriptores morfológicos y batimétricos de una agregación.
- Figura 5** Distribución de frecuencia de la Abundancia para la Zona 1.
- Figura 6** Distribución de frecuencia de la Abundancia para la Zona 2
- Figura 7** Distribución de frecuencia de la Abundancia Total de merluza de tres aletas.
- Figura 8** Distribución espacial de la densidad de merluza de tres aletas, total área estudio. Agosto 2017.
- 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, periodo 2001-2017.
- Figura 10** Distribución de talla por sexo de merluza de tres aletas para el período de estudio. B/H Friosur VIII (ago.-sep., 2017).
- Figura 11** Distribución de talla de merluza de tres aletas para las diferentes zonas en el área de estudio. B/H Friosur VIII (ago.-sep., 2017).
- Figura 12** Distribución de talla de merluza de tres aletas por sexo para la Zona 1 en el área de estudio. B/H Friosur VIII (ago.-sep., 2017).
- Figura 13** Distribución de talla de merluza de tres aletas por área. B/H Friosur VIII (ago.-sep., 2017).
- Figura 14** Distribución de talla de merluza de tres aletas por profundidad (rango profundidad de la red, m) para ambos sexos y área total de estudio. B/H Friosur VIII (ago.-sep., 2017).
- Figura 15** Distribución relativa de la talla de merluza de tres aletas para los cruceros hidroacústicos entre 2001 a 2009 y 2011 a 2017.



- Figura 16** Rango de longitudes y tendencia central del muestreo biológico, por sexo, asociado a cada lance de pesca, crucero de investigación 2017. (1=machos, 2=hembras).
- Figura 17** 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 18** Dispersión de los datos peso-longitud para merluza de tres aletas. Crucero de Investigación 2017.
- Figura 19** 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 – 2017.
- Figura 20A** Estructura de la abundancia y la captura en número por grupo de edad de merluza de tres aletas, en porcentaje. Período 2001-2017. Barras vacías corresponden a pesquería; barras achuradas corresponden a cruceros de investigación
- Figura 20B** Estructura de la abundancia y la captura en número por grupo de edad de merluza de tres aletas, en número. Período 2001-2017. Barras vacías corresponden a pesquería; barras achuradas corresponden a cruceros de investigación.
- Figura 21** 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 2001-2017.
- Figura 22** Razón entre machos y hembras de merluza de tres aletas, presente en la abundancia en el período de desove, período 2001 - 2017.
- Figura 23** Abundancia de merluza de tres aletas, por sexo, en los cruceros de evaluación del stock desovante, período 2001 - 2017.
- Figura 24** Edades medianas de merluza de tres aletas, por sexo, presente en los cruceros de evaluación del stock desovante, período 2001 - 2017.
- Figura 25** Fracción de merluza de tres aletas (machos y hembras) maduros, según grupos de edad, en los cruceros de evaluación años 2007 – 2017.
- 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 2017. FMM: fracción de machos maduros; FHM: fracción de hembras maduras.



- Figura 27** Índice gonadosomático de todos los machos y aquellos mayores de 35 cm LT, en el área prospectada y por zonas: (1) Taitao, (2) Golfo de Penas – Ladrillero; (3) Trinidad-Concepción. (línea continua: mediana; línea discontinua: media).
- Figura 28** Índice gonadosomático de todas las hembras y aquellos mayores de 35 cm LT, en el área prospectada y por zonas: (1) Taitao, (2) Golfo de Penas – Ladrillero; (3) Trinidad-Concepción. (línea continua: mediana; línea discontinua: media)
- Figura 29** Índice gonadosomático para las hembras y machos agrupados tallas (cm) LT.
- Figura 30** Cálculo de las medias de IGS de las hembras con respecto a la profundidad (m^{-1}) de los lances.
- Figura 31** Incidencia de fases macroscópicas de hembras y machos.
- Figura 32** Incidencia de fases microscópicas del desarrollo gonadal por grupo de talla (cm)
- Figura 33** Fase microscópica de las hembras analizadas relacionadas con la variable LT (cm) y profundidad (m).
- Figura 34** Fases microscópicas (EMM) según el factor geográfico por grados de latitud del área prospectada.
- Figura 35** Fases microscópicas de madurez de las hembras con respecto a la temperatura del agua ($^{\circ}C$)
- Figura 36** Incidencia de las fases microscópicas de las hembras según las zonas prospectadas durante el crucero 2017.
- Figura 37** Frecuencia de los estados de macroscópicos v/s las fases microscópicas de la gónada de las hembras.
- Figura 38** Índice gonadosomático respecto a las fases microscópicas de las hembras analizadas.
- Figura 39** Ojiva de madurez a la talla de las hembras en toda el área prospectada, con ajustes de 2017 y datos agrupados entre 2001-2017.
- Figura 40** Ojiva de madurez de la edad de las hembras de merluza de tres aletas en toda el área de estudio.
- Figura 41** Relación del modelo lineal entre la fecundidad total y el peso corporal (g).
- Figura 42** Relación del modelo potencial entra la fecundidad total y la longitud total (cm).



- Figura 43** Composición de la captura obtenida en los lances de identificación efectuados en el área de estudio total, crucero 2017.
- Figura 44** Composición de la captura obtenida en los lances de identificación por zonas históricas de distribución, crucero 2017.
- Figura 45** 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 2017.
- Figura 46** Composición de especies presentes en la captura obtenida en los lances de identificación por veril de profundidad, crucero 2017.
- Figura 47** Resultado del análisis de clasificación de los cruceros realizados entre los años 2001 y 2017, diferenciados por cruceros.
- Figura 48** Resultado del análisis de ordenación de los cruceros realizados entre los años 2001 y 2017, diferenciados por cruceros.
- Figura 49** Resultado del análisis de clasificación de los proyectos realizado entre los años 2001 y 2017, diferenciados por zonas.
- Figura 50** Resultado del análisis de ordenación de los proyectos realizado entre los años 2001 y 2017, diferenciados por zonas.
- Figura 51** Resultado del análisis de clasificación de los cruceros por veril de profundidad, realizado entre los años 2001 y 2017.
- Figura 52** Resultado del análisis de ordenación de los cruceros por veril de profundidad, realizado entre los años 2001 y 2017.
- Figura 53** Proporción de estómagos llenos y vacíos
- Figura 54** Dieta general de Merluza de tres aletas para la zona y tiempo estudiado, temporada de pesca 2017. %PSIRI; índice estandarizado de IRI. MYC; mictófidios, CAM; camarones, BP; Bathylagichthys parinni, CEF; cefalópodos.
- Figura 55** Biplot de nitrógeno y carbono para *Micromesistius australis* en la zona estudiada. MAU; merluza austral, MTA; merluza de tres aletas, MCOL; merluza de cola, EUF; Eufáusidos, CAM; Camarones, MYC; mictófidios, CEF; cefalópodos.
- Figura 56** Proporciones dietarias inferidas por isotopos estables para *Micromesistius australis* durante el 2017.



- Figura 57** Análisis vertebral para *Micromesistius australis* durante el 2017.
- Figura 58** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfológicos largo, alto, elongación, perímetro, área y dimensión fractal según zona.
- Figura 59** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores batimétricos profundidad de agregaciones, profundidad del fondo, índice de altura, energía retrodispersada (s_A) y densidad acústica según zona.
- Figura 60** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfológicos largo, alto, elongación, perímetro, área y dimensión fractal según rango de fondo.
- Figura 61** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores batimétricos profundidad de agregaciones, índice de altura, energía retrodispersada y densidad acústica según rango de fondo.
- Figura 62** Variación de los principales descriptores de las agregaciones de merluza de tres aletas años 2001-2017.
- Figura 63** Estimados de Biomasa con sus intervalos de confianza para merluza de tres aletas, años 2001-2017.
- Figura 64** Estimados de Abundancia con sus intervalos de confianza para merluza de tres aletas, años 2001-2017.
- Figura 65** Peso promedio (g) del stock desovante de merluza de tres aletas años 2001-2017.

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 eointegración ER60. Buque Hielero “Friosur VIII”.
- Tabla 5** Captura en peso por cada lance de identificación, crucero merluza de tres aletas 2017.



Tabla 6	Captura en número de individuos por cada lance de identificación, crucero merluza de tres aletas 2017.
Tabla 7	Resultado de la prueba DHG para la distribución de la variable, estructura de tallas de merluza de tres aletas, por cada uno de los lances con muestra, de la zona 1.
Tabla 8	Resultado de la prueba DHG para la distribución de la variable, estructura de tallas de merluza de tres aletas, por cada uno de los lances con muestra, de la zona 2.
Tabla 9	Estimados de Biomasa y abundancia para la zona 1, según métodos Bootstrap y Geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2017.
Tabla 10	Estimados de Biomasa y abundancia para la zona 2, según métodos Bootstrap y Geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2017.
Tabla 11	Estimados Totales de Biomasa y abundancia según métodos Bootstrap y Geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2017.
Tabla 12	Abundancia y biomasa a la talla estimada mediante método Geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2017. Zona 1.
Tabla 13	Abundancia y biomasa a la talla estimada mediante método Geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2017. Zona 2.
Tabla 14	Abundancia y biomasa total a la talla estimada mediante método Geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2017.
Tabla 15	Parámetros geoestadísticos de las estructuras espaciales de merluza de tres aletas y media kriging para las zonas 1 y 2.
Tabla 16	Estimados de biomasa mediante el método de simulación de Montecarlo.
Tabla 17	Parámetros de la relación peso - longitud de merluza de tres aletas crucero de evaluación, Agosto - Septiembre del 2017.
Tabla 18	Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza de tres aletas, machos, crucero 2017. (Abundancia total= 158.534.682 ejemplares; machos= 90.646.066 ; hembras= 67.888.616).
Tabla 19	Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza de tres aletas, hembras, crucero 2017. (Abundancia total= 158.534.682 ejemplares; machos= 90.646.066 ; hembras= 67.888.616).



- Tabla 20** Abundancia por grupos de edad y desviación estándar para merluza de tres aletas por sexo y proporción de ambos según GE. Crucero de evaluación 2017.
- Tabla 21** 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 22** Valores de IGS promedio para todos los ejemplares y mayores a 35 cm en el área prospectada y por zonas.
- Tabla 23** Incidencia de fases macroscópicas de madurez para machos y hembras.
- Tabla 24** Incidencia de fases microscópicas de madurez para las hembras del área de prospección y por zonas.
- Tabla 25** Estimados de la talla de madurez sexual ($L_{50\%}$) de las hembras a partir de las prospecciones del 2001-2017.
- Tabla 26** Valores promedio de la fecundidad total y relativa a partir de las evaluaciones directas entre los años 2001 y 2017.
- Tabla 27** 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 28** Nombre científico y código utilizado para la identificación de especies observadas en los lances de pesca, crucero 2017.
- Tabla 29** Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de agregaciones de merluza de tres aletas.
- Tabla 30** Valores promedio, Desv. estándar y coeficiente de variación de los descriptores de agregaciones de merluza de tres aletas, según zona.
- Tabla 31** Valores promedio, Desv. estándar y coeficiente de variación de los descriptores de agregaciones de merluza de tres aletas según rango de fondo
- Tabla 32** Matriz de correlaciones de las variables originales (descriptores).
- Tabla 33** Valores propios y variabilidad explicada, total y acumulada por los componentes
- Tabla 34** Matriz de correlaciones de las variables originales con los componentes principales.



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 Estimar el tamaño del stock de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, presentes en el área de estudio.
- 2.2 Caracterizar la composición demográfica de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas.
- 2.3 Caracterizar la actividad reproductiva de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los datos obtenidos en los lances de identificación.
- 2.4 Caracterizar la fauna acompañante de la merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los datos obtenidos en los lances de identificación, en el área y período de estudio.
- 2.5 Caracterizar la composición alimentaria de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio.
- 2.6 Caracterizar las agregaciones de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, registrada acústicamente en el área 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 más 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.*, 2017). 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.*, 2017. 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 (mictófidos) (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) Sin embargo nuevos estudios isotópicos definen a *M. australis*, como un predador que basa su dieta en peces mesopelágicos del género *Lampanyctus*, siendo esto consecuencia de una adaptación a lo que el medio le ofrece (Klarian., *et al.*, 2017).

La explotación de este recurso comenzó a fines de la década del 70 con desembarques que fluctuaron entre 2.000 y 5.000 toneladas, formando parte de la fauna acompañante de la captura merluza del sur y del congrio dorado. A partir de 1993 se comenzaron a ejecutar proyectos orientados al desarrollo de su pesquería. En la **Figura 1** se muestra el fuerte crecimiento de los desembarques en la década del 90 que aumentaron de 3 mil toneladas anuales en los primeros años a 31 mil toneladas en la segunda mitad, manteniéndose por sobre las 20 mil toneladas en la década siguiente, pero dando señales a fines de la misma de una disminución de los desembarques, situación que se acentúa con posterioridad al 2010. Por otra parte cabe señalar que, en los últimos 16 años de esta pesquería, se ha capturado una fracción que ha fluctuado entre el ~78 y 95% de la cuota de captura asignada, fracción que en los últimos tres años ha disminuido hasta llegar a valores menores a las 15.000 t

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 2017, del que se presenta su Informe final, sección: merluza de tres aletas.



4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Área y período de estudio

El área de estudio abarcó la plataforma continental, delimitada por los veriles de ~100 y 600 m de profundidad, entre las latitudes 46°30'S y 51°00'S. En dicha área se localizan los principales fondos de desove de la merluza de tres aletas.

4.1.1 Desarrollo del crucero

El estudio comenzó el 28 de agosto con una exploración en el sector norte del área de estudio (46°30'S - 47°10'S) a fin de verificar la entrada del foco reproductivo, el cual se esperaba ya estuviese presente en la zona de estudio, considerando el retraso que ha presentado desde hace cinco años atrás. Es por ello este año, se programó el inicio de la navegación con un retardo de 10 días, respecto al año anterior.

El crucero se realizó de forma continua desde norte a sur, realizando una prospección sobre el foco de desove, entre los días 30 al 31 de agosto, y continuando luego con la prospección hasta los 51°00'S, terminando el día 06 de septiembre.

En resumen, la prospección efectiva se realizó entre el 29 de agosto y el 06 de septiembre, entre las latitudes 46°30'S y 51°00'S, detectando el foco reproductivo en la zona norte del área de estudio al inicio del período señalado.

4.2 Embarcación y equipos

4.2.1 Embarcación

La embarcación utilizada fue el buque hielero "Friosur VIII", de 54,0 m de eslora, 10,5 m de manga, 7,0 m de puntal, motor Deutz 2.240 HP a 840 rpm y un T.R.G de 885 t, capacitado para operar en la zona de estudio y utilizado exitosamente en las evaluaciones hidroacústicas de los años 2008, 2009, 2011 y 2012. Este año el buque fue utilizado bajo contrato de arriendo con la empresa Pesquera Sur Austral S.A.

4.2.2 Equipos

a) Sistema de ecointegración.

Se utilizó un ecosonda científico marca Simrad modelo ER60 con un transductor ES38B (Split-beam transducer) de 38 kHz de frecuencia, el cual permitió almacenar los archivos para su posterior proceso. Este ecosonda fue configurado para transmitir a una potencia de 2000 W con una duración del pulso



de 1,024 ms. Los archivos raw fueron descargados diariamente del computador del buque y respaldados en discos duros externos para su posterior proceso.

El sistema de ecointegración, fue calibrado de acuerdo al procedimiento descrito por Foote *et al.*, (1987) recomendado por el fabricante, el cual consiste en ubicar un blanco de referencia con fuerza de blanco conocida bajo el transductor y dentro del haz acústico, a fin de comparar la fuerza de blanco registrada por el equipo con la fuerza de blanco conocida (**Tabla 1**).

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

b) Equipos de pesca

Los lances de pesca de identificación fueron realizados con una red de arrastre de mediana modelo Gloria1408 con abertura vertical en la boca de 60 - 70 m (**Figura 2**). Considerando que el objetivo de los lances de pesca de identificación era obtener capturas que representen la estructura del recurso objetivo en el mayor rango de tallas, el copo de la red fue armado con una cubierta interior (calcetín) de 50 mm de tamaño de malla.

La autorización para realizar la pesca de investigación fue consignada y regulada a través de la Resolución de pesca de investigación N° 2.802 del 24 de agosto del 2017, la cual autorizó para este crucero la extracción de un máximo de 30 toneladas de merluza de tres aletas, 20 toneladas de merluza de cola, y 5 toneladas de merluza del sur.

Además, autorizó la extracción de otras especies recurrentes en los lances de identificación tales como cojinoba, reineta, congrio dorado, tollo, brótula y otros con cuotas de 1.000, 1.000, 500, 200, 500 y 1.000 kg

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

4.3 Objetivo específico 2.1.

*Estimar el tamaño del stock de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, presentes en el área de estudio. **Sección merluza de tres aletas.***



4.3.1 Diseño de muestreo

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

4.3.2 Transectas de muestreo acústico

El muestreo acústico del área de estudio se realizó mediante 53 transectas distribuidas de forma sistemática y con dirección perpendicular al sentido general de la costa, cubriendo veriles entre los ~100 a 1,000 m de profundidad. La distancia entre dos transectas adyacentes fue de 5 mn (**Figura3**) intensificándose el muestreo acústico en la zona entre los 46°30' y los 47°10'S, en donde se ha observado la principal concentración de este recurso en los últimos años.

La densidad acústica, intensidad de blanco y la profundidad del fondo, se recolectaron de manera continua y georreferenciada durante las transectas; discretizadas en intervalos básicos de muestreo (I.B.M) de 0,5 mn.

4.3.3 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 7.1.36.30718) 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 (s_A) correspondiente a aquellos registros acústicos asociados a lances de pesca con más de una especie en la captura se efectuó mediante la estimación de proporción acústica propuesta por Simmonds y MacLennan (2005) y Bodholt (1991) la cual plantea, que la contribución de especie (E_i) a las unidades de ecointegración (E_m), es proporcional a su aporte en la captura (w_i) y su coeficiente de dispersión acústica (σ_i) en relación al total:

$$E_j = \frac{w_j * \sigma_j * E_m}{\sum (w_i * \sigma_i)}$$
$$\sigma_i = 4 * \pi * 10^{(TS_i)/10}$$

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 del sur:	$20 * \text{Log}(L) - 68,1 \text{ (dB)}$
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 18 lances distribuidos en el área de estudio, intensificándose el muestreo biológico en las zonas donde se detectó mayor presencia del recurso. La posición geográfica de los lances se entrega en la **Figura 3**.

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 7.1.36.30718) 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 intentan realizar generalmente con viento en popa o por la aleta del buque, intentando minimizar con esto la pérdida de señal por este concepto (Saavedra *et al.*, 2012.a).

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

a) 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, 1999; 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.

b) Coeficiente de ecointegración

El coeficiente de ecointegración 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 Separación en zonas del área de estudio

Debido a las amplias diferencias observadas en las densidades acústicas en el área de estudio, entre los sectores ubicados al sur y al norte de la latitud 47°07'S, se consideró conveniente separar el área de estudio en dos zonas.

Para sustentar la decisión anterior, se utilizó una dócima de heterogeneidad generalizada (Test DHG), cuya estadística de prueba se basa en la distribución Chi-cuadrado (Zar, 1996; Miranda 1998), la cual corresponde a una prueba estadística que permite establecer la similitud o diferencia estadística entre distribuciones multinomiales. El procedimiento considera el planteamiento de una hipótesis que supone que las distribuciones provienen de una misma población. Atendiendo a la homogeneidad postulada entre estas distribuciones, la hipótesis nula (**H₀**) se plantea como:

H₀ : “La estructura de tallas obtenida en cada uno de los lances de pesca, es similar a la estructura de talla global, del total de lances con muestra dentro de la totalidad del área de estudio

La DHG considera una estadística, de prueba basada en una variable aleatoria con distribución χ^2 , la que bajo el supuesto de que la hipótesis nula es verdadera, esta se distribuye como una distribución χ^2 central. La cual presenta su criterio de decisión, basado en la hipótesis nula (**H₀**), rechazando si el valor observado de la estadística de prueba se comporta de la forma, $\chi^2_{DH} > \chi^2_{c(Z-1)(K-1)}$, a un nivel de significación preestablecido $\alpha = \alpha_0 = (0,05)$

4.3.6 Estimación de la abundancia y biomasa.

La abundancia y la biomasa de merluza de tres aletas en el área de estudio se estimó a partir de estimaciones locales de densidad y la relación TS - talla de la especie objetivo y la aplicación de un estimador de razón bootstrap (Robotham y Castillo, 1990) y geoestadístico (Rivoirard *et al.*, 2000).

El estimado total de biomasa y abundancia, para ambos métodos, se consideró sumando los resultados de las zonas que fueron prospectadas en forma continua, tanto espacial como temporalmente.

a) Método bootstrap

La densidad media ($\hat{Z}_R$) de NASC asignados a merluza de tres aletas, se estima como:

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

Siendo un estimador de razón obtenido de la *j*-ésima iteración de muestra de tamaño “*n*” seleccionada, con reposición, de la muestra original y “*G*” representa la cantidad total de iteraciones bootstrap.



La abundancia y la biomasa se estimaron como:

$$\hat{A}_R = a_R * \hat{\bar{Z}}_R * \bar{\sigma}^{-1}$$

$$\hat{B}_R = \hat{A}_R * \bar{w}$$

donde,

$$\begin{aligned} \bar{\sigma} &= 4 * \pi * 10^{\frac{TS}{10}} \text{ evaluada a la talla promedio de la fracci3n del stock evaluado.} \\ \hat{A}_R &= \text{abundancia (en n3mero)} \\ a_R &= \text{3rea de presencia del recurso} \\ \bar{w} &= \text{peso promedio (t)} \\ \hat{B}_R &= \text{biomasa (t)} \end{aligned}$$

La varianza de la abundancia ($\hat{A}_R$) y biomasa ($\hat{B}_R$) se estim3 como:

$$\hat{V}_1(\hat{A}_R) = a_R^2 * \left[\left(\frac{1}{\bar{\sigma}^2} \right)^2 * \hat{V}(\hat{\bar{Z}}_R) + \hat{\bar{Z}}_R^2 * \hat{V}\left(\frac{1}{\bar{\sigma}}\right) - \hat{V}(\hat{\bar{Z}}_R) * \hat{V}\left(\frac{1}{\bar{\sigma}}\right) \right]$$

$$\hat{V}_1(\hat{B}_R) = \hat{V}(\hat{A}_R) * \hat{w}^2 + \hat{V}(\hat{w}) * \hat{A}_R^2 - \hat{V}(\hat{A}_R) * \hat{V}(\hat{w})$$

$$\hat{V}(\hat{\bar{Z}}_R) = \frac{1}{(G-1)} \sum_{i=1}^G (\hat{Z}_R - \bar{\bar{Z}})^2$$

b) Estimador geoestadístico.

En este m3todo, las unidades de muestreo (IBM) se asumen fijas y los valores de la variable estudiada (densidad local) son considerados variables aleatorias en cada punto del espacio (3rea de estudio), esto permite modelar su variabilidad espacial y efectuar estimaciones puntuales o globales (Petitgas, 1991).

La densidad media ponderada $\hat{\bar{Z}}_{gs}$ asignados a merluza tres aletas, se estim3 mediante el uso del m3todo de kriging. En primer lugar, se estimaron mediante una grilla de interpolaci3n las densidades locales (Z_{xo}^*) en los diferentes nodos a partir de las densidades locales observadas ($Z_{w(x)}$) como:

$$Z_{xo}^* = \sum_{i=1}^m r_i * Z_{w(x)i}$$



Donde r_i representan los factores ponderadores, que deben sumar uno para que la estimación sea insesgada.

Una vez estimado los valores de los nodos de la grilla de interpolación, la densidad media se estimó como el promedio de los valores estimados en los nodos (m) correspondientes de la grilla de interpolación como:

$$\hat{Z}_{gs} = \frac{1}{V} \int Z_{x0}^* dx = \frac{1}{m} \sum Z_{x0}^*$$

La abundancia ($\hat{A}_{gs}$) y la biomasa ($\hat{B}_{gs}$) se estimaron como:

$$\hat{A}_{gs} = \hat{a}_{gs} * \bar{Z}_{gs} / \sigma_k$$

$$\hat{B}_{gs} = \hat{A}_{gs} * \bar{w}$$

$$\sigma_k = 4\pi(10^{0,1*TS_k})$$

donde,

- $\hat{A}_{gs}$ = abundancia (en número)
- $\hat{a}_{gs}$ = área de presencia del recurso
- $\hat{Z}_{gs}$ = NASC promedio asignados a merluza de tres aletas (N°/mn²)
- $\bar{w}$ = peso promedio de merluza de tres aletas (t)
- $\hat{B}_{gs}$ = biomasa (t)
- $\bar{\sigma}_k$ = evaluada a la talla promedio de la fracción del stock evaluado.
- TS_k = Fuerza de blanco de la especie (dB).

La varianza de la abundancia ($\hat{V}(\hat{A}_{gs})$) y la biomasa ($\hat{V}(\hat{B}_{gs})$) se estimaron como:

$$\hat{V}_1(\hat{A}_{gs}) = \hat{a}_{gs}^2 * \left[\left(\frac{1}{\bar{\sigma}^2} \right)^2 * \hat{V}(\hat{Z}_{gs}) + \hat{Z}_{gs}^2 * \hat{V}\left(\frac{1}{\bar{\sigma}}\right) - \hat{V}(\hat{Z}_{gs}) * \hat{V}\left(\frac{1}{\bar{\sigma}}\right) \right]$$



$$\hat{V}_1(\hat{B}_{gs}) = \hat{V}(\hat{A}_{gs}) * \hat{w}^2 + \hat{V}(\hat{w}) * \hat{A}_{gs}^2 - \hat{V}(\hat{A}_{gs}) * \hat{V}(\hat{w})$$

La varianza proveniente de la distribución espacial del recurso ($\hat{V}(\hat{Z}_{gs})$), se estimó mediante el método propuesto por Petitgas (1991) y Rivoirard *et al.* (2000), quienes aplican los principios de variables regionalizadas o geoestadística, a la estimación de la varianza de datos pesqueros geográficamente correlacionados, mediante la expresión:

$$\hat{V}(\hat{Z}_{gs}) = 2\bar{\gamma}(S, V) - \bar{\gamma}(V, V) - \bar{\gamma}(S, S)$$

La varianza $\hat{V}(\hat{Z}_{gs})$ depende de la estructura espacial a través de tres factores geométricos: 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).

El algoritmo de kriging, estima los ponderadores que minimizan la estimación de la varianza, ponderando las muestras de acuerdo a su posición relativa y estructura espacial para generar un estimador insesgado mínimo de la varianza (Cressie, 1991; Rivoirard *et al.*, 2000).

El ajuste de los variogramas se realizó mediante el programa R Project (R Core Team, 2014). Se realizó un análisis espacial de los datos a través del paquete RGeostats V 11.0.2 (Renard *et al.*, 2015) el paquete incluye funciones y métodos de lectura y preparación de datos, análisis exploratorio e inferencia sobre parámetros de modelos. Incluye además, diferentes modelos de variogramas y métodos de interpolación espacial.

4.3.7. 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).

La posición media de la distribución o centro de masa (CG) e inercia se calculó mediante la expresión (Woillez *et al.*, 2007):

$$CG = \frac{\sum_{i=1}^N x_i s_i z_i}{\sum_{i=1}^N s_i z_i} \quad I = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - CG)^2 z_i}{\sum_{i=1}^N z_i}$$



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 (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 .

4.3.8. Fuentes de incertidumbre

a) Temporalidad del período de evaluación.

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 probabilístico, 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 sincronía con el recurso: incertidumbre en la temporalidad del 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.

El crucero se realizó entre fines del mes de agosto e inicios de septiembre, desde el norte al sur del área de estudio, con el fin de detectar el máximo de concentración reproductiva de la especie en la zona norte del área, tal como ha ocurrido los últimos cinco años.

Respecto a la incertidumbre en la resolución temporal de las especies recurrentes, ésta se minimizó realizando el lance lo más cercano posible al momento y sector de detección acústica.

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 Montecarlo. 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 eointegración (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 determinaron las distribuciones de probabilidad asociadas y se realizaron simulaciones Montecarlo 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 2.2.

Caracterizar la composición demográfica de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas. Sección Merluza de tres aletas.

4.4.1 Estructura de tallas y proporción sexual

En la estimación de la estructura de talla y la proporción sexual de merluza del sur se empleó un diseño de muestreo bi-etápico, siendo la unidad de muestreo primario el lance de pesca y la unidad de segunda etapa fue la submuestra al azar de ejemplares de la captura de los lances de identificación de los ecotrazos. En cada muestreo se registraron los datos del lance de pesca (fecha y hora del lance, posición geográfica, profundidad y captura), además de los datos del muestreo biológico, como: talla, sexo, estadio de madurez sexual macroscópica. Adicionalmente se realiza un muestreo de longitudes para conocer la distribución de tallas en cada lance de pesca

La composición de longitud se estimó por una combinación lineal de las distribuciones de tallas, empleando como factor de ponderación los valores de capturas, correspondientes a cada uno de los lances. Las distribuciones de tallas de merluza de tres aletas 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 ($\hat{V}(\hat{P}_k)$)

$$\hat{P}_k = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_0} \hat{p}_{ki}$$



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

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

donde:

- i : Lances $i = 1, 2, \dots, n, \dots, N$
 n : Tamaño de muestra de lances.
 N : Número total de lances de identificación del crucero.
 n_i^* : Número de ejemplares en la muestra del lance "i".
 n_{ki}^* : Número de ejemplares de la talla "k" en la muestra del lance "i".
 C_i : Captura de la especie en el lance "i".
 C_0 : Captura de la especie en la totalidad de los lances muestreados
 $\hat{p}_{ki}$: Estimador de la proporción de peces de la talla "k" en el lance "i".
 l : Longitud del ejemplar
 $\hat{l}$: Estimador de la talla promedio
 s : Sexo $s = 1, 2$
 n_{si}^* : Número de ejemplares del sexo "s" en la muestra del lance "i"
 $\hat{p}_{si}$: Estimador de la proporción sexual del sexo "s" en el lance "i".

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 proporción sexual ($\hat{p}_s$) y su varianza $\hat{V}[\hat{p}_s]$

$$\hat{p}_s = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_0} \hat{p}_{si}$$



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

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

El an3lisis de las estructuras de tallas y la proporci3n sexual fue analizado de forma espacial, seg3n la estratificaci3n por zonas empleada en la estimaci3n de biomasa hidroac3stica identificadas en el presente estudio. Esta subdivisi3n del 3rea de estudio fue en dos zonas, Zona 1 entre los 46°30' - 47°07'S y Zona 2 entre los 47°07' - 51°00'S. A su vez, se efectu3 un an3lisis seg3n los estratos espaciales empleados en proyectos similares de evaluaci3n hidroac3stica 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, 2008 y 2009) consistente en dividir el 3rea de estudio en 3 3reas: 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-Concepci3n.

4.4.2 Estructura de edades del stock

El dise1o de muestreo para la estimaci3n de la estructura de edades de la captura corresponde a un dise1o de muestreo relacional que vincula los dise1os de muestreo correspondientes a la estimaci3n de la captura en n3mero y la estructura de edad; a su vez la estimaci3n de la estructura de edad vincula el dise1o de muestreo para estimar la clave talla-edad y la estructura de talla.

Las claves edad - talla son matrices que hist3ricamente se han procesado con intervalo de clase de 2 cm, el cual es adecuado para el rango de tallas que las sustenta, estas permiten clasificar los individuos seg3n su grupo de edad (GE), y calcular adem3s la probabilidad de pertenencia para los diferentes estratos.

La asignaci3n de los GE comprende a todos los peces nacidos en un mismo a1o (clase anual); corresponde a un n3mero entero de a1os y se basa en el n3mero de anillos observados en la estructura, el tipo de borde y la 3poca del a1o en que se obtuvo la muestra. Se emplea una fecha arbitraria de nacimiento, la cual, en el caso de las pesquer3as chilenas es el primero de enero, brindando facilidad en la identificaci3n de la clase anual a la que pertenece el pez estudiado restando al a1o de la captura el GE asignado.

4.4.3 Composici3n en n3mero de la abundancia por edad

Los individuos presentes en cada intervalo de longitud, se asignan a las diferentes edades seg3n 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 presente crucero.

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

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

c) 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 distribución proporcional de los ejemplares de la muestra a través de las clases de talla (Kimura, 1977), está dado por la relación 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 clasificación de las lecturas de cada otolito por grupo de edad y de ello se estima cada probabilidad según:

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



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

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

Dónde

- $\hat{N}_s$: Estimador de la abundancia en número para el sexo "s".
- $\hat{N}_{se}$: Estimador de la captura en número para el sexo "s" y grupo de edad "e".
- $\hat{p}_{se}$: Estimador de la proporción para el sexo "s" y grupo de edad "e".
- $\hat{p}_{sk}$: Estimador de la proporción de peces para el sexo "s" y la talla "k".
- $\hat{q}_{ske}$: Estimador de la proporción de peces para el sexo "s" y la talla "k", clasificados en el grupo de edad "e".
- n_{ske}^* : Número de peces del sexo "s" y la talla "k" que pertenecen al grupo de edad "e".
- n_{sk}^* : Número de peces del sexo "s" y de la talla "k" en la muestra.

4.4.4. 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 de estabilizar la varianza del peso, sin embargo introduce un factor de sesgo en las predicciones retransformadas, lo cual que es necesario corregir (Bradú y Mundlak, 1970; Hayes *et al.*, 1995). No obstante en aplicaciones pesqueras 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, se asume 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:

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

Para la estimación de los parámetros de la relación linealizada se 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 y sexo, empleando las relaciones longitud – peso, la cual tiene un sesgo sistemático para cada longitud promedio. 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).

Estimación del tamaño de la muestra para la estimación de la edad

En la selección del tamaño de muestra a emplear para las claves de edad - talla existen diferentes criterios. Entre los más empleados se encuentra el considerar un número fijo de muestras por estrato de talla, o bien el emplear un número de muestra que se tome en forma proporcional al muestreo de frecuencia de longitud del área.



Este 3ltimo sistema de selecci3n de tama1o de muestra se ha probado ampliamente (Kimura, 1977; Lai, 1987; Ojeda y C3spedes, 1988; Lai, 1993; Robotham, 1994) y permite aumentar notablemente la precisi3n de las matrices considerando un mismo n3mero total de muestras analizadas.

El tama1o de muestra que optimiza la clave edad talla, considera la t3cnica de muestreo bi-et3pico, en consecuencia se requiere determinar el tama1o 3ptimo de la muestra de longitud (N^*) de primera etapa y de la submuestra de edad (n^*) segunda etapa. Las relaciones siguientes permiten estimar los tama1os de muestra, seg3n un criterio de asignaci3n proporcional (Kimura, 1977) y una funci3n de costos:

$$C = C_1 N^* + C_2 n^*$$

donde:

C1 = Costo unitario de coleccionar el muestreo de longitudes al azar.

C2 = Costo unitario de asignar edad a una muestra.

a) **Tama1o de muestra para minimizar la varianza dado recursos disponibles** $C = C_0$

$$N^* = \frac{C}{C_1 + C_2 \nu}$$

$$n^* = \nu \cdot N^*$$

$$\nu = \sqrt{\frac{b_1}{b_2} \cdot \frac{C_1}{C_2}}$$

$$b_1 = \sum_{e=1}^E \sum_{k=1}^K P_k^2 \hat{q}_{ke} [1 - \hat{q}_{ke}]$$

$$b_2 = \sum_{e=1}^E \sum_{k=1}^K P_k [\hat{q}_{ke} - \hat{p}_e]^2$$

donde:

$\hat{q}_{ke}$ representa la probabilidad de pertenecer una determinada edad en el intervalo de talla k

b) **Tama1o de muestra para minimizar los costos para una varianza especificada**
 $VT = VT_0$



$$N^* = \frac{\left(\frac{b_1}{v} + b_2 \right)}{VT_0}$$

$$n^* = v \cdot N^*$$

Luego los resultados son representados a través de un método gráfico, para evaluar la variabilidad como su comportamiento y así determinar los tamaños de muestra.

Siguiendo el criterio de asignación proporcional y el procedimiento propuesto por Kimura (1977), se han estimado tamaños de muestra para la construcción de la clave edad-talla en estos recursos (IFOP, 2002).

En merluza de tres aletas, una submuestra de 700 ejemplares en cada sexo permite elaborar claves edad – talla con varianza total $VT=0,0011$. Si se considera el esfuerzo total de análisis de estructuras duras se tiene que, para el crucero el aspecto de edad estará sustentado en un tamaño de muestra que indica estar trabajando con un índice de precisión (D) que corresponde a $D= 0,024$ (IFOP, 2002).

Los niveles de precisión señalados indican estar en un punto tal, cercano a niveles asintóticos, en el cual leves aumentos de la precisión involucran incrementos significativos del tamaño de muestra, teniendo un impacto relevante en los costos de la actividad, por lo que se recomienda trabajar en base al tamaño de muestra mencionado para la estimación de la edad y construcción de las matrices que comprendan estructuras de edades completas. No obstante, cabe señalar que en los últimos años los cruceros de evaluación, se ha observado un stock parental donde predominan los individuos juveniles, por sobre los adultos (Saavedra *et al.*, 2015; 2016) lo que genera una reducción del tamaño de muestra, necesario para estudiar en la estimación de la edad.

4.4.5. Madurez a la edad

El muestreo biológico efectuado en los lances de identificación realizados durante el crucero, considera la caracterización del estado reproductivo de los 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, relacionado 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 2.3.

Caracterizar la actividad reproductiva de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los datos obtenidos en los lances de identificación.
Sección merluza de tres aletas.

4.5.1 Trabajo a bordo, toma y fijación de muestras

Se analizó la condición reproductiva de merluza de tres aletas a partir de muestras colectadas, en cada lance de reconocimiento efectuado durante el cruce de prospección. Los ejemplares fueron obtenidos aleatoriamente, para evitar sesgos en su selección, y fueron utilizados 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 total. 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, mediante una balanza electrónica con compensación de movimiento de precisión de $\pm 1,0$ g. Las gónadas extraídas fueron pesadas con balanzas de contrapeso de precisión de $\pm 0,1$ 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:**

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

- **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 estadíos 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:

- **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,

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

- **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 estimación del tamaño de muestra para este parámetro, los resultados de la simulación muestran que el índice de error empleado presenta por una parte, una relativa estabilidad frente al aumento del número de ejemplares medidos al interior del lance, lo que indica que los cardúmenes presentan una condición reproductiva bastante homogénea en el período de desove, y por otra, una disminución del índice frente a un incremento del número de lances muestreados. A nivel de lance la mayor tasa de reducción del índice se registra hasta alrededor de los 15 lances, para una muestra de 30 ejemplares por lance, donde se obtiene un índice en torno al 0,06 tanto para machos como hembras.

4.5.4 Estimación 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 tamaños de la población. Para este efecto se consideró un muestreo dirigido a censar los ejemplares de tamaños poco frecuentes en los lances, especialmente de longitudes menores a 41 cm que incorpora a la fracción juvenil y de transición a la madurez, según estimados de $L_{50\%}$ entre 36,0 y 36,7 cm a partir de evaluaciones de la especie (Saavedra *et al.*, 2010).

Este análisis tiene dos procedimientos secuenciales. Primero está el ajuste de un modelo para la probabilidad de madurez sexual (P) dependiente de la talla/edad del pez y luego está la estimación 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 metodología que se plantea en este estudio es la publicada por esos autores.



4.5.5 Ajuste no lineal del modelo de madurez sexual

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

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

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.

$$-l(\beta_0, \beta_1) = -\sum_l [(h_l) \ln(P(l)) + (n_l - h_l) \ln(1 - P(l))] \quad (2)$$

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).

4.5.6. 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.

4.5.7 Estimación de la fecundidad

La fecundidad total se calculó de acuerdo al método gravimétrico 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 estimación 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 microscópicamente sólo ovarios en desarrollo avanzado pre-desovantes, sin atresia ovocitaria masiva.

Para el cálculo de la fecundidad total se usó el método de la distribución modal de tamaños de los ovocitos. El procedimiento consistió en obtener de cada hembra seleccionada una submuestra de la región media del ovario, la que fue pesada con una precisión de 0,1 mg. Los ovocitos contenidos en la submuestra se disgregaron mecánicamente en un tubo bajo presión 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 tamaños, previa calibración de las unidades de píxeles a micras. Las distribuciones de tamaños de los ovocitos fueron analizados en sus componentes modales con la rutina MPA (Análisis de Progresión Modal) del método Batthacharya y la subrutina NORMSEP (separación de la normalidad por máxima verosimilitud) del Fisat II para la identificación de la moda avanzada.

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

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

Dónde:

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

$H_{j\nu}$ = Número 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.



- V = Número de submuestras del ovario
 n^* = Número 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 esquema de análisis de los datos permitió determinar la condición reproductiva de merluza de tres aletas, en el área de prospección y por tres subzonas. Así mismo, obtener los parámetros de madurez sexual y de fecundidad. Los resultados fueron comparados con resultados de evaluaciones anteriores.

4.6 Objetivo específico 4.

Caracterizar la fauna acompañante de la merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los datos obtenidos en 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:

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

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 cubicados 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

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

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 está asociada la especie objetivo.



a) 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).

b) 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 réplicas 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 2.5.

*Caracterizar la composición alimentaria 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 680 estómagos de *Micromesistius australis* provenientes del muestreo de los lances de identificación, de estos se separaron 30 tejidos y 30 vértebras, para el análisis de isótopos estables. Los tejidos de las presas fueron obtenidos desde los estómagos de los predadores, y de estos se separaron las muestras correspondientes.

4.7.2 Contenido estomacal

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

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, Wisner (1976) para peces mictófidios, Cohen *et al.* (1990) para peces Gadiformes y Takeda (1986), Retamal (2000) y Palma y Kaiser (2003) para crustáceos, entre las más utilizadas.



4.7.3. Tejidos y vértebras

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 extraer la solución y reducidos hasta llegar a un rango entre 0,4 – 0,6 mg. Posteriormente, los tejidos fueron depositados en cápsulas de estaño de 5 x 9 milímetros y secados a 40°C por 12 horas. Los tejidos fueron analizados en el laboratorio de isótopos estables de la Universidad Andrés Bello-Viña del Mar, mediante un Analizador Elemental de Espectrometría de Masa. Los radioisótopos fueron reportados en notación de δ con sus desviaciones estándar (Pee Dee Belemita para $\delta^{13}\text{C}$ y N atmosférico para $\delta^{15}\text{N}$). Por lo tanto, $\delta^{13}\text{C}$ ó $\delta^{15}\text{N} = [(R_{\text{muestra}} / R_{\text{estándar}}) - 1] \times 10^3$, donde R es $^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$ ó $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ respectivamente. Además, la precisión fue del orden de $\pm 0,5\text{‰}$ para $\delta^{15}\text{N}$ y $\pm 0,2 \text{‰}$ para $\delta^{13}\text{C}$.

Las vértebras fueron separadas en el laboratorio, cuidando de analizar la misma porción. Una vez separadas, cada vértebra fue lavada y puesta en un baño ultrasónico a 45°C por 2 horas, con el fin de eliminar restos de tejido. Posteriormente la muestra fue depositada en una placa Petri individualizada y puesta a temperatura ambiente, la muestra fue segmentada en tres, la primera parte correspondió a una etapa inicial, la segunda a una etapa media y la tercera a una etapa final. Las vértebras fueron desmineralizadas debido al alto contenido hidroxiapatita. La hidroxiapatita contiene carbono inorgánico el cual difiere en la composición isotópica (Newsome et al. 2010). Por lo tanto el colágeno orgánico debió ser aislado para el análisis de isótopos. Siguiendo a Kim & Koch (2012) el colágeno se aisló con un tratamiento de ácido etildiaminético EDTA en 1.5 ml 0.5 M. El polvo de las vértebras fue puesto en un tubo con la solución de EDTA y se centrifugó en un vortex por un minuto, para luego dejar decantar a temperatura ambiente durante la noche. Una vez el líquido se gelatinizó, se procedió a congelar a -80 °C para su posterior encapsulamiento en cápsulas de estaño para análisis de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ y %NC.

4.7.4 Análisis de datos

En el análisis del contenido estomacal se emplearon los indicadores propuestos por Hyslop (1980) 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 taxón presa utilizando el Índice estandarizado de IIR (PSIRI). PSIRI es una modificación en la ecuación en donde:

$$\%PSIRI_i = \frac{\%FO_i \times (\%PNI + \%PWI)}{2}$$



Donde el porcentaje de abundancia PN_i y el porcentaje con respecto al peso PW_i se calculó;

$$\%PN_i \text{ ó } \%PW_i = \frac{\sum_{j=1}^n \%W_{ij} \text{ ó } \%N_{ij}}{ni}$$

GI es un índice similar al de importancia relativa propuesto por Pinkas *et al.* (1971), pero presenta un menor sesgo en el cálculo de la Frecuencia de ocurrencia y el peso en el cálculo final de la ecuación.

Para disminuir la incertidumbre en los isótopos estables, las presas se agruparon en grupos mayores de alimento, de acuerdo a su afinidad taxonómica. Así, las categorías fueron: Camarones (CAM), Cefalópodos (CEF), Eufáusidos (EUF), Peces Mesopelágicos (MESOP), Myctofidos (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 en el cálculo trófico. Los análisis isotópicos fueron obtenidos con el paquete para R “SIAR”: Stable Isotope Analysis in R (Parnell & Jackson 2011, Parnell *et al.* 2012) usando las siguientes opciones: para la modelación de las dietas de los predadores se usó modelos de mezcla basado en parsimonia Gaussiana con una mixtura “dirichlet-distributed”, expresada en valores medios por cada individuo. Además, para llegar a la probabilidad de consumo, con intervalos de 95% de confianza, se usaron los datos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en un modelo Bayesiano, cada valor fue combinado con 1.000 pseudoreplicas. 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. 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:

$$\text{TEF} = \Delta_{\text{presa}} - \Delta_{\text{depredador}}$$

Para la merluza de tres aletas se agruparon tamaños y se calculó la edad siguiendo a Ojeda *et al.* (1998), donde G1 fueron los ejemplares <45 cm de tamaño. G2 correspondió a los individuos entre 45 – 60 cm y G3 a los que presentaron >60 a cm. En los análisis estomacales no se logró establecer diferencias por sexos, de tamaños, batimétricas y por zona de pesca, siendo redundante el análisis. Para establecer diferencias de alimentación se utilizó un test de PERMANOVA. Los análisis estadísticos se realizaron con el software R (R Core Team 2011) de libre disposición en internet.

4.8 Objetivo específico 2.6.

*Caracterizar las agregaciones de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, registradas acústicamente en el área 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 del sur), 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 eointegración 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 4.3.3. 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 (Scalabrin 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 (**Figura 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 eointegración. La superficie del rectángulo Se es calculada como el producto de la distancia horizontal cubierta desde el pulso precedente (d_j) y la distancia vertical cubierta desde la muestra anterior e por lo tanto:

$$Se = d_j * e$$

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

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

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 (*Dens*) 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

$$Dens = NASC / \text{Área}$$



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 Objetivo específico 2.1.

Estimar el tamaño del stock de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, presentes en el área de estudio. Sección merluza de tres aletas.

5.1.1 Sistema de ecointegración

El sistema de ecointegración del buque hielero “Friosur VIII” fue calibrado en la bahía de Chacabuco (45°40’S - 72°50’O), para la frecuencia 38 kHz, conectado con el software EK 60 versión 2.4, los resultados se presentan en la **Tabla 4**. Los valores del cuadrado medio, para el modelo ajustado fueron, 0,20 dB, valor menor a lo que recomienda el fabricante y el grupo de acústica de ICES (RMS < ~ 0,4; Corrección de Sa = ±0,5 dB) (Demer *et al.*, 2015; Simrad, 2008).

5.1.2 Lances de pesca

Se realizaron 18 lances de pesca de identificación en el crucero, todos fueron realizados con una red modelo Gloria 1408, con un desarrollo vertical de la boca de la red de entre 60 y 70 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. Dentro de las especies capturadas en los lances de identificación destacan, Merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*), Merluza del sur (*Merluccius australis*), Merluza de cola (*Macruronus magellanicus*), Cojinoba (*Seriotelella sp*), Brótula (*Salpilota australis*), Reineta (*Brama australis*), Calamar (*Loligo gahi*), Tollo sargento (*Daenia calcea*), Congrio dorado (*Genypterus blacodes*), entre otras.

5.1.3 Separación en zonas del área de estudio

En base a las diferencias observadas en las densidades acústicas en el área de estudio, caracterizadas por una zona de alta abundancia al norte de la latitud 47°07’S; y otra de baja abundancia al sur de la misma latitud, se decidió separar en dos, la zona de distribución.

Para sustentar esta decisión, se analizó la distribución de tallas en el área de estudio a través del test DHG, corroborándose una separación de dos zonas (**Tablas 7 y 8**).

Las zonas determinadas fueron:

- Zona 1: Desde el 46°30’S hasta los 47°07’S (zona de desove, altas densidades).
- Zona 2: Desde el 47°07’S hasta el 51°00’S (zona bajas densidades).

Esta división en zonas permitió recoger de mejor manera las características espaciales de la distribución, describiendo de mejor forma las tallas de cada zona, las cuales presentan diferencias.



5.1.4. 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 9, 10 y 11**, respectivamente, los estimados totales corresponden a la suma de las estimaciones por zona.

Dado que en la zona 1 se realizó una intensificación del muestreo acústico, incorporando intertransectas diagonales y otras en modo zig-zag, 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.

La biomasa total estimada para merluza de tres aletas en el área de estudio, fue de 72.352 toneladas, a través del método geoestadístico (coeficiente de variación de 21,5 %), y de 88.992 toneladas según el método Bootstrap (coeficiente de variación de 19,7%). En relación a la abundancia total en el área de estudio, se estimó en 158.535 millones de ejemplares con el método geoestadístico con un coeficiente de variación de 23,8%, la estimación obtenida con el método Bootstrap fue de 192.394 millones de ejemplares, presentando un coeficiente de variación de 21,4%. **Tabla 11.** 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 12, 13 y 14**, 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 73,5% de la abundancia y donde se detectó el foco de desove, presenta un rango de tallas que abarca desde los 32 a 67 cm, con el mayor número de individuos centrados entre los 39 y 43 cm; y observándose además una pequeña fracción de individuos de mayor tamaño entre los 51 cm. La zona 2 que aporta el 26,5% de la abundancia, presenta un rango de tallas entre 27 y 65 cm, con el principal aporte dado por la fracción de individuos entre los 29 y 34 cm seguido de la moda centrada en 41 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 39 y 43 cm, y una segunda moda centrada en 29 cm, rango levemente inferior a lo observado en el último año en que la moda se encontraba entre los 43 y 49 cm.

5.1.5. Distribución espacial del stock de merluza de tres aletas

En la **Figura 8** se presenta la distribución espacial de la merluza de tres aletas, al igual que en los últimos siete años, la principal agregación estuvo localizada en el sector septentrional del área de estudio entre las latitudes 46°50'S y 47°07'S, mientras que al sur de dicha área la detección acústica de merluza de tres aletas, estuvo dominada por registros de baja densidad.

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 (**Figura 9**). Los años 2001 y 2004



el estudio se realizó principalmente a fines de agosto-primeras semanas 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 2012-2016 los CG varían entre la latitud $47^{\circ}14'S$ y $46^{\circ}46'S$, respectivamente, concentrándose y distribuyéndose el núcleo reproductivo en una reducida zona en el límite norte del área de estudio (**Figura 9**), obteniendo este año 2017 el CG en el $47^{\circ}02'S$, más al sur de lo observado el año anterior, detectándose además los últimos años la distribución del recurso fuera del área tradicional de estudio, como en el año 2016.

La distribución batimétrica de merluza de tres aletas fluctuó entre los 142 y 333 metros de profundidad alcanzando un valor promedio de 213 metros.

5.1.6. Caracterización espacial de la densidad acústica de merluza de tres aletas

El análisis espacial realizado mediante el método geoestadístico (**Tabla 15**) de acuerdo a la división zonal, reflejó en ambas zonas, mayor continuidad espacial en dirección omnidireccional. La zona 1 representada por un ajuste exponencial y esférico describe un rango de correlación de 0,78 mn y una varianza estructural de 100% para los dos ajustes presentados, pero un menor error en el ajuste esférico. Así para la zona 2, el modelo seleccionado que representa el menor error fue un ajuste exponencial, con un rango de correlación de 2,4 mn, obtiene una variación espacial de 53%.

5.1.7 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: la temporalidad, realizando el crucero en el período y zona de mayor agregación del recurso e incorporando una prospección exhaustiva y detallada en la zona donde se detectó el foco reproductivo; 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.

El resultado de este análisis, dio como resultado una estimación de la biomasa y sus límites de confianza para el área total de 91.500 t aproximadamente, con un coeficiente de variación de un 28 % y un intervalo de confianza que fluctuó entre 41.269 y 141.758 t. La **Tabla 16** entrega los estimados de biomasa mediante el método simulación de Montecarlo para el total y para dos zonas analizadas.

5.2 Objetivo específico 2.2.

*Caracterizar la composición demográfica de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas. **Sección merluza de tres aletas.***

5.2.1 Composición de tallas y proporción sexual

5.2.1.1 Muestreos

Durante el crucero fueron medidos 1.273 individuos de merluzas de tres aletas, subdividido en 799 machos y 474 hembras. Al separar la cantidad de muestras entre Zona 1 y Zona 2 se obtuvieron 553 y 720 ejemplares, respectivamente.

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

La distribución de talla durante el período y área de estudio en el año 2017 fue principalmente de ejemplares adultos (**Figura 10**), con escasa presencia de juveniles (1,5% de ejemplares menores a 35 cm), una talla promedio total de 46 cm y un predominio de los machos de 57% respecto de las hembras. Esta composición de talla de merluza de tres aletas registró una moda principal de ejemplares adultos entre los 38-47 cm (**Figura 10**), no obstante que es posible observar pequeñas modas en hembras entre 48-59 cm y en machos dos modas entre 46-51 cm y otra entre 56-61 cm. En el caso de las hembras presentaron una distribución de talla desplazada a la derecha respecto de los machos (**Figura 10**).



La moda principal de ejemplares de tallas adultas entre 38-47 cm fue registrada en principalmente en la Zona 1 ($46^{\circ}30' - 47^{\circ}07' S$, **Figura 11**), área donde fue registrada la principal concentración de biomasa del recurso; en cambio la Zona 2 ($47^{\circ}07' - 51^{\circ}00' S$) registró diferentes modas adultas una entre 38-43 cm, otra entre 43-47 cm y otras dos más entre 47-53 cm y 53-61 cm, zona que comprende una amplio rango de latitud. En relación a la Zona 1 (zona de concentración del recurso), tanto en machos como hembras fue registrada la moda principal entre 38-47 cm; no obstante, en las hembras se registró una segunda moda de ejemplares adultos de mayor talla entre 48-59 cm (**Figura 12**), antecedente relevante por ser ejemplares adultos que participan y aportan al proceso de desove.

La estratificación por área mostró para el área Taitao (área de concentración del recurso) una moda principal una moda entre los 38-47 cm y distribución semejante a la Zona 1 por comprender latitudes similares (**Figura 13**); mientras el área Golfo de Penas–Ladrillero y el área Trinidad-Concepción fue posible observar variaciones en la distribución de talla del recurso, pero estas áreas comprendieron escasa concentración del recurso (**Figura 13**). El área Golfo de Penas–Ladrillero registró una moda principal de ejemplares juveniles entre los 26-33 cm, seguido de una moda adulta entre los 38-47 cm, con registros de mayor presencia de juveniles (47%). En cambio, el área Trinidad-Concepción registró una moda principal de adultos de tallas mayores entre los 52-61 cm, con el registro de la mayor talla media (53 cm) y el mayor predominio de los machos (89%), en donde estas tallas adultas aportan al proceso de desove.

En sentido batimétrico, la distribución de talla de las hembras registró que la moda adulta entre los 38-47 cm estuvo presente en toda la columna del agua entre los 200 a 399 m de profundidad (**Figura 14**); salvo entre los 100-199 m de profundidad en donde la presencia de ejemplares juveniles aumentó a 72% con una moda de ejemplares juveniles y adultos jóvenes entre los 26-38 cm.

5.2.1.3 Distribución de talla del crucero 2017 respecto de los cruceros de investigación anteriores en la zona de estudio

En relación a lo anterior, en la serie histórica es posible observar dos series de años diferentes (**Figura 15**). Entre los años 2001-2008 las estructuras de tallas de merluza de tres aletas se caracterizaron por la moda dominante de ejemplares adultos mayores a 50 cm (50-61 cm). Mientras, entre los años 2009-2017 la composición de tallas se caracterizó por el incremento de modas adultas, de tallas menores entre los 34-49 cm, con reducción de la participación de ejemplares superiores a 50 cm, llegando los ejemplares 34-49 cm, a predominar en el área de estudio. destacando el predominio de los machos por sobre las hembras, a lo cual se suma el desplazamiento del patrón espacial (más al norte del área de estudio) y temporal (más hacia fines de mes de agosto e inicios de septiembre) del patrón reproductivo. No obstante, que en ambas series dominan los ejemplares adultos que aportan al proceso reproductivo, los adultos superiores a 50 cm marcan períodos de mayores biomásas y abundancias del recurso.



5.2.2 Estructura de edades del stock

En base al muestreo biológico específico se obtuvo el registro de talla de los ejemplares, peso corporal, peso de la gónada, sexo, estado de madurez sexual y se extrajo el par de otolitos *sagitta*. El muestreo para el estudio de edad fue dirigido a obtener la mayor cobertura de las tallas presentes en las capturas. Se recolectó un número de 1.137 pares de otolitos (599 machos y 538 hembras, relación 1:0,9), registrándose un rango de tallas que fluctuaba entre los 27 cm y 67 cm de longitud total.

Esta recolección de muestras fue menor a la alcanzada en el crucero del año anterior en que se obtuvo para merluza de tres aletas 2.022 pares de otolitos (rango de tallas entre los 20 cm y 66 cm de longitud total), con relación macho:hembra 1:0,5.

Una gráfica de la dispersión de las longitudes de los peces según los lances de pesca en que se efectuó muestreo biológico (comprende la extracción de otolitos) y por sexo, se presenta en la **Figura 16**. En cada lance el 50% de los datos se muestra en la caja, en la que interiormente se representa con una línea el valor de la mediana. Los círculos vacíos representan valores marginales. Si la distribución de las tallas dentro del lance fuese simétrica, entonces la mediana aparecería centrada dentro de la caja de datos y bigotes.

Las claves edad talla (CET) empleadas para el presente estudio, correspondieron 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 17**. 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.

5.2.3 Relaciones peso - longitud

Las funciones peso - longitud (**Tabla 17**) producto de los muestreos biológicos específicos realizados en el área de operación, presentaron la dispersión de las variables que se muestra en la **Figura 18**, resultando con una bondad del ajuste representada por coeficientes de determinación entre 0,97 – 0,98.

Si se compara las estimaciones que entregan las curvas teóricas que describen las funciones peso talla en los últimos quince años en que se ha realizado el crucero de investigación de este recurso, se presenta que en el 2004 y 2006 fue donde se registraron los menores pesos corporales especialmente



en hembras (**Figura 19 A**), lo cual en tales años es coincidente con la presencia de ejemplares que han pasado el proceso de desove recientemente.

Durante el crucero 2017 el recurso, presentó valores teóricos de peso similares a lo estimado para el crucero anterior, aunque levemente inferiores. A modo de ejemplo se puede señalar que un pez macho de talla 40 cm en 2016 pesaba en base a función teórica 391g en cambio en 2017 a esta misma talla alcanzaba los 360g. En hembras, de forma similar, para talla de 40 cm su peso teórico se registraba en 403g en 2016 y 373g en 2017 lo que si bien son pequeñas bajas (7-8%) en la tendencia central, esto habla de una condición levemente menos robusta. En general, los pesos promedio estimados a la talla en el año 2017 se encuentran situados de forma intermedia respecto de los registros históricos de estas funciones.

Las relaciones peso - longitud de merluza de tres aletas estimados con la información de crucero 2002 - 2017, 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 (**Figura 19 B**), señalándose con marcadores sólidos los correspondientes al período 2017.

5.2.4 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+ (**Tablas 18 y 19**).

La abundancia estimada del stock desovante año 2017 (158,5 millones de ejemplares) fue un 3% mayor respecto de lo encontrado en el crucero anterior (154,4 millones de ejemplares). A su vez, la biomasa estimada (72.352 t) fue un 25% menor a la del año 2016 (97.042 t) lo que indica estar ante un componente de individuos que presenta en general un peso promedio menor que el año anterior.

Se obtuvo la abundancia total en base a los procedimientos referidos en la sección acústica y se separó por sexos empleando la proporción sexual macho:hembra que entregaban los estratos de talla de los muestreos asociados a los lances de identificación en cada zona. La zona 1 abarcó los lances 1; 2; 4 y 5, la zona 2 comprendió los muestreos del lance 3 adicionados al muestreo procedente de los lances 6 al 16 y la suma de la abundancia por sexo de cada zona generó la cifra total.

La abundancia estimada en el crucero separada por sexo se presenta en la **Tablas 18 y 19**, se aprecia que existió un 57% de machos (90.646.066 ejemplares) y un 43% de hembras (67.888.616 ejemplares).



La estructura de edad está compuesta por numerosos grupos etarios, desde GE I hasta GE XXIV y se presenta agrupado en el GE24+ las edades 24 y mayores dado que se trata de observaciones escasas. Se destaca un fuerte componente de ejemplares adultos jóvenes con moda en GE V que representan 42,4% de la abundancia de machos y 34,7% en el caso de las hembras, presentando moda menos intensa que los machos. (**Tablas 18 y 19**).

El grupo modal GEV, presenta una longitud promedio de 40 cm y peso promedio de 377 g en machos y longitud promedio de 42 cm con 450 g en hembras (**Tablas 18 y 19**), se evidencia una diferenciación por sus características morfométricas a media que desarrollan su crecimiento.

En el caso de machos, la estructura presenta una moda secundaria situada en edad aún más joven que la moda principal, GEIII (15,4%, longitud promedio de 34 cm y peso promedio de 203 g). En hembras, no se presenta moda secundaria en edades menores a la moda principal, no obstante la contribución individual de los GEII, III y IV indica una mayor participación que la que aportan individualmente los grupos de edad seis y mayores.

Si bien ambos sexos presentan el grupo edad modal en GEV, el aporte de los grupos menores y mayores a esta moda se diferencian por sexo, presentando en machos una fracción de 32% de peces con edad menor que la moda en cambio en hembras se registra 27%. Los ejemplares con grupo de edad mayor a la moda principal se presentan en 26% en machos y en 39% en hembras, reflejando con ello que las hembras muestran una mayor presencia en edades mayores, lo que es una característica común de este recurso, en que se aprecia más frecuentemente hembras de mayor talla y mayor longevidad. A su vez, si se observa el caso de los peces más adultos, por ejemplo, en peces de edades mayores a GE XIII que acuden al área de desove con escasa participación en el proceso, se presentan 3% de machos y 7% de hembras evidenciando la mayor longevidad de estas últimas.

Estos aportes porcentuales de los GE relevantes a la estructura de edades del stock dejan en evidencia que si bien en la globalidad (sin considerar su edad) los machos son más numerosos que las hembras, en términos de estructura etaria son los machos a su vez los más abundantes en los GE más jóvenes.

En general, para la época de desove en 2017, en machos los grupos de edad principales (cuyo aporte es más del 5% de forma individual) correspondieron a seis grupos de edad ubicados desde GEII hasta GEVII conformando el 86% de la abundancia. También en hembras son estos mismos grupos de edad los principales, se presenta a su vez el GEIX con aporte mayor al 5% y sostienen estos siete grupos de edad un 83% de la abundancia.

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 aprecia en la práctica porque 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 18 y 19**).



Se presenta en la **Tabla 20** 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 0,24 – 0,31.

5.2.5 Serie histórica

Las estructuras de edades de las abundancias registradas en los cruceros de investigación 2001-2017 se presentan en la **Figura 20-A**, en porcentaje y en **Figura 20-B** en número de individuos. A modo de referencia se incluyó también la estructura que constituye la remoción que corresponde a la pesquería anual (período 2001 y 2016), que actúa preferentemente en el segundo semestre del año, considerando ambos sexos en común (Ojeda *et al.*, 2017).

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 (**Figura 20-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 o 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 (**Figura 20-B**), 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 parecía su evolución desde 2001 a 2006, destacándose en 2001 como GE III, y en los años sucesivos como GE IV, GE V, GE VI, GE VII y como moda muy relevante en GE VIII en 2006.

Se observa que en los años 2001- 2002 - 2003 y 2005, 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 GE X (clase anual 1998), representando un 10% de la abundancia (**Figura 20-A**) y se registró además un ingreso notable del GE IV (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 el 2009, se confirmó la clase anual 2004 encabezando la moda estructural, correspondiendo a una marcada moda principal (GE V, **Figura 20-B**). El crucero de investigación que permite la visita a la zona en el mes de agosto no se realizó durante el 2010 y el crucero de investigación 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 GE VIII 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 GE IV (ca08) y es esta misma ca08 la que se presenta de forma modal de adultos jóvenes como GE V en 2013 y GE VI 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 GE IV destacado en 2014, pasa a conformar el GE V en 2015 el cual es modal en la estructura del stock de ese año y luego en 2016 como GE VI 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 GE III 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 estructura de la abundancia en 2017, el 39% lo conforma el GE V, este alto porcentaje nunca antes lo había registrado un grupo de edad en la serie estudiada. Este GE V correspondiente a la ca12 que tuvo presencia importante en los dos años anteriores en que se visitó la zona para evaluarla como GE IV en 2016 y GE III en 2015.

En la **Figura 21**, se muestra la estructura demográfica separada por sexo de la serie de dieciséis 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*, 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.

En cuanto a los años 2004 y 2006, son los 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 la marca de clase 42-50 cm. Desde el año 2008 al presente, la estructura de tallas se registró fuertemente conformada por peces menores a 50 cm.

La **Figura 21** permite apreciar el predominio de los machos en las clases de talla menores o iguales a 50,5 cm, señalando con ello la mayor vulnerabilidad de los ejemplares machos ante el arte de pesca de arrastre que, si bien para el crucero de investigación el arte va preparado para evitar escape a través de las mallas, en la pesquería también se presenta la saturación del paño, lo que hace un efecto similar.

En relación a los grupos de edades, la clase anual que nació en 1998 (ca98), es un ejemplo de secuencias que se siguen en forma notable a través del tiempo, ya sea se observe separado por sexos o para ambos en conjunto, (**Figuras 19 y 20**), esta clase muestra una estabilidad en el paso secuencial año tras año. No así otras clases anuales en que, si bien se destacan y pueden seguirse parcialmente en su continuidad, pueden corresponder a adultos con un sistema de migración diferente, como se mencionó anteriormente.

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 o menos exitosas en el desarrollo de su vida, dependiendo de las condiciones medioambientales que hayan favorecido su supervivencia y desarrollo.

5.2.6. Caracterización de la abundancia

5.2.6.1 Proporción sexual de la abundancia

La composición interna de la abundancia que se concentra en el área de desove presenta proporciones de machos y hembras (razón m:h) que han variado a través del tiempo. Esta relación, número de individuos llevados a proporción m:h, se entrega en la **Figura 22**, donde se puede observar a los machos representados como 1, y las hembras con un valor por bajo o sobre este, según se encuentren en menor o 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 de proporción 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 cruceros de evaluación del stock desovante de los años 2014 a 2016, esta relación acentuó la diferencia en proporción registrándose 1:0,5; 1:0,4



y 1,0.5 respectivamente, lo que indicó mayor precariedad en las hembras, en cambio en 2017 la proporción de hembras subió siendo 1:0,7.

En la **Figura 23** se presenta la abundancia del stock desovante para merluza de tres aletas, separado por sexos. Desde 2001 y en el período inicial en que se realizó cruceros de investigación, sin considerar los años 2004 y 2006 en que se llegó con desfase al período de máximo del desove, se aprecia una secuencia de abundancia decreciente en ambos sexos, con la característica de presentar abundancia entre machos y hembras relativamente similares hasta 2007. Desde 2008 al presente ocurren situaciones diferentes, en 2008 la abundancia de machos sube y la de hembras baja y esto se continúa en 2009 en que la abundancia de machos sube aún más marcadamente y la de hembras se mantiene similar al año anterior.

En la secuencia, el año 2010 corresponde a un año en que no se realizó el crucero de investigación y en los años siguientes, desde 2011 a 2014, es un período que se caracteriza por abundancia por sexo descendente y con marcada diferencia en magnitud entre sexos, siendo las hembras las que han disminuido su abundancia en mayor medida. En 2015, el alza de la abundancia y la disparidad entre sexos se asimila a lo observado en 2009, año en el cual se marcó un punto de referencia de disminución del stock según sexo, con la característica adicional que en el presente esa abundancia se concentra en ejemplares de menores edades como parentales. En el crucero 2016, la situación fue similar, presentando marcada diferencia en la proporción componente sexual del stock, siendo los machos los que visitaron el área en notable mayor número, situación que continúa observándose en 2017 pero con menor intensidad.

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.

5.2.6.2. Edad mediana en 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 edades medianas de machos y de hembras para la época en que se realiza el crucero de evaluación del stock desovante.

Se observa en general, que la edad mediana 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 o 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 en 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 del 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 mediana para machos fue 11 y para hembras 14, en cambio antes del 2006 su diferencia era de aproximadamente un año.
- Las edades medianas en ambos sexos han descendido notablemente, registrándose en 2015 una edad mediana del stock desovante de cinco años en machos y hembras
- En 2016 se presenta un incremento de la edad mediana registrándose en edad seis en machos y ocho en hembras, no obstante, en 2017 continúa su descenso histórico, situándose en los cuatro y cinco años.

5.2.7. 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.b), la estructura del stock estimado de merluza de tres aletas que es mayor o igual a 36,5 cm corresponde a 80% en machos y 87% en hembras, porcentajes menores a lo observado en otros cruceros (fracciones de stock maduro mayores a 95%)

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 una ilustración de la fracción de peces maduros en relación a la edad observada en las muestras analizadas, incluyendo diez años en que se realizó crucero de investigación en la zona (**Figura 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 (vírgenes) 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 o su reclasificación como “maduros” no obstante, en esta sección del Informe se presenta la relación de la edad con el estado de madurez macroscópico.

Los machos maduros de menor edad correspondieron a GE II, desde allí en adelante, los peces en esta condición (maduros), se prolongan hasta la edad máxima observada en este crucero que es GE XXI, lo cual deja de manifiesto 20 clases anuales visitando la zona de desove para formar parte del proceso reproductivo.

Las hembras de menor edad que se encontraban en estado maduras pertenecían al GE III, presentándose ejemplares en la zona de desove hasta GE XXV, lo que brinda 23 clases anuales que participan del proceso reproductivo.

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 2017 GE_{50%} en 2,8 años (**Tabla 21**).

Las hembras en cambio, alcanzan su madurez (50%, FHM) a edades mayores que los machos, observándose entre 2,0 hasta 4,7 años y registrando en 2017 GE_{50%} en 3,1 años (**Tabla 21**).

Para el año 2017, según sexo, los GE_{50%} indicados precedentemente de 2,8 en machos y 3,1 en hembras equivalen a talla media de 34-35 cm, valores obtenidos en base a la estructura etaria presentada en la **Tablas 17 y 18**.

Para lo estudiado en el período de desove 2017, las fracciones de peces inmaduros corresponden a 7% del stock presente en el área evaluada y corresponden a aquellos ejemplares 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 – 2017 se presenta en la **Figura 26**, en donde se aprecia de forma gráfica el desplazamiento de GE_{50%} en los diferentes años, registrándose este parámetro entre los grupos de edad II y IV para machos y entre los grupos II y V para hembras.

5.2.8.- Concordancia entre las estimaciones de madurez gonadal macroscópica y microscópica.

Dado que todo lo mencionado en ajustes de curvas edad versus clasificación de estado de madurez que procede de observaciones macroscópicas de las gónadas, es de interés tener presente el grado



de concordancia que se tiene entre la clasificación de peces “maduros” o “inmaduros” de acuerdo a las estimaciones que se realiza mediante:

- observación macroscópica de las gónadas: correspondiente a la observación *in situ* que realiza el observador científico.
- observación microscópica de las gónadas: corresponde al estudio empleando técnicas histológicas que se realizan en el Laboratorio de la especialidad. Conducido por el investigador Eduardo Díaz R. (IFOP, Base Iquique)

Se empleó la data histórica 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 señalan en Saavedra *et al.*, 2015. Cada año arrojó que entre el 95% al 99% de las observaciones son coincidentes, es decir, que la clasificación macroscópica es avalada por la clasificación microscópica en el rango de clasificación de peces maduros e inmaduros, lo que da una base que permite señalar que las ojivas de edad versus madurez macroscópicas cuentan con apoyo en la clasificación de acuerdo a las observaciones microscópicas (por histología).

Por otra parte, es importante destacar que el análisis histológico es preferible (Saavedra *et al.*, 2012.b; 2015) a la clasificación que se realiza en el trabajo de campo (macroscópica). 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.

5.3 Objetivo específico 2.3.

Caracterizar la actividad reproductiva de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los datos obtenidos en los lances de identificación. Sección merluza de tres aletas.

Los indicadores reproductivos se respaldaron en 1.136 ejemplares de merluza de tres aletas (machos: 598; hembras: 538), los que fueron muestreados en 14 lances de identificación, de los cuales, 522 ovarios se analizaron a través de la técnica histológica para confirmar apreciaciones de las observaciones macroscópicas. Las tallas de los ejemplares estudiados fluctuaron entre los 27 y 67 cm. LT en hembras y 28 y 63 cm LT en machos.

5.3.1 Índice gonadosomático

El valor promedio del IGS para los machos fue de 8% (d.s = 6,2) y en las hembras de 13% (d.s = 7,6), al separar los tamaños mayores a 35 cm, que representan a las tallas consideradas sexualmente maduras (Saavedra *et al.*, 2009), el IGS señaló 9% (d.s = 6,0) en machos y un 14% (d.s = 6,9) en hembras, hecho que mostró en ambos sexos, que los valores no se vieron fuertemente influenciados,



debido a la menor presencia de juveniles en la muestra (**Tabla 4**). La dispersión de los valores del índice, se explica por la coexistencia de ejemplares, en liberación de gametos e inmaduros.

El IGS medio de la fracción parental ≥ 36 cm LT en las tres zonas de estudio (Taitao, golfo de Penas-Ladrillero, Trinidad-Concepción), arrojó valores que fluctuaron en los machos desde 11% en Trinidad-Concepción a 8% en golfo de Penas-Ladrillero (**Tabla 22 y Figura 27**), en las hembras fluctuaron solo entre 15% en Taitao y 13% en las áreas de golfo de Penas-Ladrillero y Trinidad-Concepción. (**Tabla 22 y Figura 28**). El análisis de varianza tomando como factor las zonas, indicó que las diferencias significativas del IGS se dieron en ambos sexos, con una mayor relevancia en los machos ($KW=14,64$; $p=0,0007$); mientras que en las hembras los valores indican $KW=7,798$ $p=0,0203$. El test de comparación múltiple de Dunn evidenció que la Zona de Taitao, diferencias significativas con las otras dos zonas para los machos, mientras que para las hembras varía significativamente solo con golfo de Penas-Ladrillero.

El Indicador por grupos de tamaños mostró un incremento positivo en todos los ejemplares estudiados, en los machos y hembras las medianas variaron significativamente ($p<0,05$) a partir de los 36-40 cm (**Figura 29**).

La prueba de Kruskal-Wallis para la distribución de los valores de IGS, para hembras en relación a la profundidad se analizó en 13 niveles, entregando diferencias significativas (**Figura 30**). En los machos se analizaron 14 niveles que presentaron diferencias significativas, entre las variables IGS y profundidad con un $p<0,05$ con un 95% de Confianza.

5.3.2 Análisis macroscópico

5.3.2.1 Estadios de madurez sexual (EMS)

El análisis macroscópico de madurez demostró similares condiciones en ambos sexos, en los machos se observaron cuatro fases, desde inactivos (virginales e inmaduros; EMS I y II) a activos sexualmente (EMS III y IV), representados con 11% y 88%, respectivamente. (**Tabla 23**). En las hembras se observó un 90% de los ovarios en maduración, 10% (EMS II) de ovarios inmaduros, y 30% de los desovantes en (EMS IV). (**Tabla 23, Figura 31**).

Al agrupar las fases de actividad (EMS III+IV), el 88 % de los machos y 89% de las hembras se encontraron activos sexualmente. Los ovarios maduros (EMS IV) se representaron en un 30,2%. En tanto, no se observó el término del evento reproductivo (EMS V) en ambos sexos (**Tabla 23, Figura 31**).

El análisis de los resultados macroscópicos señaló que una fracción mayoritaria de merluza de tres aletas se encontró en desarrollo avanzado del proceso reproductivo, principalmente en fase de maduración avanzada.



5.3.3 Análisis microscópico

5.3.3.1 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).

5.3.3.2 Estadios de madurez sexual (EMS)

El análisis histológico de los ovarios evidenció 44% de las gónadas está en maduración avanzado (EMS III), seguido de 27% de ovarios hidratados (EMS IV). Los virginales con 9% e inmaduros (EMS II) con 2% de las muestras analizadas y un 2% (EMS VI) de los ovarios se observó regresión folicular indicando el término del evento reproductivo (**Tabla 24**).

En las fases histológicas agrupadas (EMS II-V) el 88% de las hembras se encontraron en actividad reproductiva, de las cuales, 42% presentó evidencia de desove (EMS IV y V), con 22,2% más de ocurrencia de desove que el año 2016.

De acuerdo al análisis histológico de las gónadas, la predominancia la presentaron hembras sexualmente activas con 88%, la fase de maduración tardía (EMS III- 44%) fue la más representada. Conjuntamente con 42% de los ovarios en fase de desove (EMS IV-V) y 2% está en fase regresión (término del desove), permiten señalar que la merluza de tres aletas se encontró en plena actividad reproductiva, en el momento de la prospección. (**Tabla 24**).

La frecuencia de fases gonadales por 7 grupos de tamaños de las hembras (**Figura 32**) mostró que tallas menores a 36 cm los estadios predominantes son virginales (EMS I) con 92%, en el segundo estrato de talla 36 a 40 cm la fase de maduración tardía (EMS III) con 58% representa más número de hembras en comparación con los grupos de tallas superiores a 36 cm, quienes en conjunto representan el 44% en esta fase. Las tallas desde 36 cm hasta 67 cm presentan el 88% de las hembras activas. Respecto a la incidencia desove (EMS IV-V) comenzó en el grupo de los 36-40 cm, pero destacando el grupo de hembras entre 41 y 64 cm.

La distribución reproductiva de las hembras en sus distintas fases, según el tamaño y la profundidad de los lances (**Figura 33**), evidenció que los ejemplares virginales e inmaduros (EMS I-II) <41cm, se distribuyen principalmente entre los 253 y 417 m de profundidad. La fase de desarrollo predominante (EMS III) >36cm presenta una amplia distribución en toda la columna de agua 168 y 417 m. de profundidad, pero concentrándose un grupo a los 204 m profundidad con 20,1% de los ejemplares capturados. En las hembras en fase de hidratación (EMS IV) y en desove parcial con FPO (EMS V) >40 cm están presentes en toda la columna de agua 168 y 417 m profundidad.



La distribución de las fases microscópicas según el factor geográfico por grados de latitud del área de estudio (**Figura 34**), las hembras virginales (EMS I) se observaron desde los 47°S hasta los 50°S; (EMS II) se observó entre los 47° y 49°S. Las fases de maduración tardía (EMS III) e hidratadas (EMS IV) se encuentran presente a lo largo de toda el área de estudios (46°30' a los 51°00'). Las hembras en desove parcial (EMS V) y desovadas (EMS VI) se presentan desde los 47° a los 51°S.

El análisis de la incidencia de las fases histológicas de las hembras distribuidas en las tres zonas (**Tabla 6 y Figura 35**) mostró similares condiciones reproductivas. En dos zonas más septentrionales reportó presencia de virginales (EMS I) con un 9.6%, el área que más se concentró fue, golfo de Penas - Ladrillero. Los estados inmaduros (EMS II) fueron de baja frecuencia en las tres zonas de estudios con un aporte de 1,3%. La fase de maduración tardía (EMS III) su frecuencia fue predominante en la zona de Taitao con el 70% de las hembras activas. Las hembras en fase de hidratación (EMS IV) en toda el área fue de 27% siendo el área de mayor concentración Trinidad-Concepción. En la fase desove parcial (EMS V) las hembras estuvieron representadas en las tres zonas con una incidencia de 15%, siendo la zona Trinidad -Concepción, la tuvo más presencia en esta fase. El termino de evento reproductivo con la fase de desove y regresión (EMS VI) se presentó en las tres áreas con una incidencia de 2%, si bien es baja su representatividad, está se observó mejor representada en las hembras de la zona de golfo de Penas – Ladrillero.

Del análisis microscópico, la merluza de tres aletas en las tres áreas prospectadas, se encontró en plena actividad reproductiva, en madurez avanzada 44%, hidratadas 27%, en desove 15%. La zona de Taitao representó el mayor número de hembras reproductivamente activas. La actividad reproductiva aumentó desde el grupo de tallas de 36-40 cm en adelante. Los ejemplares virginales correspondieron mayoritariamente a tallas menores de 36 cm. (**Tabla 24, Figura 35**)

5.3.4. Comparación entre el estimado macroscópico y microscópico de estadios de madurez sexual

La determinación de fases macroscópicas es concordante en fases de maduración avanzada y desove, debido al fácil reconocimiento morfológico de la gónada. Por su parte, las diferencias más importantes se dan en las fases virginales e inmaduros residentes, debido a la dificultad de su clasificación solo por morfología externa. Para los efectos de cálculo de ojiva de madurez y fecundidad es indispensable la utilización histológica, debido a la precisión que presenta al detectar aquellos ovarios con folículos post-ovularios, aquellos que están en maduración y sin atresia masiva (**Figura 36**).

5.3.5 Variable índice gonadosomático con relación al EMS microscópico

La distribución de los valores IGS en relación a las fases ováricas de estados virginales (EMS I) e inmaduros (EMS II) varió de un 9,5% a 1,34% respectivamente, el CV 95,8% muestra la alta dispersión de datos en torno a esta última fase ovárica. Los estados de maduración tardía (EMS III) el índice cambia fuertemente siendo representado con 44,4%, fase predominante de la condición reproductiva para el 2017. En las fases de hidratación (EMS IV) y desove parcial (EMS V) los valores de IGS



disminuyeron a niveles de ovarios vitelados tardíos (EMS III). Los CV para estas fases se mantuvo sin mayores variaciones indicando que existe una menor dispersión de los datos del índice en estas fases de desarrollo. Por último, la fase de regresión (EMS VI) presenta los valores bajos con un 2,3% indicando término del desove donde se espera que los valores de IGS caigan marcadamente (**Figura 37**).

5.3.5.1 Ojiva de madurez

Para el ajuste de la ojiva de madurez por talla (LT) se contó con 521 registros histológicos de madurez con longitudes que varían entre los 27 y 67 cm LT, sin embargo, en el espectro de tallas entre 27 y 37 cm. estuvieron menos representadas, dificultando el ajuste de la ojiva, en los ejemplares virginales e inmaduros (**Figura 38**). Por su parte, al igual que años anteriores, se reporta un ajuste referencial que compila la información de evaluaciones del 2001 al 2017, con las implicancias de agrupar distintos pulsos de agregaciones reproductivas. El ajuste se sustentó de 9.297 registros histológicos, cuyas hembras presentaron tamaños entre 22 y 65 cm LT.

El estimado de la talla de madurez ($L_{50\%}$) de las hembras para los datos del 2017 fue de 35,2 cm, con un intervalo de confianza del 95% entre 32,6 y 36,3 cm. Los parámetros β_0 y β_1 de la ecuación logística tomaron valores de 21,843 y 0,624 respectivamente. Por su parte, el estimador de la serie de tallas del 2001-2017 fue 36,0 cm LT (**Tabla 25**).

Para estimar la edad media de madurez se realizó la lectura de otolitos a 430 hembras que fueron analizadas histológicamente. El rango de grupo de edad abarcó entre 2 y 25 años.

Los resultados de las hembras maduras de menor edad es grupo (GE) 3 años. El ajuste de la edad media de madurez ($E_{50\%}$) es de 3,1 años. Los parámetros (β_0 y β_1) que describen la ecuación logística alcanzaron valores de 9.3519 y 3.033, respectivamente (**Figura 39**).

5.3.5.2 Fecundidad

Para el cálculo de fecundidad total se seleccionaron microscópicamente 98 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 presenta 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 55.720 (42 cm; 390 g) y 886.888 (63 cm; 1.400 g). El potencial de fecundidad total promedio fue de 264.807 ovocitos (CV 76,6%), cifra 2% menor al año 2016. Por su parte, la fecundidad relativa promedio fue 360 ovocitos por gramo de peso corporal menos el peso del ovario con un CV de 33,2% fluctuando entre 140 y 649 ovocitos, valor que presentó 8,6% menos para el valor mínimo y un aumento del 12 % para el valor máximo con respecto al año 2016. La (**Tabla 26**) muestra el valor estimado para la fecundidad durante la serie de tiempo 2001-2017 según las distintas campañas hidroacústicas.



La fecundidad total en función del peso corporal presentó un mejor ajuste para el modelo lineal y longitud total presentó un mejor ajuste al modelo potencial (**Tabla 27; Figuras 40 y 41**).

Los promedios de fecundidad total en el marco de las prospecciones entre los años 2001 y 2017 variaron significativamente ($F_{\text{calculado}} = 37,6$; $F_{\text{crítico}} = 1,67$ ($P < 0,05$)), donde el estimado 2017 no varió significativamente con los últimos 4 años ($p > 0,05$). Por su parte, la fecundidad relativa promedio también presentó variabilidad interanual significativa ($F_{\text{calculado}} = 75,2$; $F_{\text{crítico}} = 1,67$ ($P < 0,05$)), donde el estimado 2017 varió con el 2014 ($P < 0,05$).

5.4 Objetivo específico 2.4.

*Caracterizar la fauna acompañante de la merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los datos obtenidos en los lances de identificación, en el área y período de estudio. **Sección merluza de tres aletas.***

5.4.1. Proporción de captura

Durante el crucero fueron capturadas e identificadas un total de 14 especies. La fauna presente en la zona de estudio está compuesta, principalmente, por dos especies: merluza de tres aletas y merluza de cola. Ambas representaron el 93,7% de la captura obtenida en la zona, seguidas en importancia por cojinoba y merluza del sur, las que en conjunto aportan con el 5,1%. Otras especies estuvieron presentes en muy baja proporción, representando el 1,2% de la captura total obtenida durante el crucero (**Figura 42**). La fauna acompañante de merluza de tres aletas durante el crucero, estuvo compuesta en 84,4% por merluza de cola, la especie con la representación más alta de las 14 especies observadas.

Según la división del área de estudio, para la subzona 1 se observó un dominio de las especies merluza de tres aletas y merluza de cola, sumando 98,7% entre ambas, las otras especies observadas representaron el 1,3% restante (**Figura 43a**). La subzona 2 muestra un dominio de merluza de cola y cojinoba con un 89,7%, mientras que merluza de tres aletas representó el 4,5% del total de la captura, merluza del sur el 3,4% y el resto de especies menos del 1% (**Figura 43b**). La subzona 3 presentó un 52,2% de merluza de tres aletas, 42,3% de merluza de cola, 3,1% de merluza del sur, 1,3% de reineta, y las especies restantes valores inferiores a 1% (**Figura 43c y 44**).

La distribución batimétrica de las especies observadas, mostro que en el primer veril (100-150 m) se observó dominancia de merluza de tres aletas con un 63,1%, en el veril 2 (151-200 m) se observó a merluza de cola 56,0% (201-250 m), en el tercer veril se observó reineta con un 100% de representación, en el cuarto veril (251-300 m) merluza de tres aletas (32,3%), merluza de cola (33,7%) y cojinoba (24,9%), observándose la presencia de ocho especies, en el quinto veril (301-351 m) se observó la presencia de 9 especies con una dominancia de merluza de cola con 72,5% de representación, en el sexto veril se observó la presencia de 11 especies, pero el dominio fue de



merluza de tres aletas con un 60,6%. Demostrando con ello la plasticidad batimétrica de merluza de tres aletas y merluza de cola, las especies principales observadas en el área de estudio (**Figura 45**).

5.4.2. Parámetros comunitarios

La identificación de asociaciones faunísticas en la zona se llevó a cabo por medio de técnicas multivariadas, como un análisis de clasificación por conglomerados (*cluster analysis*) y de ordenación (NMDs). Ambas técnicas trabajan sobre una matriz de abundancia relativa de las especies más representativas, en términos de la ocurrencia de éstas en los cruceros efectuados desde el año 2000 al 2017. En los análisis las especies se agruparon por: cruceros, cruceros-subzonas y cruceros- veril de profundidad.

a) Cruceros

El análisis de clasificación identificó tres grupos con niveles de similitud superiores al 70%. El grupo 1 contiene solo el crucero realizado durante el año 2003. El grupo 2 contiene los cruceros realizados en los años 2001, 2002, y desde el 2005 al 2008, mientras que el grupo 3 está formado por los cruceros realizados durante los años 2004-2009, y de 2011 a 2017 (**Figura 46**). El análisis de ordenación muestra concordancia en la formación de estos grupos, al mismo tiempo, que se observa el alto grado de similitud que existe entre cada una de las diferentes entidades (**Figura 47a**). Desde el punto de vista de la fauna asociada a los conglomerados, se observa que los conglomerados principales (grupo 2), está caracterizado por merluza de tres aletas, lo cual concuerda con los años en que esta especie dominaba ampliamente en la zona. El grupo 3 presenta mayor riqueza de especies entre las que destacan reineta, brótula, congrio dorado, calamar y mictófidis, años en que la dominancia de especies ya no es de la merluza de tres aletas (**Figura 47b**).

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

$R = 0,8255$ (*valor-p* < 0,001). Este método de validación estadística se realizó para verificar diferencias entre las agrupaciones resultantes.

b) Cruceros-Subzonas

El resultado gráfico del análisis de clasificación identifica cinco grupos con niveles de similitud superiores a 60%, estos grupos se construyen gracias a los distintos niveles de asociación de una subzona con otra, determinada por la composición de especies observada dentro de cada subzona por año. En la **Figura 48**, se observa la composición de 5 grupos. El grupo 1 incorporó solo a la zona 1 del año 2007, el grupo 2 incluye a las zonas 3 de los años 2003 y 2013 y el grupo 3 a las zonas 1 y 2 del año 2003, además de la zona 3 del año 2007, el grupo 4 incorpora principalmente a las zonas 1



y 2 entre los años 2009 hasta 2017, el grupo 5 incluye a las 3 zonas entre los años 2001 a 2008, mostrando similitud en la composición de los 5 grupos descritos.

El análisis de ordenación muestra la equivalencia que existe en la formación de los cinco conglomerados, respecto a la continuidad espacial y niveles de similitud en cada grupo (**Figura 49a**). Se destaca la fauna que integra los conglomerados 1 y 2 está caracterizada por tener incidencia significativa de merluza de tres aletas principalmente, el grupo 3 especies como reineta, brótula, calamar, congrio dorado, cojinobas y jibia, mientras que en el grupo 4 domina la presencia de merluza del sur y merluza de cola y mictófidis, respecto de las otras especies (**Figura 49b**).

El análisis de similitud de una vía, obtenido a partir del resultado del análisis de clasificación, entrega un $R = 0,7032$ (*valor-p* = 0,001), evidenciando que las agrupaciones resultantes no presentan diferencias estadísticas significativas.

c) Cruceros-Veril

El análisis de clasificación discriminó cuatro grupos con similitudes superiores al 55%. La distribución batimétrica mostró para el grupo 1 solo al veril 1 del 2004, el grupo 2 incluyó a los veriles 4 y 5 de los años 2004 y 2005, encontrando similitudes en la composición de especies entre los 250 y los 350 m, mientras que el grupo 3 se compone principalmente de los veriles 1, 2 y 3, con profundidades entre 100 y 250 m, de los años 2001 al 2009, mientras el grupo 4 incluyó principalmente a los veriles 3, 4, 5 y 6, de los años 2011 al 2017 (**Figura 50**). El análisis de ordenación da una mejor visión del nivel de similitud que existe entre los conglomerados (**Figura 51a**). La fauna que caracteriza los conglomerados, indica que dentro del grupo 3 la especie dominante fue merluza de tres aletas, con cardúmenes monoespecíficos característicos de esta especie, en el grupo 4 se observa mayor riqueza de especies, congrio dorado, brótula, tollo, mictófidis y merluza austral, las cuales habitan asociadas a mayores profundidades (**Figura 51b**).

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 $R = 0,6129$ (*valor-p* < 0,001).

5.5 Objetivo específico 2.5.

Caracterizar la composición alimentaria de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio. Sección merluza de tres aletas.

Se analizaron 680 estómagos de *Micromesistius australis*, provenientes de los muestreos realizados en los lances de pesca de identificación en el área de estudio, de los cuales 186 presentaron algún tipo de contenido, lo que indica que sólo 27,3% de los estómagos analizados permitió inferencias sobre la dieta de la especie (**Figura 52**).



5.5.1 Dieta general de *Micromesistius australis*

La merluza de tres aletas exhibió una dieta basada en 4 especies presas, basada casi exclusivamente de mictófidios (**Figura 53**), con un 76,36% de PSIRI. *Bathylagichthys parinni* le sigue en importancia con 21,3% PSIRI. En términos de número, peso y frecuencia, los MYC fueron la presa de mayor importancia para la merluza de tres aletas, superando el 60% de contribución.

5.5.2. Isotopos estables (SIA)

En relación a las concentraciones de la estabilidad isotópica de los predadores estudiados, se observó que la merluza austral presentó valores de $\delta^{13}\text{C}$ $-16,92 \pm 3,24$ y de $\delta^{15}\text{N}$ $18,96 \pm 1,36$. En tanto la merluza de cola $\delta^{13}\text{C}$ $-15,10 \pm 1,07$ y de $\delta^{15}\text{N}$ $17,31 \pm 1,61$ y la merluza de tres aletas $\delta^{13}\text{C}$ $-17,84 \pm 2,46$ y de $\delta^{15}\text{N}$ $14,35 \pm 3,23$.

La merluza de tres aletas (MTA) da cuenta que es un predador que se alimenta en la superficie y también meso pelágicamente. En cuanto al hábitat inferido por SIA, el “biplot” (**Figura 54**), mostró que la merluza de tres aletas presenta una conducta bento-pelágica, debido a su amplitud de $\delta^{13}\text{C}$ ($\sim 17 - 20$), en tanto la merluza cola y del sur presentaron un tipo de comportamiento bento-demersal. Los sexos de las tres especies no presentaron ningún tipo de diferenciación isotópica ($p > 0.05$), por lo que se infiere una alimentación similar.

5.5.3. Alimentación de *Micromesistius australis* por tallas

La merluza de tres aletas presentó preferencia por dos grupos de presas, BATY con 59,2% y MYC con 39,6% (**Figura 55**). Los tres grupos de tallas presentaron valores similares en el porcentaje de contribución siendo MYC la presa de mayor importancia con 76% para G1, 75,5% para G2 y 77,1% para G3 (**Figura 56**). al comparar la dieta de los grupos, el análisis de PERMANOVA mostró que no existen diferencias ($F=1,348$; $P=0,2468$).

5.6 Objetivo específico 2.6.

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

5.6.1 Resultados generales agregaciones merluza de tres aletas

El resumen de la información de cada descriptor o variable original se entrega en la **Tabla 29** 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 616 m (CV 0,74), una altura de 24 m (CV 0,62), una relación de aspecto o elongación de 29 (CV 0,85), perímetro de 5.781 m (CV 0,89), área de 17.351 m² (CV 1,09) y un valor de la dimensión fractal de 1,52 (CV 0,12).

Batimétricamente las agregaciones presentaron una profundidad promedio de 213 m (CV 0,19) con profundidad promedio del fondo de 281 m (CV 0,31). El índice de altura, que permite ubicar las agregaciones con respecto al fondo del mar, presentó un valor promedio de 21% (CV 0,64).

El valor promedio de energía retrodispersada alcanzó los 60.598 s_A (CV 2,89) y la densidad relativa acústica medida en s_A/m², promedió 10,8 (CV 3,01). El alto valor promedio de los s_A y de la densidad se debe a una agregación que alcanzó los 945.351 s_A el cual es el registro más alto obtenido en todos los cruceros de prospección.

5.6.2 Descriptores según zona.

Los resultados obtenidos al separar las agregaciones detectadas por zona se entregan en la **Tabla 30**. Se grafican los valores medios obtenidos con sus respectivos intervalos de confianza. La **Figura 57** muestra la gráfica de los valores medios y sus respectivos intervalos de confianza de las variables morfométricas por zona, de éstas se desprende que en la zona 1 se detectaron en promedio agregaciones de mayor largo, alto, perímetro y área que en la zona 2, aún cuando las diferencias no son significativas, mientras que las variables batimétricas tampoco presentan grandes diferencias entre zona (**Figura 58**). El mayor número de agregaciones se ubicó en la zona 1 (25 vs 7 en la zona 2), que correspondió a la zona de desove y por ende la zona de mayor concentración del recurso, a raíz de lo cual también se obtiene significativamente un mayor valor promedio de s_A y de densidad relativa (**Figura 58**).

5.6.3 Descriptores según rango de fondo

La **Tabla 31** entrega los valores promedios, desviación estándar y coeficiente de variación de los descriptores para cada rango de fondo. Se debe consignar que solo una agregación fue detectada en el rango de 500 m por lo que se incorporó en el rango de 400 m. Los mayores valores promedio de largo, alto, área se presentaron en el rango de 300 m (**Figura 59**), no observándose alguna tendencia clara de aumentos o decrementos asociados al rango de fondo.

La profundidad promedio de agregaciones sí presenta una tendencia a profundizarse ante aumentos del fondo para estabilizarse al llegar al rango de 300 m, mientras que el índice de altura aumenta notoriamente a medida que aumenta el rango de fondo, indicando que las agregaciones se encuentran más distanciadas del fondo a mayores profundidades, pero debido al aumento del fondo (**Figura 60**). Los descriptores de energía s_A y densidad relativa presentan su mayor valor promedio en el rango de 400 y 100 m, no observándose en esta oportunidad alguna tendencia. (**Figura 60**).

5.6.4 Resultados análisis componentes principales



La matriz de correlaciones presenta las asociaciones más fuertes ($r > 0,70$) entre las variables: largo-perímetro, alto-área, largo-área, fondo-Índice altura, y perímetro-área, respectivamente (**Tabla 32**). La **Tabla 33** 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 81,6% de la variabilidad total.

La **Tabla 34** entrega los valores de las correlaciones de las variables originales con los componentes principales, en ésta se observa que el largo, perímetro, 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. 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 energía retrodispersada con bajos valores de elongación y de menor longitud, mientras que el cuarto componente agrupó a las agregaciones de mayor densidad.

5.6.5 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. 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, observándose una tendencia a disminuir la profundidad promedio junto a una disminución en la profundidad del fondo los últimos dos años, implicando un mayor acercamiento a la costa del recurso a partir de 2016 (**Figura 61**).

Este año, al igual que en 2016 se observó un aumento importante en los s_A promedio respecto al año anterior y al promedio de la serie histórica, explicado por una agregación que presentó un valor extraordinariamente alto de s_A (el mayor de la serie histórica) en la zona de desove, lo que generó a la vez que el valor de densidad presenta también el máximo histórico de la serie, con tendencia al alza a partir de 2015 (**Figura 61**).



6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El crucero se inició el 28 de agosto en el límite norte del área (con un desfase temporal de 10 días más tarde respecto al año 2016), realizándose una exploración para verificar la entrada del stock desovante, dados los antecedentes observados *in situ* los últimos cinco 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 altas densidades de merluza de tres aletas presentando las características observadas históricamente en esta especie en su momento de desove masivo, esto es, altas concentraciones en un sector reducido de área. Conociendo estos antecedentes, se realizó una prospección intensiva dentro del área comprendida entre el 46°30'S y el 47°10'S, durante los días 30 y 31 de agosto, con el fin de evaluar el foco reproductivo frente a la zona de la península de tres montes, sector golfo de Penas, donde se ha observado esta especie históricamente, detectándose el núcleo principal de desove entre las latitudes 46°50'S y 47°07'S.

De acuerdo a esto la biomasa preliminar estimada de merluza de tres aletas, considerando el método geoestadístico, alcanzó las 72.352 toneladas (CV=21,5%) y la abundancia alcanzó los 158,5 millones de individuos (CV=23,8%), obtenidos a partir de la relación talla-fuerza de blanco estimada por Lillo *et al.* (1996) y que se ha utilizado 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 representan una disminución del 25,4% en biomasa y un aumento de 2,6% en abundancia, reflejándose en mayor presencia de individuos de menor talla, que lo observado durante el año 2016.

Los estimados de biomasa y abundancia de merluza de tres aletas no pueden analizarse sin considerar la dinámica espacial postulada por Lillo *et al.*, 1994 que asoció la presencia de este recurso en el Pacífico suroriental a un pulso migratorio de carácter reproductivo, el cual 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 realiza el crucero se evidencia en la **Figura 5** al revisar las distribuciones observadas del recurso en el área y sus respectivos CG obtenidos, lo 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. También, hasta el año 2009 los estimados de biomasa y abundancia si bien venían con tendencia a la baja respecto a los estimados de los primeros años de la serie, aún se mantenían sobre las 100 mil toneladas con abundancias cercanas a los 170 millones de individuos, según se observa en las **Figuras 62 y 63**.

Este cambio observado en los últimos seis 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 corresponde al stock “residente”, o al pulso migratorio disminuido más la fracción residente en aguas chilenas. La evidencia indica que desde el año 2012 la fracción más adulta del pulso migratorio (54-60 cm) pierde importancia en la estructura de tallas acostumbrada a encontrarse



en el área de desove, siendo reemplazada por individuos de tallas entre 42-46 cm. La **Figura 64**, muestra una baja sistemática en el peso promedio para dicho período de años, esta disminución en los valores de la serie de peso promedio, estaría demostrando que ingreso del pulso migratorio efectivamente, no es tan presente como en años anteriores a 2012.

La composición de tallas adultas de merluza de tres aletas registrada durante el año 2017 tendió estar desplazada a la izquierda respecto del año 2016, comprendiendo una moda adulta (38-47 cm) menor respecto de los años 2013-2016 (Saavedra *et al.*, 2014, 2015, 2016 y 2017), caracterizado por bajas biomazas y una concentración del recurso en un área muy reducida localizada al norte del área de estudio y en un período hacia fines del mes de agosto. Sin embargo, la presencia en el área de estudio de la fracción adulta migratoria con tallas superiores a 50 cm que caracterizó el proceso reproductivo durante la mejor condición de biomasa del recurso (Lillo *et al.*, 2002, 2004, 2005, Lillo y Paillamán, 1995; Lillo y Céspedes, 1998), ha tendido a disminuir su presencia, llegando a aportar en el 2017 con el 29% de la estructura de talla.

La caída de la fracción adulta sobre los 50 cm que marcó el ingreso migratorio del recurso a aguas chilenas por el patrón reproductivo, podría estar explicando con la baja de abundancia y biomasa que ha registrado la fracción desovante del recurso hacia los últimos años (Saavedra *et al.*, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017, Contreras *et al.*, 2013, Contreras, 2017), siendo uno de los factores que podría explicar la reducción de la concentración espacial y el cambio de temporalidad de dicha concentración.

En la serie histórica de la composición de tallas es posible observar dos períodos, una inicial entre 2001-2008, con la clara participación de la fracción migratoria de adultos superiores a 50 cm, y otra serie reciente entre 2009-2017, con escasa participación de dichos ejemplares adultos de mayores a 50 cm y aumento de los ejemplares adultos de menor talla entre los 34-49 cm, es decir 8 años en una condición de estructura de talla con niveles bajos de abundancias, sumado a variaciones de cambios espacio-temporal del patrón reproductivo, como antes fue mencionado.

Respecto a la edad del stock evaluado, históricamente se ha podido apreciar la fuerza de diferentes clases anuales. En estos dieciséis años de crucero, se ha visto para la clase anual 98 su evolución desde pertenecer al GE III en el 2001, GE IV en el 2002; GE V en el 2003; GE VI en el 2004; GE VII en el 2005; GE VIII en el 2006; GE IX en el 2007, GE X en el 2008 y como GE XI en el 2009. Es un grupo que mantuvo su presencia en el área, independiente de la fecha en que se haya realizado el crucero, ya sea en plena época de desove o en períodos con clara presencia de post desove. Esto permite señalar la posibilidad de grupos de adultos jóvenes con sistemas de migración diferente a los adultos mayores que, en períodos de post desove, como es el caso de los cruceros realizados en el 2004 y 2006, están ausentes del área estudiada.

Las modas principales que se habían observado en el stock desovante 2014 como GE IV y VI, se continuaron observando en el stock desovante 2015 como GE V y VII, con la particularidad de presentar un fuerte aumento en su abundancia y como grupos destacados GE VI 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 por seis años de la serie hasta 2016 y en la cual en la actualidad (2017) ya deja de ser relevante y se registra como GE IX.

Un hito importante en la estructura etaria del stock desovante 2014 fue el ingreso de una nueva clase anual que se presenta como principal dado su destacado aporte, GE IV (24%), clase anual 2010. Esta incorporación de clases anuales fuertes de peces más jóvenes se ha observado en años anteriores en la serie histórica del stock desovante en que se han integrado grupos de edad jóvenes como los son GE III o GE IV. En 2015 esta clase anual continua su paso y se registra con fuerza correspondiendo al GE V modal y en 2016 como GE VI. En 2017 ya no tiene mayor relevancia en la estructura y corresponde al GE VII.

Respecto a las clases anuales (ca) de peces jóvenes que se incorporan al stock desovante, existe en la serie histórica estudiada años en que se ha observado esta característica particular, los cuales son:

La **ca98** que se incorporó como GE III en 2001 y su paso se apreció destacadamente año tras año marcadamente hasta el año 2008, después del cual su intensidad disminuye.

La **ca04** que se incorporó como GE IV en 2008 y su paso se apreció de forma destacada en 2009.

La **ca08** que se incorporó como GE III en 2011 y su paso se aprecia de forma remarcada hasta 2015.

La **ca10** que se incorporó en 2014 y que continua su paso como GE de importante aporte en el año 2016.

La **ca12** que se incorporó en 2015 como GE III, se observó su paso al año 2016 como GEIV y siguió como moda principal en 2017.

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 debilitado 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.

Si bien la abundancia de la última década, tuvo tendencia a disminuir hasta 2014, para luego presentar un leve incremento entre los años 2015-2017. La proporción entre machos y hembras de este stock desovante, ha sido afectada de alguna manera, pues efectivamente la proporción sexual de machos y hembras, ha cambiado, observándose mayor cantidad de machos que hembras en los últimos años.

Las razones de lo que lleva a estos cambios requieren estudios específicos que puedan incorporar toda la información que permita comprender de mejor forma los procesos poblacionales. Ya sea se considere los factores tecnológicos por parte de la actividad pesquera, los factores poblacionales de respuesta o factores ambientales, todos ellos influyen en diferente magnitud y dan como resultante en la actualidad un stock desovante empobrecido.

Siendo la edad mediana 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 media entre 11 - 12 años, en estos últimos períodos se presenta que este parámetro para ambos sexos desciende aceleradamente, registrándose en este último tiempo una edad mediana entre cuatro y cinco años en 2017, lo que lo constituye 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 indicaron que la merluza de tres aletas en el periodo y área prospectada se encontraba mayoritariamente en el desarrollo de su proceso reproductivo, en fases de maduración avanzada e inicial de desove masivo. El 89% de las hembras activas sexualmente el 15% se encuentra en desove parcial, hecho que mostró una condición similar al año 2016. Los resultados son concordantes con evaluaciones del recurso en cuanto a la dominancia de ejemplares con actividad reproductiva y la presencia de desoves masivos entre los meses de mediados de agosto e inicio de septiembre. (Lillo *et al.*, 2002; Córdova *et al.*, 2003; Lillo *et al.*, 2004; 2005; Saavedra *et al.*, 2006; 2007; 2008; 2009; 2010; 2012.b; 2013; 2014; 2015). Antecedentes que confirman que el periodo de desove de la merluza de tres aletas está asociado, al final del invierno y comienzo de primavera. (Ciechowski *et al.*, 1981; Sánchez *et al.*, 1986; Ehrlich *et al.*, 1999; Hanchet, 1999; Macchi y Pájaro, 1999; Pájaro y Macchi, 2001).

Los valores de IGS de los ejemplares adultos (≥ 36 cm) demuestran que en la zona de Taitao existe una mayor actividad de la fase de maduración tardía en comparación a las otras dos zonas. Las fases de hidratación y desove parcial por su parte fueron más representativas en la zona de Trinidad-Concepción, situación que se refleja con la caída del IGS para esa zona.

La distribución de las hembras sexualmente activas (≥ 36 cm) con respecto al parámetro profundidad estás estuvieron presentes en toda la columna de agua desde los 150 a 450 m. Los grupos de hembras en fase hidratación se agruparon dentro los 150 a 350 m, mientras que las que se presentan en desove inicial se presentaron dentro de los 200 y 400 m. La fase de maduración tardía y desove tardío se distribuyeron por toda la columna de agua.

La merluza de tres aletas tiene un comportamiento bento-pelágico (50-900 m) con migraciones reproductivas hacia aguas menos profundas, áreas sobre la plataforma y talud continental entre los 200 y 300 m. (Céspedes *et al.*, 1998). Las migraciones reproductivas desde el Atlántico hacia aguas chilenas más someras sobre del talud continental, coinciden con las muestras analizadas donde aquellas en avanzado estado reproductivo se encuentran entre los 150 y 450 m (Dunford y Macaulay, 2006).



En relación a las hembras participantes del evento reproductivo de este año, el análisis histológico por grupo de tamaños resaltó que 89% hembras sexualmente activas están desde el grupo 36-40 cm en adelante. Por su parte, la fracción de inmaduros sexualmente fueron todas aquellas hembras 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).

Los resultados para el año 2017 indicaron la talla de madurez ($L_{50\%}$) de 36 cm, valor mayor al observado en el 2016 y que se ajusta a datos de años anteriores donde las hembras fluctúan entre 36 y 37 cm LT. Existen reportes de ajuste de talla macroscópicos en 1997, donde merluza de tres aletas presentaba su madurez $L_{50\%}$ en 39 cm (Subpesca, 1997), comparando esta información con lo observando en la continuidad de los ajustes de tallas (con metodología microscópica) en la serie de tiempo 2001-2017 estos valores comparativamente han disminuido con el tiempo, forzando una maduración sexual a tallas menores. Similar situación ocurre comparando el ajuste de ojiva por edad del año 1997, donde la edad de primera madurez se presentó a los 5 años (Subpesca, 1997). Durante lo observado del 2017 la edad de primera madurez se obtiene a los 3.1 años, observaciones que también han sido corroboradas por (Saavedra *et al.*, 2015; Saavedra *et al.*, 2016)

En cuanto al patrón de desove, la merluza de tres aletas es un desovador parcial con fecundidad anual determinada, donde la 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 2017, los valores fluctúan entre 203.332 ovocitos en el 2014 y 733.540 ovocito en el 2003. El promedio de fecundidad para 2017 fue de 264.807 ovocitos un 2% menos que el 2016, valor que se encuentra dentro de los observados en los últimos años. La variabilidad interanual señaló que no existen diferencias significativas ($p < 0,05$) con los últimos 4 años, mientras que la fecundidad relativa si varió significativamente con 2014 ($p < 0,05$).

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 cojinoba, destaca en merluza del sur, su menor presencia en porcentaje que en años anteriores, lo cual tiene relación con que este año al igual que en años anteriores la presencia de especies pelágicas asociadas a merluza de tres aletas, como sierra, cojinoba y reineta, ha aumentado lo cual nos muestra que además merluza de tres aletas presenta un comportamiento pelágico asociado a menores profundidades cuando forma agregaciones reproductivas, por ello la aparición de especies pelágicas en la composición de la fauna acompañante, ha ido en aumento dentro de los últimos años

Al observar la composición faunística encontramos que para la subzona 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. La subzona 2 muestra un dominio de merluza de cola y cojinoba, mientras que merluza de tres aletas estuvo escasamente



representada, sin embargo, en la zona 3 se observó una participación más alta de merluza de tres aletas, producto de la observación de cardúmenes hacia el límite sur del área de estudio. La presencia de merluza del sur durante el presente año fue menor a la de años anteriores, situación observada desde el año 2016, en su reemplazo se observó una alta presencia de cojinoba, la cual aparece en cardúmenes pequeños, y cercanos a los de merluza de tres aletas.

Los resultados obtenidos del análisis de clasificación para los datos históricos obtenidos en los cruceros realizados entre los años 2001-2017, 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, situación en que se observaba mayor recurrencia de merluzas, pero menor riqueza de especies, contrario a lo observado en los últimos años, como también en el presente crucero en donde se observa la aparición de especies como, mictófidis, calamar, granadero, pez sol del sur, pejegallo, sierra, jurel los cuales no se encontraban en los registros de años anteriores a 2011.

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. Sin embargo, difiere con el estudio realizado anteriormente por este laboratorio, en donde la importancia fue constituida por los eufáusidos. En tanto, el presente estudio da cuenta para toda el área, por profundidad, por tallas y por sexos, la importancia que tiene el grupo de los peces meso pelágicos en la alimentación de la merluza de tres aletas en la época estudiada. Del mismo modo, los gráficos señalan la importancia de este grupo, principalmente MESOP y MYC. Los crustáceos, aparecen en esta oportunidad como presas secundarias, lo que puede reflejar diferencias con lo señalado con algunos informes ya mencionados. La importancia de los MESOP se manifiesta en este estudio aún cuando 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 esta ocasión ocupando casi el 85% de las muestras estaban completamente vacíos; 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. Finalmente, 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 eurifágica.

El aumento sostenido observado a partir de 2015 en el valor promedio de la energía retrodispersada (s_A) y de la densidad relativa de las agregaciones (s_A/m^2) (**Figura 62**), en donde el año anterior se había obtenido el mejor valor histórico y este año se obtuvo un valor aun mayor, no debe llevar a conclusiones apresuradas sobre el estado del recurso, dado que, el hecho de mantener biomásas bajas y un reducido número de agregaciones los últimos años estaría reflejando una condición de hiperestabilidad en merluza de tres aletas, lo que se refleja además en una cada vez menor área de concentración del recurso en la zona de desove.



7. CONCLUSIONES

- Mediante el método geoestadístico la biomasa total estimada en el crucero de evaluación del año 2017 fue de 72.352 toneladas, con un intervalo de confianza entre 46,627 y 98,075 toneladas.
- Mediante método geoestadístico la abundancia del stock de merluza tres aletas, se estimó en 158,535 millones de individuos con un intervalo de confianza entre 96,213 y 220,856 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 47°02'S con el foco principal de concentración situado entre las latitudes 46°50' y 47°07'S.
- La estructura de talla de merluza de tres aletas registrada en el área y período de estudio durante el 2017 fue principalmente de individuos adultos con una moda principal entre 38-47 cm, una talla media de 46 cm, predominio de los machos (57%) respecto de las hembras, y escasa presencia de juveniles (1,5% < 35 cm).
- A partir de los cruceros acústicos y para el período 2001 - 2017 se ha registrado un descenso de la presencia de adultos migratorios de tallas mayores a 50 cm de 66% en el 2001 a 29% en el 2017.
- La estructura de edades en el área refleja que la edad mediana es un parámetro que ha descendido notablemente, registrándose en el último año un descenso, que los señala en el presente con una edad mediana del stock desovante entre 4-5 años considerando machos y hembras.
- En el crucero de investigación 2017, los grupos de edad de mayor aporte en la estructura del stock de merluza de tres aletas estuvieron conformados por sobre 80% por los GE II hasta GE VII en el caso de los machos y hembras, no obstante dado las características de longevidad en las hembras, también se destaca el GEIX.
- 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 2017 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 36,0 cm LT.
- El ajuste de la ojiva de madurez al grupo de edad de las hembras indicó la edad de madurez ($E_{50\%}$) en 3,1 años.



- El potencial de fecundidad total promedio fue 264.807 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 los últimos años en la serie de evaluaciones al recurso.
- Las especies dominantes en la composición faunística de la zona demersal sur austral son merluza de tres aletas (59,2%) y merluza de cola (34,4%), observándose una disminución en la participación de merluza del sur respecto a años anteriores, siendo esta especie reemplazada por cojinoba, durante el presente año.
- El análisis de clasificación histórico (Cluster), como el método de ordenación ("NMDS"), sostienen que las tres especies de merluzas son los componentes faunísticos principales del ecosistema evaluado.
- La alimentación de merluza de tres aletas se basó principalmente en mictófidios y peces mesopelágicos, como Alepocefálidos, mostrando una conducta trófica eurífaga, no existiendo diferencia en la alimentación a través de los distintos tamaños estudiados. El análisis de isótopos estables confirma que la merluza de tres aletas es un depredador generalista y que se alimenta en toda la columna de agua.



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- 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.
- 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 pages 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.
- Balbotín, 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).
- Bodholt, H. 1991. Fish density derived from echo-integration and in situ target strength measurements. ICES. C:M. 1990/B:21.
- Bradu, D. y Y. Mundlak. 1970. Estimation in lognormal linear models: J. Am. Stat. Assoc. 65: 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.
- 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).
- Ciechowski, 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 - Requirente: 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.
- 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. Ciechomski, L. Machinandarena y M. Pájaro. 1999. Documento Científico INIDEP 5: 37-65.
- Foot K, G. 1987. Fish target strengths for use in echo-integrator surveys. *J. Acoust. Soc. Am.* 82, 981-7.
- Foot, K.; Knudsen, H.; Vestnes, G.; MacLennan, D. y Simmonds, J. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. ICES. Cooperative Research Report N° 144.
- Freón, P, F. Gerlotto, O. M. Soria, 1996. Diel variability of school structure with special reference to transition periods. *ICES. Journal of Marine Science*, 53: 459-464.
- 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, Duarte L y Altamar. 2004. Atlas pesquero del area norte del mar Caribe de Colombia. Universidad del Magdalena, Santa Marta. 230 pp.
- 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.
- 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.
- Kalikhman, I. 2002. Patchy distribution fields: sampling distance unit and reconstruction adequacy. ICES Journal of Mar. Science, 58: 1184-1194.
- Kimura, D. 1977. Statistical assessment of the age - length key. J. Fish. Res. Board of Can. 34 : 317 - 324.
- Kim S, Casper D, Galvan-Magaña F, Ochoa-Díaz, Hernández-Aguilar S & 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
- Klarian S.A., Molina-Burgos B. E., Saavedra A., Gálvez P., Vargas R., Meléndez R., Schultz E.T., 2017. New insights on feeding habitats of the southern blue whiting *Micromesistius australis* (Norman, 1937) in eastern South Pacific waters. J. Appl Ichthyol. 2017;00:1-4.
- Lai, H-L. 1987. Optimum allocation for estimating age composition using age-length key. Fish. Bull. Vol 85, N 2.
- Lai, H-L. 1993. Optimal sampling design for using the age - length key to estimate age composition of a fish population. Fish. Bull. 9 (2).
- 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. 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. y A. Paillamán. 1995. Selectividad en redes de arrastre de mediagua utilizadas en la captura de merluza de tres aletas. Informe final, IFOP, 22 p. (+ figuras y tablas)
- 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. y R. Céspedes. 1998. Pesca de investigación análisis de los procesos biológicos y migratorios del recurso merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*). Informe Final, IFOP, 38 p. (+ 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., 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, 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., 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., R. Bahamonde, C. Cancino, J. Saavedra, F. Flores y A. Saavedra. 2006. Estimaciones *in situ* de la fuerza de blanco (TS) de merluza de tres aletas, año 2005. Informe Final corregido Proyecto FIP 2005-29, 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.
- 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.
- Madirolas, A., E. Guerrero, R. Sánchez, L. Prensky, M. Sabatini, M. Pájaro and L. Machindiarena. 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.
- Maynou, F. 1998. The application of geostatistics in mapping and assessment of demersal resources. *Nephrops norvegicus* (L.) in the northwestern Mediterranean: a case study. Sci. Mar., 62 (Supl. 1): 117-133.
- Miranda, H. 1998. Dócima de heterogeneidad Generalizada. Documento Interno, IFOP.



- 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.
- Newsome SD, del Rio Frontiers in Ecology CM, 2007 A niche for isotopic ecology. Wiley Online Library DOI: 10.1890/060150.01
- 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 I. Céspedes, 1988. Elaboración de claves edad-talla y composición en número de individuos por grupos de edad para merluza del sur, *Merluccius australis*, (Hutton.1872), en la zona sur-austral, año 1987. Informe Interno, IFOP.
- 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.
- 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., L. Muñoz, A. Villalón, K. Hunt, M. Miranda, L. Cid y L. Vidal. 2017. 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, 2016. Actividad Demersal.
- 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.
- 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.
- Pelletier D. & Parma A., 1994, Spatial Distribution of Pacific Halibut (*Hippoglossus stenolepis*): An Application of Geostatistics to Longline Survey Data. Canadian Journal of Aquatic Sciences, 51(7): 1506-1518.
- 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. 1991. Contributions géostatistiques a la biologie des pêches maritimes. Thèse de doctorat, Centre de Géostatistique, Fontainebleau, 211 p.
- Petitgas, P y A. Prampart 1993. EVA: A geostatistical software for structure characterization and variance computation. Institut Français de Recherche scientifique pour le développement en coopération. Editorial de l'Orstom. Paris, Francia. 106 pp.
- 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.
- 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.
- R Development Core Team. 2011. R: A Language and Environment for Statistical Computing. *R Foundation for Statistical Computing*. Vienna, Austria.
- Renard, D., Bez, N., Desassis, N., and Beucher, H., RGeostats: The Geostatistical package 10.0.8. MINES ParisTech. Free download from: <http://cg.ensmp.fr/rgeostats>, 2014.
- 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.
- Ricker W. 1958. Handbook of computations for biological statistics of fish population. Bull. Fish. Res. Bd. Can., N° 119.
- Rivoirad, J., J. Simmonds, K. G. Foote, P. Fernandes y N. Bez. 2000. Geostatistics for estimating Fish abundance. Blackwell science. 200 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.
- Robotham, H., 1994. Revisión de los procedimientos estadísticos de muestreo para otolitos conducente a la elaboración de claves talla edad y matrices de captura. En: Informe Técnico: Estandarización de métodos para la determinación de la edad y crecimiento de anchoveta, sardina, jurel y merluza. Segundo Taller IFOP-IMARPE, junio, Iquique.
- Rose, G., Gauthier, S., y Lawson, G. 2000. Acoustic surveys in the full monte: simulating uncertainty. Aquatic Living Resources, 13: 367-372.
- 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., 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.
- 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., 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, 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, 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., J. Castillo, E. Niklitschek and J. Saavedra-Nievas. 2012. a. 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, 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., 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, 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., 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. 197 pp + Anexos.
- Saavedra, A., R. Vargas, V. Ojeda, E. Díaz, R. Céspedes, S. López, C. Lang y J. C. Saavedra. 2017. 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 2016. Subsecretaría de Economía y EMT. 186 pp + Anexos.
- 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.
- Simmonds J. y D. MacLennan 2005. Fisheries acoustic, second edition. Chapman y Hall, 379 pp.
- 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.
- Takeda M. 1986. Crustacea Decapoda. In: Nakamura I (ed.). Important fishes trawled off Patagonia, pp. 318-343. Japan Marine Fishery Resource Research Center, Tokyo.
- Vivanco, M. 1999. Análisis estadístico multivariable. Editorial Universitaria, Chile. 233 p.
- Wallace, R. y K. Selman. 1981. Cellular and dynamic aspects of the oocyte growth in teleosts. *Amer. J. Fish. Aquat. Sci.* 45:333-343.
- Wisner, R 1976. The taxonomy and distribution of Lanternfishes (Family Myctophidae) of the Eastern Pacific Ocean. NORDA Report 3: i-vii + 1-220.
- 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.

FIGURAS

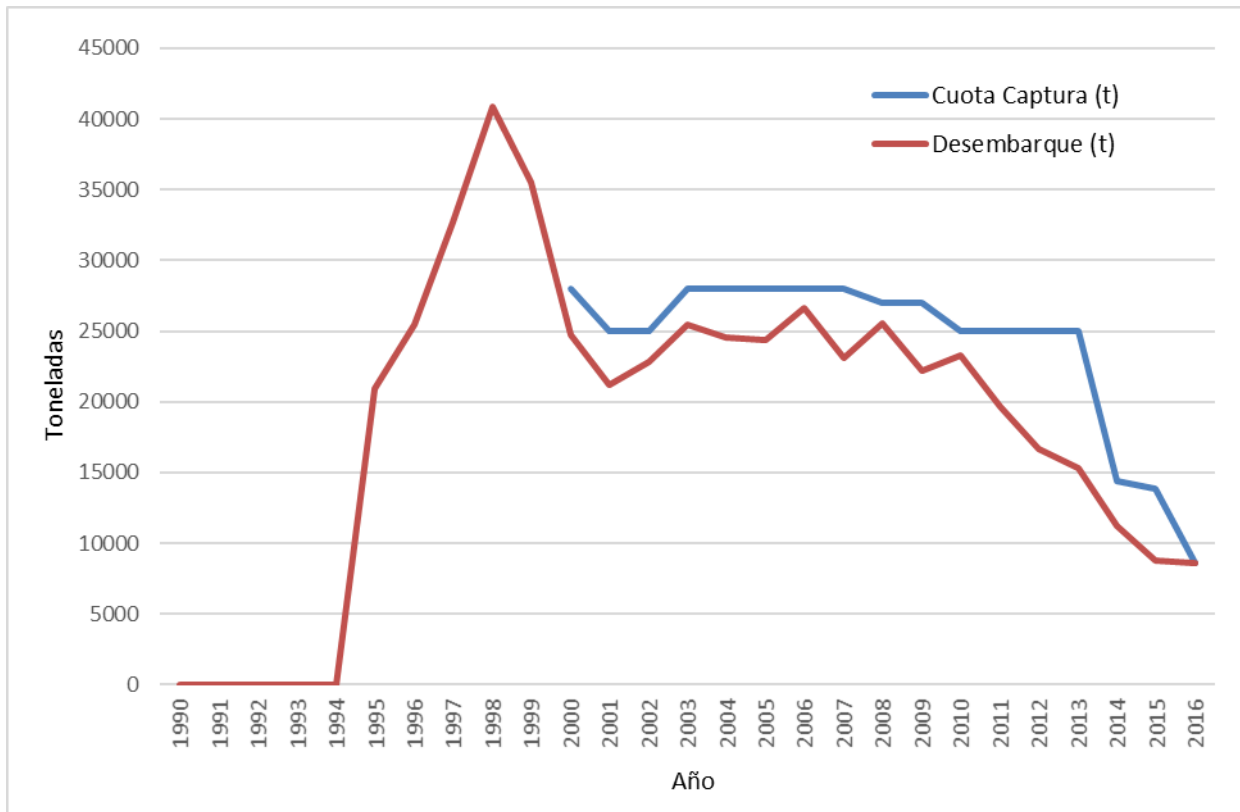


Figura 1. Cuota y desembarque históricos del recurso Merluza de 3 aletas, entre 1990 y 2016.

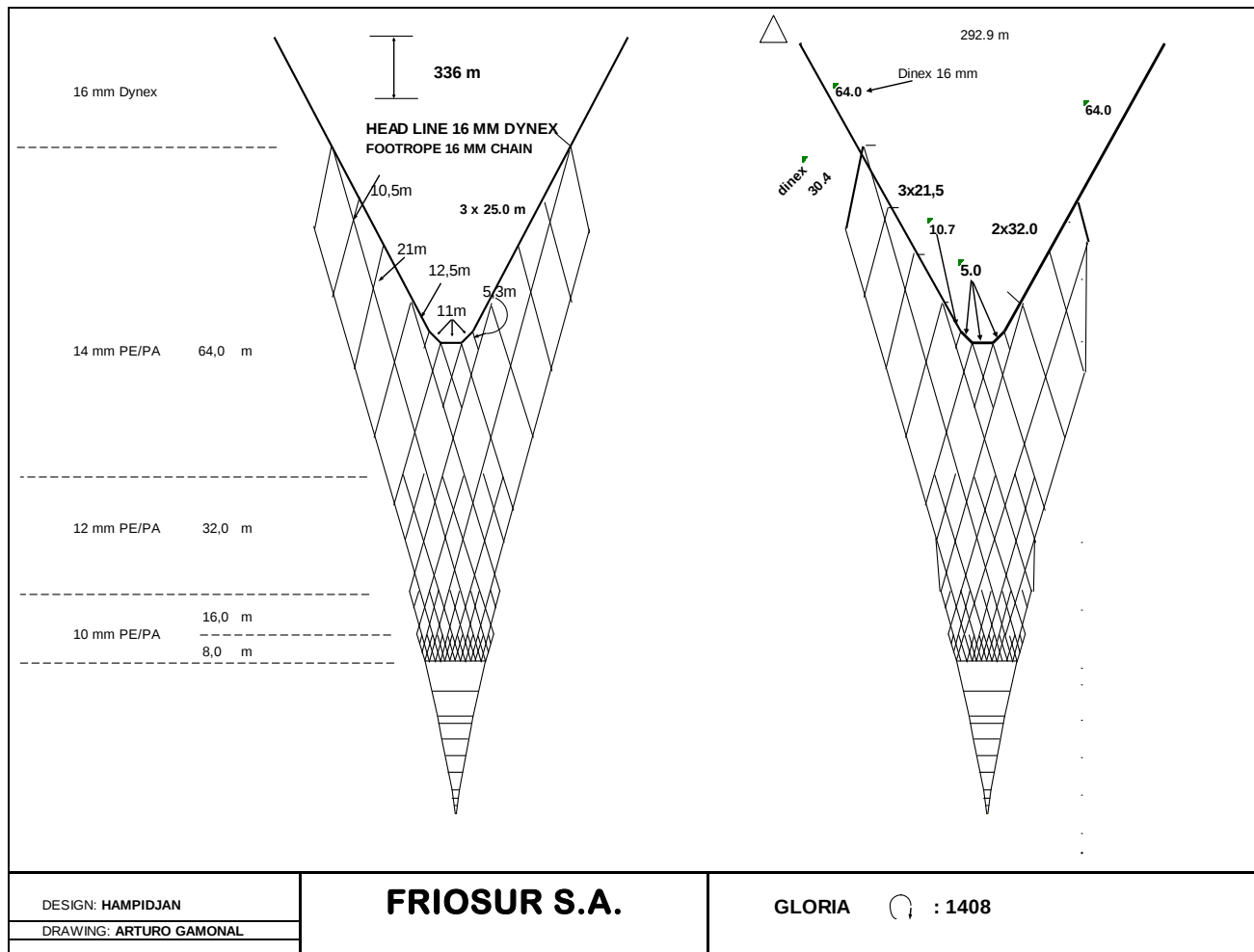


Figura 2. Red de arrastre Gloria 1408 utilizada en los lances de pesca del crucero.

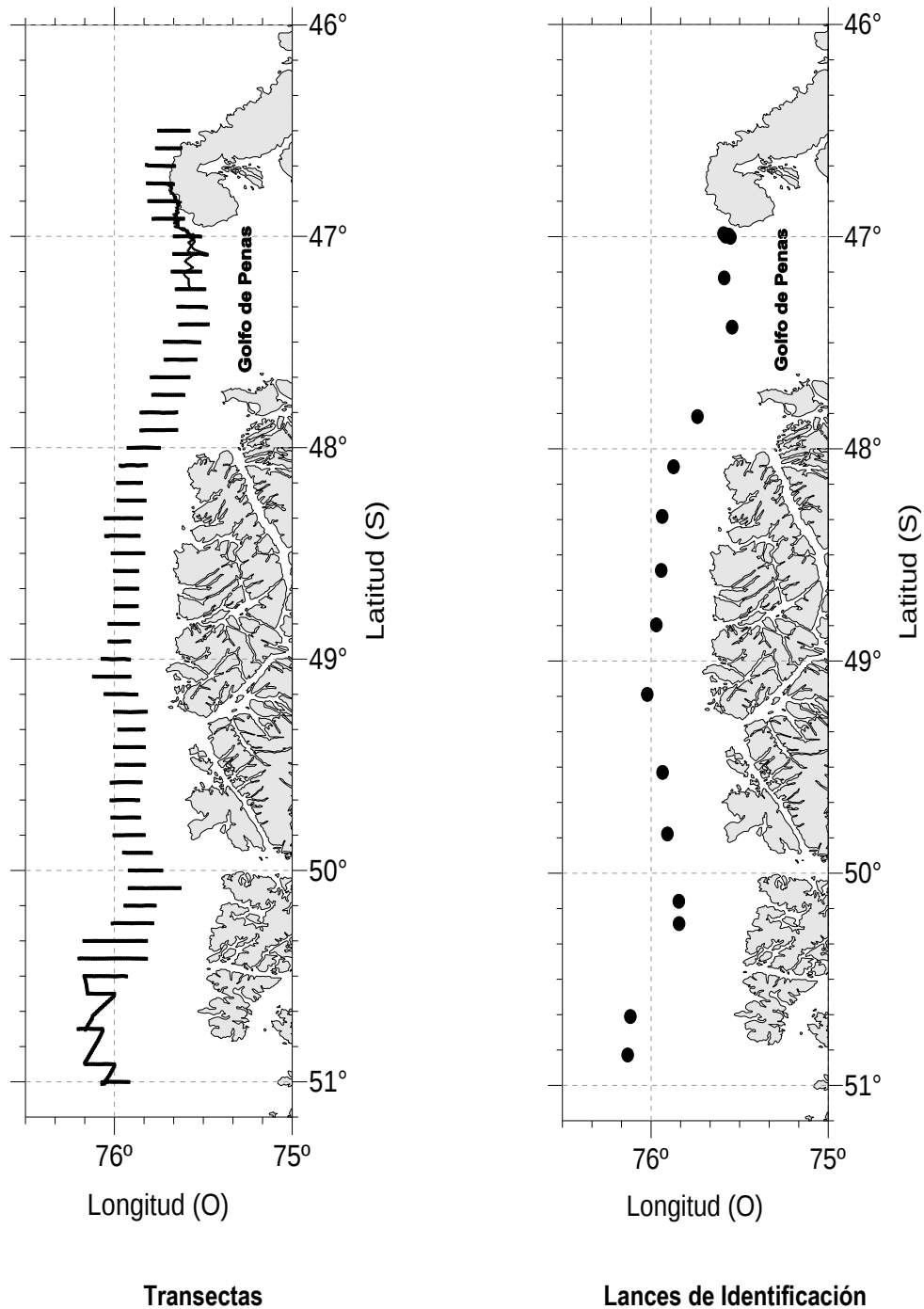


Figura 3. Localización de las transectas de muestreo hidroacústico y lances de pesca de identificación, 2017.

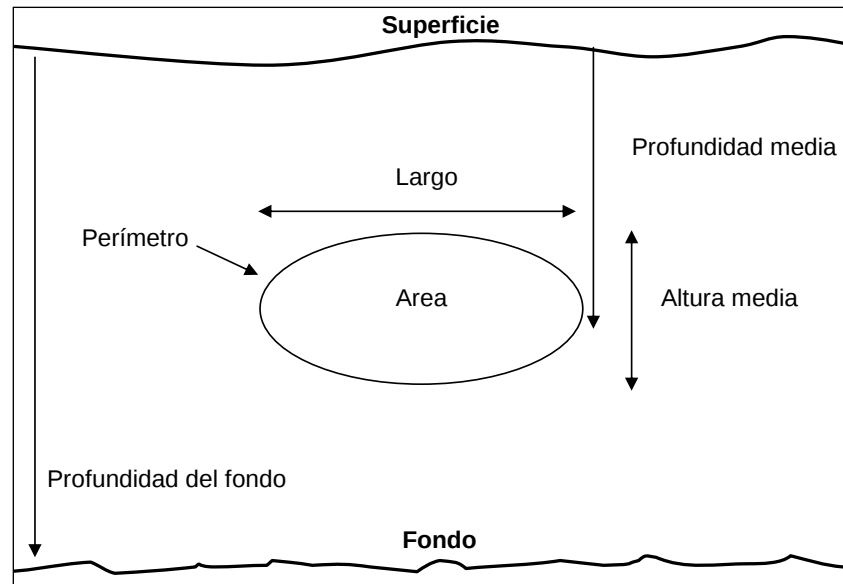


Figura 4. Descriptores morfológicos y batimétricos de una agregación.

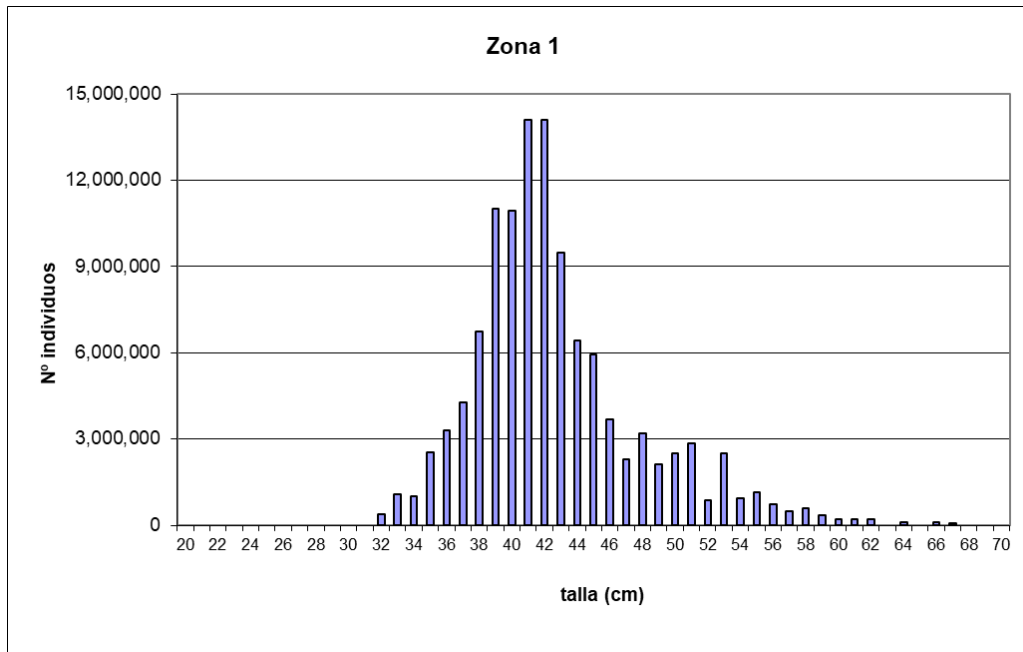


Figura 5. Distribución de frecuencia de la Abundancia para la Zona 1.

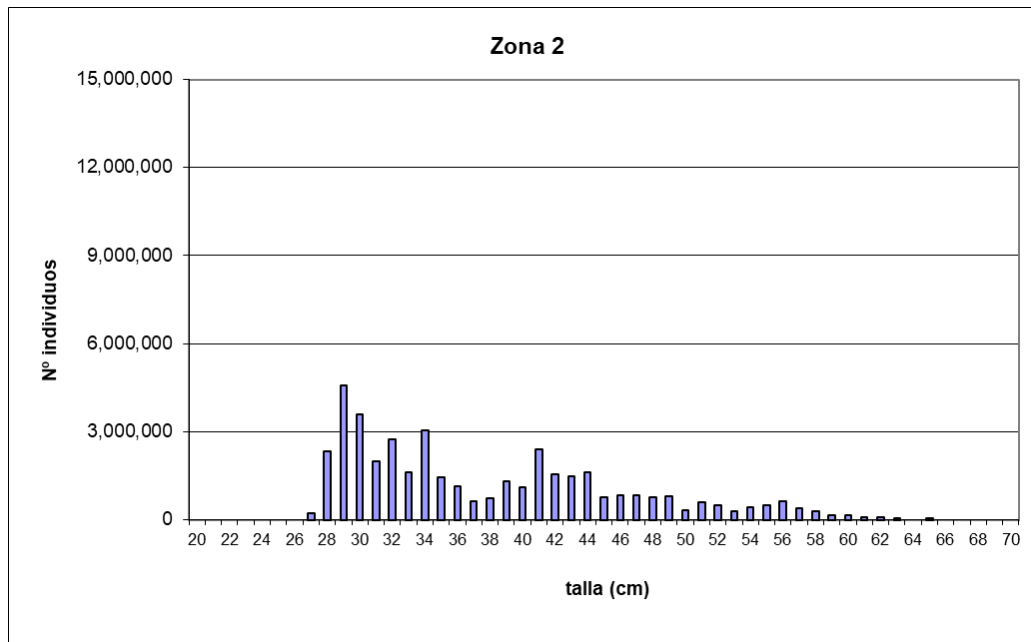


Figura 6. Distribución de frecuencia de la Abundancia para la Zona 2

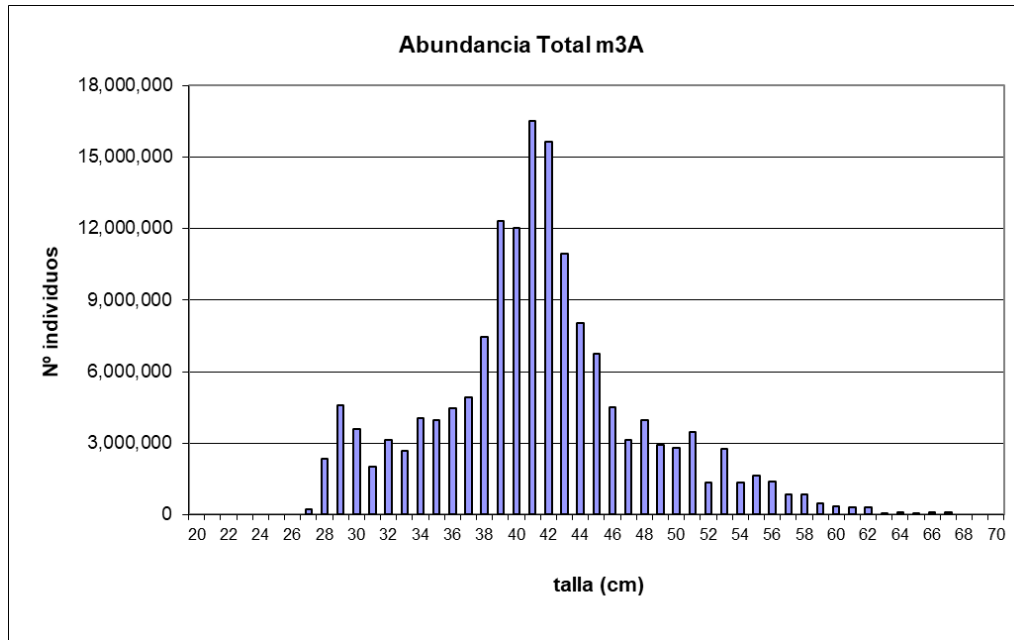


Figura 7 Distribución de frecuencia de la Abundancia Total de merluza de tres aletas.

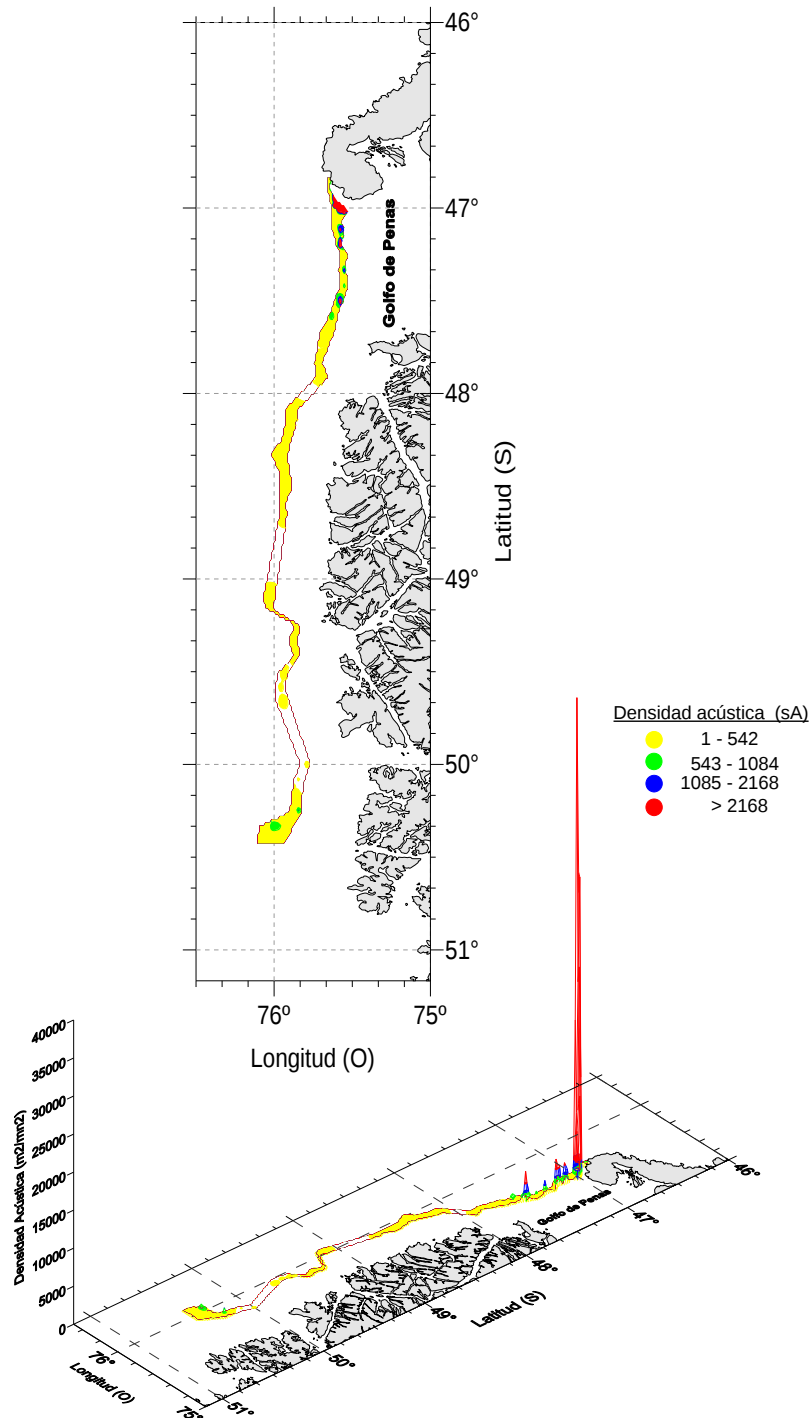


Figura 8. Distribución espacial de la densidad de merluza de tres aletas, total área estudio. Agosto 2017.

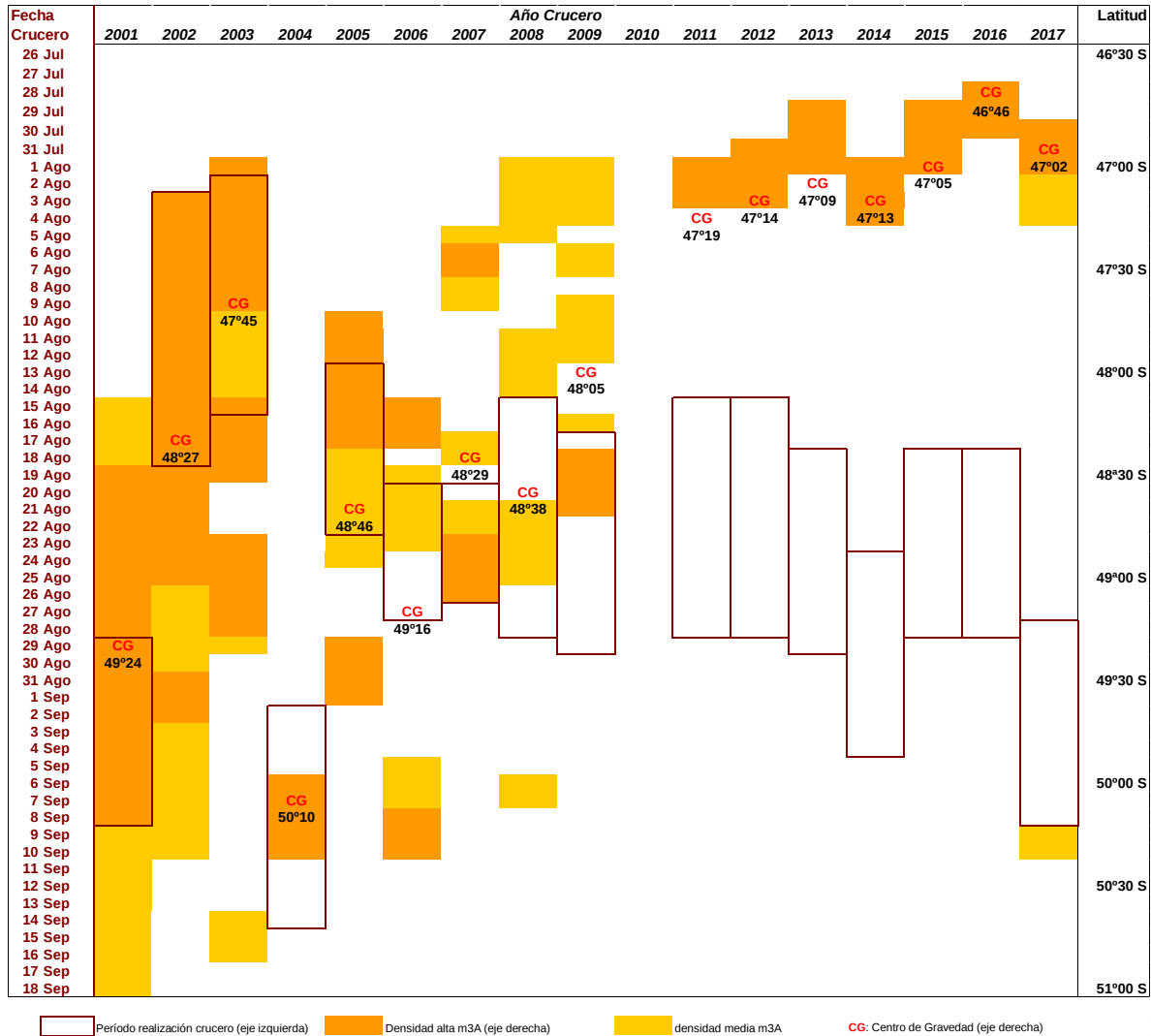
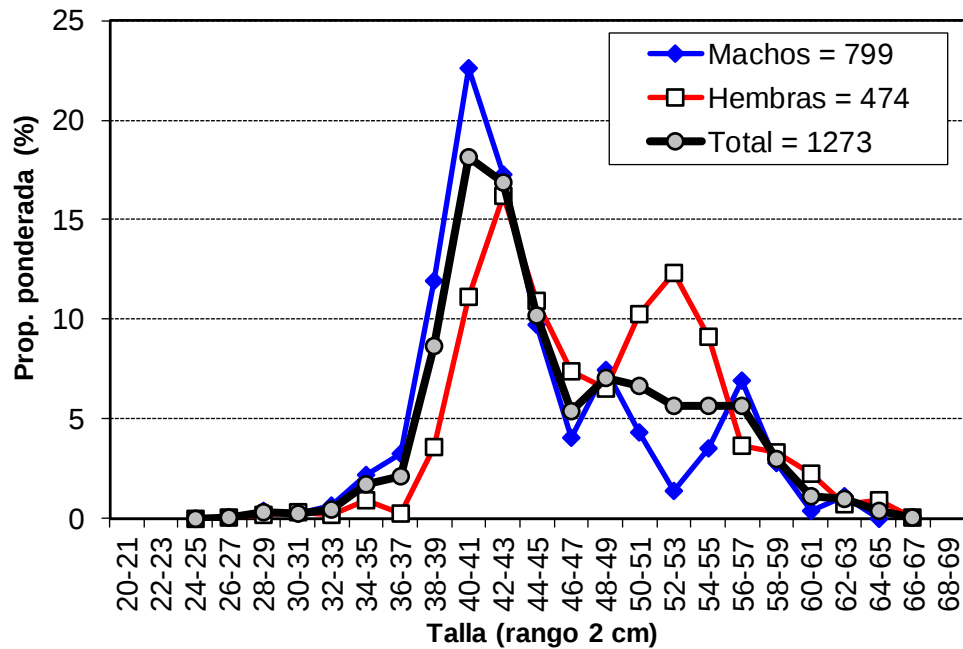
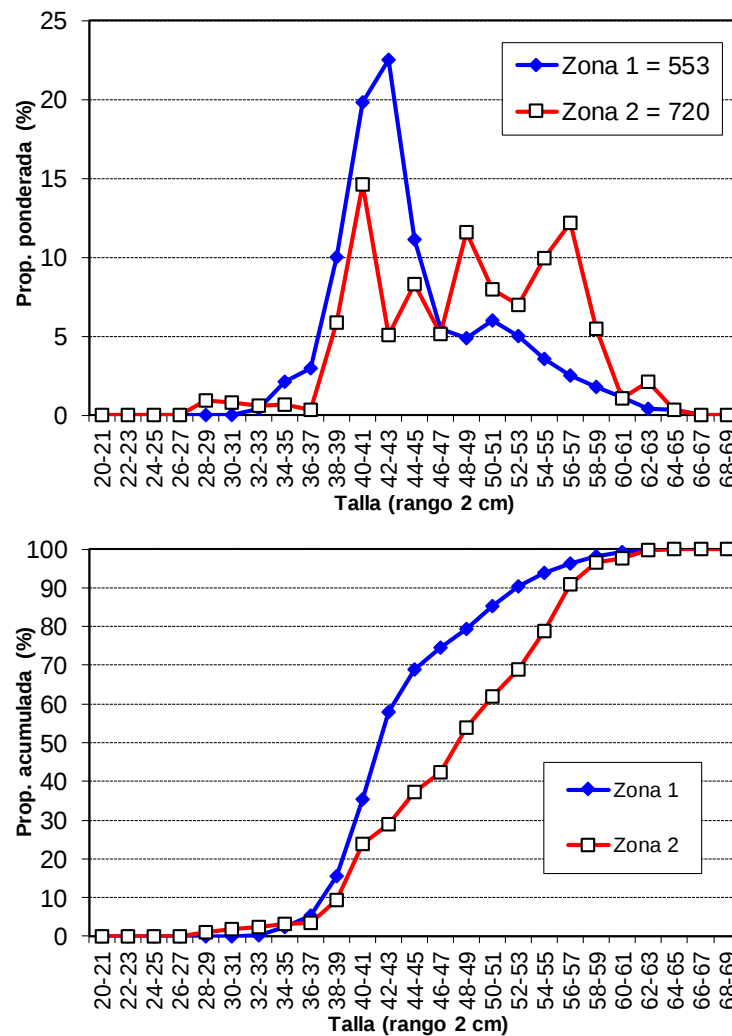


Figura 9. CG, distribución merluza de tres aletas, períodos de realización de cruceros y distribución latitudinal de mayores densidades acústicas de merluza de tres aletas, período 2001-2017.



Indicador	Macho	Hembra	Total
n	799	474	1273
Mín. (cm)	27	27	27
Máx. (cm)	63	66	66
Prom. (cm)	44,5	47,8	45,8
D. est. (cm)	2,8	3,7	2,3
% < 35 cm	1,9	0,9	1,5
Prop. Sex. (%)	57	43	100

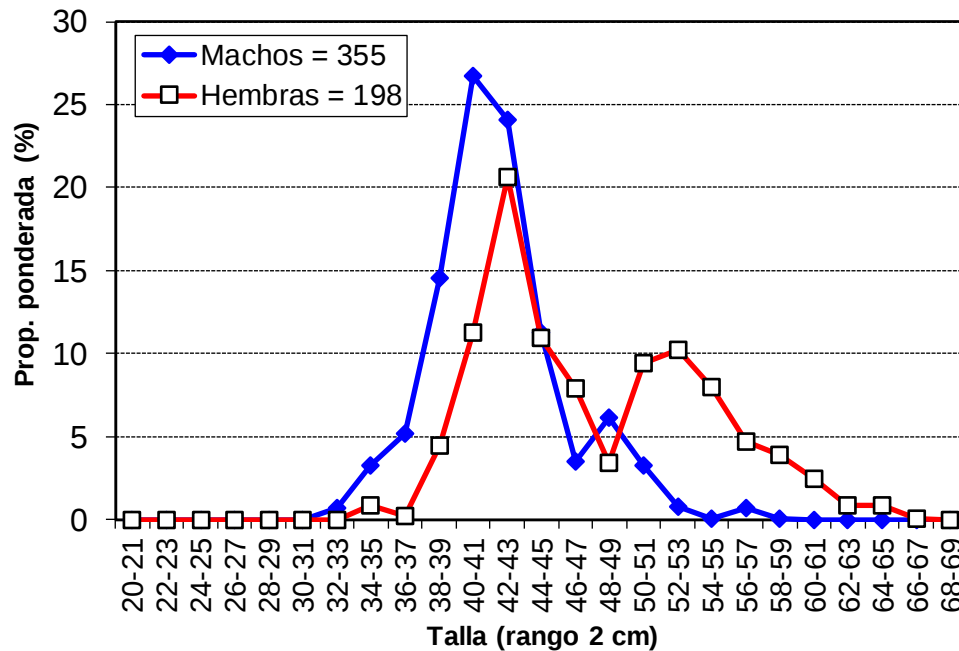
Figura 10 Distribución de talla por sexo de merluza de tres aletas para el período de estudio. B/H Friosur VIII (ago.-sep., 2017).



Indicador	Zona 1	Zona 2
n	553	720
Mín. (cm)	32	27
Máx. (cm)	66	65
Prom. (cm)	44,5	48,5
D. est. (cm)	2,0	4,5
% < 35 cm	0,8	2,9
Macho (%)	55	73
Hembra (%)	45	27

Zona 1	46°30' - 47°07' LS
Zona 2	47°07' - 51°00' LS

Figura 11 Distribución de talla de merluza de tres aletas para las diferentes zonas en el área de estudio. B/H Friosur VIII (ago.-sep., 2017).



Indicador	Macho	Hembra
n	355	198
Mín. (cm)	32	35
Máx. (cm)	58	66
Prom. (cm)	41,9	47,6
D. est. (cm)	2,5	3,2
% < 35 cm	1,5	0,0

Figura 12 Distribución de talla de merluza de tres aletas por sexo para la Zona 1 en el área de estudio. B/H Friosur VIII (ago.-sep., 2017).

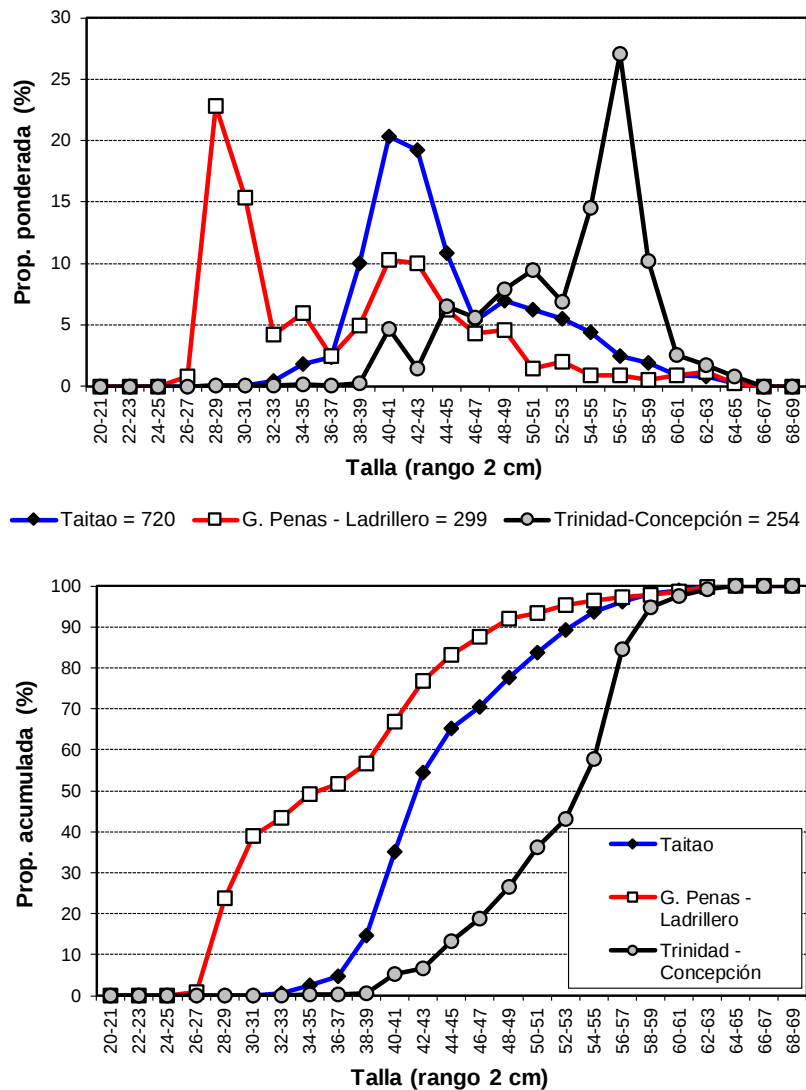
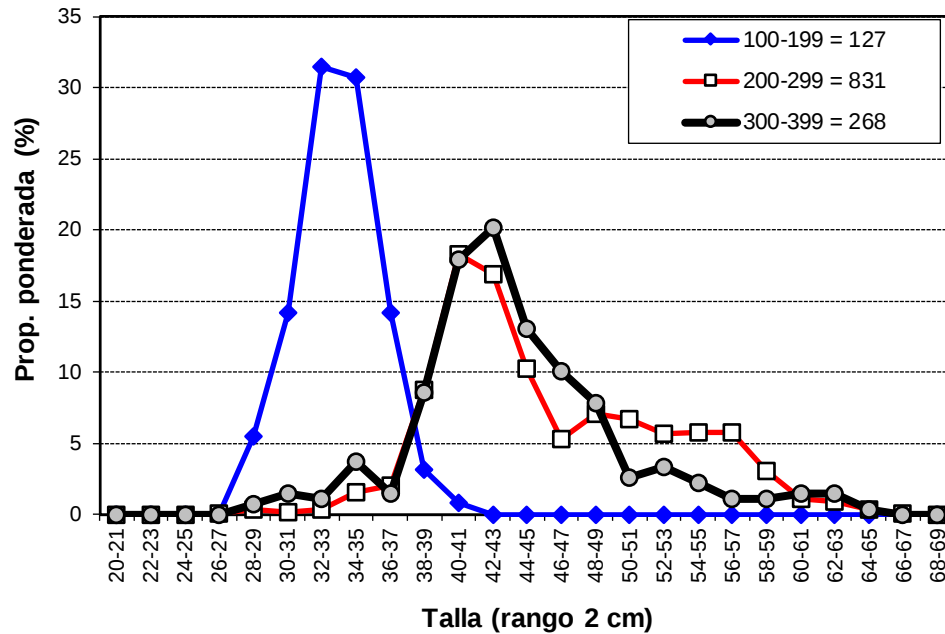
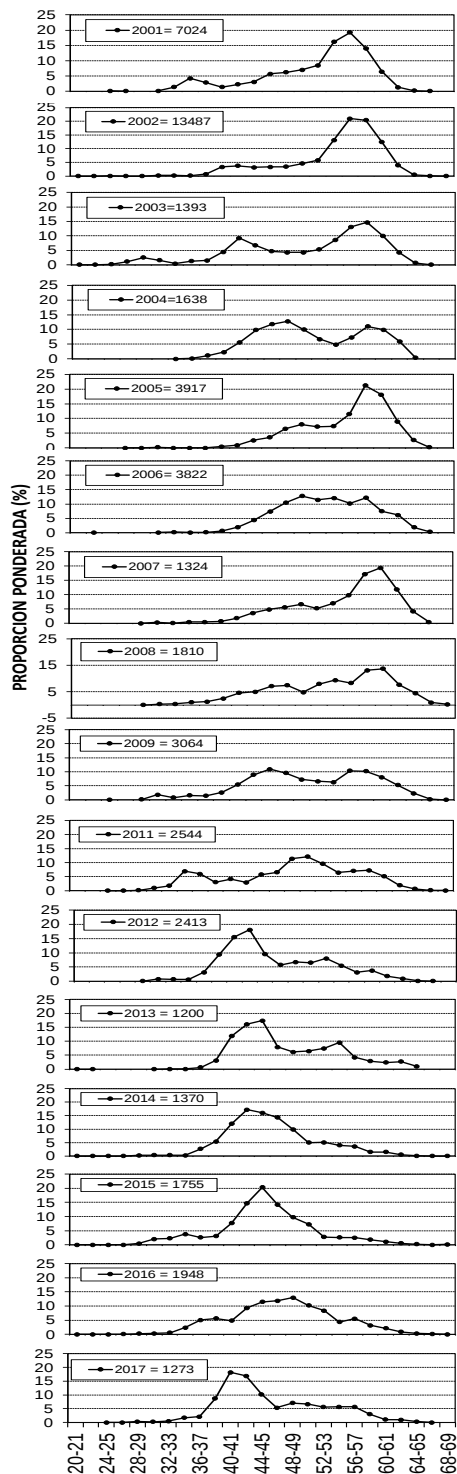


Figura 13 Distribución de talla de merluza de tres aletas por área. B/H Friosur VIII (ago.-sep., 2017).



Indicador	100-199	200-299	300-399	400-499
n	127	831	268	47
Prom. (cm)	33,3	45,9	44,0	48,5
D. est. (cm)	0,0	2,4	2,2	0,0
% < 35 cm	72,4	1,1	5,2	0,0
Macho (%)	63,0	61,2	57,1	21,3
Hembra (%)	37,0	38,8	42,9	78,7

Figura 14 Distribución de talla de merluza de tres aletas por profundidad (rango profundidad de la red, m) para ambos sexos y área total de estudio. B/H Friosur VIII (ago.-sep., 2017).



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
2017	45,8	2,3	1,5	57	43

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	1,1	63,6	35,2
2017	1,0	70,0	28,9

Figura 15 Distribución relativa de la talla de merluza de tres aletas para los cruceros hidroacústicos entre 2001 a 2009 y 2011 a 2017.

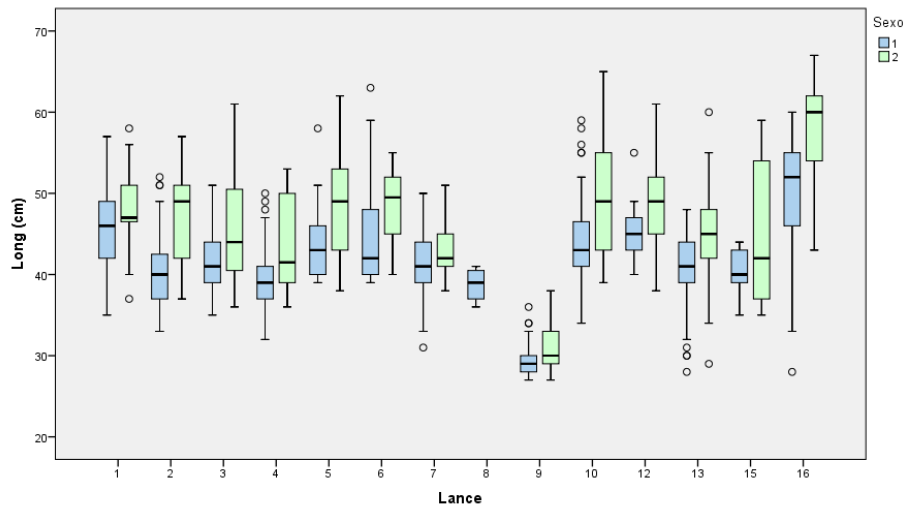


Figura 16. Rango de longitudes y tendencia central del muestreo biológico, por sexo, asociado a cada lance de pesca, crucero de investigación 2017. (1=machos, 2=hembras).

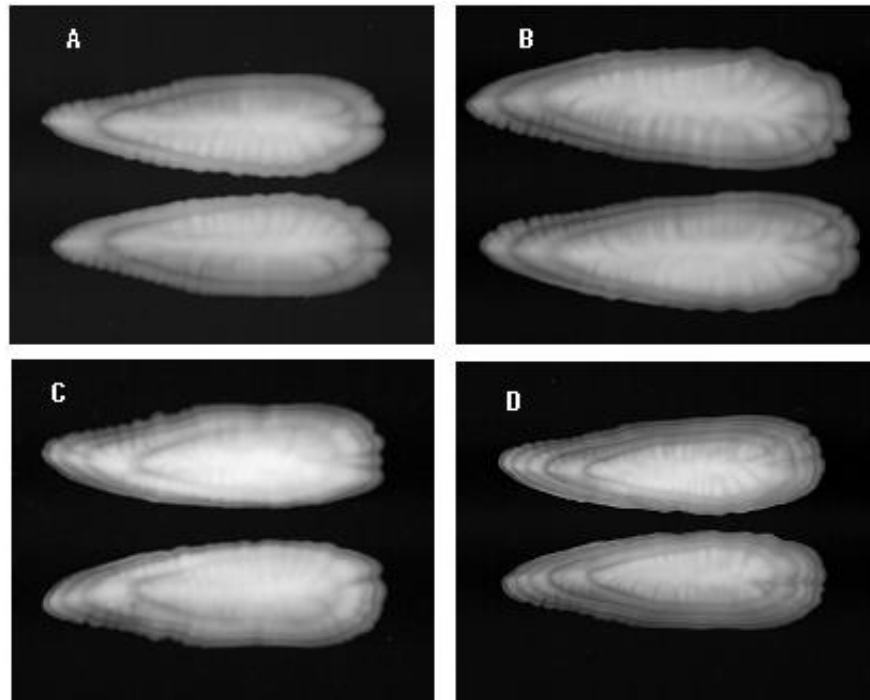


Figura 17 Otolitos de merluza de tres aletas en que se observan los *annuli*. **A:** Lp=31 LO=12,3 E=2; **B:** Lp=35 LO=14,0 E=3; **C:** Lp=41 LO=14,4 E=4; **D:** Lp=42 LO=15,6 E=5 (Lp=Longitud pez en cm; LO=longitud Otolito en mm; E=Edad).

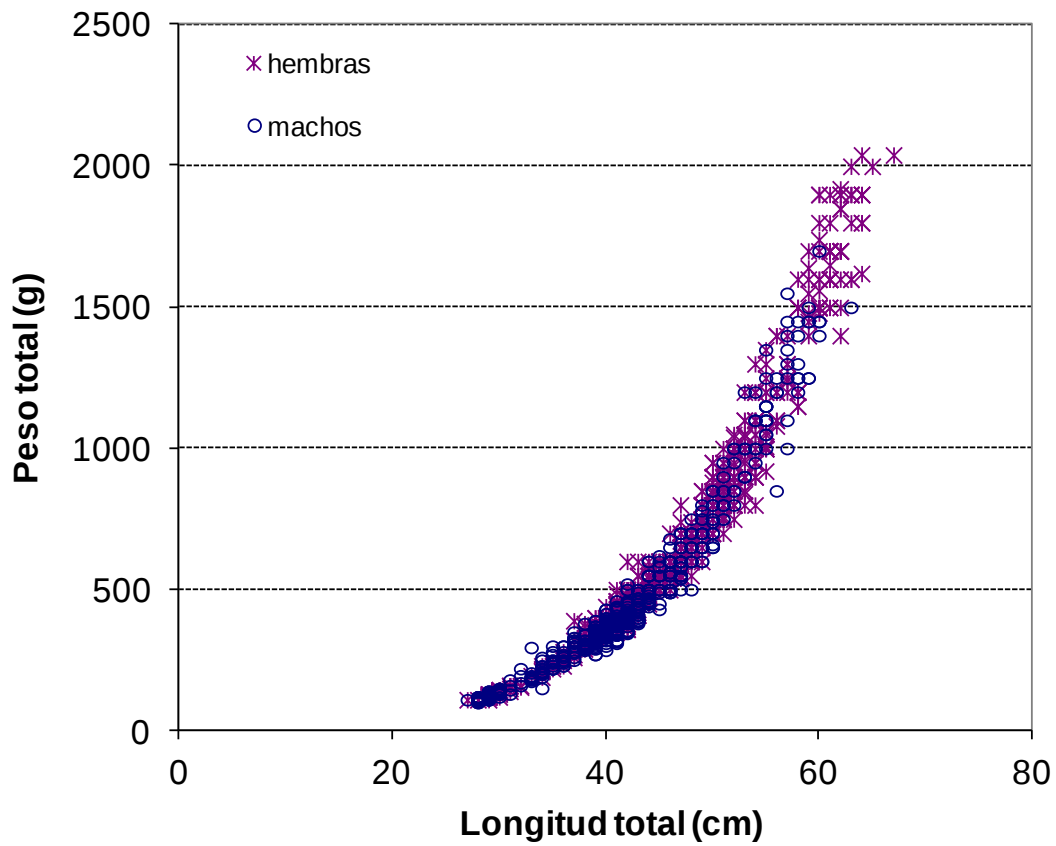


Figura 18 Dispersión de los datos peso-longitud para merluza de tres aletas. Crucero de Investigación 2017.

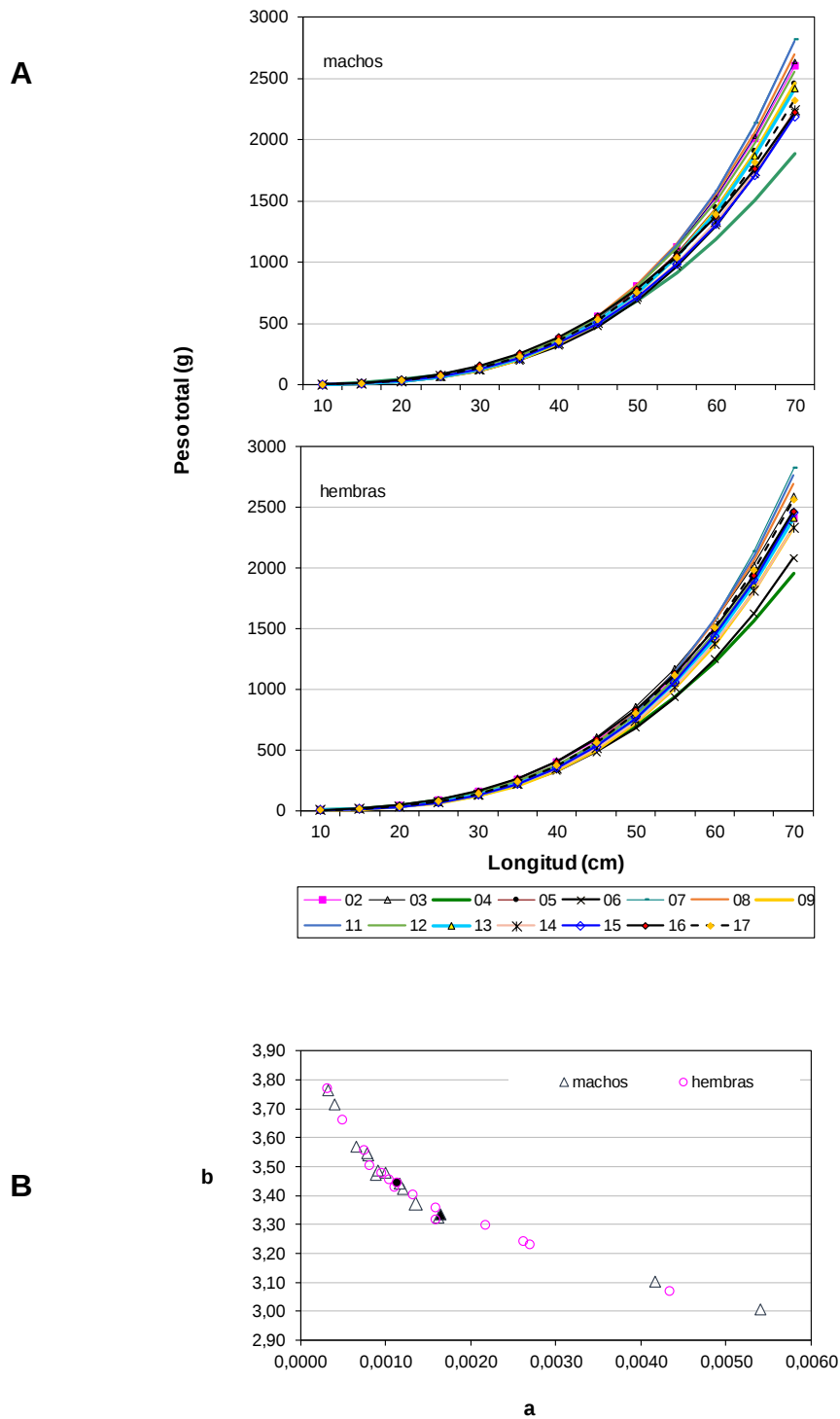


Figura 19 Curvas teóricas de función peso - longitud estimadas para merluza de tres aletas por sexo (A) y representación de los parámetros “a” (intercepto) y “b” (pendiente) de esta relación (B) en el período 2002 – 2017.

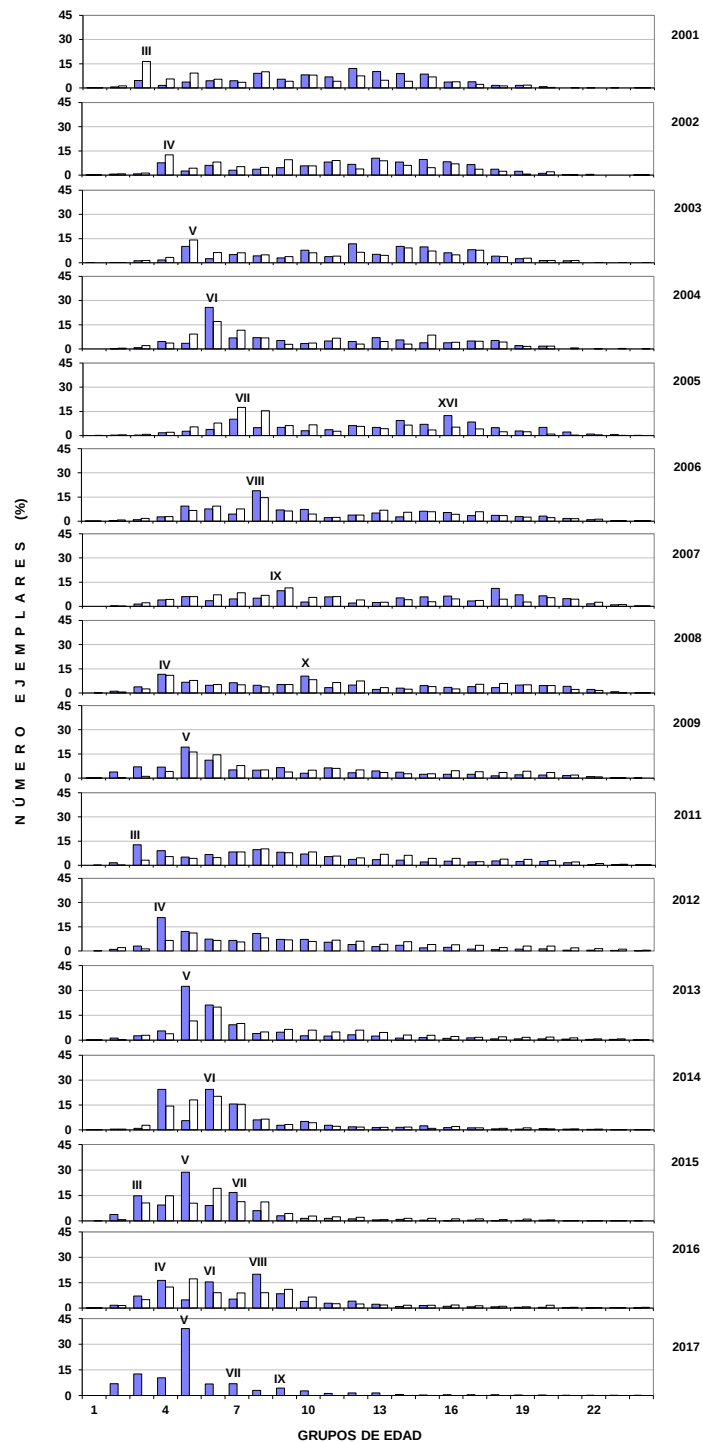


Figura 20-A Estructura de la abundancia y la captura en número por grupo de edad de merluza de tres aletas, en porcentaje. Período 2001-2017. Barras vacías corresponden a pesquería; barras achuradas corresponden a cruceos de investigación

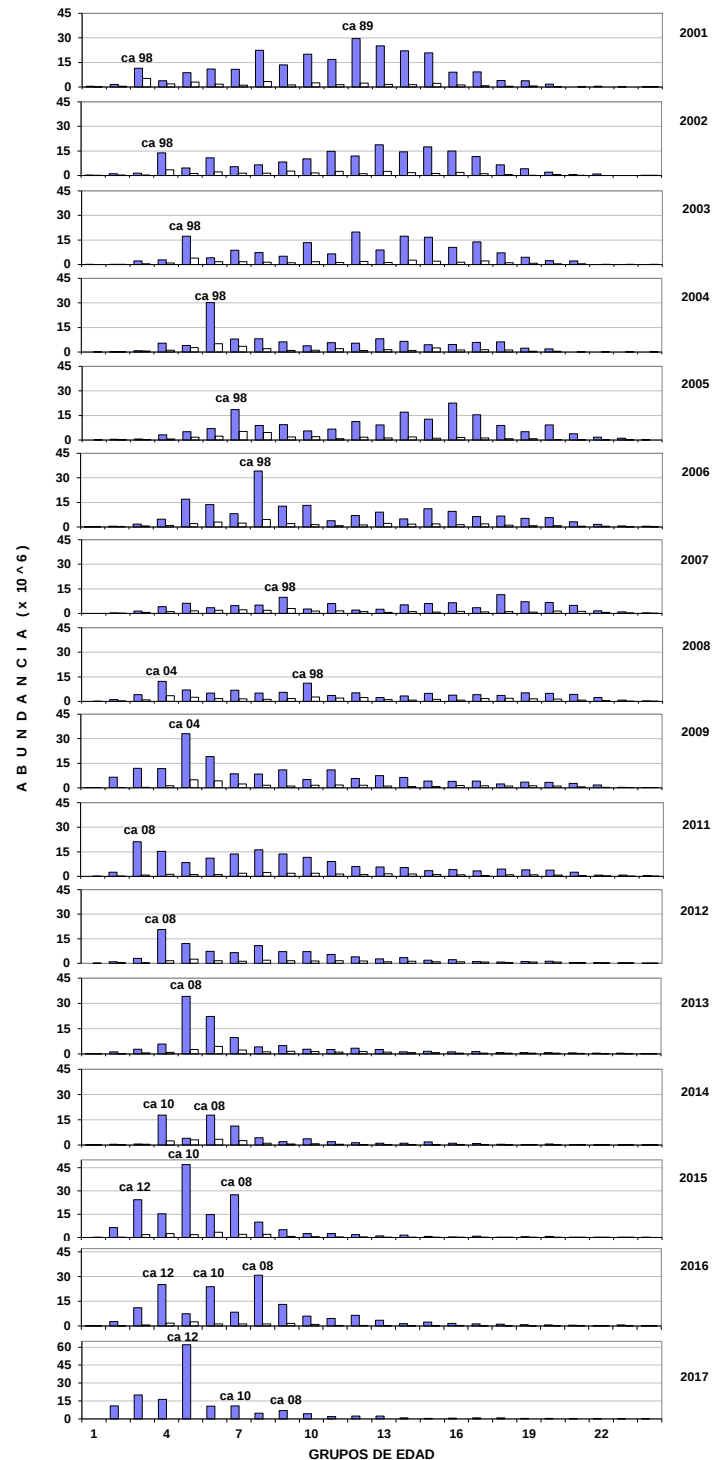


Figura 20-B. Estructura de la abundancia y la captura en número por grupo de edad de merluza de tres aletas, en número. Período 2001-2017. Barras vacías corresponden a pesquería; barras achuradas corresponden a cruceros de investigación.

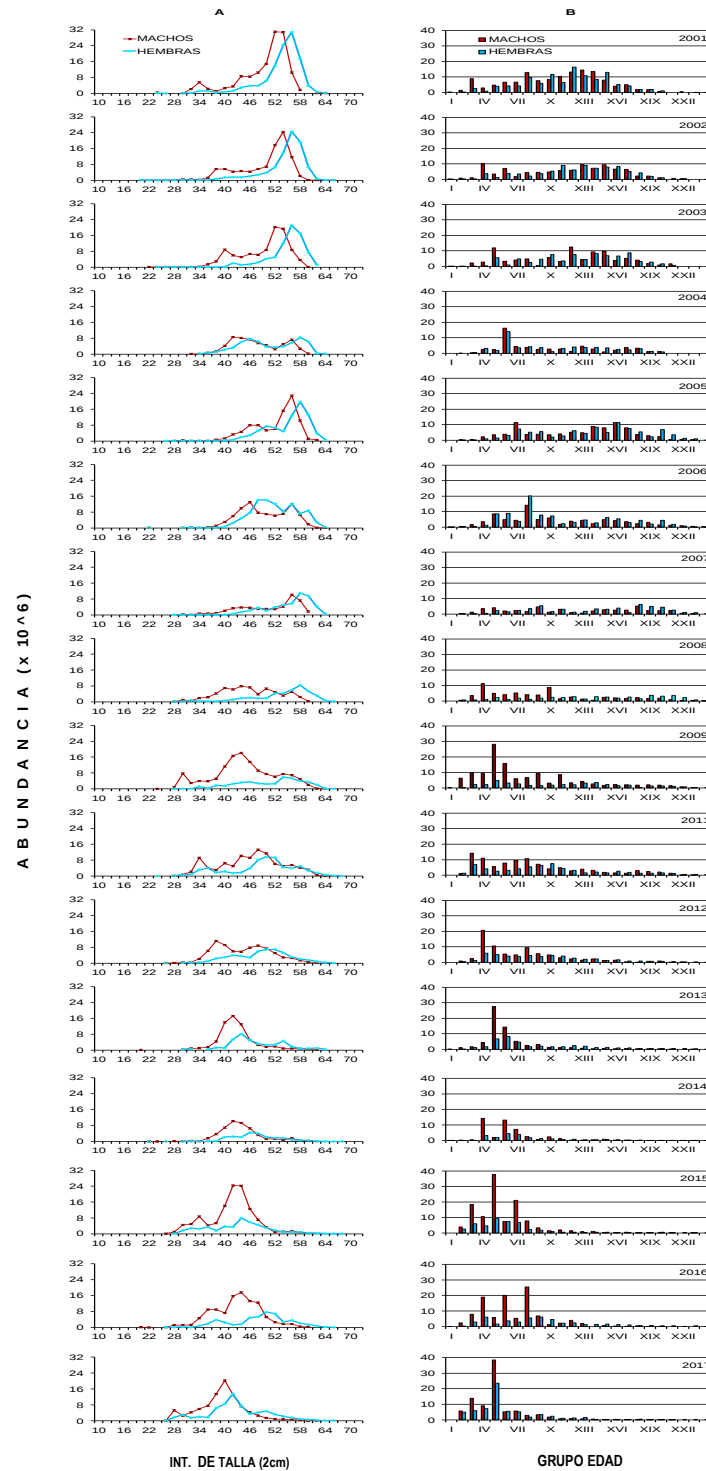


Figura 21 Distribución de la abundancia por clases de talla (columna A de gráficos) y por GE (columna B de gráficos) registrada en los Cruceros de Evaluación de merluza de tres aletas. Período 2001-2017.

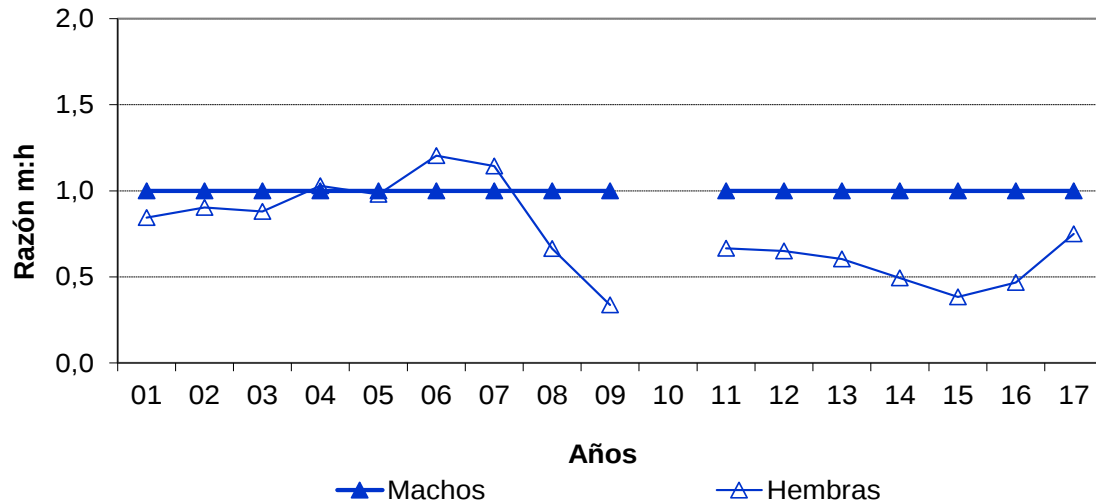


Figura 22. Razón entre machos y hembras de merluza de tres aletas, presente en la abundancia en el período de desove, período 2001 - 2017.

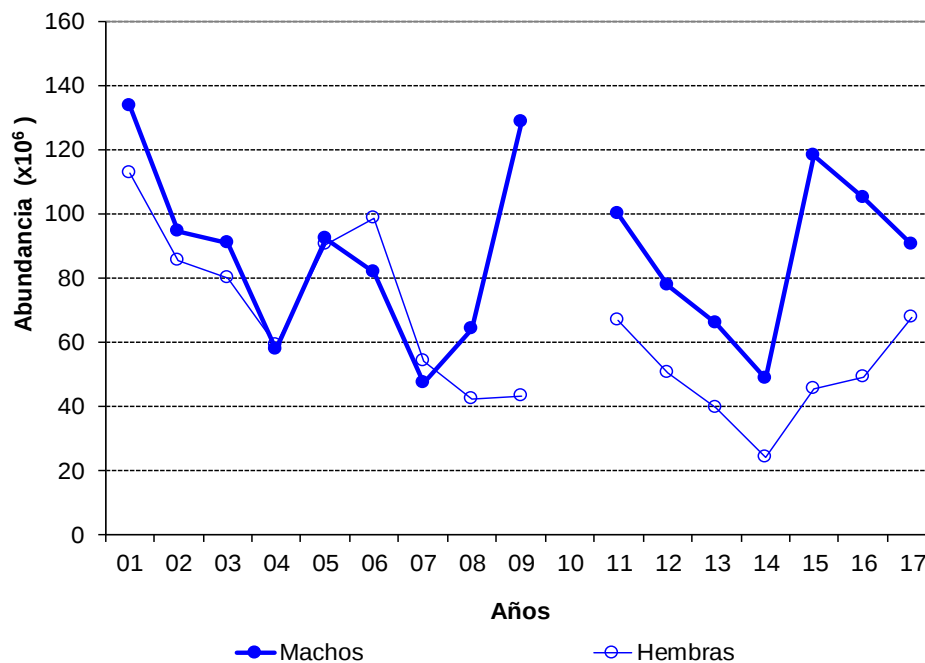


Figura 23 Abundancia de merluza de tres aletas, por sexo, en los cruceros de evaluación del stock desovante, período 2001 - 2017.

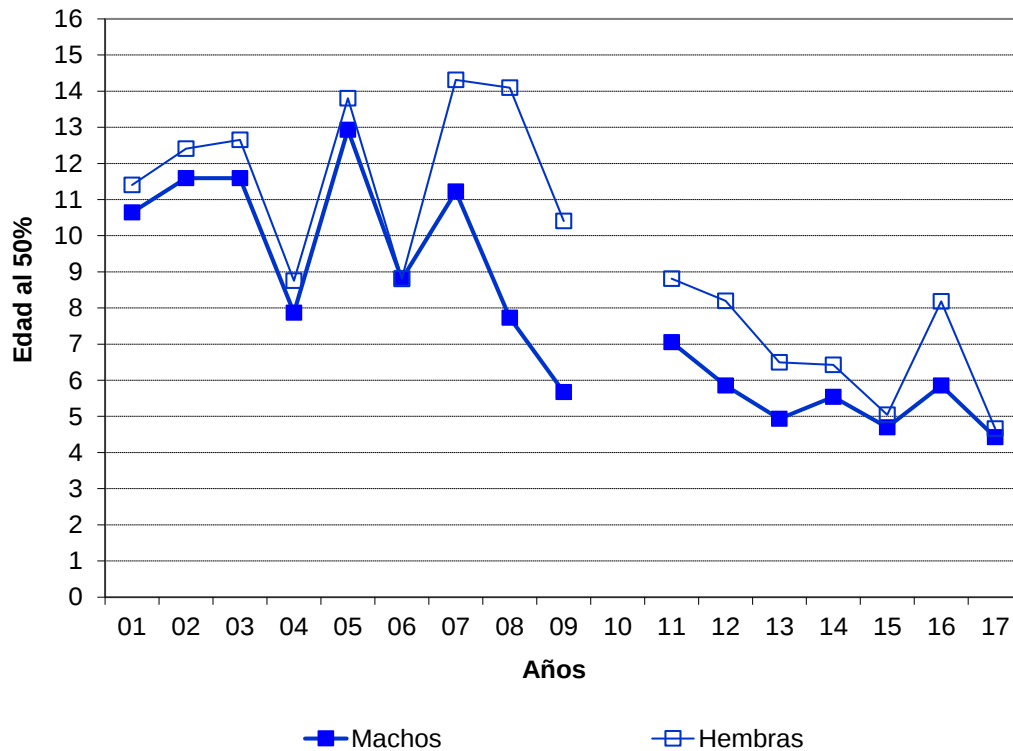


Figura 24. Edades medianas de merluza de tres aletas, por sexo, presente en los cruceros de evaluación del stock desovante, período 2001 - 2017.

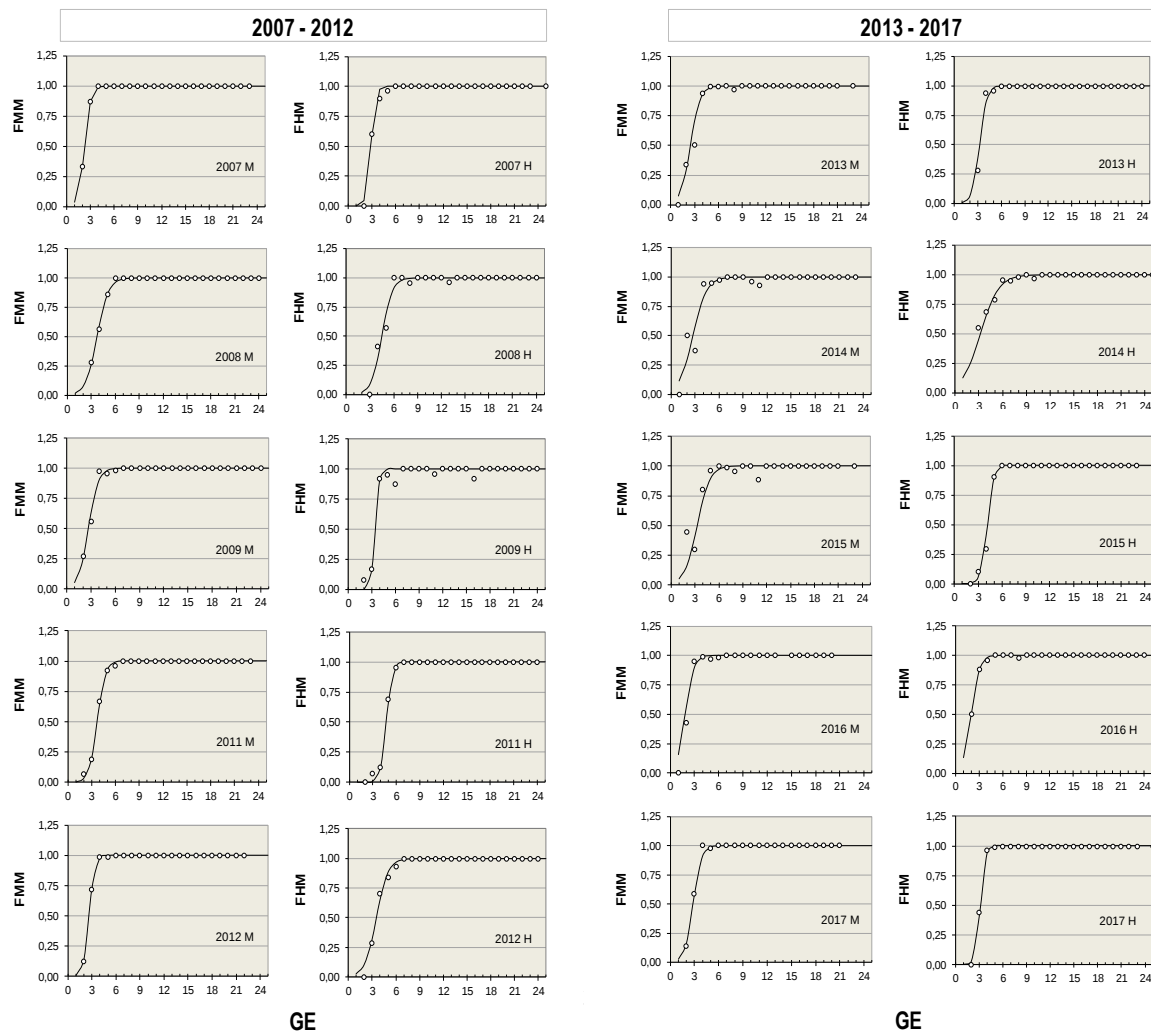


Figura 25 Fracción de merluza de tres aletas (machos y hembras) maduros, según grupos de edad, en los cruceros de evaluación años 2007 – 2017.

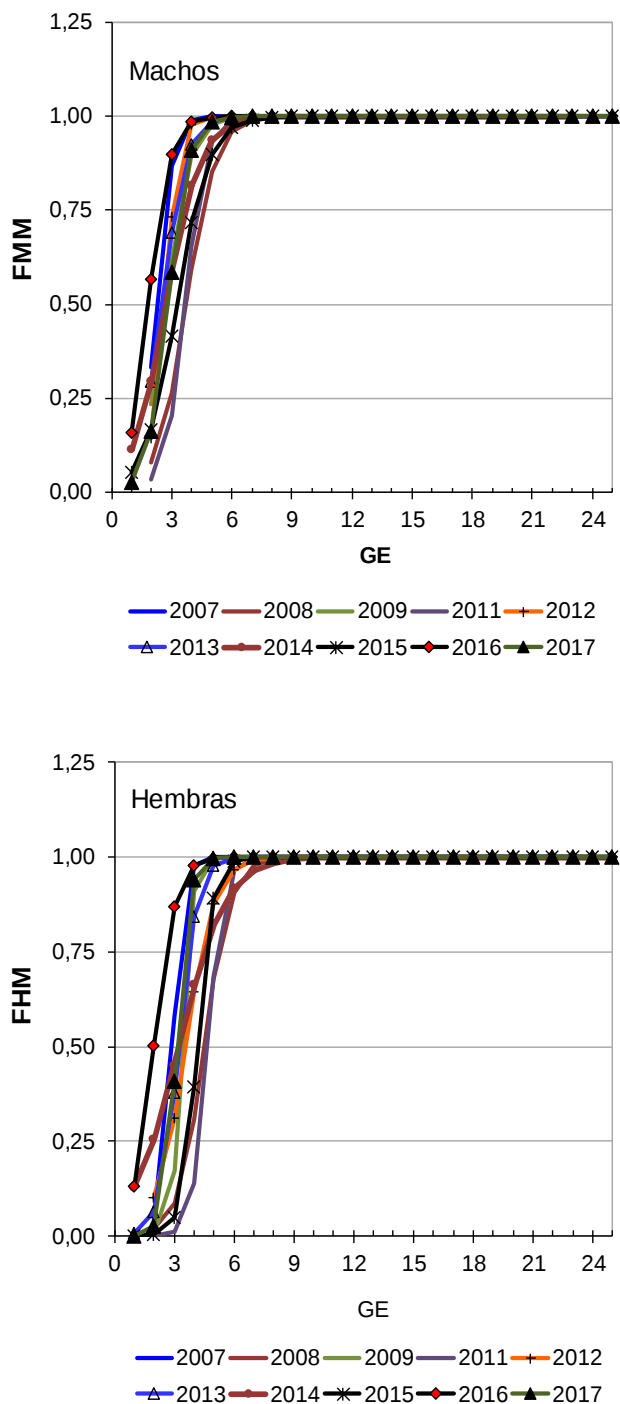


Figura 26 Curvas de madurez estimadas para merluza de tres aletas (machos y hembras), segun grupos de edad y estados de madurez macroscopicos, en los cruceros de evaluaci3n aros 2007 a 2017. FMM: fracci3n de machos maduros; FHM: fracci3n de hembras maduras.

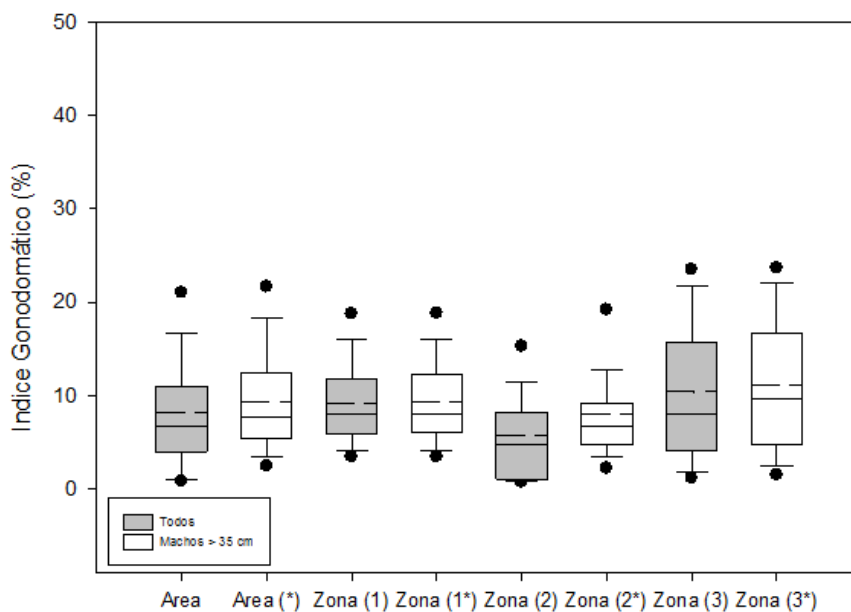


Figura 27.- Índice gonadosomático de todos los machos y aquellos mayores de 35 cm LT, en el área prospectada y por zonas: (1) Taitao, (2) Golfo de Penas – Ladrillero; (3) Trinidad-Concepción. (línea continua: mediana; línea discontinua: media).

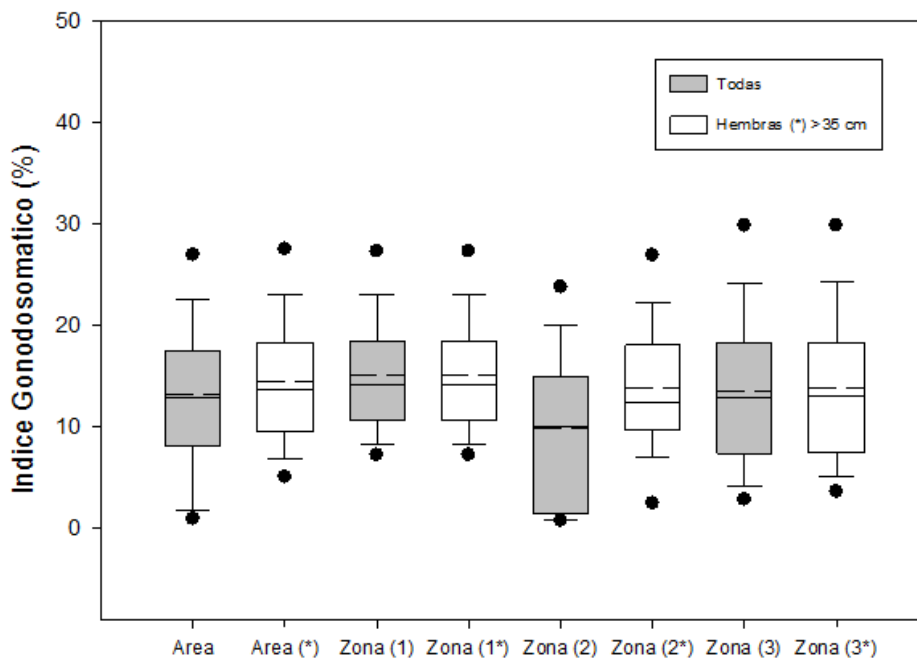


Figura 28.- Índice gonadosomático de todas las hembras y aquellos mayores de 35 cm LT, en el área prospectada y por zonas: (1) Taitao, (2) Golfo de Penas – Ladrillero; (3) Trinidad-Concepción. (línea continua: mediana; línea discontinua: media)

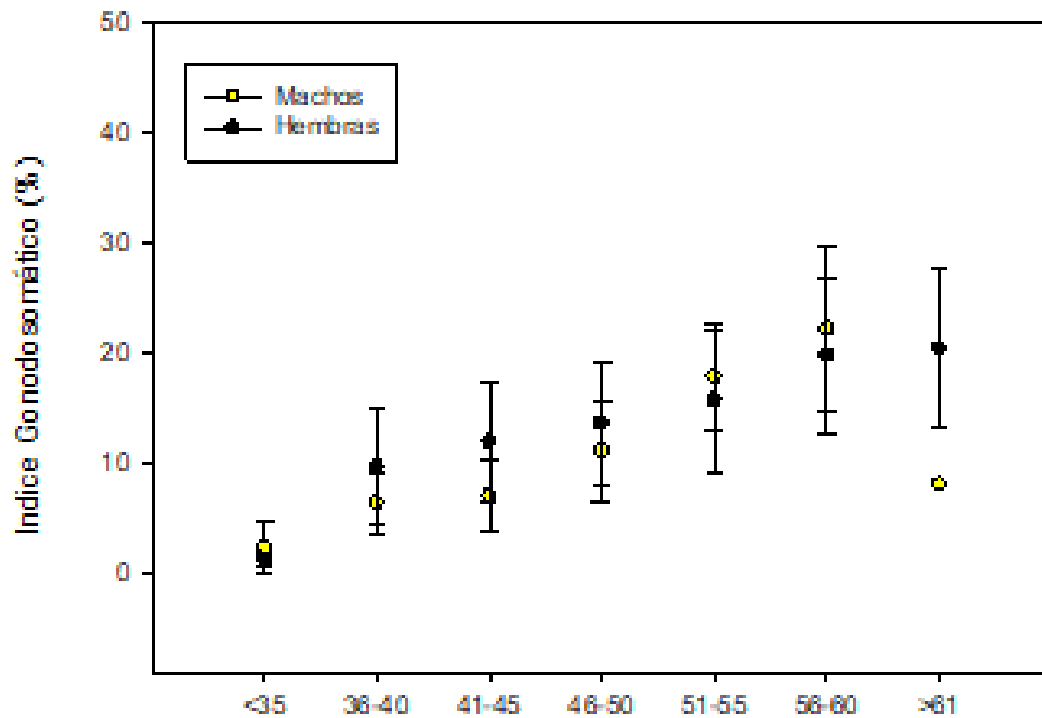


Figura 29.- Índice gonadosomático para las hembras y machos agrupados tallas (cm) LT.

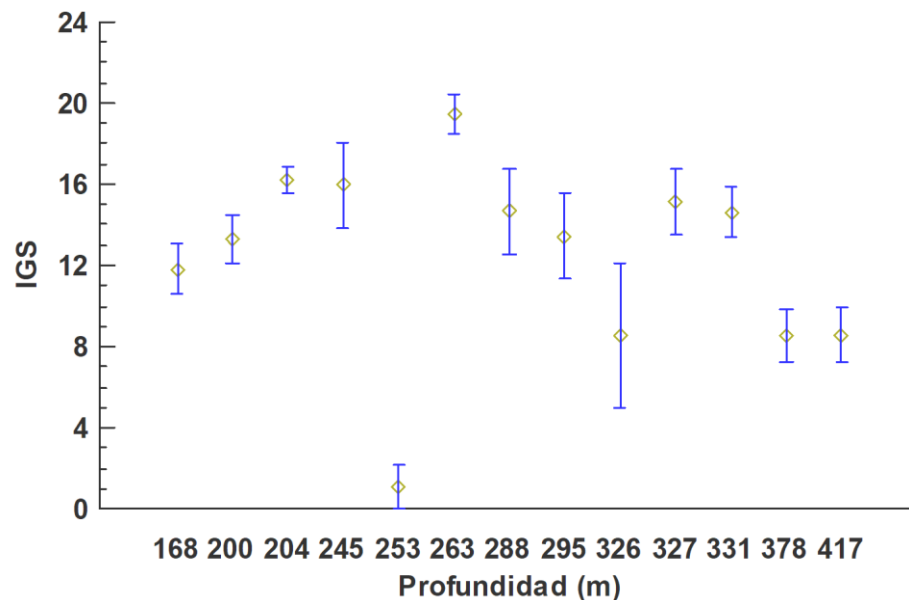


Figura 30- Cálculo de las medias de IGS de las hembras con respecto a la profundidad (m) de los lances.

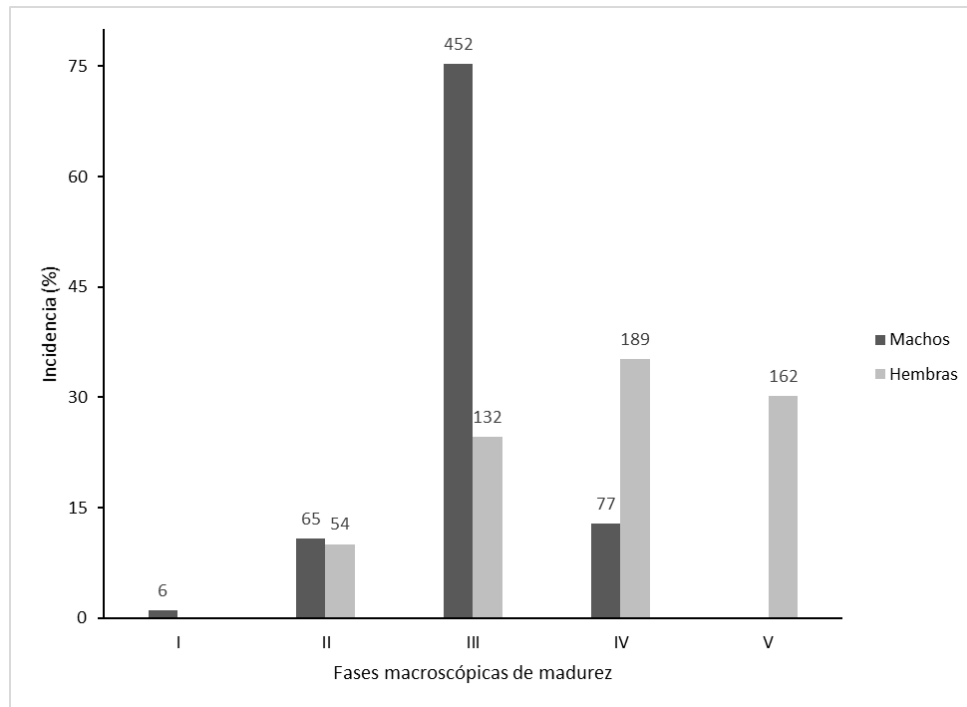


Figura 31- Incidencia de fases macroscópicas de hembras y machos.

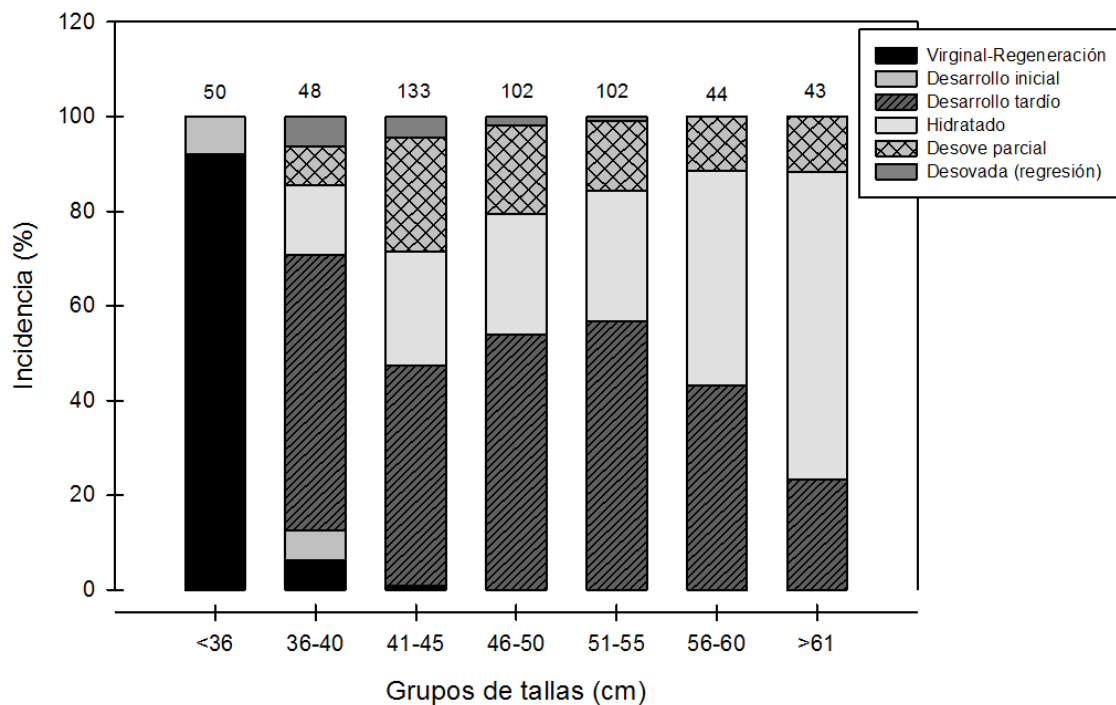


Figura 32.- Incidencia de fases microscópicas del desarrollo gonadal por grupo de talla (cm)

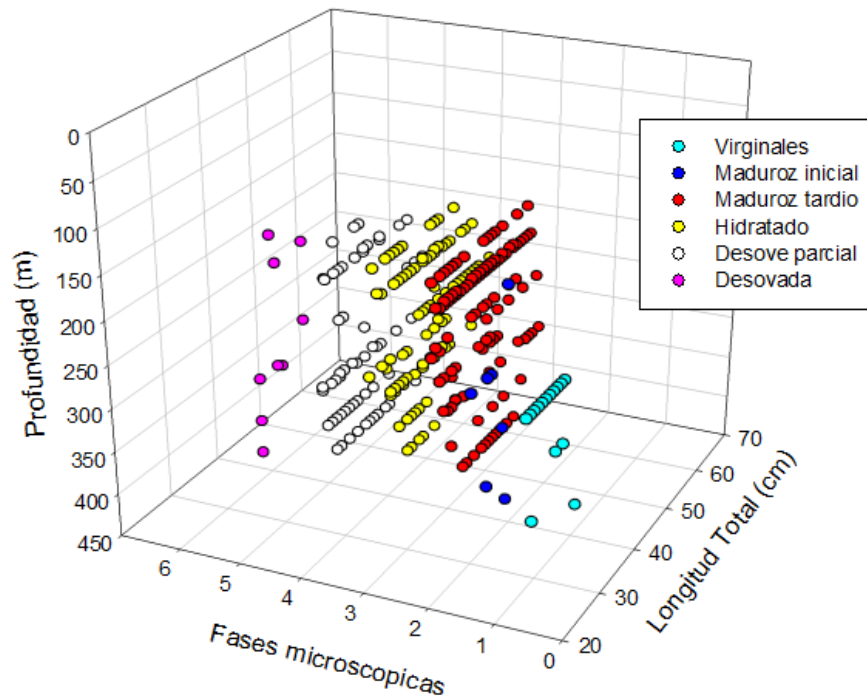


Figura 33.- Fase microscópica de las hembras analizadas relacionadas con la variable LT (cm) y profundidad (m).

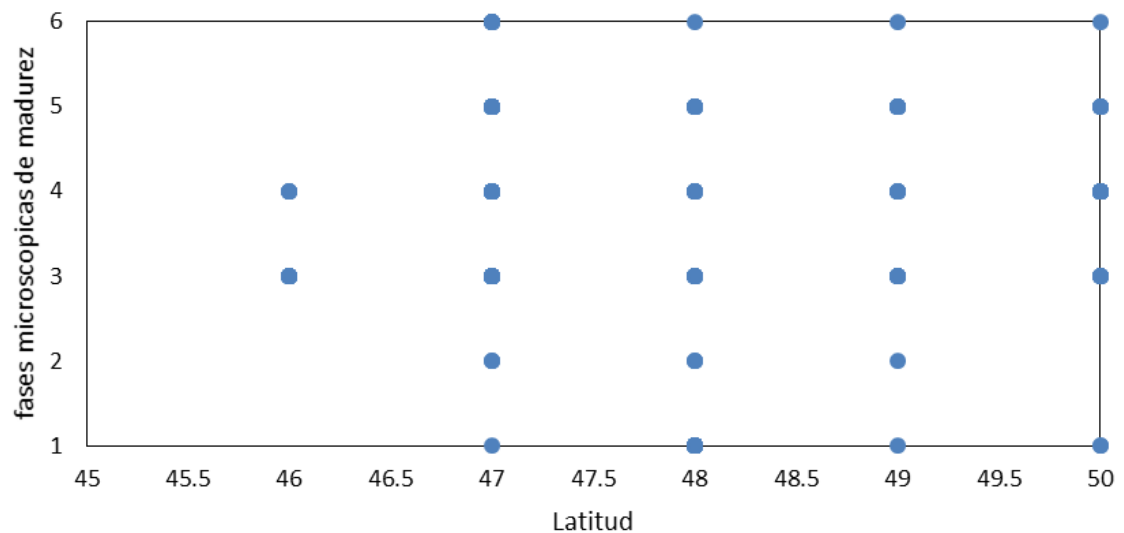


Figura 34.- Fases microscópicas (EMM) según el factor geográfico por grados de latitud del área prospectada.

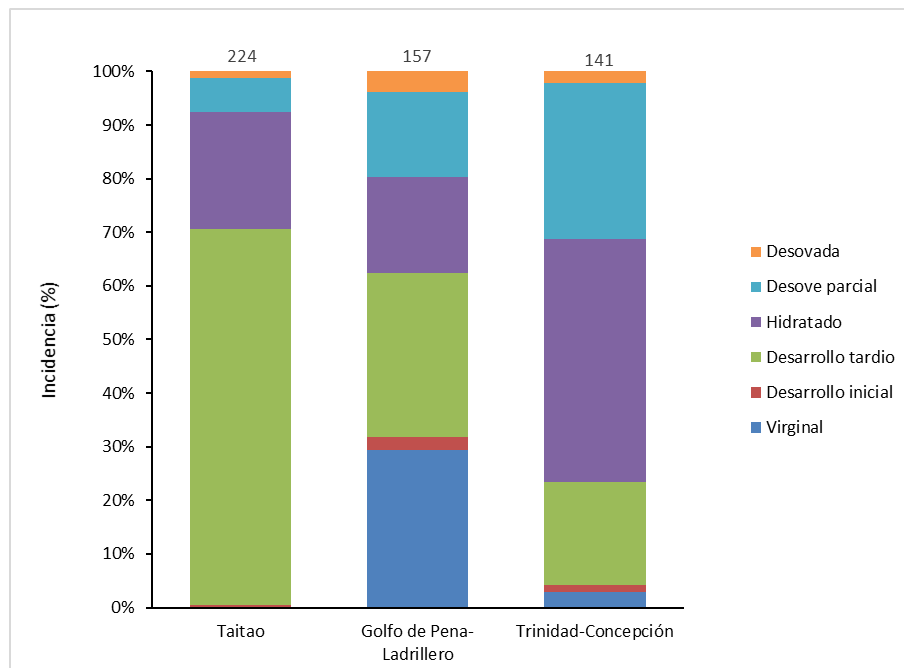


Figura 35.- Incidencia de las fases microsc3picas de las hembras seg3n las zonas prospectadas durante el crucero 2017.

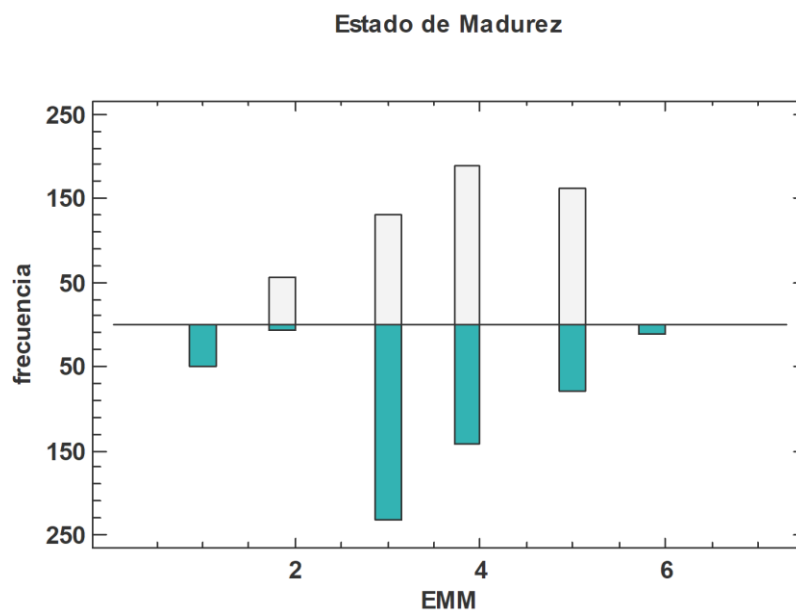


Figura 36.- Frecuencia de los estados de macrosc3picos v/s las fases microsc3picas de la g3nada de las hembras.

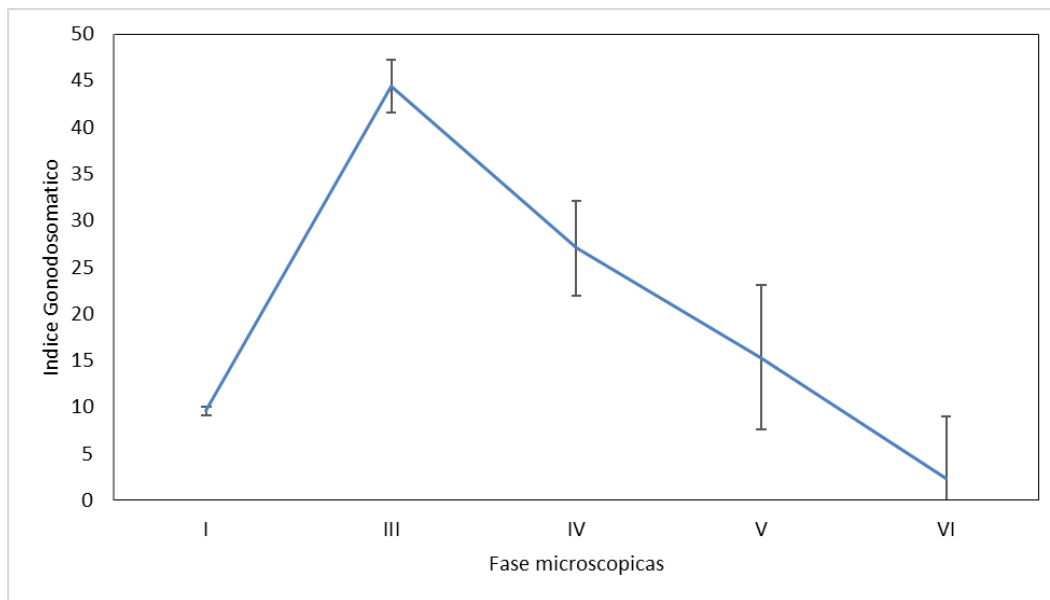


Figura 37.- Índice gonadosomático respecto a las fases microscópicas de las hembras analizadas.

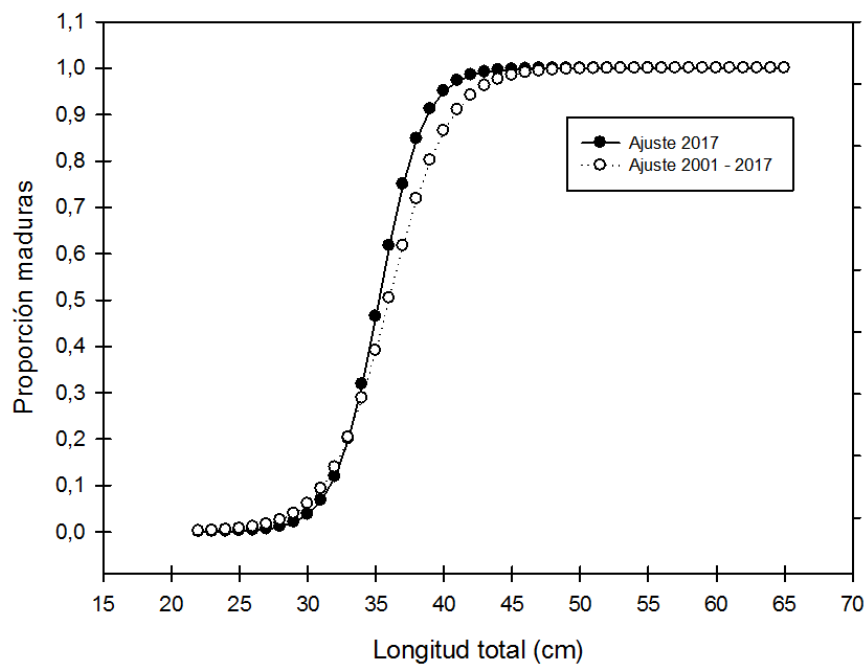


Figura 38.- Ojiva de madurez a la talla de las hembras en toda el área prospectada, con ajustes de 2017 y datos agrupados entre 2001-2017.

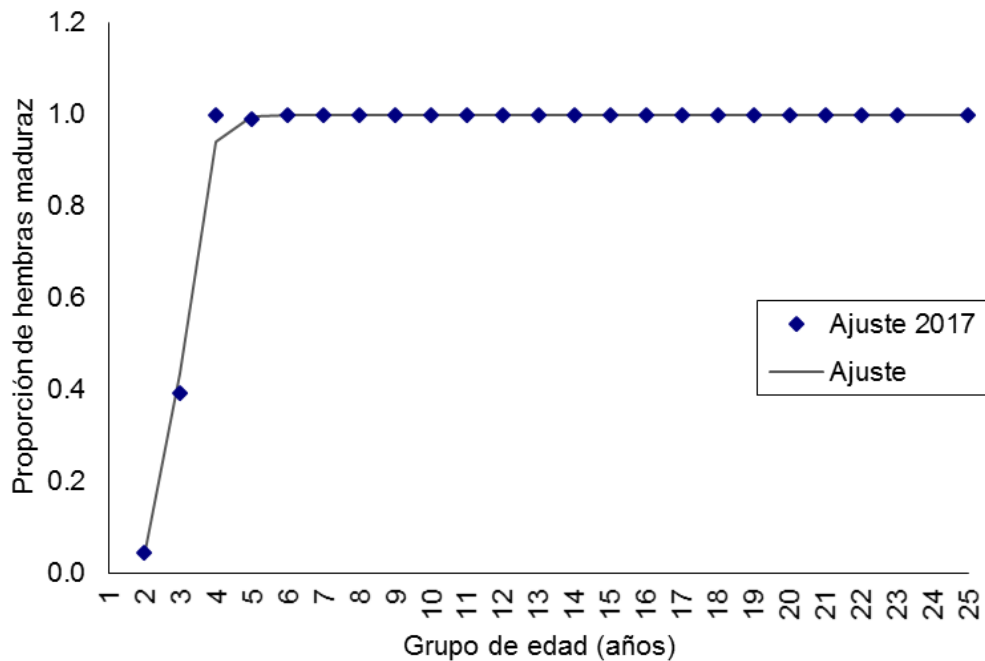


Figura 39.- Ojiva de madurez de la edad de las hembras de merluza de tres aletas en toda el área de estudio.

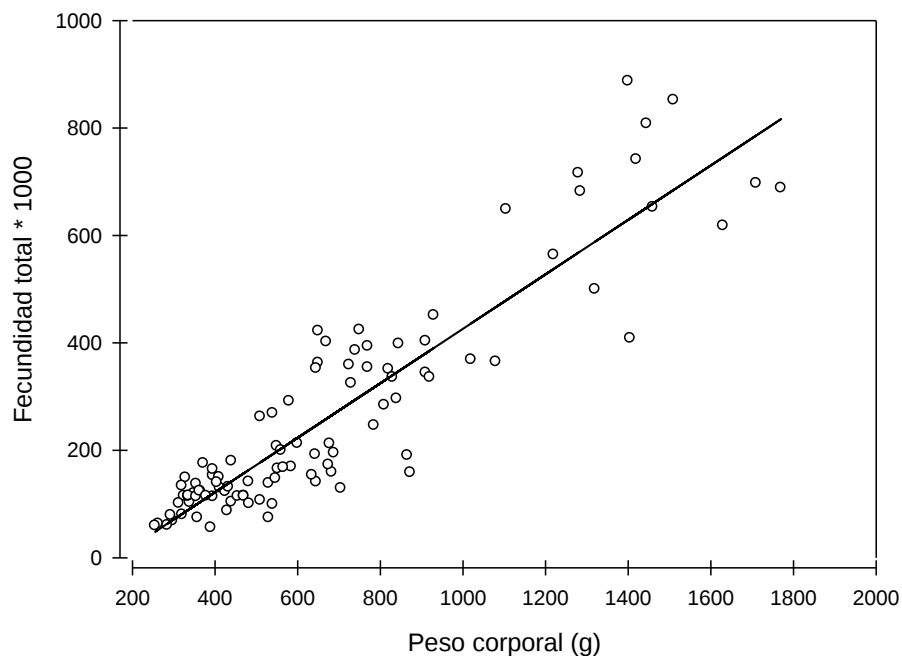


Figura 40.- Relación del modelo lineal entre la fecundidad total y el peso corporal (g).

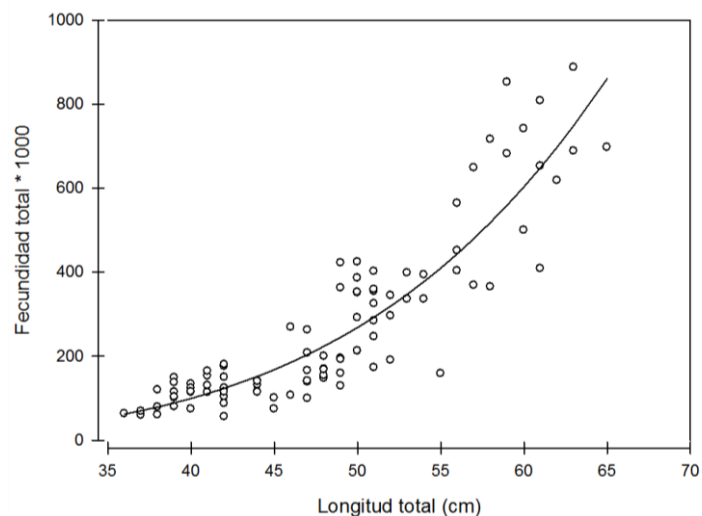


Figura 41- Relación del modelo potencial entra la fecundidad total y la longitud total (cm).

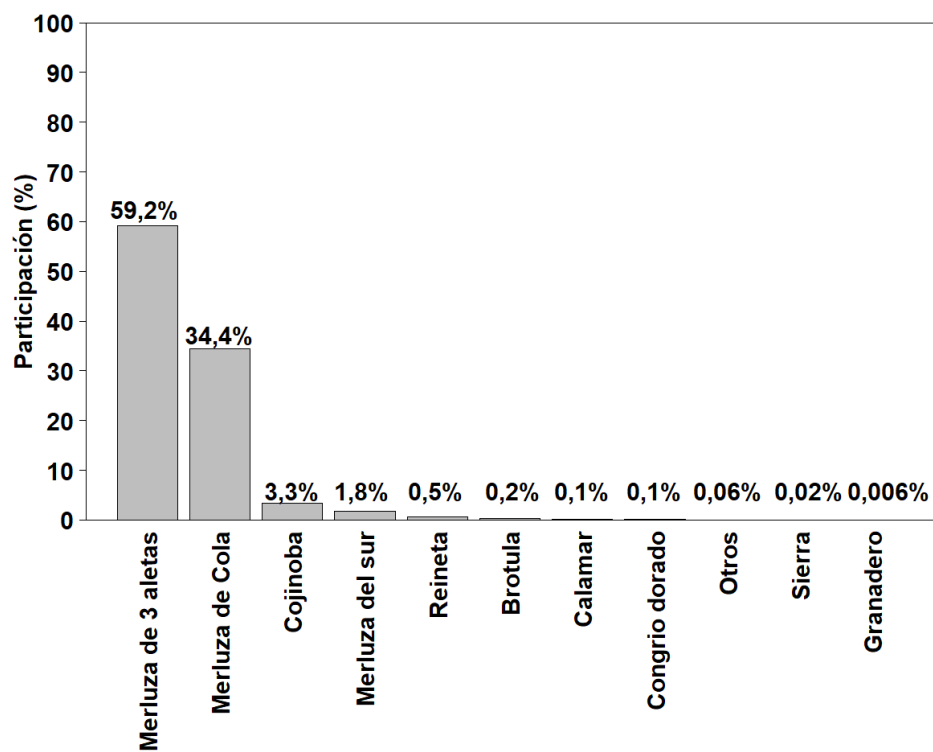


Figura 42. Composición de la captura obtenida en los lances de identificación efectuados en el área de estudio total, crucero 2017.

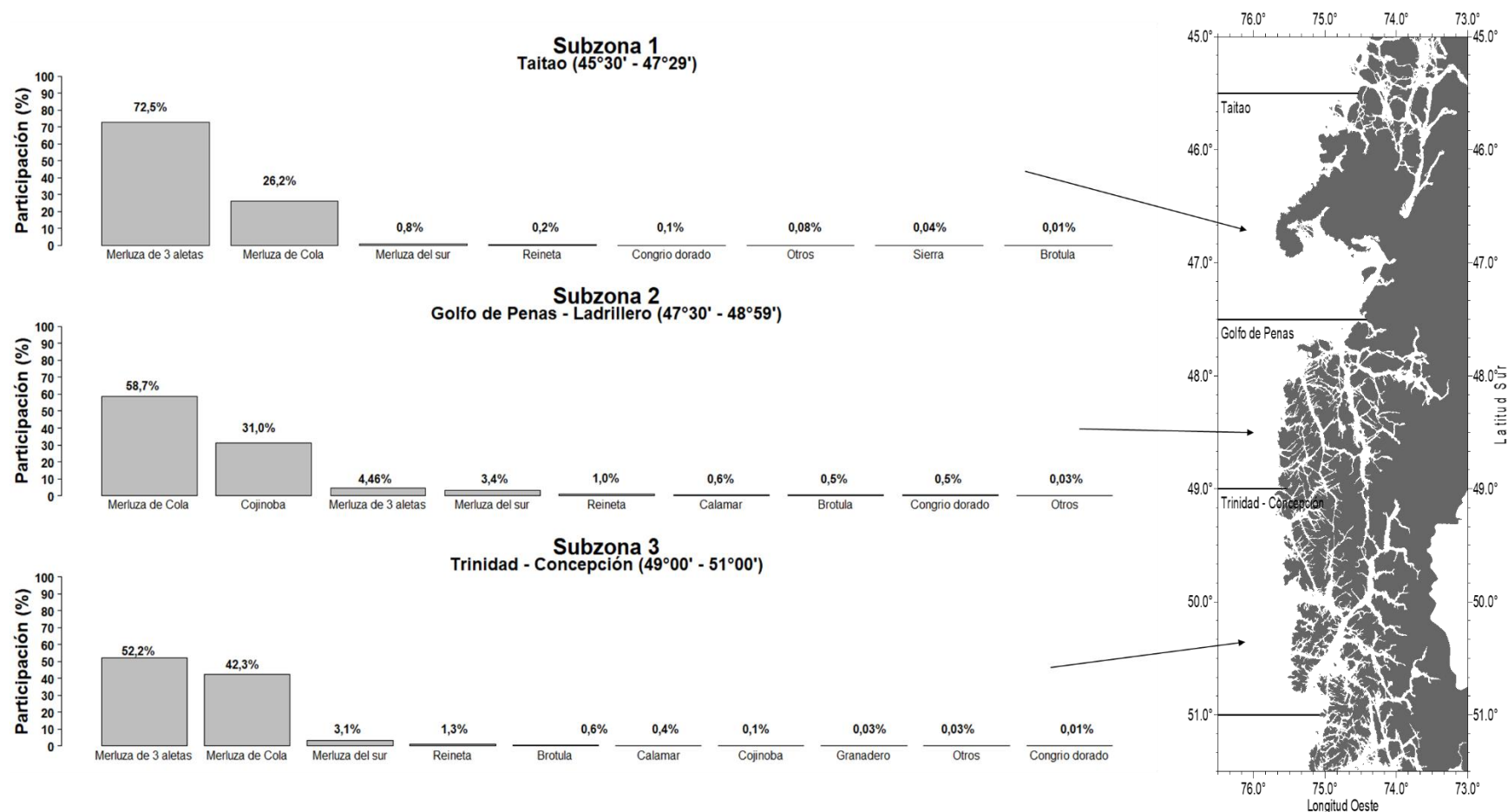


Figura 43. Composición de la captura obtenida en los lances de identificación por zonas históricas de distribución, crucero 2017.

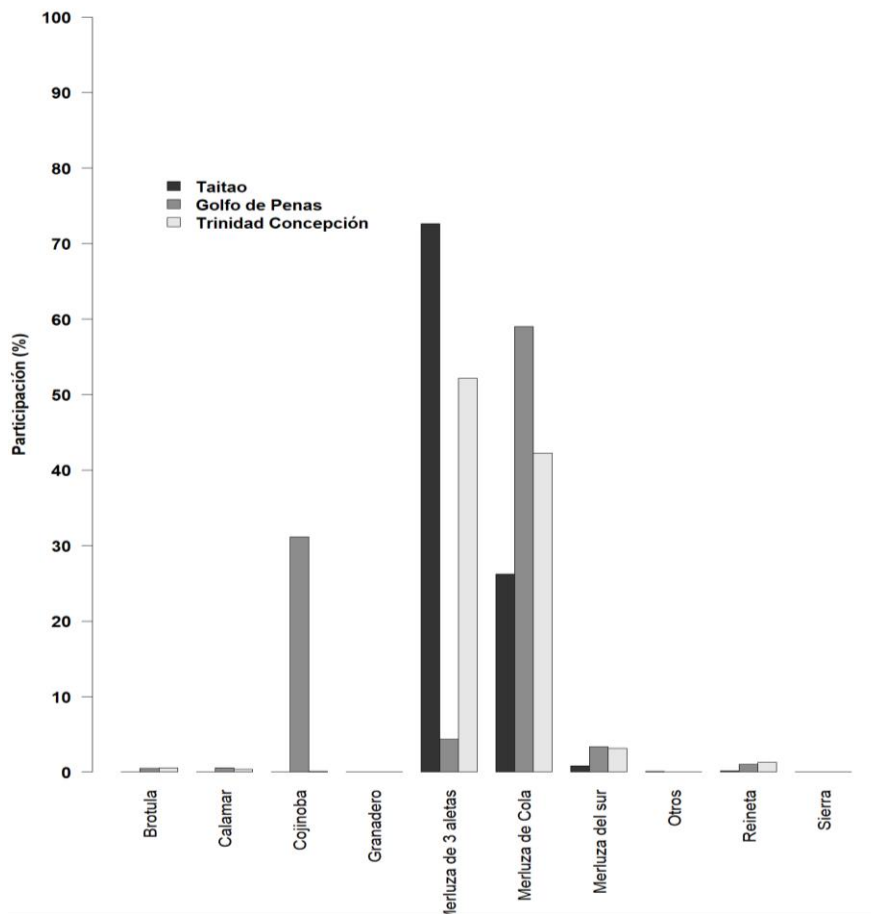


Figura 44. Composición de la captura de fauna acompañante asociada a merluza de tres aletas, por zonas de distribución históricas, obtenida en los lances de identificación, crucero 2017.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

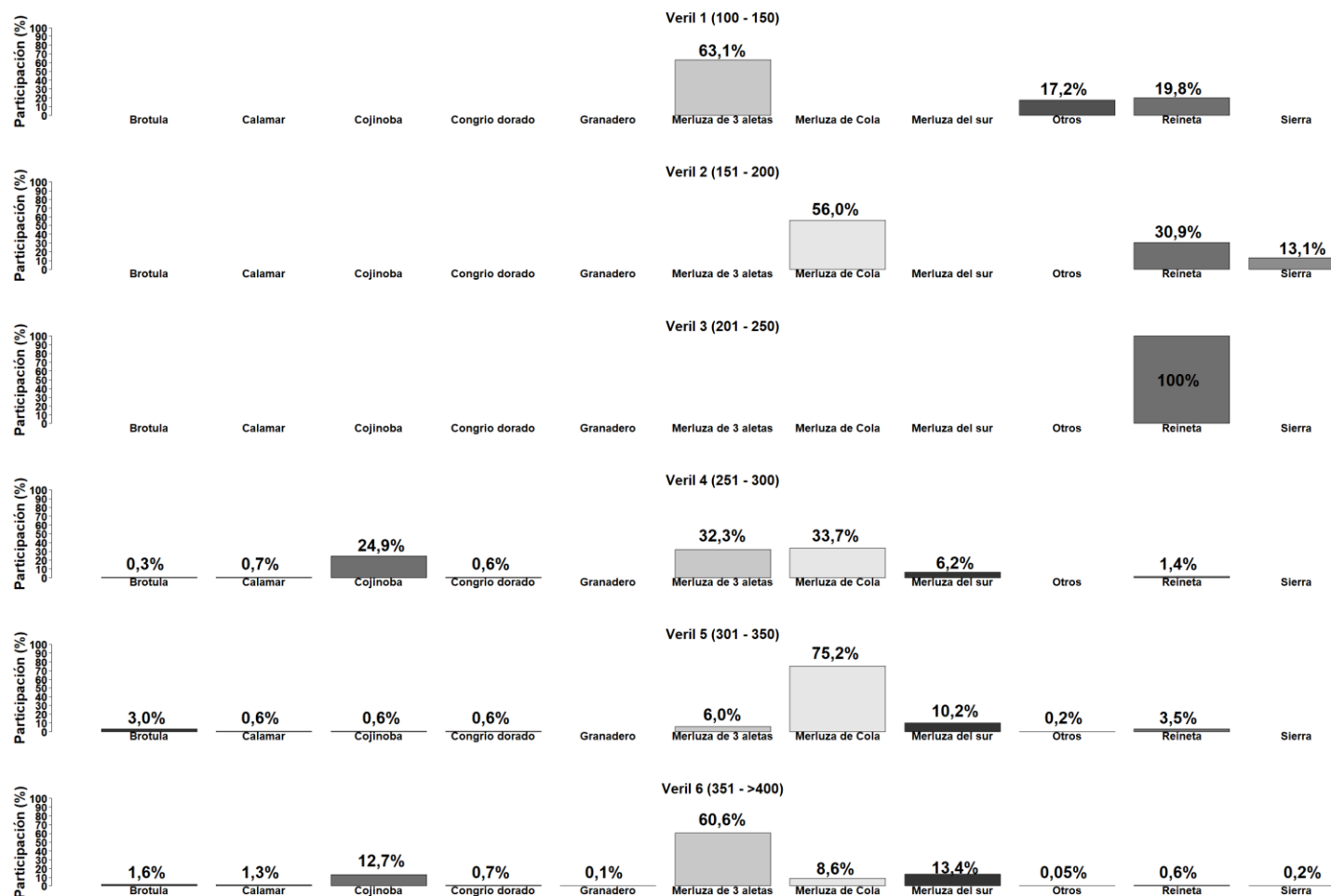


Figura 45. Composición de especies presentes en la captura obtenida en los lances de identificación por veril de profundidad, crucero 2017.

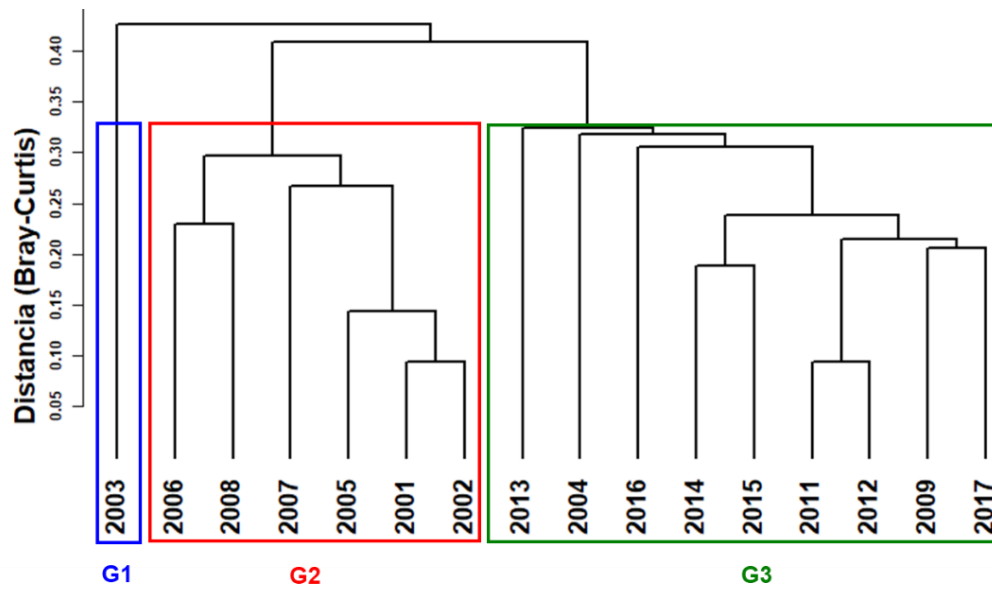


Figura 46. Resultado del análisis de clasificación de los cruceros realizados entre los años 2001 y 2017, diferenciados por cruceros.

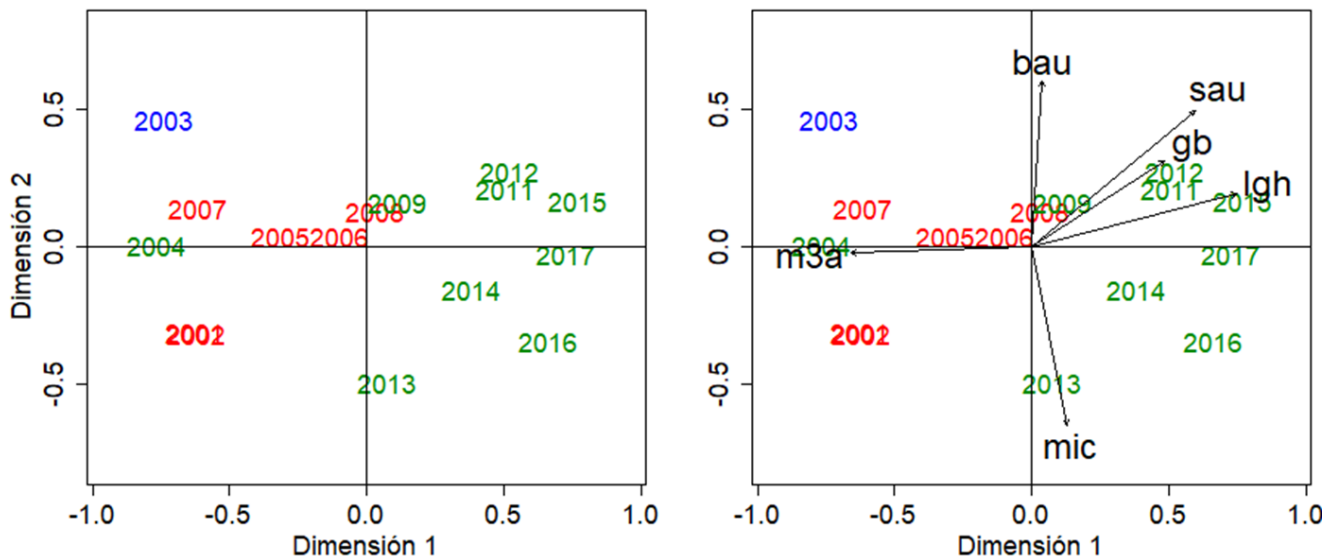


Figura 47. Resultado del análisis de ordenación de los cruceros realizados entre los años 2001 y 2017, diferenciados por cruceros.

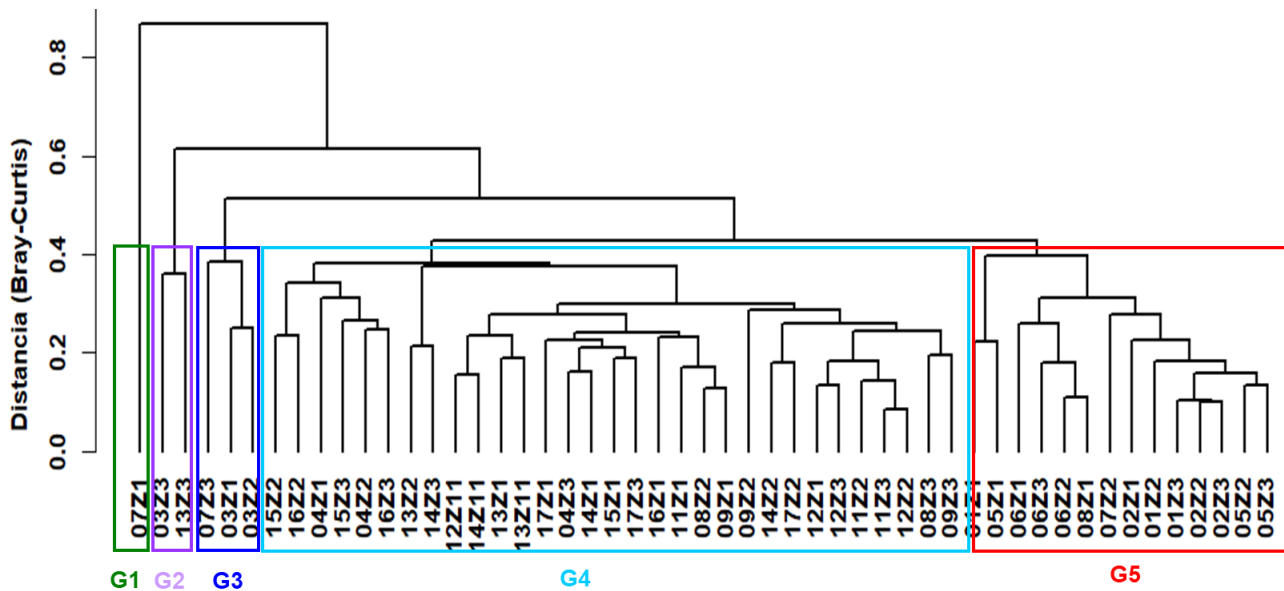


Figura 48. Resultado del análisis de clasificación de los proyectos realizado entre los años 2001 y 2017, diferenciados por zonas.

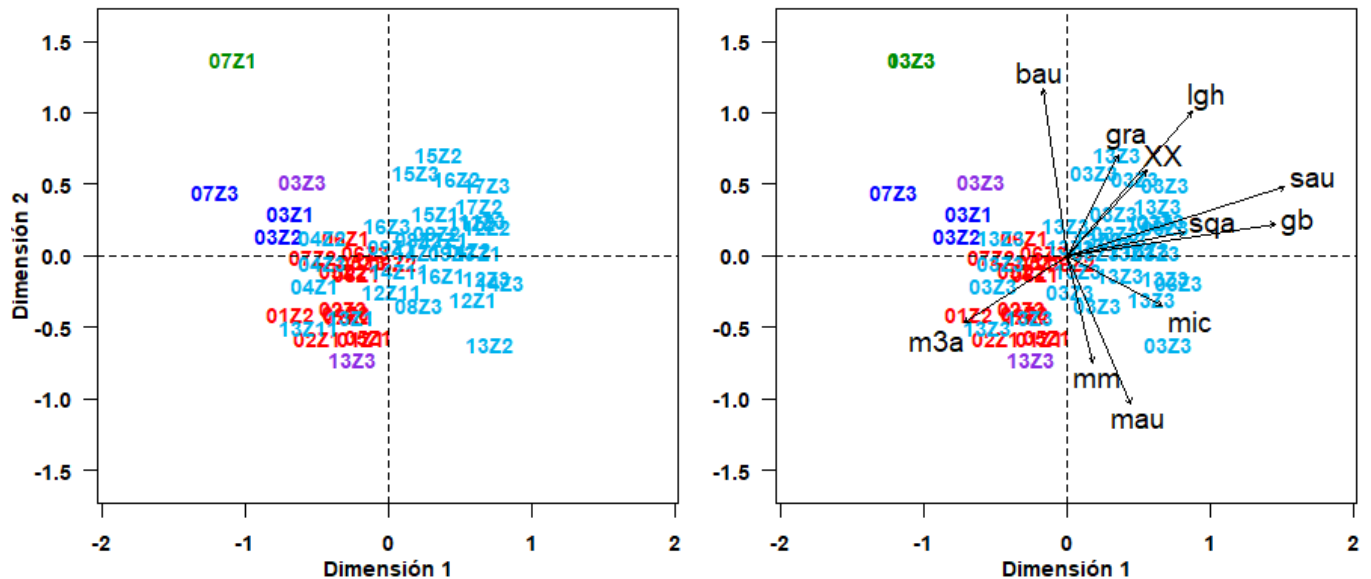


Figura 49. Resultado del análisis de ordenación de los proyectos realizado entre los años 2001 y 2017, diferenciados por zonas.

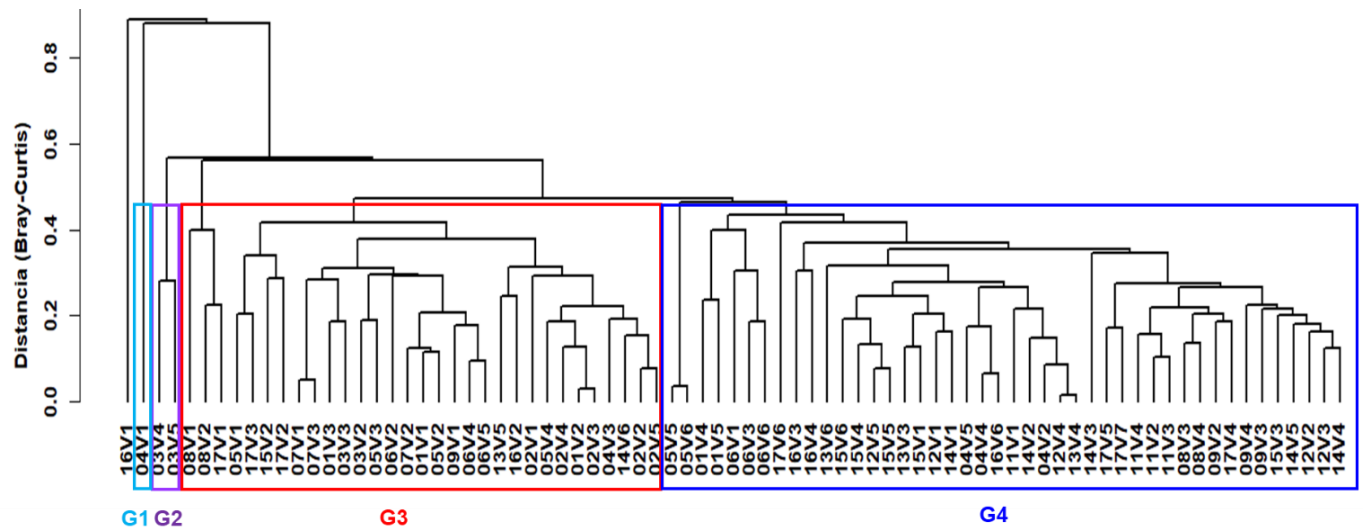


Figura 50. Resultado del análisis de clasificación de los cruceros por veril de profundidad, realizado entre los años 2001 y 2017.

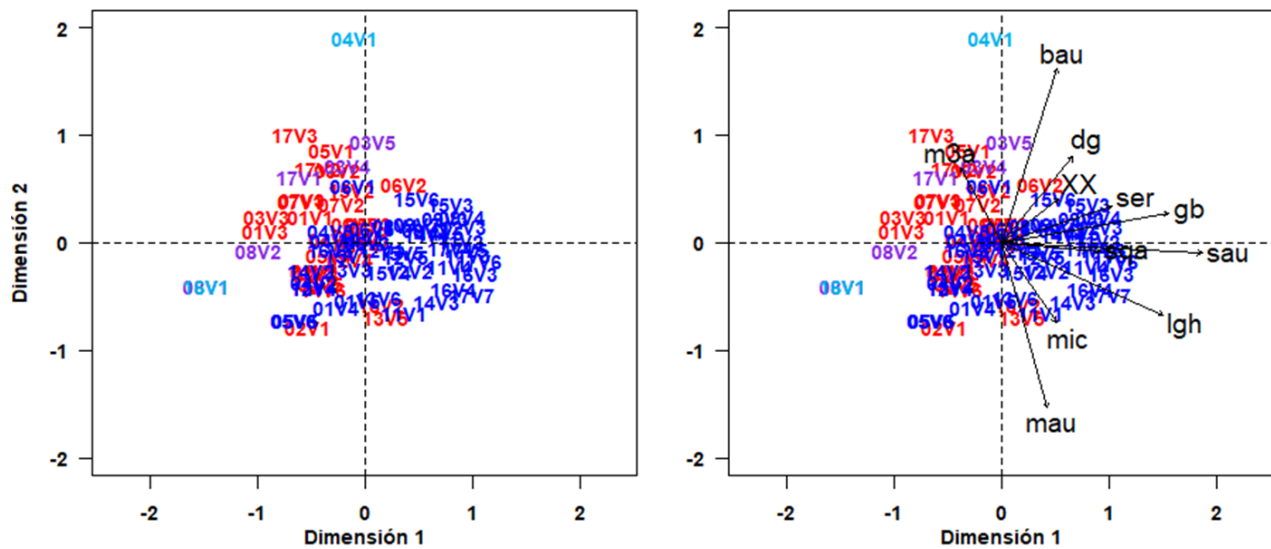


Figura 51. Resultado del análisis de ordenación de los cruceros por veril de profundidad, realizado entre los años 2001 y 2017.

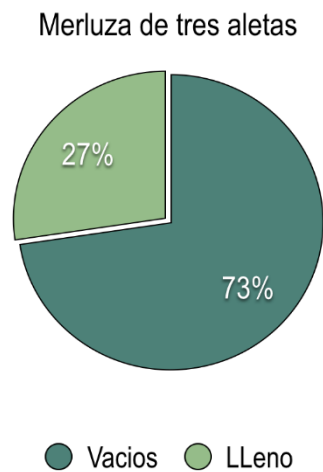


Figura 52. Proporción de estómagos llenos y vacíos

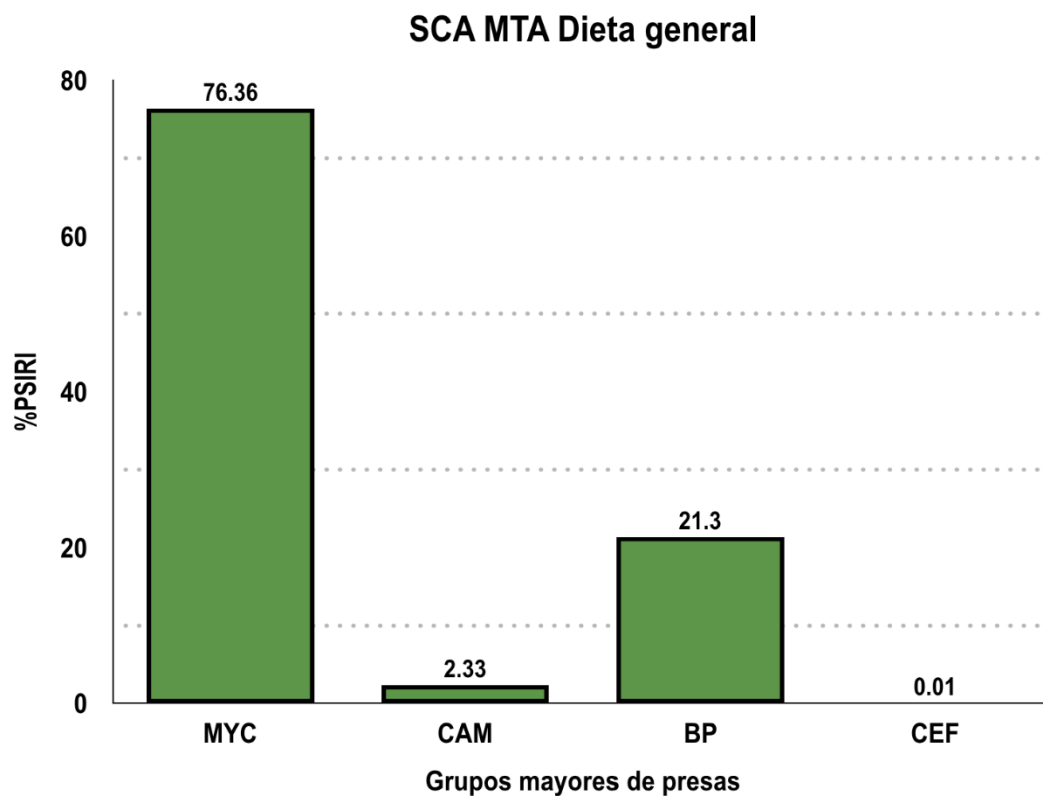


Figura 53. Dieta general de Merluza de tres aletas para la zona y tiempo estudiado, temporada de pesca 2017. %PSIRI; índice estandarizado de IRI. MYC; microfidos, CAM; camarones, BP; Bathylagichthys parinni, CEF; cefalopodos.

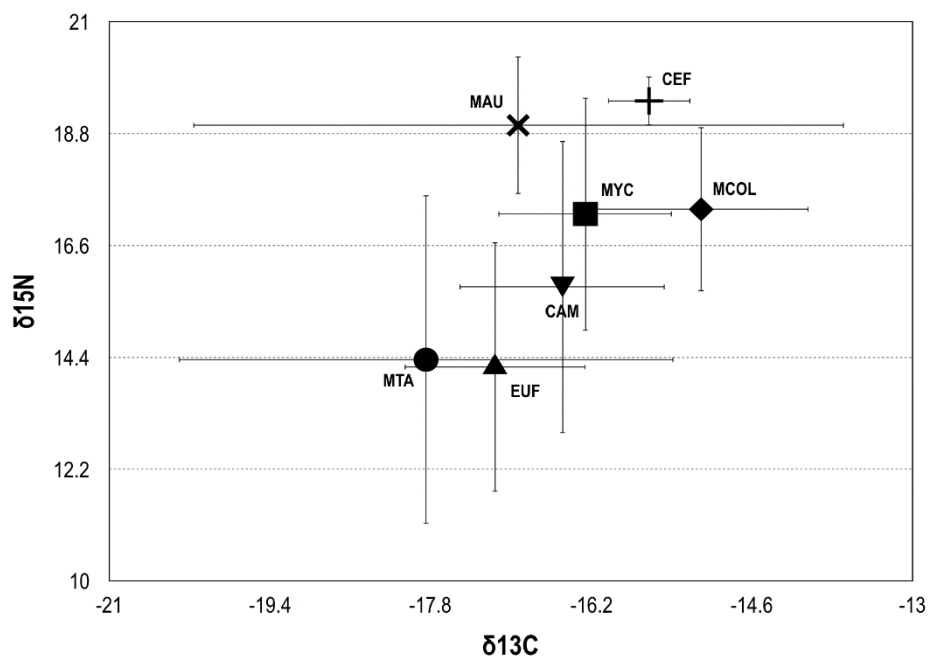


Figura 54. Biplot de nitrógeno y carbono para *Micromesistius australis* en la zona estudiada. MAU; merluza austral, MTA; merluza de tres aletas, MCOL; merluza de cola, EUF; Eufausidos, CAM; Camarones, MYC; mictofidos, CEF; cefalopodos.

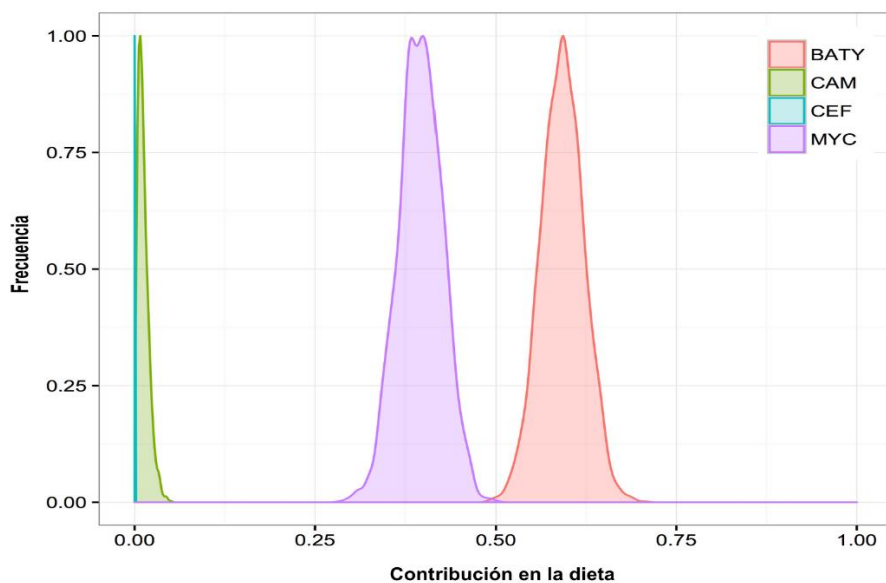


Figura 55. Proporciones dietarias inferidas por isótopos estables para *Micromesistius australis* durante el 2017.

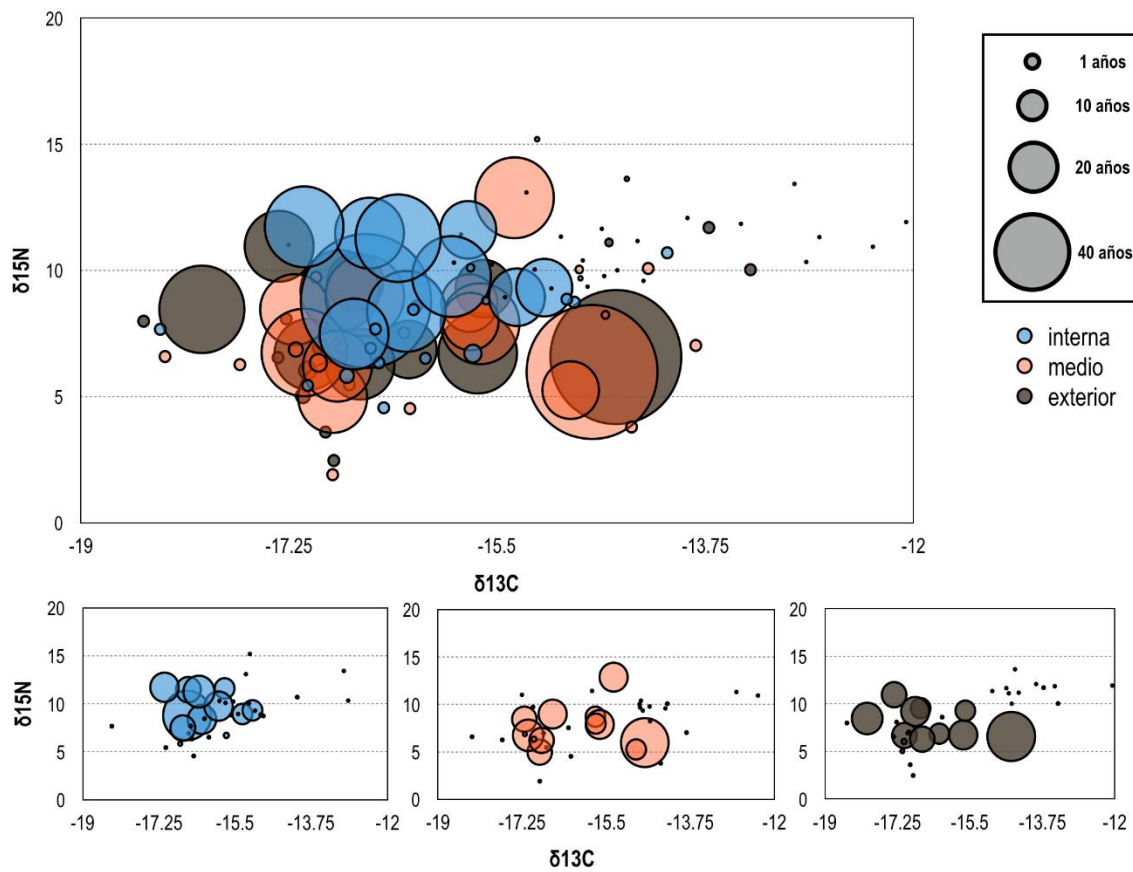


Figura 56. Análisis vertebral para *Micromesistius australis* durante el 2017.

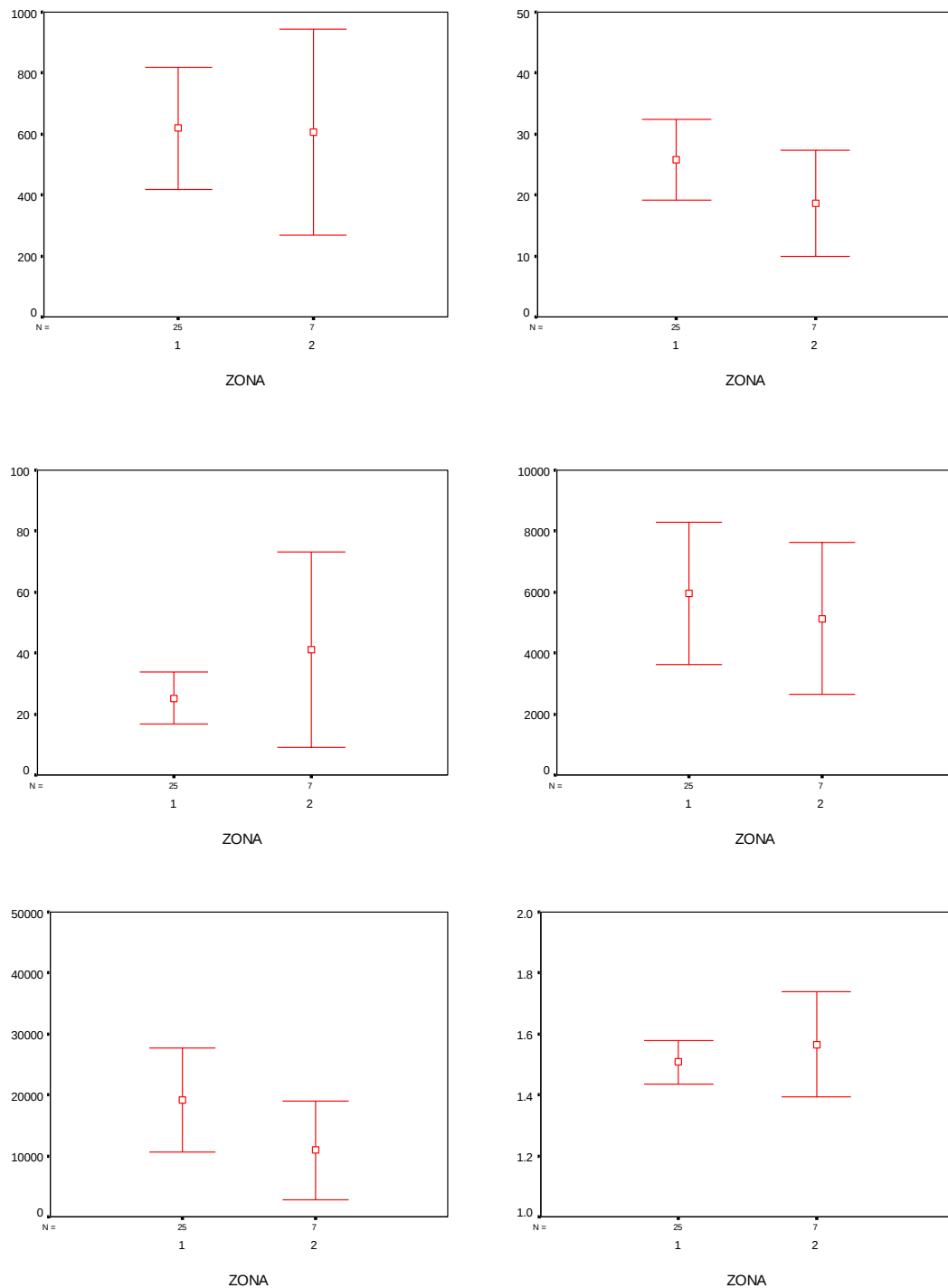


Figura 57. Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfológicos largo, alto, elongación, perímetro, área y dimensión fractal según zona.

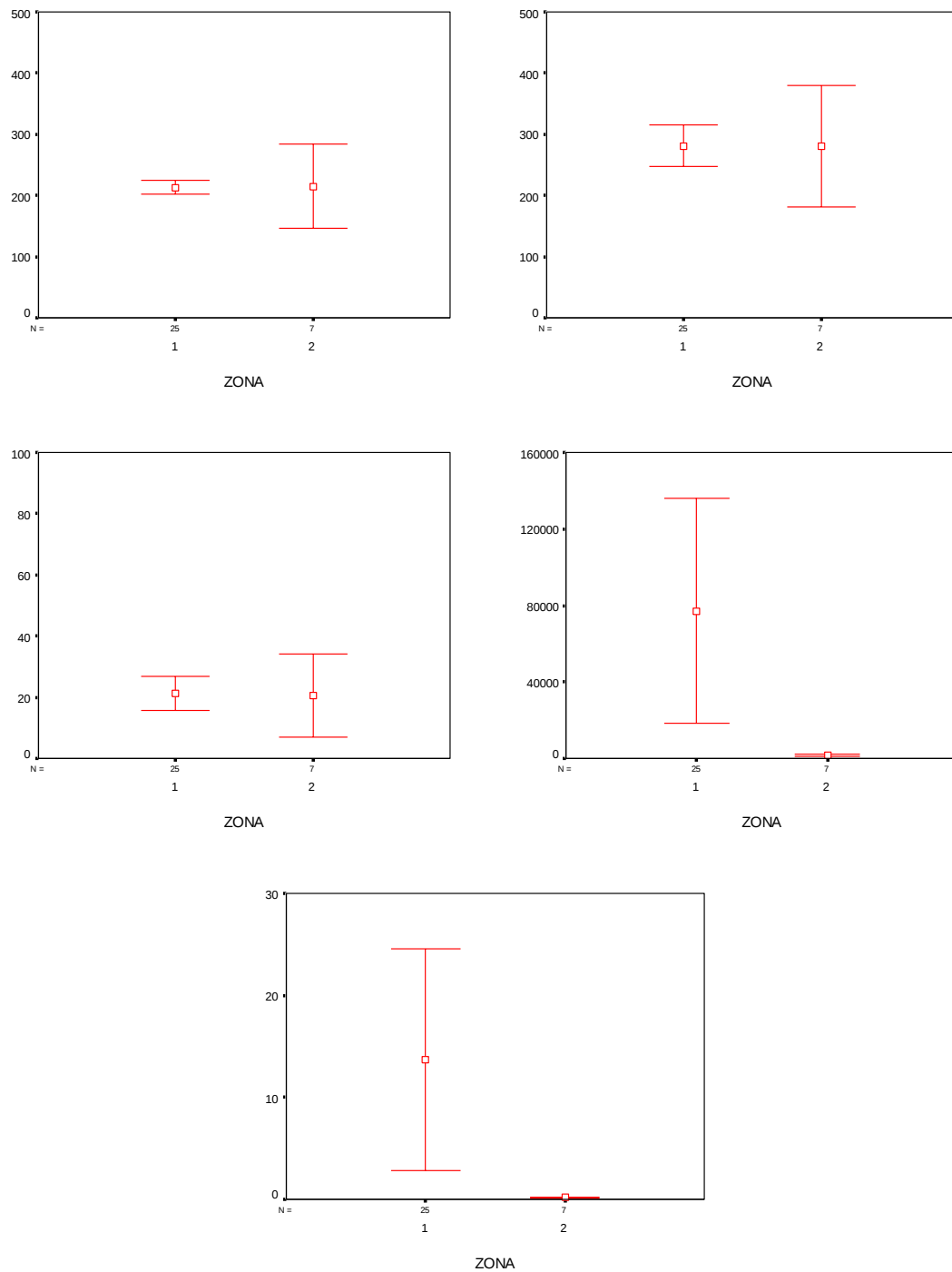


Figura 58 Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores batimétricos profundidad de agregaciones, profundidad del fondo, índice de altura, energía retrodispersada (s_A) y densidad acústica según zona.

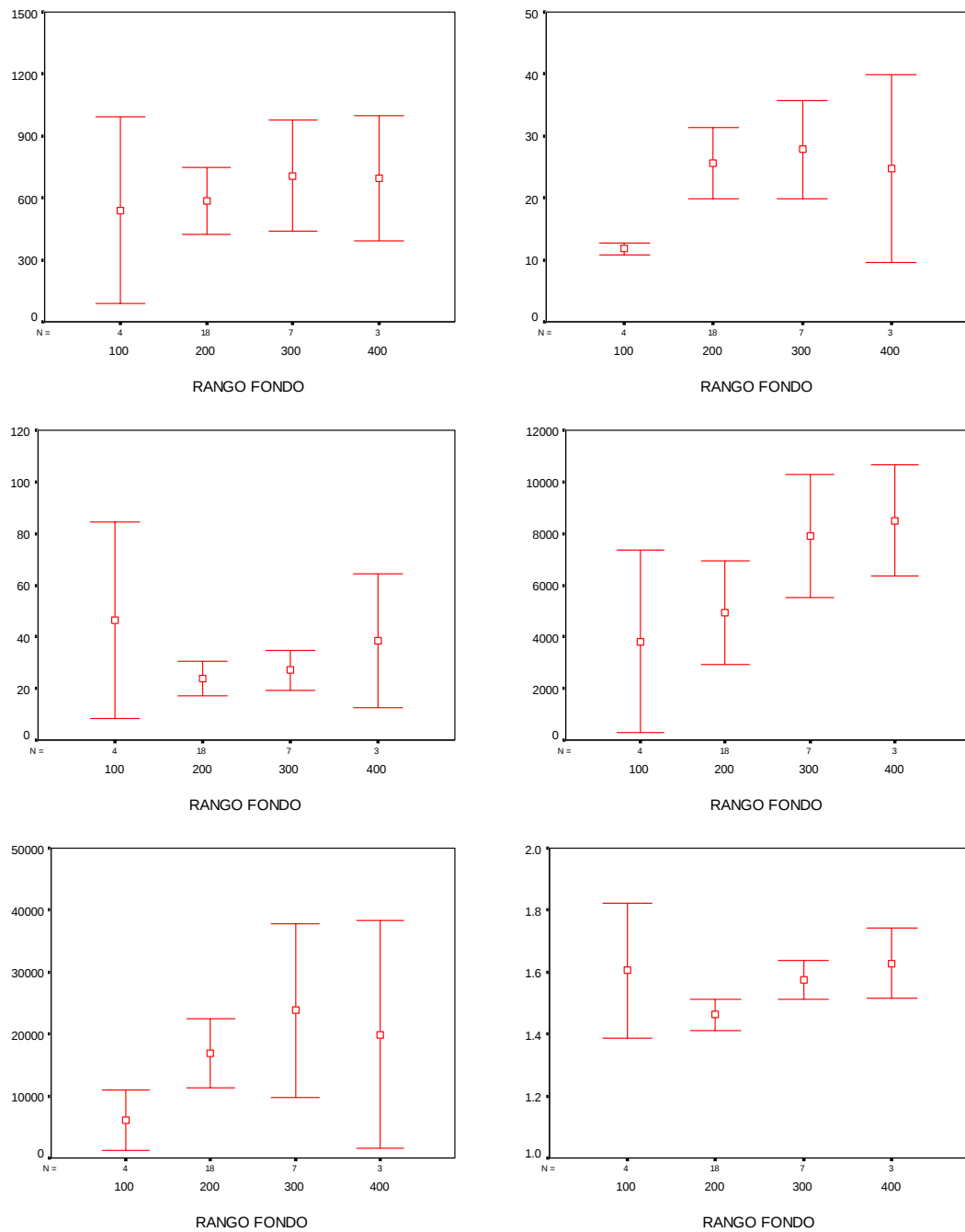


Figura 59. Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfol3gicos largo, alto, elongaci3n, per3metro, 1rea y dimensi3n fractal seg3n rango de fondo.

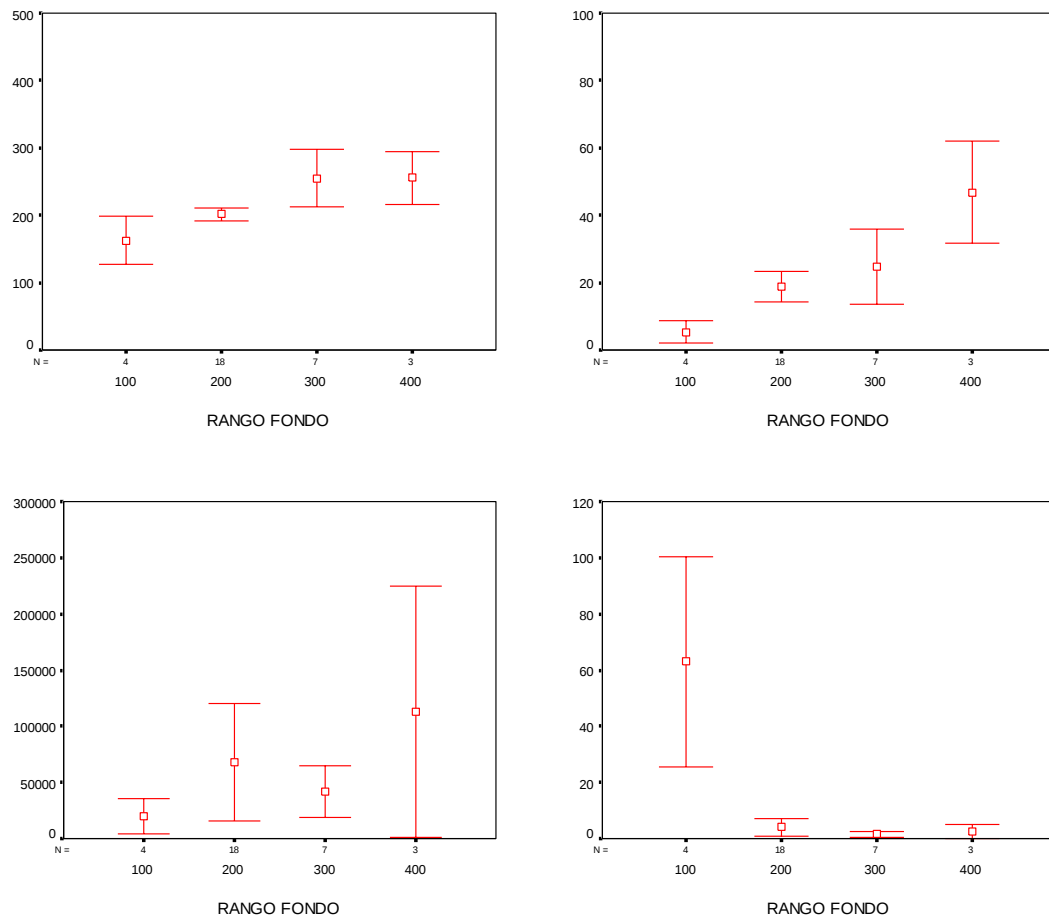


Figura 60. Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores batimetricos profundidad de agregaciones, índice de altura, energía retrodispersada y densidad acústica según rango de fondo.

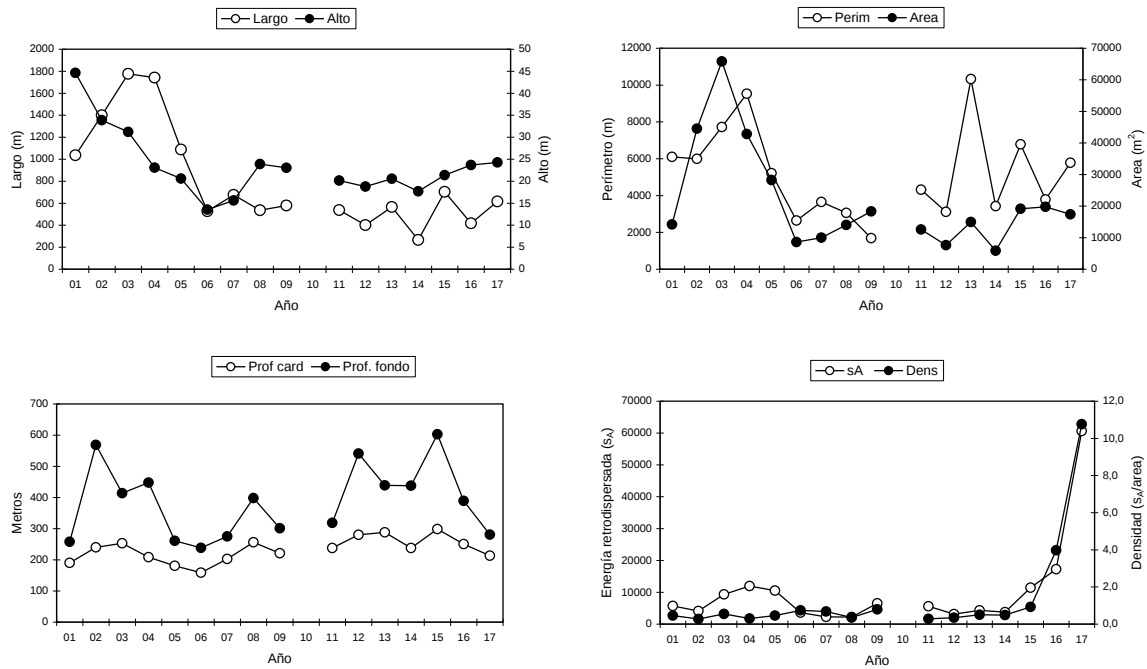


Figura 61. Variación de los principales descriptores de las agregaciones de merluza de tres aletas años 2001-2017.

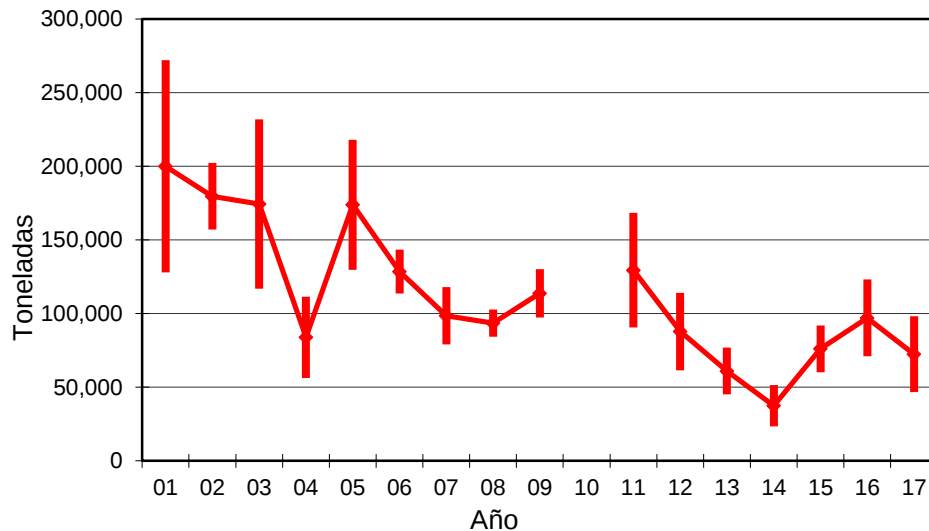


Figura 62. Estimados de Biomasa con sus intervalos de confianza para merluza de tres aletas, años 2001-2017.

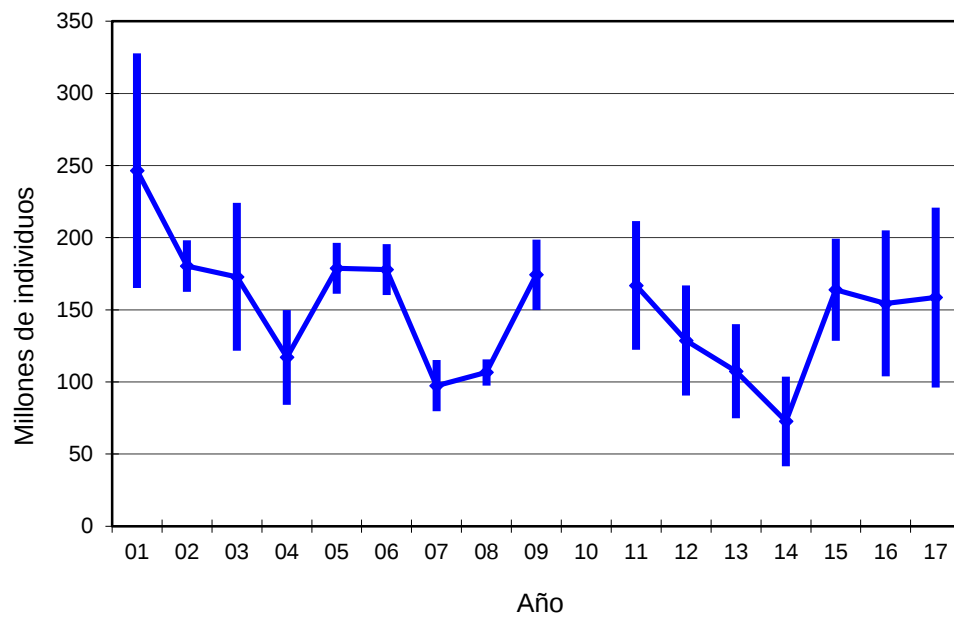


Figura 63. Estimados de Abundancia con sus intervalos de confianza para merluza de tres aletas, años 2001-2017.

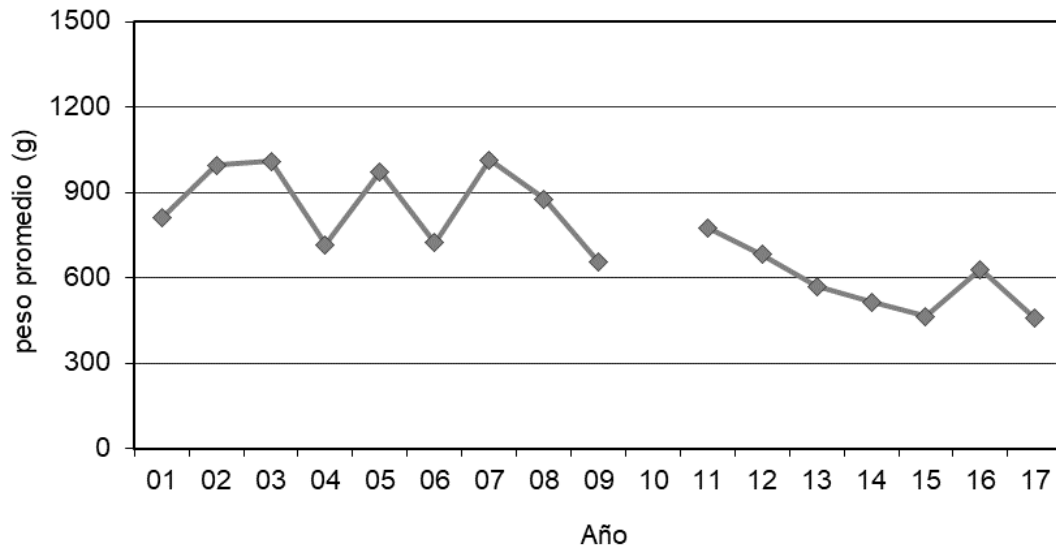


Figura 64 Peso promedio (g) del stock desovante de merluza de tres aletas años 2001-2017.

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 turgente.
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 eointegración ER60. Buque Hielero "Friosur VIII".

Lugar	Puerto Chacabuco	
Fecha	26/08/2017	
Buque	B/H Friosur VIII	
Ecosonda	Simrad ER 60	
Transductor	ES38B	
Profundidad esfera	22 m	
Profundidad fondo	37 m	
Frecuencia	38 kHz	
Ganancia anterior	26,50 dB	
Ganancia (calibración)	26,87 dB	
TS esfera (Cobre)	-33,60 dB	
Corrección s_A	-0,60 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°	6,94 °
Desplazamiento del ángulo	-0,04 °	-0,01 °



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

Tabla 5.
Captura en peso por cada lance de identificación, crucero merluza de tres aletas 2017.

Información técnica				Captura (kg)											
Lance	Fecha	Latitud	Longitud	M. 3 Aletas	M. Austral	M. Cola	Cojinoba	Brótula	Reineta	Calamar	Tollo sargento	Congrio	otros	Total	
1	29/08/17	4658,8	7535,7	325,5	73,0	38,0			2,2			5,6		444,3	
2	30/08/17	4700,4	7533,1	2.946,5		17,2			9,5				4,0	2.977,2	
3	30/08/17	4711,6	7535,2	47,8		3.911,3			15,0				13,0	3.987,1	
4	31/08/17	4659,5	7535,2	590,0	57,5	200,0		2,3				12,0		861,8	
5	31/08/17	4659,6	7533,9	7.000,0										7.000,0	
6	31/08/17	4725,3	7532,6	684,0	0,7	25,1							3,0	712,9	
7	01/09/17	4750,4	7544,1	36,1	29,0	41,0	167,0			4,2	0,7	9,0		287,0	
8	01/09/17	4804,9	7552,3	1,3		7,0	42,0							50,3	
9	01/09/17	4818,9	7556,3	25,2		140,0			13,5					178,7	
10	02/09/17	4834,5	7556,6	62,7	18,0	1.440,0		10,0	14,0	6,0		5,4	1,5	1.557,6	
11	02/09/17	4848,9	7558,1		49,6	60,0	681,0	5,2	1,5	5,5				802,8	
12	02/09/17	4908,2	7601,5	33,4	64,0	46,5			4,2	1,2			1,6	150,9	
13	03/09/17	4931,1	7556,1	39,0	81,5	1.855,1		21,0	3,5	12,0				2.012,1	
14	03/09/17	4948,6	7554,7						44,0					44,0	
15	03/09/17	5008,4	7300,7	5,5	98,0	852,5	5,5	24,0	2,7	1,2		1,2	2,5	993,0	
16	04/09/17	5013,8	7550,5	3.984,0			1,6	1,0	23,0	10,0				4.019,6	
17	05/09/17	5040,1	7606,8						23,0					23,0	
18	05/09/17	5051,1	7608,1			536,3				5,0				541,3	
		Total captura (Kg)		15.780,9	471,4	9.170,0	897,1	63,5	156,1	45,1	0,7	33,1	25,6	26.643,4	
		Proporción captura (%)		59,2	1,8	34,4	3,4	0,2	0,6	0,2	0,003	0,1	0,1	100	

Tabla 6.
Captura en número de individuos por cada lance de identificación, crucero merluza de tres aletas 2017.

Información técnica				Captura (kg)										
Lance N°	Fecha	Latitud	Longitud	M. 3 Aletas	M. Austral	M. Cola	Cojinoba	Brotula	Reineta	Calamar	Tollo sargento	Congrio	Otros	Total
1	29/08/17	4658,8	7535,7	502	17	245			2			1		767
2	30/08/17	4700,4	7533,1	7.100		142			9				1	7.252
3	30/08/17	4711,6	7535,2	96		37.668			12				1	37.777
4	31/08/17	4659,5	7535,2	1.700	17	1.400		1				3		3.121
5	31/08/17	4659,6	7533,9	9.869										9.869
6	31/08/17	4725,3	7532,6	5.112	1	40							1	5.154
7	01/09/17	4750,4	7544,1	80	5	218	202			2	1	3		511
8	01/09/17	4804,9	7552,3	4		109	51							164
9	01/09/17	4818,9	7556,3	172		1.029			12					1.213
10	02/09/17	4834,5	7556,6	93	5	8.748		6	17	4		2	2	8.877
11	02/09/17	4848,9	7558,1		13	289	543	2	1	3				851
12	02/09/17	4908,2	7601,5	47	24	229			3	1			1	305
13	03/09/17	4931,1	7556,1	83	23	1.112		17	3	8				1.246
14	03/09/17	4948,6	7554,7						28					28
15	03/09/17	5008,4	7300,7	10	26	3.789	5	11	2	1		1	2	3.847
16	04/09/17	5013,8	7550,5	3.568			1	1	18	8				3.596
17	05/09/17	5040,1	7606,8						17					17
18	05/09/17	5051,1	7608,1			2.430				4				2.434
		Total captura (N ind)		28.436	131	57.448	802	38	124	31	1	10	8	87.029
		Proporción captura (%)		106,728	0,492	215,618	3,010	0,143	0,465	0,116	0,004	0,038	0,030	326,6



Tabla 7

Resultado de la prueba DHG para la distribución de la variable, estructura de tallas de merluza de tres aletas, por cada uno de los lances con muestra, de la zona 1.

Parámetros del análisis	$X^2_{\text{crítico}}=$ N° de categorías= $Z=$ Grupos= $np=$	47,00 33 1,64485 4 204
Lances	X^2 calculado	Ho
4	4,2	A
2	12,35	A
1	13,92	A
5	26,34	A
% APROBACIÓN		100,00

Tabla 8

Resultado de la prueba DHG para la distribución de la variable, estructura de tallas de merluza de tres aletas, por cada uno de los lances con muestra, de la zona 2.

Parámetros del análisis	$X^2_{\text{crítico}}=$ N° de categorías= $Z=$ Grupos= $np=$	53,00 38 1,64485 10 254
Lances	X^2 calculado	Ho
7	6,53	A
13	7,30	A
8	10,81	A
12	12,78	A
15	13,87	A
3	14,92	A
6	15,38	A
10	17,96	A
9	24,31	A
16	176,49	R
% APROBACIÓN		90,00

A: Acepta; R: Rechaza



Tabla 9.

Estimados de Biomasa y abundancia para la zona 1, según métodos Bootstrap y Geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2017.

		Zona 1			
Método	Área (mn ²)	Biomasa (t)	CV	Abundancia (N°*1000)	CV
Bootstrap	31,89	73.833	0,196	151.251	0,211
Geoestadístico	31,89	56.847	0,211	116.455	0,231

Tabla 10.

Estimados de Biomasa y abundancia para la zona 2, según métodos Bootstrap y Geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2017.

		Zona 2			
Método	Área (mn ²)	Biomasa (t)	CV	Abundancia (N°*1000)	CV
Bootstrap	609,72	15.159	0,646	41.143	0,635
Geoestadístico	609,72	15.504	0,642	42.080	0,631

Tabla 11.

Estimados Totales de Biomasa y abundancia según métodos Bootstrap y Geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2017.

		Total Zonas			
Método	Área (mn ²)	Biomasa (t)	CV	Abundancia (N°*1000)	CV
Bootstrap	641,60	88.992	0,197	192.394	0,214
Geoestadístico	641,60	72.352	0,215	158.535	0,238



Tabla 12.
Abundancia y biomasa a la talla estimada mediante método Geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2017. Zona 1.

Talla (cm)	Peso (g)	Abundancia (Nº ind.)	Biomasa (t)
20	34,1	0	0
21	40,3	0	0
22	47,2	0	0
23	55,0	0	0
24	63,6	0	0
25	73,1	0	0
26	83,7	0	0
27	95,2	0	0
28	107,8	0	0
29	121,6	0	0
30	136,6	0	0
31	152,8	0	0
32	170,4	380.019	65
33	189,3	1.072.011	203
34	209,7	1.009.879	212
35	231,6	2.541.322	589
36	255,1	3.302.885	842
37	280,1	4.263.768	1.194
38	306,9	6.737.187	2.068
39	335,5	11.001.325	3.691
40	365,9	10.944.560	4.005
41	398,2	14.121.079	5.623
42	432,5	14.118.455	6.106
43	468,8	9.470.685	4.439
44	507,2	6.432.065	3.262
45	547,7	5.957.204	3.263
46	590,6	3.678.071	2.172
47	635,7	2.290.095	1.456
48	683,3	3.209.053	2.193
49	733,3	2.106.963	1.545
50	785,8	2.490.495	1.957
51	840,9	2.842.621	2.390
52	898,8	863.476	776
53	959,4	2.493.599	2.392
54	1022,8	934.149	955
55	1089,1	1.157.772	1.261
56	1158,5	744.528	863
57	1230,9	479.089	590
58	1306,4	578.389	756
59	1385,2	335.369	465
60	1467,3	216.189	317
61	1552,8	209.159	325
62	1641,7	202.466	332
63	1734,2	0	0
64	1830,3	95.005	174
65	1930,2	0	0
66	2033,8	89.334	182
67	2141,3	86.687	186
68	2252,8	0	0
69	2368,3	0	0
70	2487,9	0	0
TOTAL		116.454.951	56.847



Tabla 13.
Abundancia y biomasa a la talla estimada mediante método Geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2017. Zona 2.

Talla (cm)	Peso (g)	Abundancia (Nº ind.)	Biomasa (t)
20	34,1	0	0
21	40,3	0	0
22	47,2	0	0
23	55,0	0	0
24	63,6	0	0
25	73,1	0	0
26	83,7	0	0
27	95,2	240.597	23
28	107,8	2.349.039	253
29	121,6	4.588.214	558
30	136,6	3.605.340	492
31	152,8	2.007.642	307
32	170,4	2.740.545	467
33	189,3	1.610.605	305
34	209,7	3.034.514	636
35	231,6	1.431.795	332
36	255,1	1.150.352	293
37	280,1	640.595	179
38	306,9	728.788	224
39	335,5	1.326.128	445
40	365,9	1.096.218	401
41	398,2	2.399.811	956
42	432,5	1.541.168	666
43	468,8	1.470.320	689
44	507,2	1.630.738	827
45	547,7	779.533	427
46	590,6	828.898	490
47	635,7	833.701	530
48	683,3	761.263	520
49	733,3	803.558	589
50	785,8	315.711	248
51	840,9	606.903	510
52	898,8	486.487	437
53	959,4	280.981	270
54	1022,8	421.044	431
55	1089,1	492.845	537
56	1158,5	643.189	745
57	1230,9	377.890	465
58	1306,4	286.763	375
59	1385,2	151.159	209
60	1467,3	146.162	214
61	1552,8	94.273	146
62	1641,7	91.256	150
63	1734,2	44.191	77
64	1830,3	0	0
65	1930,2	41.514	80
66	2033,8	0	0
67	2141,3	0	0
68	2252,8	0	0
69	2368,3	0	0
70	2487,9	0	0
TOTAL		42.079.731	15.504



Tabla 14.
Abundancia y biomasa total a la talla estimada mediante método Geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2017.

Talla (cm)	Peso (g)	Abundancia (Nº ind.)	Biomasa (t)
20	34,1	0	0
21	40,3	0	0
22	47,2	0	0
23	55,0	0	0
24	63,6	0	0
25	73,1	0	0
26	83,7	0	0
27	95,2	240.597	23
28	107,8	2.349.039	253
29	121,6	4.588.214	558
30	136,6	3.605.340	492
31	152,8	2.007.642	307
32	170,4	3.120.565	532
33	189,3	2.682.616	508
34	209,7	4.044.392	848
35	231,6	3.973.117	920
36	255,1	4.453.237	1.136
37	280,1	4.904.363	1.374
38	306,9	7.465.974	2.292
39	335,5	12.327.454	4.136
40	365,9	12.040.778	4.406
41	398,2	16.520.890	6.579
42	432,5	15.659.623	6.772
43	468,8	10.941.004	5.129
44	507,2	8.062.802	4.089
45	547,7	6.736.736	3.690
46	590,6	4.506.969	2.662
47	635,7	3.123.796	1.986
48	683,3	3.970.316	2.713
49	733,3	2.910.522	2.134
50	785,8	2.806.206	2.205
51	840,9	3.449.524	2.901
52	898,8	1.349.963	1.213
53	959,4	2.774.580	2.662
54	1022,8	1.355.193	1.386
55	1089,1	1.650.617	1.798
56	1158,5	1.387.717	1.608
57	1230,9	856.979	1.055
58	1306,4	865.152	1.130
59	1385,2	486.528	674
60	1467,3	362.351	532
61	1552,8	303.432	471
62	1641,7	293.723	482
63	1734,2	44.191	77
64	1830,3	95.005	174
65	1930,2	41.514	80
66	2033,8	89.334	182
67	2141,3	86.687	186
68	2252,8	0	0
69	2368,3	0	0
70	2487,9	0	0
TOTAL		158.534.682	72.352



Tabla 15.
Parámetros geoestadísticos de las estructuras espaciales de merluza de tres aletas y media kriging para las zonas 1 y 2.

Zona	Dirección	Pepita	Modelo	Meseta	Rango (mn)	SSE	Media Kriging
1	omnidireccional	0	Exponencial	6,4E+09	0,78	9.421,052	11.837,2
	omnidireccional	0	esférico	6,5E+09	0,78	9.242,402	12.001,5
2	omnidireccional	4,3E+05	Exponencial	4,9E+05	2,4	43,19499	183,6
	omnidireccional	3,9E+05	esférico	4,9E+05	2,4	46,70015	180,3

Tabla 16.
Estimados de biomasa mediante el método de simulación de Montecarlo.

Biomasa MC	Estimación	Coef. Var. %	Lim Inf	Lim Sup
Área	91.513	28,0 %	41.269	141.758
Zona 1	74.384	34,3 %	24.391	124.378
Zona 2	17.129	14,9 %	12.117	22.141



Tabla 17
Parámetros de la relación peso - longitud de merluza de tres aletas crucero de evaluación,
Agosto - Septiembre del 2017.

Sexo	Parámetros	Merluza de tres aletas
Machos	a intervalo	0,001638993 0,0013922 0,0019295
	b intervalo	3,334147289 3,2903257 3,3779689
	N	598
	r²	0,974
Hembras	a intervalo	0,001135778 0,0009757 0,0013221
	b intervalo	3,443308462 3,4037494 3,4828675
	N	536
	r²	0,982
Ambos	a intervalo	0,001190862 0,0010671 0,0013289
	b intervalo	3,425277901 3,3962488 3,4543070
	N	1134
	r²	0,979

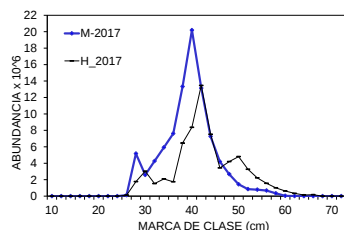
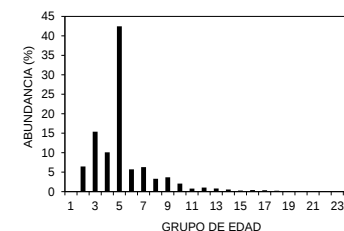


INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

Tabla 18

Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza de tres aletas, machos, crucero 2017.
(Abundancia total= 158.534.682 ejemplares; machos= 90.646.066 ; hembras= 67.888.616).

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	120.298		120.298																						
28 - 29	5.172.749		4.232.250	940.500																					
30 - 31	2.582.288		1.106.695	1.475.593																					
32 - 33	4.271.847		388.350	3.883.498																					
34 - 35	5.927.534			4.742.028	889.130	296.377																			
36 - 37	7.613.509			2.900.384	3.262.932	1.450.192																			
38 - 39	13.333.230				4.081.601	8.163.202	1.088.427																		
40 - 41	20.193.326				917.878	18.357.569	917.878																		
42 - 43	13.140.041					9.096.952	2.274.238	758.079	758.079	252.693															
44 - 45	7.271.869					1.009.982	605.989	2.625.953	1.615.971	807.985	403.993														
46 - 47	4.193.323						99.841	1.697.297	399.364	798.728	499.205	199.682													
48 - 49	2.674.007								121.546	972.366	243.092	243.092													
50 - 51	1.441.799																								
52 - 53	855.284								84.812	508.870															
54 - 55	786.146																								
56 - 57	681.842																								
58 - 59	339.688																								
60 - 61	41.761																								
62 - 63	5.524																								
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	90.646.066	5.847.593	13.942.003	9.151.542	38.474.114	5.186.055	5.689.058	2.979.772	3.340.643	1.872.460	706.318	935.114	724.395	497.619	254.327	366.012	320.762	197.490	127.424	19.444	13.920				
PORCENTAJE		6,45	15,38	10,10	42,44	5,72	6,28	3,29	3,69	2,07	0,78	1,03	0,80	0,55	0,28	0,40	0,35	0,22	0,14	0,02	0,02				
TALLA PROM. (cm)		29,10	33,53	37,60	40,47	41,77	45,26	44,59	46,91	48,16	49,69	48,09	52,76	54,05	53,09	55,74	55,85	56,80	57,53	61,07	60,50				
VARIANZA		1,54	5,13	2,57	3,19	4,93	2,86	3,22	5,62	7,84	8,31	10,32	5,31	7,68	7,06	0,94	5,83	2,38	1,87	0,81	0,00				
PESO PROM (g)		125,5	203,3	294,8	377,0	420,3	546,0	520,2	617,9	677,0	751,2	676,5	912,3	991,6	933,5	1.089,2	1.103,0	1.161,4	1.211,3	1.476,1	1.429,6				





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

Tabla 19

Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza de tres aletas, hembras, crucero 2017.
(Abundancia total= 158.534.682 ejemplares; machos= 90.646.066 ; hembras= 67.888.616).

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	120.298																								
28 - 29	1.764.503																								
30 - 31	3.030.693	1.357.310	407.193																						
32 - 33	1.531.333	2.693.950	336.744																						
34 - 35	1.020.889	510.444																							
36 - 37	2.089.975																								
38 - 39	1.744.091																								
40 - 41	6.460.198	1.744.091																							
42 - 43	8.368.342	775.224	4.392.935	1.292.040																					
44 - 45	13.460.586	1.912.764	6.455.578																						
46 - 47	7.527.670	721.103	11.297.277	1.201.838																					
48 - 49	3.437.443	221.402	3.985.237	3.099.629	221.402																				
50 - 51	4.206.830		554.426	997.967	1.441.508	332.656	110.885																		
52 - 53	4.813.932			227.396	2.387.660	341.094	795.887	227.396	113.698	113.698															
54 - 55	3.269.260				895.615	895.615	1.343.423	895.615	447.808	223.904	111.952														
56 - 57	2.219.664				335.309	251.482	838.272	670.617	251.482	335.309	251.482														
58 - 59	1.562.854							177.573	443.933	88.787	443.933	532.719													
60 - 61	1.011.992																								
62 - 63	624.022																								
64 - 65	332.390																								
66 - 67	136.518																								
68 - 69	176.022																								
70 - 71																									
72 - 73																									
74 - 75																									
76 - 77																									
78 - 79																									
80 - 81																									
82 - 83																									
84 - 85																									
86 - 87																									
TOTAL	67.888.616	5.072.148	5.983.969	7.248.204	23.584.559	5.526.830	5.281.494	1.820.847	3.636.645	2.465.045	1.162.249	1.377.319	1.644.588	372.065	210.993	331.324	452.898	581.126	345.812	315.436	216.611	43.427	39.005	176.022	
PORCENTAJE		7,47	8,81	10,68	34,74	8,14	7,78	2,68	5,36	3,63	1,71	2,03	2,42	0,55	0,31	0,49	0,67	0,86	0,51	0,46	0,32	0,06	0,06	0,26	
TALLA PROM. (cm)		30,4	34,6	39,6	42,2	44,6	48,4	49,7	50,3	52,2	52,4	53,2	55,0	56,9	57,3	54,8	56,7	58,0	59,2	61,4	61,1	61,4	64,5	66,5	
VARIANZA		1,86	8,20	2,52	2,91	2,24	3,44	3,54	8,54	6,13	6,99	5,73	4,30	5,48	6,22	10,04	11,04	6,73	7,00	3,80	4,92	0,98			
PESO PROM (g)		146	234	363	450	545	722	791	832	944	954	1.007	1.122	1.261	1.295	1.121	1.255	1.356	1.453	1.634	1.609	1.628	1.933	2.147	

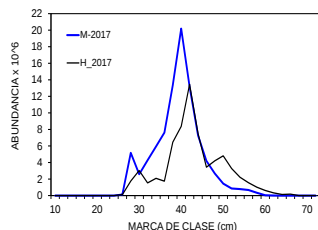
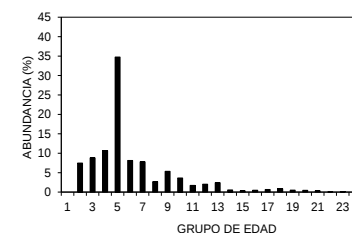




Tabla 20

Abundancia por grupos de edad y desviación estándar para merluza de tres aletas por sexo y proporción de ambos según GE. Crucero de evaluación 2017.

GE	MACHOS			HEMBRAS			AMBOS	
	Nº	sd	CV	Nº	sd	CV	Nº	%
I	0	0		0	0		0	0,0
II	5.847.593	1.521.521	0,2602	5.072.148	1.340.466	0,2643	10.919.741	6,9
III	13.942.003	3.508.910	0,2517	5.983.969	1.594.088	0,2664	19.925.972	12,6
IV	9.151.542	2.563.193	0,2801	7.248.204	1.969.580	0,2717	16.399.746	10,3
V	38.474.114	9.295.548	0,2416	23.584.559	5.743.280	0,2435	62.058.673	39,1
VI	5.186.055	1.603.130	0,3091	5.526.830	1.573.393	0,2847	10.712.886	6,8
VII	5.689.058	1.577.860	0,2773	5.281.494	1.390.618	0,2633	10.970.553	6,9
VIII	2.979.772	989.190	0,3320	1.820.847	593.712	0,3261	4.800.618	3,0
IX	3.340.643	998.925	0,2990	3.636.645	1.035.342	0,2847	6.977.288	4,4
X	1.872.460	620.190	0,3312	2.465.045	736.543	0,2988	4.337.506	2,7
XI	706.318	298.670	0,4229	1.162.249	433.585	0,3731	1.868.567	1,2
XII	935.114	392.869	0,4201	1.377.319	476.690	0,3461	2.312.433	1,5
XIII	724.395	272.091	0,3756	1.644.588	524.995	0,3192	2.368.983	1,5
XIV	497.619	207.037	0,4161	372.065	179.781	0,4832	869.684	0,5
XV	254.327	143.915	0,5659	210.993	126.546	0,5998	465.321	0,3
XVI	366.012	158.324	0,4326	331.324	167.869	0,5067	697.336	0,4
XVII	320.762	152.264	0,4747	452.898	196.185	0,4332	773.660	0,5
XVIII	197.490	109.512	0,5545	581.126	222.019	0,3820	778.617	0,5
XIX	127.424	88.662	0,6958	345.812	173.923	0,5029	473.235	0,3
XX	19.444	14.290	0,7349	315.436	119.318	0,3783	334.880	0,2
XXI	13.920	13.920	1,0000	216.611	100.812	0,4654	230.531	0,1
XXII	0	0		43.427	31.879	0,7341	43.427	0,0
XXIII	0	0		39.005	26.157	0,6706	39.005	0,0
XXIV+	0	0		176.022	41.893	0,2380	176.022	0,1
TOTAL	90.646.066	21.573.764		67.888.616	16.157.491		158.534.682	100

Tabla 21

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	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Machos	2,3	3,7	2,7		3,7	2,6	2,5	2,7	3,3	2,1	2,8
Hembras	2,9	4,5	3,4		4,7	3,6	3,2	3,2	4,2	2,0	3,1
Diferencia	0,6	0,8	0,7		1,0	1,0	0,7	0,5	0,9	-0,1	0,3



Tabla.22

Valores de IGS promedio para todos los ejemplares y mayores a 35 cm en el área prospectada y por 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	8.2	6.2	598	13.1	7.6	538	9.4	6.0	496	14.4	6.9	484
Taitao	9.2	4.7	233	15.1	6.1	226	9.3	4.7	221	15.1	6.1	226
Golfo Penas - Ladrillero	5.8	5.8	224	9.8	8.1	163	8.0	6.0	146	13.8	6.8	112
Trinidad - Concepción	10.4	7.6	141	13.5	8.0	149	11.1	7.6	129	13.8	7.9	146

Tabla 23.

Incidencia de fases macroscópicas de madurez para machos y hembras.

Fases macroscópicas	Machos			Hembras		
	n	%	cv	n	%	cv
I	6	1.0	39.2			
II	65	10.5	6.8	54	10.1	5.9
III	452	75.3	1.7	321	59.6	2.8
IV	77	12.8	9.3	162	30.2	5.3
V						
Total	598			537		

Tabla 24.

Incidencia de fases microscópicas de madurez para las hembras del área de prospección y por zonas.

Fases microscópicas	Area prospección		Taitao		Golfo de Penas-Ladrillero		Trinidad-Concepción	
	%	n	%	n	%	n	%	n
I	9.6	50			27.6	43	2.8	4
II	1.3	7	0.4	1	4.5	7	1.4	2
III	44.4	232	70.1	157	30.1	47	19.1	27
IV	27.0	141	21.9	49	17.9	28	45.4	64
V	15.3	80	6.3	14	16.0	25	29.1	41
VI	2.3	12	1.3	3	3.8	6	2.1	3
Total		522		224		156		141



Tabla 25

Estimados de la talla de madurez sexual ($L_{50\%}$) de las hembras a partir de las prospecciones del 2001-2017.

Año/Periodo	$L_{50\%}$ (cm)	LI	LS	N° 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
2017	35.2	32.6	36.3	520
2001-2017	36.0	35.4	36.4	9,297



Tabla 26.

Valores promedio de la fecundidad total y relativa a partir de las evaluaciones directas entre los años 2001 y 2017.

Año	Fecundidad total			Fecundidad relativa			Tamaño hembras (cm)		
	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
2017	55720	886888	264807	140	649	360	36	65	98

Tabla 27

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	Sa	b	Sb	gl	SCE	r ²
2017	Peso corporal	Lineal	-80748	18055	507	23.39	96	67700000000	0.8304
		Potencial	71.95	31.44	1.253	0.06241	96	68470000000	0.8285
		Exponencial	101040	8731	0.001266	0.0000689	96	94720000000	0.7627
2017	Longitud total	Lineal	-913196	68661	24526	1414	96	96550000000	0.7581
		Potencial	0.007619	0.007373	4.442	0.24	96	74450000000	0.8135
		Exponencial	4232	1056	0.08249	0.004377	96	77300000000	0.8063



Tabla 28.

Nombre científico y código utilizado para la identificación de especies observadas en los lances de pesca, crucero 2017.

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>
Mictófidos	mic	Fam. Mictofidae
Cojinoba (*)	ser	<i>Seriolella</i> sp.
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>
Otros	XX	----

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

**Tabla 29**

Valores promedio, m3ximos y m3nimos de los descriptores morfol3gicos, batim3tricos y de energ3a de agregaciones de merluza de tres aletas.

Variable	Promedio	Max.	Min.	Desv.est	CV	Nº obs
Largo (m)	616	1.834	4	454	0,74	32
Alto (m)	24	80	7	15	0,62	32
Elongaci3n	29	102	0	24	0,85	32
Per3metro (m)	5.781	23.961	214	5.143	0,89	32
Area (m ²)	17.351	76.908	53	18.868	1,09	32
Dim. Fractal	1,52	2,00	1,15	0,18	0,12	32
Prof. Card (m)	213	333	142	41	0,19	32
Prof. Fondo (m)	281	547	151	86	0,31	32
Indice altura (%)	21	51	3	13	0,64	32
s _A (m ² /mn ²)	60.598	945.351	206	175.197	2,89	32
Densidad (s _A /m ²)	10,8	150,12	0,07	32,4	3,01	32

Tabla 30

Valores promedio, Desv. Est3ndar y coeficiente de variaci3n de los descriptores de agregaciones de merluza de tres aletas, seg3n zona.

Zona 1	Promedio	Max.	Min.	Desv.est	CV	Nº obs
Largo (m)	619	1.834	4	483	0,78	25
Alto (m)	26	80	7	16	0,62	25
Elongaci3n	25	75	0	20	0,81	25
Per3metro (m)	5.962	23.961	214	5.673	0,95	25
Area (m ²)	19.157	76.908	53	20.609	1,08	25
Dim. Fractal	1,51	2,00	1,15	0,17	0,12	25
Prof. Card (m)	213	292	168	28	0,13	25
Prof. Fondo (m)	281	547	183	82	0,29	25
Indice altura (%)	21	51	3	13	0,63	25
s _A (m ² /mn ²)	77.069	945.351	457	195.842	2,54	25
Densidad (s _A /m ²)	13,7	150,12	0,11	36,3	2,64	25

Zona 2	Promedio	Max.	Min.	Desv.est	CV	Nº obs
Largo (m)	607	1.234	226	366	0,60	7
Alto (m)	19	37	9	9	0,51	7
Elongaci3n	41	102	11	35	0,84	7
Per3metro (m)	5.135	10.245	1.706	2.700	0,53	7
Area (m ²)	10.901	29.086	2.914	8.839	0,81	7
Dim. Fractal	1,57	1,74	1,18	0,19	0,12	7
Prof. Card (m)	215	333	142	75	0,35	7
Prof. Fondo (m)	281	435	151	108	0,38	7
Indice altura (%)	21	40	5	15	0,71	7
s _A (m ² /mn ²)	1.774	3.051	206	1.086	0,61	7
Densidad (s _A /m ²)	0,2	0,41	0,07	0,1	0,62	7

**Tabla 31**

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

100 - 199 m	Promedio	Máximo	Mínimo	Desvest	C.V.	N
Largo (m)	540,2	1.234,5	4,0	603,8	1,12	4
Alto (m)	11,8	13,5	10,3	1,4	0,12	4
Elongación	46,3	102,1	0,3	50,7	1,10	4
Perímetro (m)	3.815,7	10.244,8	224,8	4.723,6	1,24	4
Área (m ²)	6.122,1	14.497,4	52,8	6.999,1	1,14	4
Dim. Fractal	1,60	2,00	1,24	0,31	0,19	4
Prof. Agreg (m)	162,7	186,4	142,1	22,8	0,14	4
Índice altura (%)	5,4	7,3	2,8	2,1	0,39	4
s _A (m ² /mn ²)	19.644,8	65.705,7	2.071,5	30.816,8	1,57	4
Densidad (s _A /m ²)	62,9	150,1	0,2	75,1	1,19	4

200 - 299 m	Promedio	Máximo	Mínimo	Desvest	C.V.	N
Largo (m)	584,7	1.833,9	26,3	458,7	0,78	18
Alto (m)	25,6	80,1	6,7	16,2	0,63	18
Elongación	23,8	74,6	3,9	18,7	0,78	18
Perímetro (m)	4.934,9	23.960,8	213,5	5.703,0	1,16	18
Área (m ²)	16.897,2	63.109,5	166,4	16.846,5	1,00	18
Dim. Fractal	1,46	1,62	1,15	0,15	0,10	18
Prof. Agreg (m)	201,4	235,7	168,4	20,6	0,10	18
Índice altura (%)	18,8	36,1	2,6	9,3	0,50	18
s _A (m ² /mn ²)	68.300,8	945.350,7	457,2	221.358,0	3,24	18
Densidad (s _A /m ²)	4,1	57,9	0,1	13,4	3,25	18

300 - 399 m	Promedio	Máximo	Mínimo	Desvest	C.V.	N
Largo (m)	707,3	1.614,5	225,8	477,2	0,67	7
Alto (m)	27,8	47,1	9,1	14,0	0,50	7
Elongación	27,1	49,8	11,4	13,8	0,51	7
Perímetro (m)	7.911,5	15.238,2	4.187,1	4.192,3	0,53	7
Área (m ²)	23.833,0	76.907,6	2.914,4	26.488,4	1,11	7
Dim. Fractal	1,57	1,74	1,46	0,12	0,07	7
Prof. Agreg (m)	254,5	332,8	213,9	46,3	0,18	7
Índice altura (%)	24,6	39,7	7,0	12,0	0,49	7
s _A (m ² /mn ²)	41.902,2	150.122,6	206,3	61.061,0	1,46	7
Densidad (s _A /m ²)	1,5	7,1	0,1	2,5	1,68	7

400 - 599 m	Promedio	Máximo	Mínimo	Desvest	C.V.	N
Largo (m)	694,6	1.075,6	390,7	348,9	0,50	3
Alto (m)	24,7	43,2	8,5	17,5	0,71	3
Elongación	38,4	72,9	17,6	30,1	0,78	3
Perímetro (m)	8.506,8	11.345,0	6.786,7	2.476,3	0,29	3
Área (m ²)	19.920,8	46.074,5	5.102,8	22.716,6	1,14	3
Dim. Fractal	1,63	1,76	1,48	0,14	0,09	3
Prof. Agreg (m)	255,3	266,9	237,0	16,0	0,06	3
Índice altura (%)	46,8	51,2	39,8	6,1	0,13	3
s _A (m ² /mn ²)	112.612,2	336.161,4	565,4	193.599,5	1,72	3
Densidad (s _A /m ²)	2,5	7,3	0,1	4,1	1,65	3



Tabla 32

Matriz de correlaciones de las variables originales (descriptores).

	Largo	Alto	Elon.	Perím.	Área	Dim. Frac.	Prof. Agreg.	Fondo	Ind. Alt.	sA	Dens.
Largo	1	0,39	0,69	0,89	0,79	-0,10	-0,16	0,02	0,17	0,06	-0,34
Alto	0,39	1	-0,23	0,33	0,81	-0,45	0,06	0,10	0,17	0,39	-0,13
Elongación	0,69	-0,23	1	0,59	0,17	0,23	-0,23	-0,02	0,05	-0,16	-0,32
Perímetro	0,89	0,33	0,59	1	0,71	0,19	0,11	0,22	0,21	0,02	-0,30
Área	0,79	0,81	0,17	0,71	1	-0,28	-0,04	0,11	0,25	0,24	-0,21
Dim. Fractal	-0,10	-0,45	0,23	0,19	-0,28	1	0,29	0,24	0,03	-0,28	0,17
Prof. Agreg.	-0,16	0,06	-0,23	0,11	-0,04	0,29	1	0,71	0,14	-0,05	-0,21
Fondo	0,02	0,10	-0,02	0,22	0,11	0,24	0,71	1	0,76	0,00	-0,28
Ind. Altura	0,17	0,17	0,05	0,21	0,25	0,03	0,14	0,76	1	0,03	-0,31
sA	0,06	0,39	-0,16	0,02	0,24	-0,28	-0,05	0,00	0,03	1	0,26
Densidad	-0,34	-0,13	-0,32	-0,30	-0,21	0,17	-0,21	-0,28	-0,31	0,26	1

Tabla 33

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

Nº componente	Valor propio	% variabilidad explicada	% acumulado
1	3,53	32,11	32,11
2	2,30	20,90	53,01
3	2,03	18,44	71,45
4	1,12	10,19	81,64
5	0,87	7,91	89,55
6	0,62	5,64	95,19
7	0,29	2,61	97,80
8	0,15	1,39	99,20
9	0,06	0,53	99,72
10	0,02	0,18	99,91
11	0,01	0,09	100,00



Tabla 34

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

Variable	Com. 1	Com. 2	Com. 3	Com. 4
Largo	0,90	-0,20	-0,33	0,06
Alto	0,60	-0,36	0,60	0,03
Elongación	0,49	0,06	-0,77	0,00
Perímetro	0,87	0,07	-0,29	0,28
Área	0,88	-0,30	0,21	0,10
Dim. Fractal	-0,14	0,59	-0,43	0,55
Prof. Agreg.	0,08	0,71	0,37	0,20
Fondo	0,33	0,82	0,40	0,05
Ind. Altura	0,43	0,52	0,32	-0,20
sA	0,14	-0,39	0,50	0,42
Densidad	-0,48	-0,31	0,09	0,68

A N E X O S

A N E X O 1

Oceanografía y plancton



OCEANOGRAFÍA DEL AREA DE ESTUDIO

Autor: Paula Muñoz

Condiciones oceanográficas históricas en las aguas exteriores, entre los 47°00' y 51°00'S.

RESUMEN EJECUTIVO

Se desarrolló el procesamiento y análisis de datos oceanográficos obtenidos durante los cruceros “Evaluación hidroacústica de la merluza austral, de cola y tres aletas, en aguas exteriores de la X y XII región”, llevados a cabo durante los meses de agosto de 2013 a 2016. Este informe se centró en la zona comprendida entre los 47° y 51°S, área de evaluación de la Merluza de tres aletas, considerando información obtenida en el crucero e información satelital disponible para la zona.

Durante los periodos de estudio, las variables presentaron características típicas de estas en aguas oceánicas, con una tendencia a valores similar durante 2013 a 2015, sin embargo, durante 2016 se evidenció la presencia de condiciones anómalas en comparación a dichos años previos, vinculada con algún evento climático de gran escala afectando la zona, ya sea directa o indirectamente, concordante con la ocurrencia de un evento El Niño, de gran intensidad, en la zona Ecuatorial durante el 2015 – 2016 y la fase positiva de la Oscilación Antártica, influyendo indirectamente en los patrones estacionales de la temperatura y la estratificación en la zona, constatado por una capa superficial de mayor grosor y temperatura.

En la zona, las características en la columna de agua evidenciaron la influencia de cuatro masas de agua: Agua Subantártica (ASAA), ubicada en los primeros 150 m de profundidad; Agua Subantártica Modificada (ASAAM), mezcla de ASAA y agua estuarina (salinidad < 1), dentro de los primeros 50 m de profundidad (principalmente presente durante agosto de 2015); Remanentes de Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS), ubicada entre los 150 y ~300 m, al norte de los 48°S (con mayor presencia durante agosto de 2016); y Agua Intermedia Antártica (AIAA) bajo los 300 m de profundidad.

Durante todos los periodos en estudio, la circulación geostrófica superficial presentó un flujo de las corrientes sin un patrón direccional definido a través de toda la zona, además de la presencia de estructuras ciclónicas y anticiclónicas de diversos tamaños, producto de las características batimétricas propias del lugar, stress del viento o inestabilidades baroclínicas asociadas al aporte de



agua de baja salinidad, debido a la presencia de canales locales y/o viento forzante cerca de la costa. Por su parte, los vientos presentaron características típicas de la zona (> 10 m/s), con dirección principalmente proveniente del oeste (noroeste y suroeste) y magnitudes máximas de 16,7 m/s.

Las concentraciones de clorofila-a fueron máximas en la zona costera y próxima a desembocadura de cuerpos de agua dulce, donde el aporte de nutrientes es mayor. Concentraciones significativas durante 2016, a causa de la baja en las precipitaciones y aumento de la irradiancia.

METODOLOGÍA

Información de datos de cruceo

En el presente informe se entrega la información referente al análisis realizado en la zona sur austral de Chile (47° - 51° S), correspondiente al área de evaluación de la Merluza tres aletas, durante los meses de agosto de los años 2013 a 2016. Mediante el uso de CTDs SBE, modelos 19 plus y 25 (**Tabla 1**) se obtuvo registros continuos de temperatura ($^{\circ}$ C), salinidad, oxígeno disuelto (mL/L) y fluorescencia (mg/m^3), hasta una profundidad máxima de 500 metros, en un total de 68 estaciones (**Tabla 2 a 5**), entre mediciones de CTD y CTD integrado en una roseta oceanográfica (durante condiciones meteorológicas favorables). Las variables: oxígeno disuelto (mL/L) y fluorescencia (mg/m^3) no fueron consideradas dentro de los resultados, ya que no se pudo realizar un ajuste de los sensores con mediciones discretas *in-situ*, a causa de la ausencia de éstas. El cálculo de los valores de densidad fue realizado mediante el uso de la “Ecuación Termodinámica del Agua de Mar” (McDougall y Barker, 2011), presentándose como sigma-t (σ_t ; kg/m^3).

Con datos promediados cada un metro (previamente validados), se construyeron secciones verticales de las diversas variables (temperatura, salinidad y densidad), a lo largo de transectas dispuestas paralelas a la costa (**Figuras 5 a 7**), considerando estaciones próximas o comunes entre los diferentes años de medición (2013 a 2016). Para esto se consideraron dos estaciones oceanográficas fijas de referencia; una ubicada al norte ($46^{\circ}40'S$), representada como distancia de 0 mn y la otra ubicada al sur (51° S), representada como distancia 263 nm. En el caso de los años en que no había estaciones en común, fueron dejados en blanco, de modo de conservar las estaciones fijas previamente mencionadas.



Para conocer la distribución vertical de las características de las propiedades del agua en la zona, se generó un diagrama de temperatura v/s salinidad (Diagrama TS), mediante perfiles verticales promedio de cada año (**Figura 8**). Se consideró la identificación de las masas de aguas presentes en la zona y la mezcla relativa con el perfil promedio mensual de cada año. Las masas de agua incluidas en el Diagrama T-S, fueron: Agua Subantártica (ASAA; 9,7°C-33,3), Agua Subantártica Modificada (ASAAM; 9,8°C-32,2), Agua Ecuatorial Subsuperficial (AEES: 12,5°C-34,9) y Agua Intermedia Antártica (AIAA; 3°C-34), de acuerdo a sus valores característicos (Sievers y Silva, 2008; Silva y Konow, 1975).

Información Satelital

Las imágenes de temperatura superficial de mar (TSM), anomalía de temperatura superficial del mar (ATSM) (°C) y concentración de clorofila-a (mg/m³) fueron confeccionadas con datos, con una resolución espacial de 4,64 km y nivel de procesamiento nivel 3 (L3), obtenido del satélite “MODIS-Terra”, a través de “Ocean Color WEB” (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>). Las ATSM del mes de agosto de cada año, se calcularon a partir de la diferencia entre los datos de la imagen mensual observada y los datos de la imagen mensual promedio, entre los meses de agosto de los años 2002 a 2017.

Las imágenes de circulación geostrófica superficiales (velocidad y anomalía del nivel del mar) fueron confeccionadas con datos, con una resolución espacial de 0,25° y nivel de procesamiento 4 (L4), obtenidos de diversos satélites: “Jason-1 Geodetic Phase, AltiKa, Cryosat-2, OSTM/Jason-2”, a través de “Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS)” (<http://marine.copernicus.eu>).

Las imágenes de viento superficial, fueron confeccionadas con datos con una resolución espacial de 0,25° y nivel de procesamiento 4 (L4), obtenidos de “NOAA NESDIS National Climatic Data Center” (<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/rsad/blendedseawinds.html>).

Para las diferentes variables (TSM, clorofila-a, flujos geostróficos y vientos) se calcularon promedios mensuales del mes de agosto de los años 2013 a 2016, en un área comprendida entre 46°30' - 51°18'S y 74° - 77°W. En el caso de zonas sin información satelital (espacios en blanco), ya sea por falta de información en el rango de días requeridos para promedio compuestos del pixel o presencia de nubes, se realizó una interpolación lineal.

Finalmente, con el objetivo de analizar y comparar el comportamiento de la TSM y ATMS durante el período comprendido entre enero de 2013 y diciembre de 2016, se realizaron diagramas Hovmöller



(tiempo v/s latitud) de los datos promediados mensualmente de TSM, a lo largo de una transecta paralela a la costa, centrada en los 76°W, y entre 46°30'S y 51°18'S. Las ATSM de cada mes, se calcularon a partir de las diferencias entre los datos de la imagen mensual observada y los datos de la imagen mensual promedio, correspondiente al mismo mes, entre enero de 2002 y diciembre de 2017.



RESULTADOS

Distribución vertical de temperatura (°C)

En la distribución vertical de la temperatura (**Figura 5**) los valores fluctuaron entre ~5 °C en la zona más profunda (> 400 m de profundidad) y superiores a 10,5°C en superficie, (< 150 m de profundidad). Además, se registró un leve ascenso de la temperatura con el paso de los años (2013 a 2016), a lo largo de todas las transectas (norte-sur).

Verticalmente, en superficie se generó una capa de agua cálida (> 9°C), dentro de los 100 primeros m de profundidad, profundizándose en la parte norte del área estudio (~ 0 a 21 nm), hasta los ~200 m, durante agosto de 2014 y 2015, mientras que en agosto de 2016, en similar ubicación, ascendió hasta la superficie. La máxima extensión de dicha capa superficial, se presentó durante el año 2016, donde la isoterma de 9°C se ubicó próxima a los 200 m, cubriendo prácticamente toda la transecta. La mayor temperatura registrada (10,6°C) se presentó durante agosto de 2014, en la estación correspondiente a las 0 nm. Por su parte, las menores temperaturas fueron medidas durante la campaña de 2013, con valores máximos en torno a los 9°C en subsuperficie (50 a 100 m de profundidad), acompañado de un descenso en profundidad, hasta llegar a los 5,2°C.

Latitudinalmente, las aguas de mayor temperatura se encontraron asociadas a la parte norte de la transecta y un gradual descenso hacia el sur, sin embargo, durante el año 2016 las temperaturas aumentan en dirección sur, con su menor valor registrado en la estación cercana a la 0 nm.

Distribución vertical de salinidad

En la distribución vertical de la salinidad (**Figura 6**) los valores fluctuaron entre los 30,04 en la zona superficial (< 100 m de profundidad) y 34,4 en las capas profundas (> 200 m de profundidad), ambos valores durante la campaña de 2015.

Verticalmente, una capa superficial menos salina y más variable, con fuertes gradientes salinos (de hasta 3,5), abarcó los primeros 100 m de profundidad y luego, una capa más estable, pero de mayor grosor a partir de los 100 m, donde la fluctuación salina fueron menores (gradiente inferior a los 0,5), con una segmentación asociada a la isohalina de 33,5. La capa superficial, presentó sus menores valores durante el año 2015, luego, durante el 2016 redujo su grosor y valores de salinidad (> 33,1),



por su parte, la capa inferior, más salina, presenta su mayor cobertura espacial durante el año 2016, observándose la isohalina de 33,5 próxima a los 50 m de profundidad.

Latitudinalmente, los menores valores de salinidad se registraron en superficie cercanos a los 48°S, 50°S y en la parte norte de la sección (frente al Golfo de Penas), exceptuando el año 2016, donde en dicha zona, la isohalina de 33,5 llega a la capa superficial.

Distribución vertical de densidad (σ_t)

En la distribución vertical de la densidad (**Figura 7**), los valores fluctuaron entre los 23,4 σ_t en la zona superficial (< 50 m de profundidad), durante 2015 y 27 σ_t en las capas profundas (> 400 m de profundidad), a lo largo de todas las campañas, evidenciando, dentro de los primeros 300 m de profundidad, la influencia de la salinidad a lo largo de todas las transectas, a causa de las características intrínsecas de la zona donde se desarrollaron las estaciones.

Verticalmente, se observó una capa superficial menos densa altamente estratificada, delimitada por la isopícnica de 26 σ_t con un marcado gradiente de densidad zigzagueante dentro de los primeros 100 m de profundidad (> 25 σ_t), durante agosto de 2013 a 2015. Por su parte en la campaña realizada en 2016, dicha capa superficial, se profundizó bajo los 100 m en la mayor parte de la transecta. Bajo esta profundidad la variable mostró una menor variación, presentando una mayor estabilidad a lo largo de toda la columna de agua.

Latitudinalmente, los mayores gradientes de densidad (> 26 σ_t), fueron registrados en las estaciones norte de las transectas (~100 m de profundidad) durante agosto de 2014 y 2015, a los 48°S durante agosto de 2013 y 2014 y en las latitudes próximas a los 50°S durante agosto de 2015. Por último, en la zona sur de la transecta, correspondiente a la campaña de 2016, se registró un gradiente vertical de menor rango (~ 1,5 σ_t).

Diagrama TS

El análisis del diagrama TS (**Figura 8**), permitió identificar la presencia de cuatro masas de agua en la zona. Agua Subantártica (ASAA), la cual se ubicó dentro de los primeros 150 m de profundidad, con valores de salinidad superiores a 33 y temperaturas próximas a los 9,7°C; Agua Subantártica Modificada (ASAAM), producto de la mezcla entre ASAA y agua estuarina de baja salinidad (> 1)



ingresando por la capa superficial, ubicándose en la capa superior de la columna de agua (<50 m), con valores de salinidad de 31 a 33 y temperatura de 8° a 9°C, con una mayor cobertura durante la campaña de 2015; Remanentes de Agua Ecuatorial Subsuperficial (AEES), presente entre los 150 y 300 m de profundidad, con valores de salinidad próximas a los 34 y temperaturas en torno a los 9°C, en las estaciones ubicadas al norte del área de estudio (al norte de los 48° S), con mayor presencia durante agosto de 2016; Agua Intermedia Antártica (AIAA), en la zona más profunda (> 300 m de profundidad), con valores de salinidades próximas a los 34 y temperaturas bajas en torno a los 5°C.

Imágenes satelitales

Temperatura superficial (TSM) y anomalía de temperatura superficial (ATSM) (°C)

Las imágenes satelitales del campo de TSM (**Figura 9**), mostró valores entre ~7 y 10 °C, durante los meses de agosto de 2013 a 2016, con los mayores valores hacia el norte de la sección y un enfriamiento de las temperaturas superficiales a medida que se avanza hacia el extremo sur de la zona de estudio. Las menores temperaturas registradas, se presentaron en el extremo sur de las secciones, durante las campañas de 2013 y 2015, además, de una baja térmica observada durante todas las campañas de medición, asociada al canal Concepción (50°15' - 51°S) y a la zona costera a lo largo de toda la sección.

Las imágenes satelitales del campo de ATSM (**Figura 10**), variaron torno a -1°C y +1°C. Durante 2013, las ATSM fueron mayormente bajas, no superando los 0,25°C, mientras que durante 2014 y 2015 hubo una leve variación latitudinal de valores negativos a positivos (sur y norte, respectivamente). Durante el año 2016, la sección mostró mayormente valores de ATSM positivos superiores a 0,5°C, principalmente en la zona de Golfo de Penas (47°-47°30'S) y Archipiélago Campana, junto a las zonas adyacentes a este (48° - 50°S).

Clorofila-a (mg/m³) párrafos muy largos

Las imágenes satelitales del campo superficial de clorofila-a (**Figura 11**) registraron concentraciones entre 0,1 y 95,1 mg/m³, con una variación longitudinal, desde concentraciones mínimas (< 1 mg/m³) en la zona más oceánica y máximas hacia el sector costero, principalmente en el Golfo de Penas. Las menores concentraciones de clorofila-a, se registraron durante el crucero realizado en 2014, con un rango de valores que abarcó desde 0,1 mg/m³ hasta 5,6 mg/m³, mientras que en la campaña de 2016 se observó la mayor concentración (95,1 mg/m³), además de ser la campaña donde se obtuvieron las mayores concentraciones a lo largo de toda la zona costera, junto a dos máximos locales (~ 10 mg/m³) en la zona más oceánica (48° - 49°S). Finalmente, durante los cruceros



realizados en 2013 y 2015, las concentraciones de clorofila-a se dispusieron a lo largo de toda la costa, con máximos puntuales ($> 30 \text{ mg/m}^3$) en la parte sur del Golfo de Penas ($\sim 47^\circ - 48^\circ\text{S}$) y Bahía Salvación ($\sim 51^\circ\text{S}$).

Velocidad geostrófica (cm/s) y Anomalía del Nivel del Mar (cm)

Las imágenes satelitales del campo de anomalías nivel del mar (ANM) y velocidad geostrófica (**Figura 12**), tuvieron variaciones de las ANM entre -7,6 y 24 cm, ambos durante agosto de 2015 y variación en la dirección del flujo entre años y dentro del mismo periodo, además de estructuras rotantes, asociadas a ANM negativas (ciclónicas) y positivas (anticiclónicas), con un rango de velocidad de flujo, entre los 0,3 y 29,6 cm/s.

Durante agosto de 2013, las ANM tuvieron su menor rango de variación ($-3,35 - 12,02 \text{ cm}$) y flujos alternados a lo largo de toda el área de estudio, tanto en dirección como en magnitud (0,4 y 27,3 cm/s), además de la presencia de estructuras rotantes en ambos sentidos, principalmente al este de $\sim 76^\circ\text{W}$. Durante agosto de 2014, los valores de ANM, fueron inferiores a los obtenidos en las otras campañas de medición ($\sim 5 \text{ cm}$), llegando incluso a $\text{ANM} < -4 \text{ cm}$ frente al Golfo de Penas, con excepción del extremo sur de la zona de estudio, donde las ANM aumentaron ($> 23 \text{ cm}$), por su parte, la dirección del flujo nuevamente no mostró un patrón direccional definido, con la presencia de un giro anticiclónico, frente al archipiélago Campana ($48^\circ 30' - 49^\circ 30'\text{S}$), acompañado de una serie de estructuras rotantes de menor tamaños al sur y norte de este, con magnitudes entre 0.30 cm/s al interior del Golfo de Penas y 33,04 cm/s en zona oceánica. Durante agosto de 2015, se presentó la mayor magnitud de flujo registrada (37,74 cm/s) en zona costera, en dirección sur, a partir de los 48°S , además del mayor valor de ANM registrado en todos los periodos ($< 24 \text{ cm}$) al sur de la isla Duque de York ($\sim 50^\circ 30' - 51^\circ\text{S}$) y un segundo máximo en el extremo norte del Golfo de Penas, ambo asociados a un par de giros anticiclónicos, mientras que al sur de los 48°S se registraron las menores ANM ($-7,6 \text{ cm}$), esta vez, asociadas a la presencia de dos giros ciclónicos de gran tamaño. Finalmente, durante agosto de 2016, las ANM variaron entre -3,6 y 22,8 cm, con similar alternancia en la dirección del flujo, con magnitudes que abarcaron entre los 6,9 cm/s (Golfo de Penas) y 29,6 cm/s (zona oceánica; $49^\circ - 50^\circ\text{S}$), junto a la presencia de estructuras ciclónicas y anticiclónicas, a lo largo de toda la zona de estudio.

Vientos: dirección y magnitud (m/s)



Las imágenes satelitales del campo de viento superficial (**Figura 13**), evidenciaron una predominancia de vientos provenientes del oeste (noroeste y suroeste), con magnitudes promedio de hasta 16,8 m/s, en la parte sur de la zona durante la campaña de 2016. Durante agosto de 2013 se registraron las menores magnitudes, con valores próximos a los 3 m/s en el sur de la zona de estudio (a partir de $\sim 48^{\circ}\text{S}$), mientras que las mayores (14,9 m/s), durante el mismo periodo, fueron registradas frente a la isla Jungfrauen ($47^{\circ}45' - 48^{\circ}\text{S}$ y $76^{\circ}30'\text{W}$) con la presencia de vientos del noroeste en prácticamente todo el área, con excepción el extremo sur ($50^{\circ}42'\text{S}$ al sur), donde prevalecieron los vientos provenientes del noreste. La mayor estabilidad espacial se presentó durante agosto de 2014, con magnitudes promedio de 13,5 m/s y vientos provenientes del noroeste. En el año 2015, también se presentaron vientos promedio predominantes del oeste, con leves variaciones noroeste y suroeste al sur de los 49°S , con magnitudes entre los 9 m/s (en el norte de la zona de estudio) y 15 m/s (en el suroeste de la zona de estudio). Finalmente, durante agosto de 2016, continuó la predominancia de los vientos provenientes del oeste desde los 49°S al norte y suroeste, con magnitudes entre los 10,4 m/s y 16,8 m/s, siendo ésta la máxima registrada durante todas las campañas de medición, presenté desde $\sim 49^{\circ}\text{S}$ la sur.

Diagramas Hovmöller

En el diagrama Hovmöller de TSM (**Figura 14**) un marcado ciclo estacional, con las mínimas temperaturas durante los meses de invierno ($< 4^{\circ}\text{C}$) y las máximas durante los meses de verano ($\sim 15^{\circ}\text{C}$), se desarrolló durante todo el periodo en análisis (2013 a 2016). La menor temperatura registrada ($< 4^{\circ}\text{C}$) fue durante junio-julio de 2013, al sur de la zona de estudio, con un leve aumento con el paso de los años (2013 a 2016) para similar periodo. En cuanto a las mayores temperaturas registradas, estas ocurrieron durante enero de 2013 y 2016, con valores superiores a 14°C . Durante el verano de 2014 y 2015, se produjo un leve enfriamiento hacia el sur e la zona de estudio, llegando a registrarse temperaturas $< 10^{\circ}\text{C}$.

El diagrama Hovmöller de ATSM (**Figura 15**), registró valores que oscilaron en torno a ~ -2 y $\sim +2^{\circ}\text{C}$, con anomalías negativas entre septiembre de 2013 y febrero de 2014, a lo largo de toda el área, mientras que las anomalías positivas, fueron captadas durante el primer semestre de 2013 (enero a junio), a partir de noviembre de 2015 y con gran intensidad en verano (diciembre – enero) y primavera (septiembre a noviembre) de 2016, al sur y centro de la zona de estudio, respectivamente.

DISCUSIÓN



La zona de estudio (47° a 51°S) se ve afectada por el sistema de baja presión subpolar (Andrade, 1991), lo que la hace una zona con gran cantidad de precipitaciones a lo largo de todo el año, acrecentadas durante época invernal (Dávila, *et al.*, 2002), acompañado del gran aporte fluvial, producto de la descarga de grandes cantidades de agua dulce proveniente del continente (Strub, *et al.*, 1998), derivado de campos de hielo patagónico y glaciares.

Debido a estos aportes de agua dulce (salinidad < 1), a través de las capas superiores, se dio lugar a la formación de una capa superficial altamente variable, con bajas salinidades, presencia de frentes salinos y una alta estratificación vertical, reflejada en la densidad, generada por la formación de una corriente baroclínica costera. De este modo, en los resultados se presentó una estructura de dos capas, una superior altamente variable (< 100 m) y una profunda de mayor estabilidad vertical y latitudinal, hecho principalmente visible durante agosto de 2013 a 2015. En agosto de 2016, a causa de que el rango de salinidad fue menor, esta capa superficial, altamente variable, sólo fue evidente al sur de la zona de estudio y con un gradiente salino inferior a los años anteriores, debido al menor aporte de agua dulce que hubo durante este año.

La estructura térmica de la columna de agua presentó características típicas de la temperatura en el océano, con una capa superficial de mayor temperatura (limitada por la isoterma de 9°C) y descendiente en profundidad, principalmente registrado en las campañas realizadas durante 2013 a 2015, pero con una variación anómala durante la campaña de 2016. Lo anterior se destaca por la presencia de una masa de agua cálida ($> 9^{\circ}\text{C}$) que ingresó por el norte a la zona de estudio y se extendió a lo largo de toda la sección, alcanzando un valor máximo de $9,9^{\circ}\text{C}$ en el Golfo de Penas ($\sim 47^{\circ}\text{S}$), y profundizándose hasta cerca de los 200 m, dando como resultado, el año más cálido de todo el registro. Este suceso se asocia al efecto producido por algún evento climático, afectando la zona en forma directa o indirecta, encontrándose, en este caso, una relación con la ocurrencia de un evento EL Niño “fuerte” (NOAA, 2015) desarrollado durante 2015 y 2016, influyendo de modo indirecto, mediante las denominadas “Teleconexiones del Pacífico sur Americano” (Carleton, 2003), con patrones de variabilidad de baja frecuencia, cumpliendo un rol fundamental en el análisis de las interacciones océano-atmósfera, además de procesos climáticos globales, reflejado en las ATSM obtenidas durante 2016, superiores a $0,7^{\circ}\text{C}$ en la mayor parte del área de estudio, alterando los patrones estacionales típicos de la temperatura en la zona y la variabilidad interanual.

Lo anterior origina el bajo aporte de agua dulce en la capa superficial, producto que durante los años de eventos El Niño, tienden a disminuir las precipitaciones, principalmente durante 2016, y por tanto caudales de ríos o canales locales en la zona Austral de Chile (Garreaud, 2018), como se registró en los perfiles verticales de salinidad durante agosto de 2016, donde la salinidad no bajó de 33, mientras



que, en los otros periodos en estudio, esta llegó a valores inferiores (< 32), acompañado de la alta radiación solar, durante los primeros meses de 2016. Sin embargo, las bajas precipitaciones, también se ven favorecidas por la ocurrencia de la fase positiva de la Oscilación Antártica (OA) (Garreaud, 2018), siendo la actual, la fase positiva más extrema de OA registrada, atribuible al aumento en los niveles de gases de efecto invernadero (efectos atropogénicos), el cual en su fase positiva se desplaza hacia la Antártica. La OA, también es un tipo teleconexión que produce alteraciones a escala temporal y espacial, corresponde a una oscilación de la presión atmosférica entre fase (o periodo) negativa y positiva, que ocurre en latitudes medias y polares, cuantificada por medio del Índice de Oscilación Antártico (AAOI). La fase positiva de esta oscilación se encuentra vinculada con la disminución de la presión superficial y altura geopotencial sobre la Antártica, acompañado de un aumento en la intensidad de los vientos del oeste y direccionamiento hacia el polo (Garreaud, *et al.*, 2008). Garreaud, *et al.* (2008), indicó que la OA, manifiesta un rol primordial en la variabilidad del clima en América del sur, en la zona próxima al extremo sur.

De acuerdo a los resultados obtenidos para la caracterización de las masas de agua en la zona de estudio (47° - 51° S), se detectó la presencia de cuatro masas de agua: Agua Subantártica (ASAA), ubicada dentro de los primeros 150 m de profundidad; remanentes de Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS), ubicada entre los 150 y ~ 300 m (al norte de los 48° S); y Agua Intermedia Antártica (AIAA), bajo los 300 m de profundidad. Adicionalmente se agregó una masa de agua denominada “Agua Subantártica Modificada” (ASAAM), las cual debe su nombre y origen a la mezcla de ASAA y agua de baja salinidad (> 1), de origen estuarino (Silva, *et al.*, 1998), ingresando al océano por la parte superficial, producto de tener una menor densidad que la del agua de mar, dando como resultado una masa de agua superficial y con una menor concentración de sal que ASAA (Silva, *et al.*, 2002; Sievers y Silva, 2008). ASAAM se observó durante todos los años en estudio, sin embargo, su mayor presencia fue durante la campaña de agosto de 2015.

Las concentraciones de clorofila-*a*, mostraron sus mayores volúmenes en la zona costera y próximas a bahías, asociadas a desembocadura de ríos y canales locales, provenientes de campos de hielo, los que en la zona, aportan con grandes cantidades de nutrientes (principalmente silicatos) a la costa durante todo el año, siendo de esta forma, un contribuyente principal a la producción primaria (González, *et al.*, 2011), por lo tanto, las variaciones en las concentraciones de clorofila-*a*, estarían vinculadas con la cantidad de radiación solar que ingresa al sistema (Pizarro, *et al.*, 2005), la cual es mínima durante estación de invierno, sin embargo, durante la campaña de 2016 las concentraciones se vieron incrementadas, tanto en concentración, como en distribución espacial, llegando a la zona oceánica (hasta ~ 20 mg/m³), lo que se vio favorecido por el bajo aporte pluvial, derivado de los efecto a nivel global del El Niño 2015-2016, que como se mencionó previamente, reduce las precipitaciones



en Chile Austral, unido a la mayor estabilidad de la columna de agua, reduciendo la precipitación celular, manteniendo las concentraciones de clorofila-a en la capa superior, (Ramírez, 2005). Durante este periodo se tiene registro del mayor florecimiento de algas nocivas (FAN) que se ha dado en la zona, lo que fue producto del bajo aporte de agua proveniente de ríos y abundante radiación solar. Las causas anteriores son acompañadas de numerosos episodios de contaminación en la zona sur (Garreaud, 2018). Por lo tanto, las condiciones climáticas fueron propicias para el desarrollo de las FAN, a causa de la alteración a nivel global que generó El Niño, igualmente influenciado por la ya mencionada fase positiva de la oscilación antártica y la disminución en las precipitaciones que esta trae como consecuencia.

La principal corriente que afecta la zona de estudio, es una corriente permanente que se desplaza en sentido oeste a este, proveniente del giro del Pacífico sur, consecuencia de los vientos el oeste (40° - 65° S), con velocidades máximas entre 10,7 a 13,5 m/s. Al interceptar con la zona costera a la altura del Golfo de Penas, se bifurca hacia el norte (corriente de Humbolt) y sur (corriente del Cabo de Hornos), dirigiéndose, esta última, hacia el sur (hasta el estrecho de Magallanes), sureste (hasta el sur de Tierra del Fuego) y finalmente noreste (al sur de islas Diego Ramírez hasta el estrecho de Maine), con una velocidad máxima de 11,5 m/s.

En cuanto al desplazamiento de los flujos, la principal corriente que afecta la zona de estudio, es una corriente permanente que se desplaza en sentido oeste-este con dirección este, proveniente del giro del Pacífico sur, consecuencia de los vientos del oeste (40° - 65° S), con velocidades máximas entre 10,7 a 13,5 m/s. Al interceptar con la zona costera a la altura del Golfo de Penas, se bifurca hacia el norte (corriente de Humboldt) y sur (corriente del Cabo de Hornos), dirigiéndose, esta última, hacia el sur (hasta el estrecho de Magallanes), sureste (hasta el sur de Tierra del Fuego) y finalmente noreste (al sur de islas Diego Ramírez hasta el estrecho de Maine), con una velocidad entre 9 y 11,5 m/s (Benavente, 1988).

Las imágenes satelitales correspondientes a las corrientes geostróficas mostraron la presencia de flujos en diferentes direcciones, y magnitudes a lo largo de todos los periodos en estudio, sin un patrón definido, acompañado de la presencia de meandros y estructuras ciclónicas y anticiclónicas, generadas por la interacción del flujo con la batimetría del lugar, inestabilidades baroclínicas (Hormazábal, *et al.*, 2004), algún evento de afloramiento, que pudo haber alterado la variabilidad temporal del flujo costero (Pizarro *et al.*, 2002) o a causa del stress del viento, el cual es considerado uno de los principal causantes de la generación y direccionamiento de corrientes, remolinos y meandros en las costas de borde oriental (Leth and Shaffer, 2001).



Esta limitada estabilidad en la dirección y magnitud del flujo, a través de todos los periodos de estudio, puede deberse a una alternancia entre fuerzas de estratificación (gradientes a causa de aporte de agua dulce) y fuerzas de mezcla (efectos batimétricos y variación en la intensidad de vientos locales (~ 3 a $16,7$ m/s)) (Andrade, 1991), dichos vientos en la zona de estudio, fueron predominantemente vientos del oeste (noroeste y suroeste).

CONCLUSIONES

La zona de estudio (47° - 51° S) registró una estructura de la columna de agua dividida en dos capas, una superficial con alta variabilidad y fuerte estratificación, resultado de la alta tasa de precipitación durante la época invernal y descarga de agua dulce por superficie.

Durante la campaña de 2016, esta estructura se vio alterada por la presencia de una masa de agua cálida ($> 9^\circ\text{C}$), en gran parte de la zona de estudio (~ 0 a 200 m) ($\text{ATSM} > 0,75^\circ\text{C}$), consecuencia de un evento El Niño “fuerte” en la zona Ecuatorial.

Se determinó la presencia de cuatro masas de agua: Agua Subantártica (ASAA), dentro de los primeros 150 m de profundidad, remanentes de Agua Ecuatorial Subsuperficial (AEES) bajo los 150 m y hasta los 300 m de profundidad al norte de los 48°S , Agua Intermedia Antártica (AIAA), a partir de los 300 m de profundidad y Agua Subantártica modificada (ASAAM) en superficie.

La dirección del flujo geostrófico, presentó un patrón indefinido direccionalmente, derivado de la alternancia de procesos de mezcla (efectos batimétricos y variación en la intensidad de vientos locales (~ 3 a $16,7$ m/s)) y procesos de estratificación (gradientes a causa de aporte de agua dulce). Presencia de meandros y estructuras ciclónicas y anticiclónicas, a lo largo de toda el área de estudio.

Las concentraciones de clorofila-*a*, fueron mayores en la zona costera y próxima a desembocaduras de fuentes de agua dulce (salinidad < 1), debido al aporte de nutrientes al área de estudio. Durante 2016, intensificación de las concentraciones de clorofila-*a*, por el déficit en precipitaciones, aumentando la irradiancia y estabilidad de la columna de agua.



REFERENCIAS

- Andrade, S. 1991. Geomorfología costera y antecedentes oceanográficos físicos de la región de Magallanes, Chile (48°–56°S). *Anales del Instituto de la Patagonia. Serie Ciencias Naturales*. 20:135–151.
- Benavente, R. 1988. “Corrientes en la Zona Sur Austral de Chile”. Disponible en: (<https://revistamarina.cl/revistas/1988/5/benavente.pdf>). Revisado el 15 de marzo de 2018.
- Carleton, A. M. 2003. Atmospheric teleconnections involving the Southern Ocean, *J. Geophys. Res.*, 108(C4), 8080.
- Dávila P.M., Figueroa D. y E. Muller. 2002. Freshwater input into the coastal ocean and its relation with the salinity distribution off austral Chile (35 – 55° S). *Continental Shelf Research*. 22:521 – 534.
- Garreaud, R., Vuille, M., Compagnucci, R. y J. Marengo. 2008. “Present-day South American Climate”. Curso de climatología sinóptica en la costa oeste de América del Sur. SENAMHI, Perú. Disponible en: (http://www.dgf.uchile.cl/rene/PUBS/ClimSA_paleo3.pdf). Revisado el 16 de marzo de 2018.
- Garreaud, R. 2018. “Tres Niños sorprendentes”, Disponible en: (<https://youtu.be/5nQv5u>). Revisado el 26 de febrero de 2018.
- González, H., Castro, F., Daneri, G., Iriarte, J., Silva, N., Vargas, C., Giesecke, R. y N. Sánchez. 2011. Seasonal plankton variability in Chilean Patagonia fjords: Carbon flow through the pelagic food web of Aysen Fjord and plankton dynamics in the Moraleda Channel basin. *Continental Shelf Research* 31:225-243.
- Hormazábal, S., Shaffer, G. y O. Leth. 2004. Coastal transition zone off Chile. *J. Geophys. Res.*, 109: 13 pp.
- Leth, O., y G. Shaffer. 2001. A numerical study of seasonal variability in the circulation off central Chile, *Journal of Geophysical Research*, 106, 22229 – 22248.



McDougall, T. J. y P. M. Barker. 2011. Getting started with TEOS-10 and the Gibbs Seawater (GSW) Oceanographic Toolbox, 28pp. SCOR/IAPSO WG127, ISBN 978-0-646-55621-5.

Pizarro, O., Shaffer, G., Dewitte, B. y M. Ramos. 2002. Dynamics of seasonal and interannual variability of the Peru-Chile Undercurrent, *Geophysical Research Letters*, 29 (12), 1581, doi:10.1029/2002GL014790.

Pizarro, G., Astoreca, R., Montecino, V., Paredes, M., Alarcón, G., Uribe, P. y L. Guzmán. 2005. Patrones espaciales de la abundancia de la clorofila, su relación con la productividad primaria y la estructura de tamaño del fitoplancton en julio y noviembre de 2001 en la región de Aysén (43° - 46°S). *Revista Ciencia y Tecnología del Mar* 28 (2):27-42.

Sievers, H. y N. Silva. 2008. Water Masses and Circulation in Austral Chilean Channels and Fjords, *Progress in the Oceanographic Knowledge of Chilean Interior Waters, from Puerto Montt to Cape Horn*. Comité Oceanográfico Nacional – Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, pp. 53–58.

Sievers, H. A., Calvete, C. y N. Silva. 2002. Distribución de características físicas, masas de agua y circulación general para algunos canales australes entre el golfo de Penas y el estrecho de Magallanes (Crucero CIMAR Fiordo 2), Chile. *Ciencia y Tecnología del Mar*, 25(2): 17-43.

Strub, P.T., Mesias, J.M., Montecino, V., Rutllant, J. y S. Salinas. 1998. Coastal ocean circulation off western South America. A.R. Robinson & K.H. Brink (eds). *The Sea*, vol 11. Jhon Wiley, New York, pp. 273-313.

**TABLAS****Tabla 1.** Descripción de instrumental utilizado y su correspondiente número de serie (NS).

Año	Estaciones totales	CTD	NS CTD	NS sensor temperatura	NS sensor salinidad	Última fecha de calibración
2013	13	SBE 19plus V 5.37d	4375	4375	4375	07/05/2010
2013	2	SBE 19plus V 2.2c	6578	6578	6578	07/05/2010
2014	21	SBE 19plus V 5.37d	4375	4375	4375	08/04/2010
2014	16	SBE 19plus 2.2c	6578	6578	6578	07/05/2010
2015	10	SBE 25 CTD V 4.1c	405	5059	3467	09/12/2011
2016	6	SBE 25 CTD V 4.1c	405	5059	3467	14/06/2016

Tabla 2. Fecha, estación, ubicación geográfica, profundidad de fondo e instrumental utilizado correspondiente a las estaciones oceanográficas de CTD, realizadas durante la campaña de medición realizada desde el 20 al 30 de agosto de 2013.

Fecha	Estación	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	CTD
20-08-2013	17	47.000°S	75.667°W	820	Roseta(SBE19p)
21-08-2013	18	47.500°S	75.633W	1064	Roseta(SBE19p)
21-08-2013	19	47.500°S	75.5177°W	118	Roseta(SBE19p)
22-08-2013	20	47.833°S	75.750°W	888	Roseta(SBE19p) - SBE19p
22-08-2013	21	48.000°S	75.750°W	144	Roseta(SBE19p)
23-08-2013	22	48.500°S	76.017°W	1200	Roseta(SBE19p)
23-08-2013	23	48.500°S	75.833°W	126	Roseta(SBE19p)
24-08-2013	24	49.250°S	75.867°W	913	Roseta(SBE19p)
27-08-2013	25	51.000°S	75.900°W	125	Roseta(SBE19p)
27-08-2013	26	49.750°S	75.617°W	660	Roseta(SBE19p)
28-08-2013	27	47.250°S	75.633°W	670	Roseta(SBE19p)
29-08-2013	28	47.000°S	75.517°W	127	Roseta(SBE19p) - SBE19p
30-08-2013	29	46.967°S	75.600°W	442	Roseta(SBE19p)



Tabla 3. Fecha, estación, ubicación geográfica, profundidad de fondo e instrumental utilizado correspondiente a las estaciones oceanográficas de CTD, realizadas durante la campaña de medición realizada desde el 20 de agosto al 03 de septiembre de 2014.

Fecha	Estación	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	CTD
20-08--2014	001	47.250°S	75.650°W	970	Roseta(SBE19p) – SBE19p
21-08-2014	002	47.500°S	75.717°W	1750	Roseta(SBE19p)
24-08-2014	003	51.000°S	75.900°W	123	Roseta(SBE19p) – SBE19p
24-08-2014	004	51.000°S	76.100°W	1025	Roseta(SBE19p) – SBE19p
24-08-2014	005	50.750°S	76.197°W	420	Roseta(SBE19p) – SBE19p
25-08--2014	006	50.500°S	75.917°W	165	Roseta(SBE19p) – SBE19p
25-08--2014	007	50.500°S	76.167°W	595	Roseta(SBE19p) – SBE19p
25-08--2014	008	50.300°S	76.117°W	407	Roseta(SBE19p) – SBE19p
26-08--2014	009	50.000°S	75.917°W	1206	Roseta(SBE19p) – SBE19p
26-08--2014	010	50.000°S	75.733°W	95	SBE19p
27-08-2014	011	49.500°S	76.000°W	1200	Roseta(SBE19p) – SBE19p
27-08-2014	012	49.500°S	75.833°W	115	Roseta(SBE19p) – SBE19p
28-08-2014	013	49.000°S	76.067°W	676	SBE19p
28-08-2014	014	49.000°S	75.917°W	146	SBE19p
29-08-2014	015	48.500°S	76.000°W	1100	Roseta(SBE19p) – SBE19p
30-08-2014	018	48.000°S	75.822°W	237	Roseta(SBE19p) – SBE19p
31-08-2014	019	47.500°S	75.717°W	1775	Roseta(SBE19p) – SBE19p
31-08-2014	020	47.500°S	75.517°W	120	Roseta(SBE19p)
01-09-2014	021	46.983°S	75.603°W	590	Roseta(SBE19p)
01-09-2014	022	47.000°S	75.667°W	840	Roseta(SBE19p)
01-09-2014	023	47.000°S	75.500°W	130	Roseta(SBE19p)
02-09-2014	024	47.113°S	75.588°W	366	Roseta(SBE19p)
03-09-.2014	025	46.667°S	75.800°W	2800	Roseta(SBE19p)
03-09-2014	026	46.792°S	75.700°W	906	Roseta(SBE19p)



Tabla 4. Fecha, estación, ubicación geográfica, profundidad de fondo e instrumental utilizado correspondiente a las estaciones oceanográficas de CTD, realizadas durante la campaña de medición realizada desde el 19 al 25 de agosto de 2015.

Fecha	Estación	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	CTD
19-08-2015	007	50.585°S	76.087°W	1045	SBE 25
19-08-2015	008	50.827°S	76.163°W	1256	SBE 25
20-08-2015	009	50.333°S	76.117°W	1245	SBE 25
21-08-2015	010	50.100°S	75.857°W	1232	SBE 25
21-08-2015	011	49.800°S	75.958°W	1600	SBE 25
22-08-2015	012	49.533°S	75.958°W	1225	SBE 25
22-08-2015	013	49.240°S	75.933°W	1529	SBE 25
23-08-2015	014	48.500°S	76.000°W	1330	SBE 25
25-08-2015	015	47.333°S	75.575°W	1120	SBE 25
25-08-2015	016	46.833°S	75.658°W	1540	SBE 25

Tabla 5. Fecha, estación, ubicación geográfica, profundidad de fondo e instrumental utilizado correspondiente a las estaciones oceanográficas de CTD, realizadas durante la campaña de medición realizada desde el 23 al 27 de agosto de 2016.

Fecha	Estación	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	CTD
23-08-2016	022	49.800°S	75.933°W	1313	SBE 25
24-08-2016	023	48.500°S	75.983°W	1342	SBE 25
25-08-2016	024	48.000°S	75.850°W	1203	SBE 25
25-08-2016	025	47.667°S	75.667°W	1606	SBE 25
27-08-2016	026	47.333°S	75.583°W	1543	SBE 25
27-08-2016	027	46.750°S	75.683°W	1242	SBE 25

FIGURAS

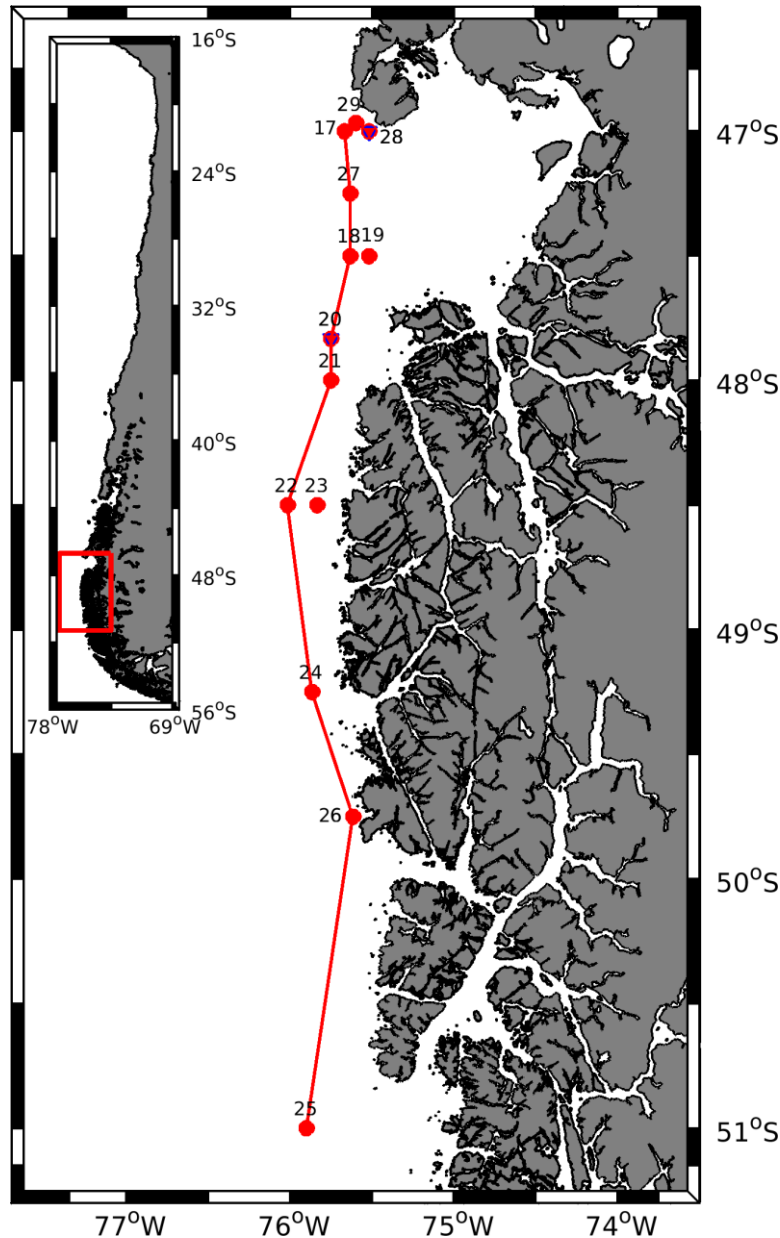


Figura 1. Estaciones de muestreo de las estaciones de CTD durante la campaña de medición realizada desde el 20 al 30 de agosto de 2013. Los círculos rojos indican las estaciones donde se realizó lance de roseta oceanográfica con CTD y los triángulos azules indican estaciones donde sólo se realizó lance de CTD.

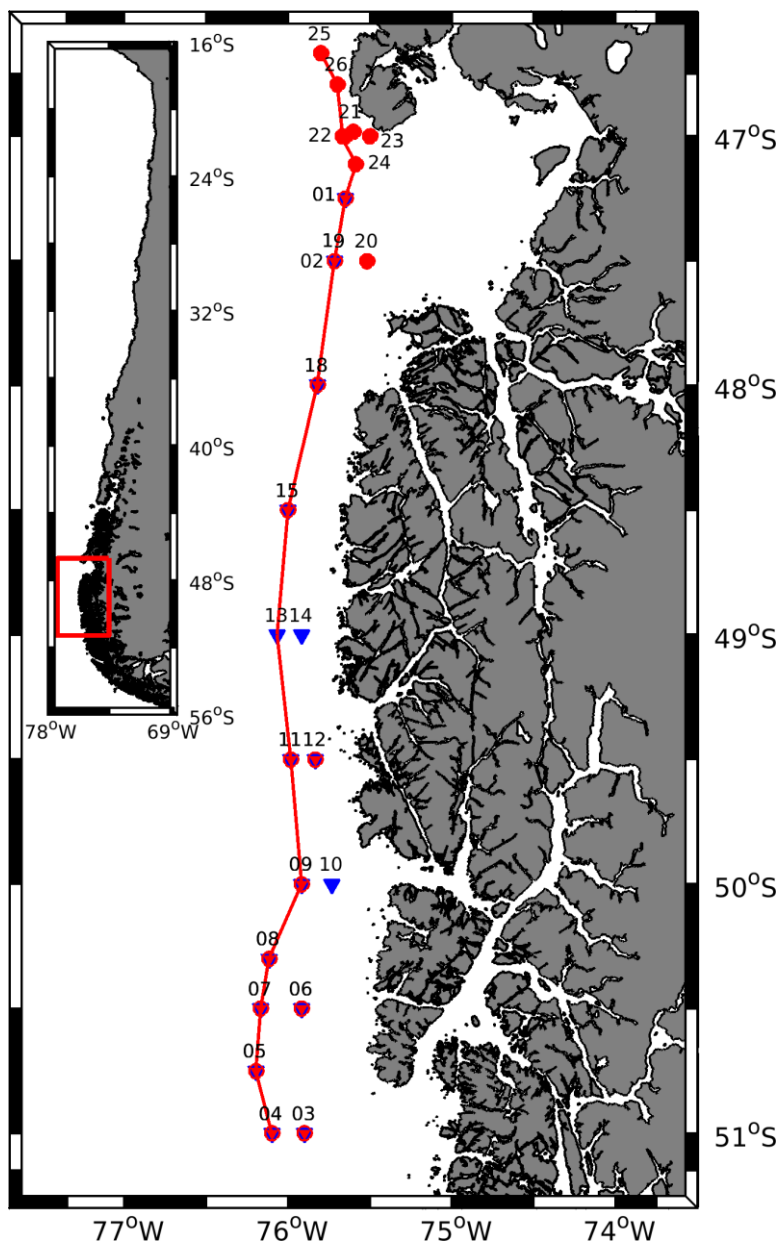


Figura 2. Estaciones de muestreo de las estaciones de CTD durante la campaña de medición realizada desde el 20 de agosto al 3 de septiembre de 2014. Los círculos rojos indican las estaciones donde se realizó lance de roseta oceanográfica con CTD y los triángulos azules indican estaciones donde sólo se realizó lance de CTD.

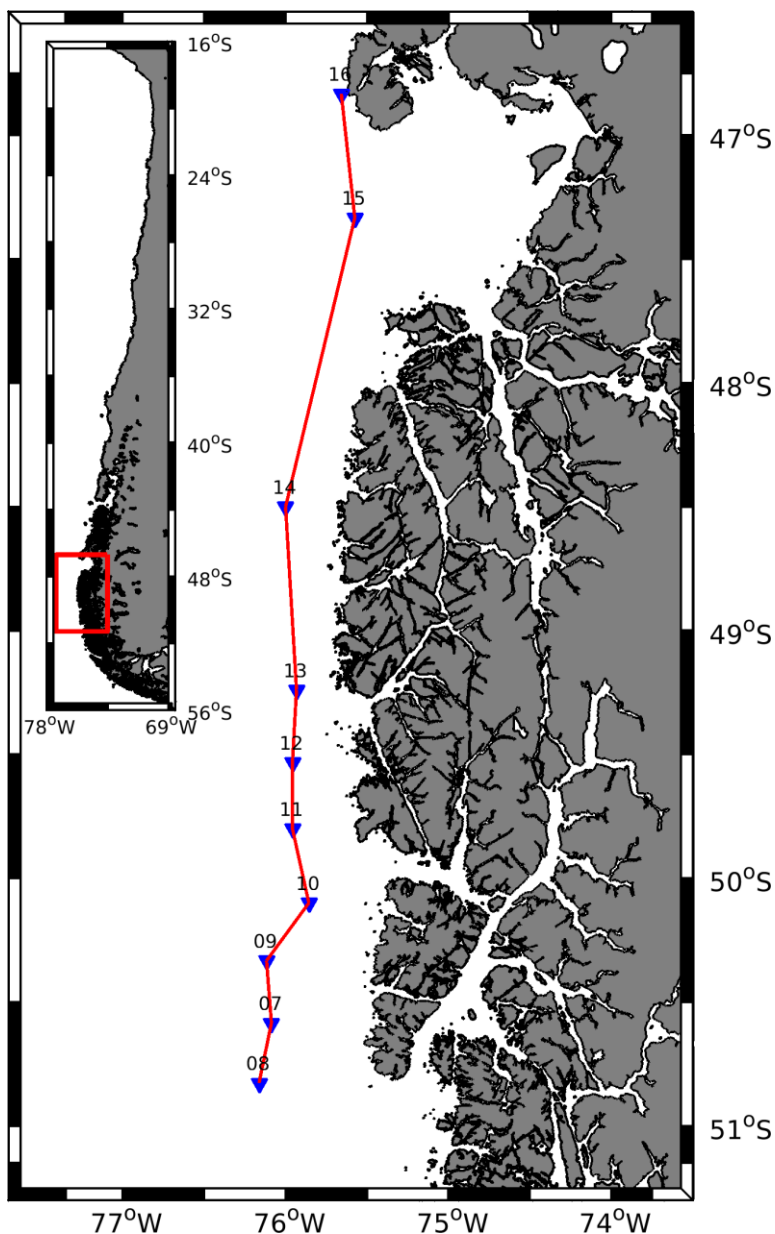


Figura 3. Estaciones de muestreo de las estaciones de CTD durante la campaña de medición realizada desde el 20 de agosto al 3 de septiembre de 2015. Los triángulos azules indican estaciones donde se realizó lance de CTD.

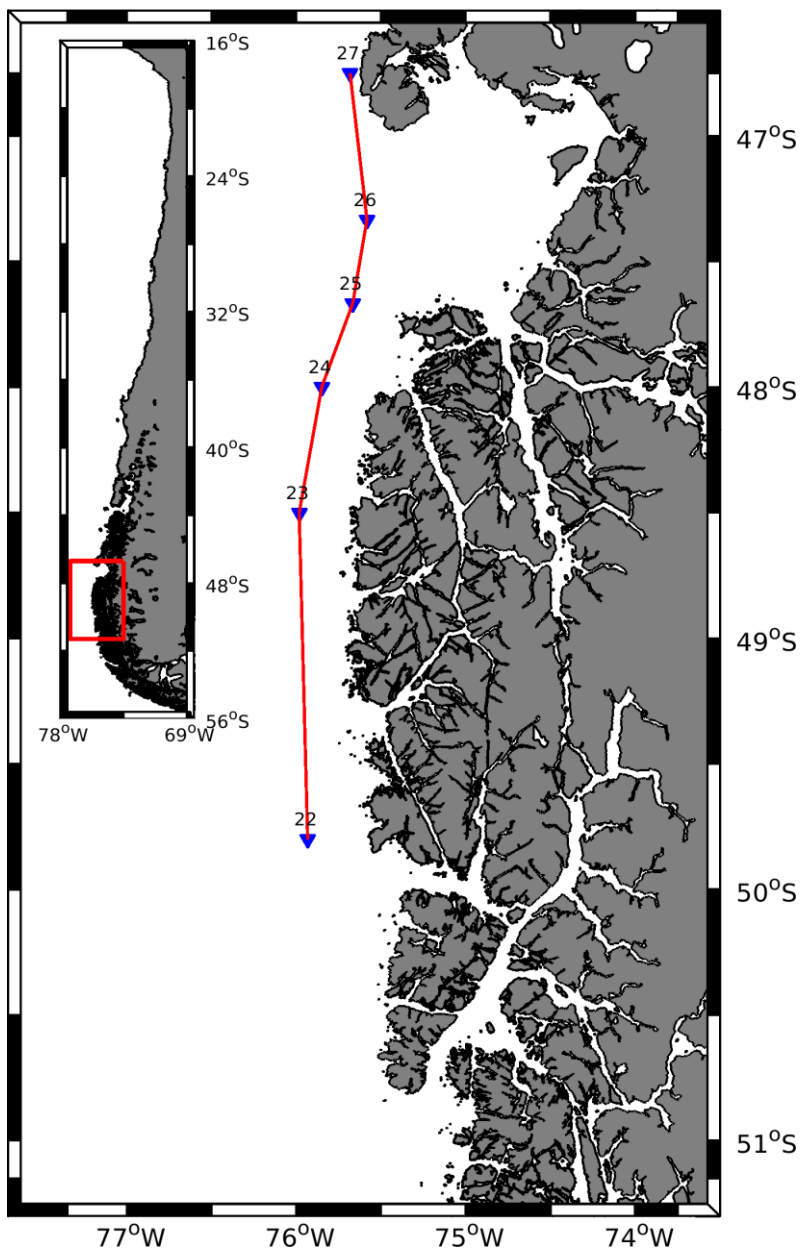


Figura 4. Estaciones de muestreo de las estaciones de CTD durante la campaña de medición realizada desde el 19 al 25 de agosto de 2016. Los triángulos azules indican estaciones donde se realizó lance de CTD.

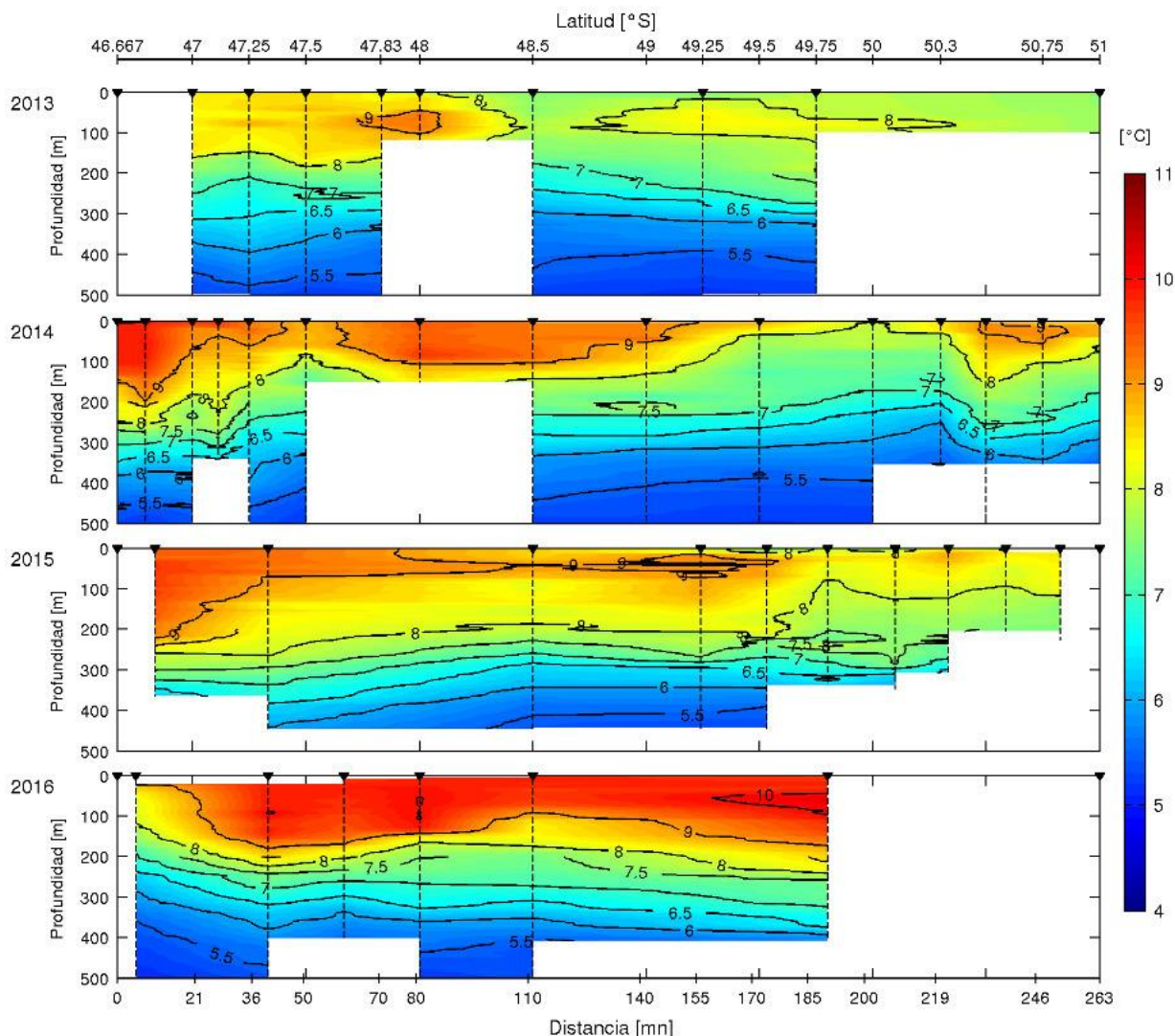


Figura 5. Distribución vertical de temperatura (°C) sobre las transectas paralelas a la costa ubicadas entre los 46,67° y 51°S , realizados durante el mes de agosto de 2013 a 2016. En el eje superior se indica la latitud (°) abarcada por las transectas y en el eje inferior la distancia (mn) referida a la estación fija ubicada al norte (46,67°S). Contornos cada 1°C (0 – 200 m) y cada 0,5°C (201 – profundidad máxima). Los triángulos invertidos indican la posición de las estaciones oceanográficas abarcadas por cada campaña y las áreas en blanco la falta de datos.

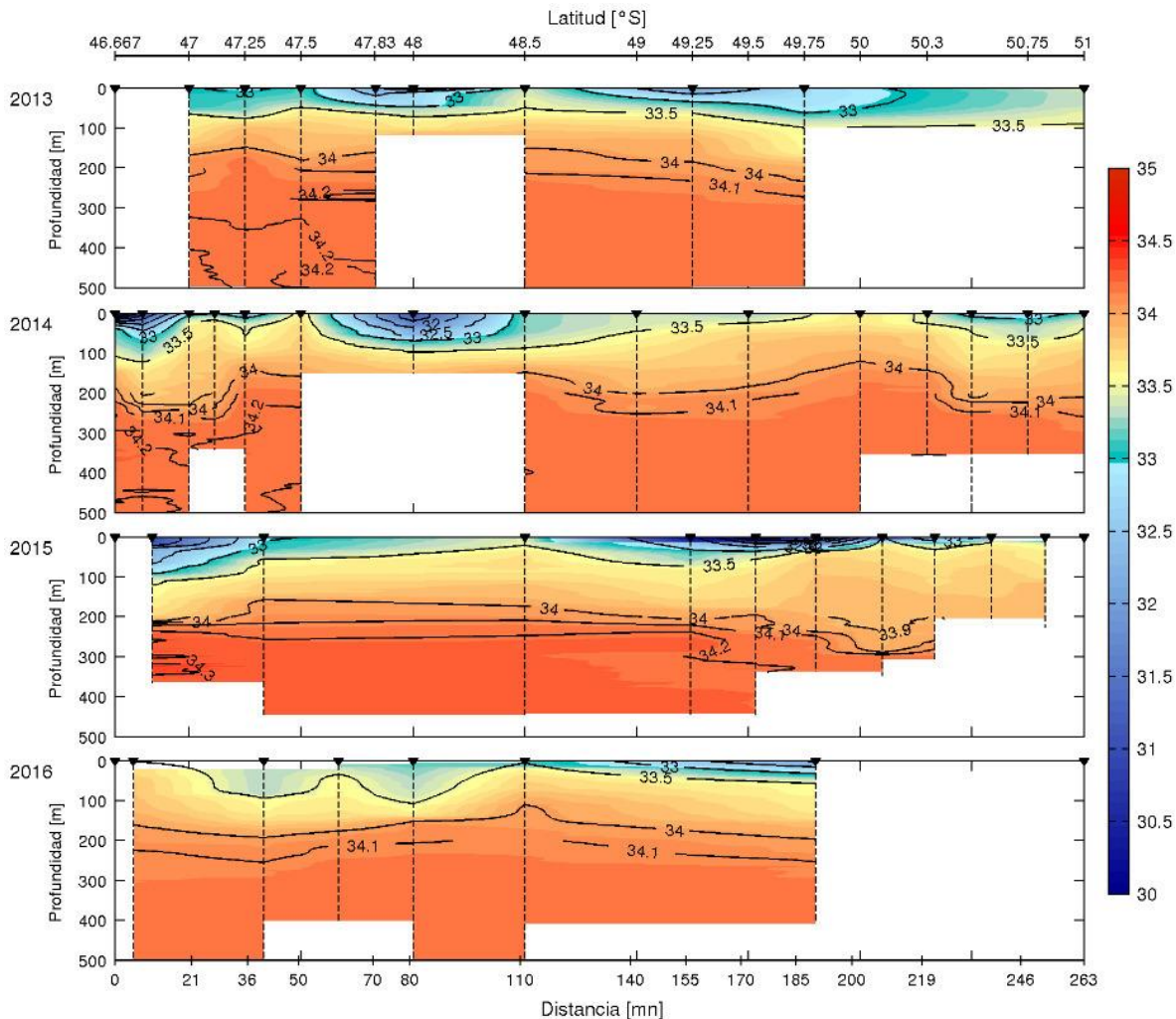


Figura 6. Distribución vertical de salinidad sobre las transectas paralelas a la costa ubicadas entre los 46,67° y 51°S, realizados durante el mes de agosto de 2013 a 2016. En el eje superior se indica la latitud (°) abarcada por las transectas y en el eje inferior la distancia (mn) referida a la estación fija ubicada al norte (46,67°S). Contornos cada 0,5 (0 – 200 m) y cada 0,05 (201 – profundidad máxima). Los triángulos invertidos indican la posición de las estaciones oceanográficas abarcadas por cada campaña y las áreas en blanco la falta de datos.

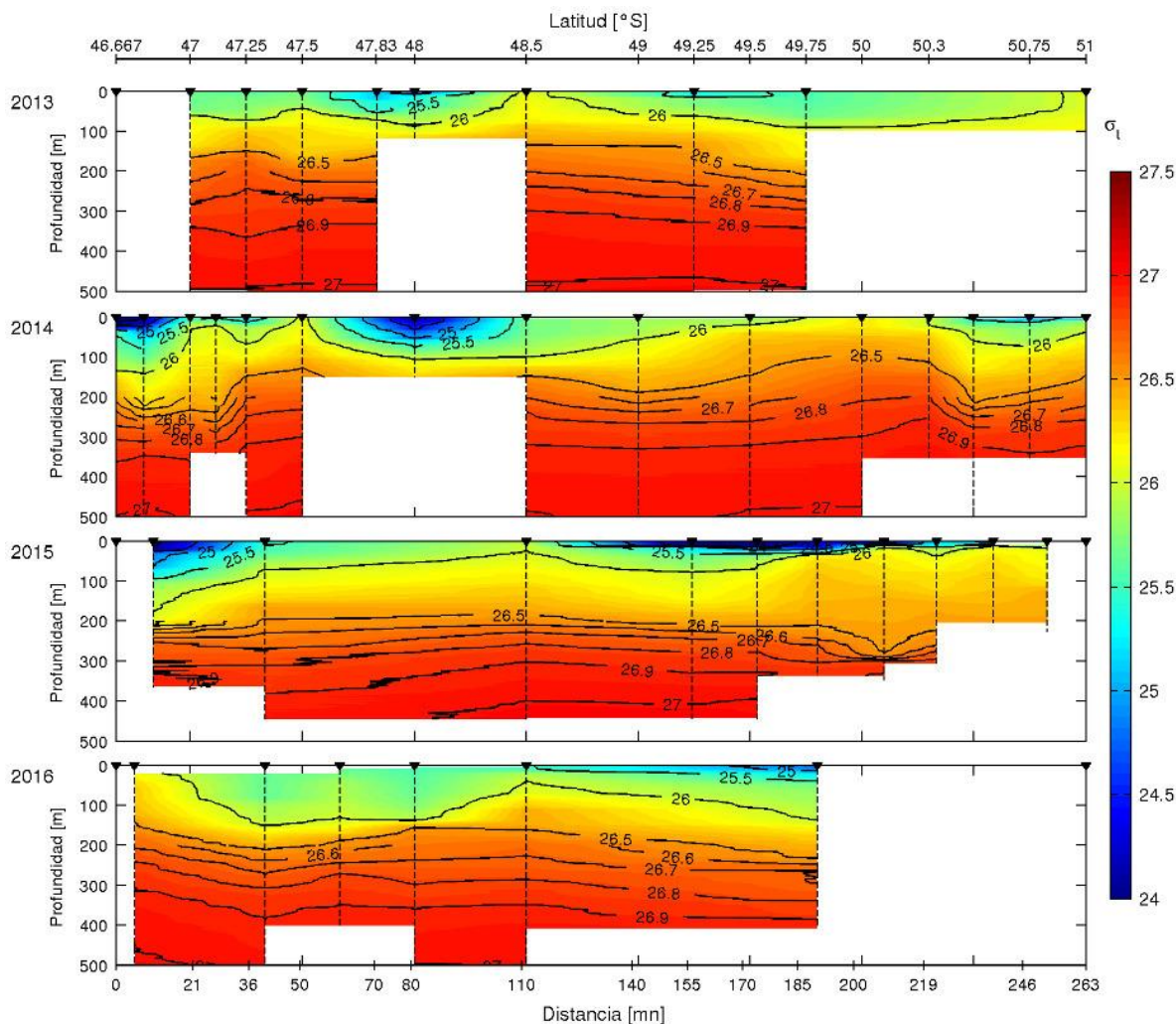


Figura 7. Distribución vertical de densidad (σ_t) sobre las transectas paralelas a la costa ubicadas entre los $46,67^\circ$ y 51°S , realizados durante el mes de agosto de 2013 a 2016. En el eje superior se indica la latitud ($^\circ$) abarcada por las transectas y en el eje inferior la distancia (mn) referida a la estación fija ubicada al norte ($46,67^\circ\text{S}$). Contornos cada $0,5 \text{ } \sigma_t$ (0 – 200 m) y cada $0,1 \text{ } \sigma_t$ (201 – profundidad máxima). Los triángulos invertidos indican la posición de las estaciones oceanográficas abarcadas por cada campaña y las áreas en blanco la falta de datos.

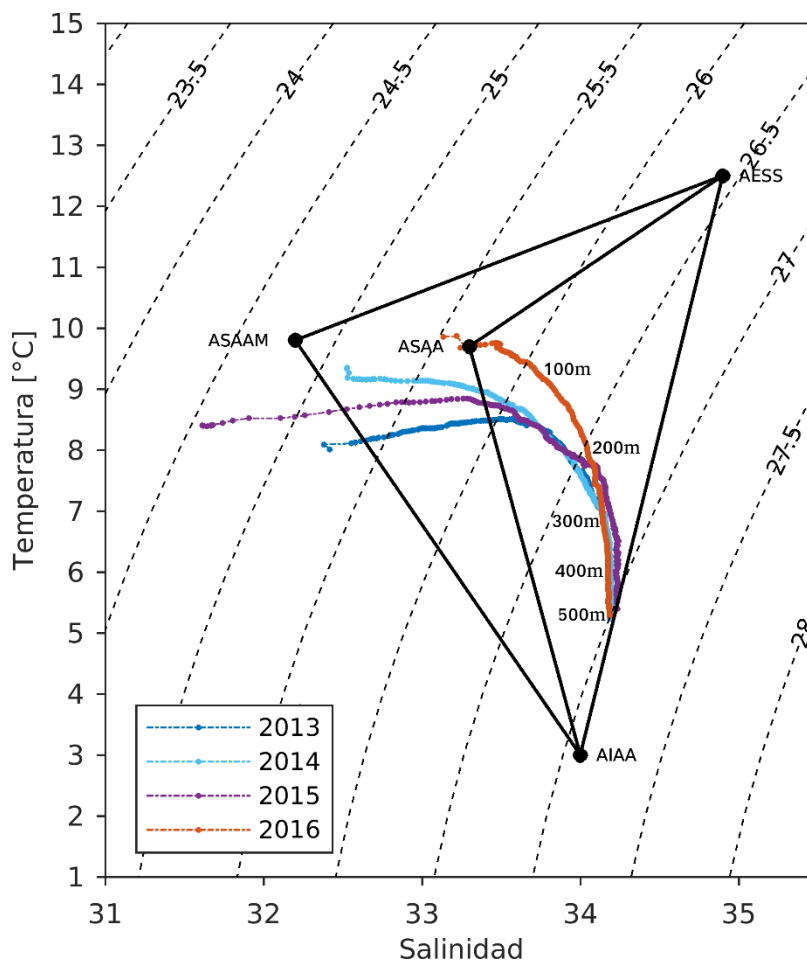


Figura 8. Diagrama T-S (temperatura (°C) – salinidad) de los diferentes años en estudio (2013-2017). ASAA = Agua Subantártica, ASAAM = Agua Subantártica modificada, AEES = Agua Ecuatorial Subsuperficial y AIAA = Agua Intermedia Antártica.

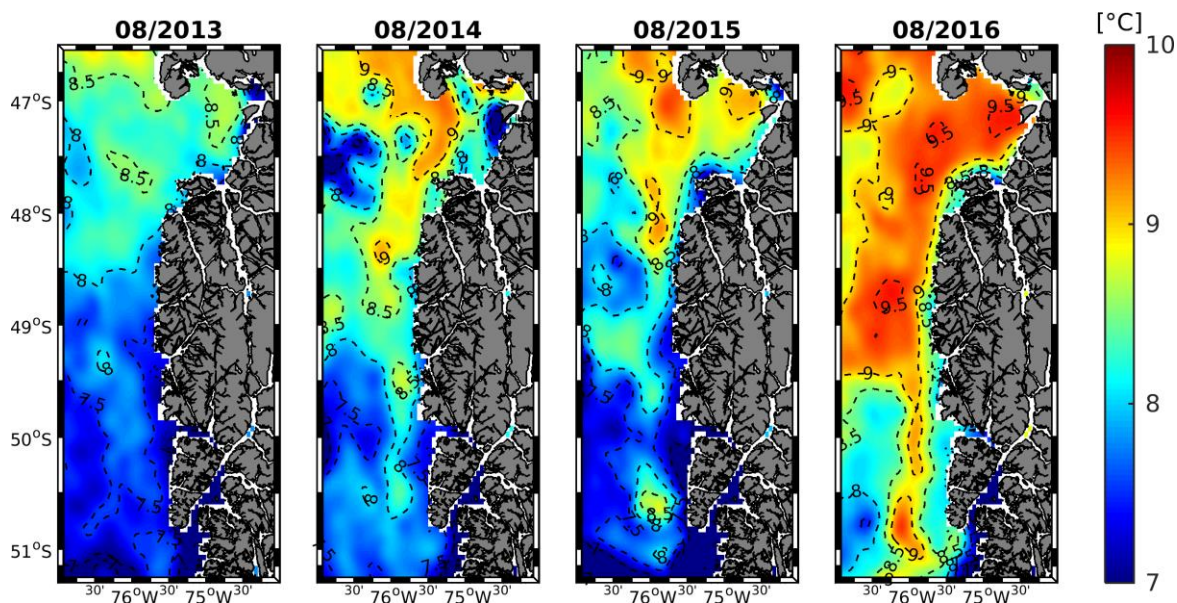


Figura 9: Promedio mensual del campo de temperatura superficial (°C), obtenido de datos satelitales, entre los 46.5° - 51.3°S y 74° - 77°W, durante agosto de 2013 a 2016.

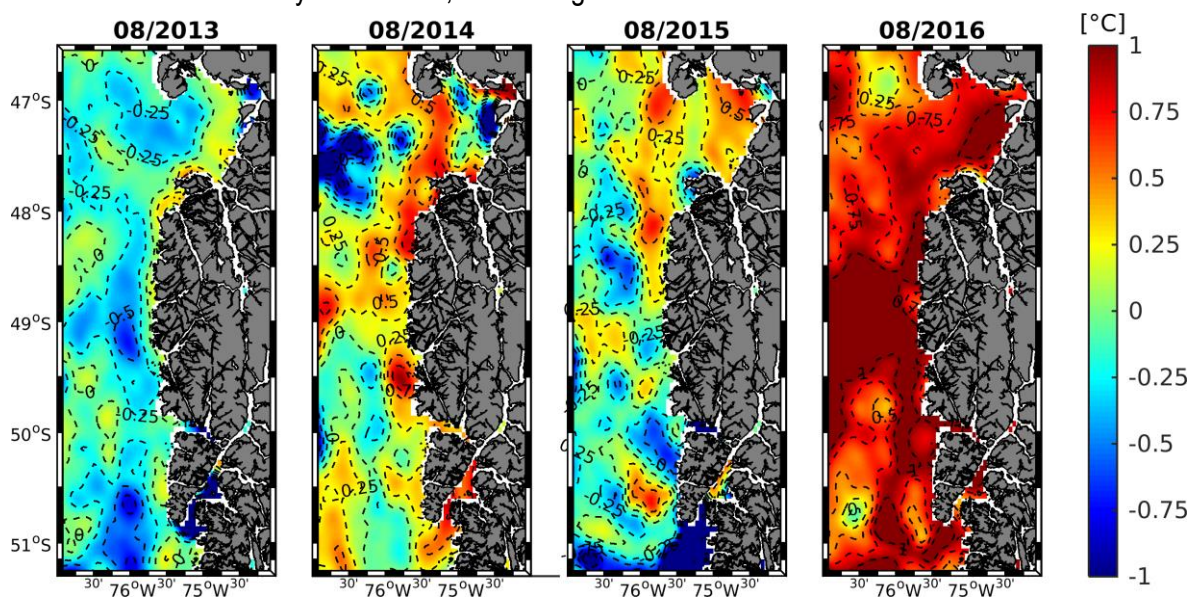


Figura 10. Promedio mensual del campo de anomalía de temperatura superficial (°C), obtenido de datos satelitales, entre los 46.5° - 51.3°S y 74° - 77°W, durante agosto de 2013 a 2016.

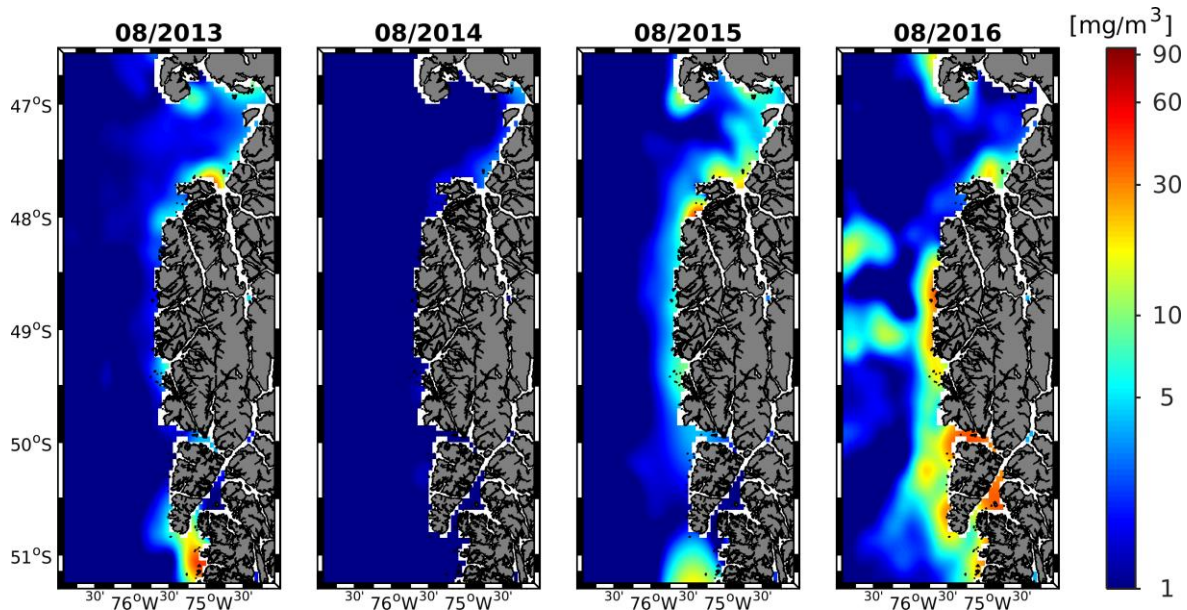


Figura 11. Promedio mensual del campo de clorofila-a superficial (mg/m^3), obtenidos de datos satelitales, entre los 46.5° - 51.3°S y 74° - 77°W , durante agosto de 2013 a 2016.

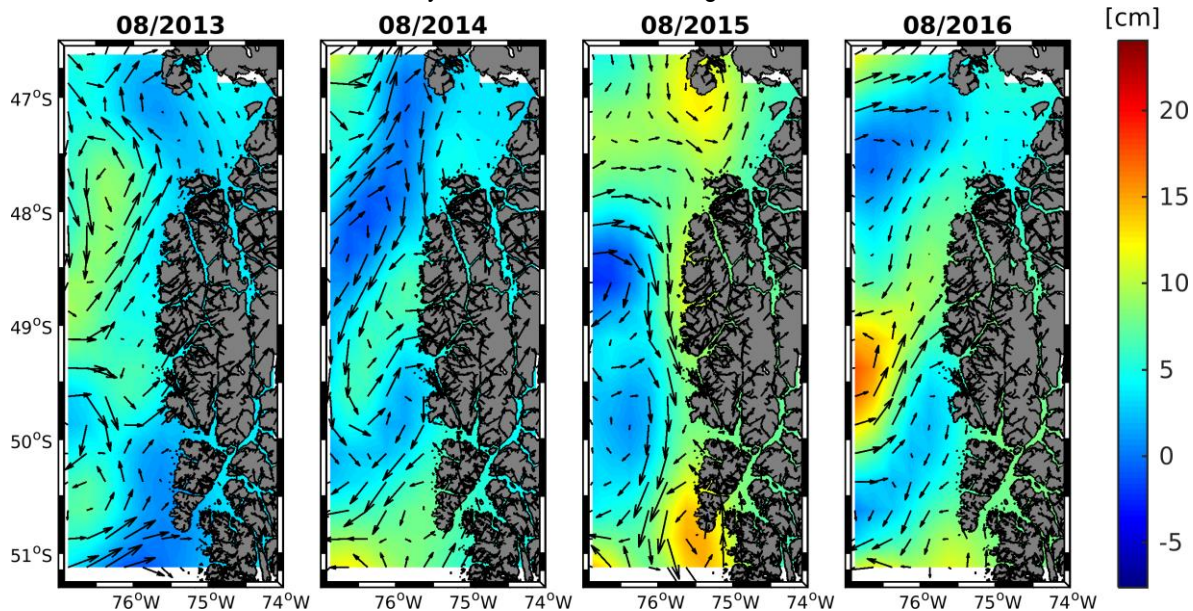


Figura 12. Promedio mensual del campo de corrientes geostóficas superficiales, entre los 46.5° - 51.3°S y 74° - 77°W , durante agosto de 2013 a 2016. Las flechas indican la dirección de las corrientes y los colores la anomalía de nivel del mar (cm).

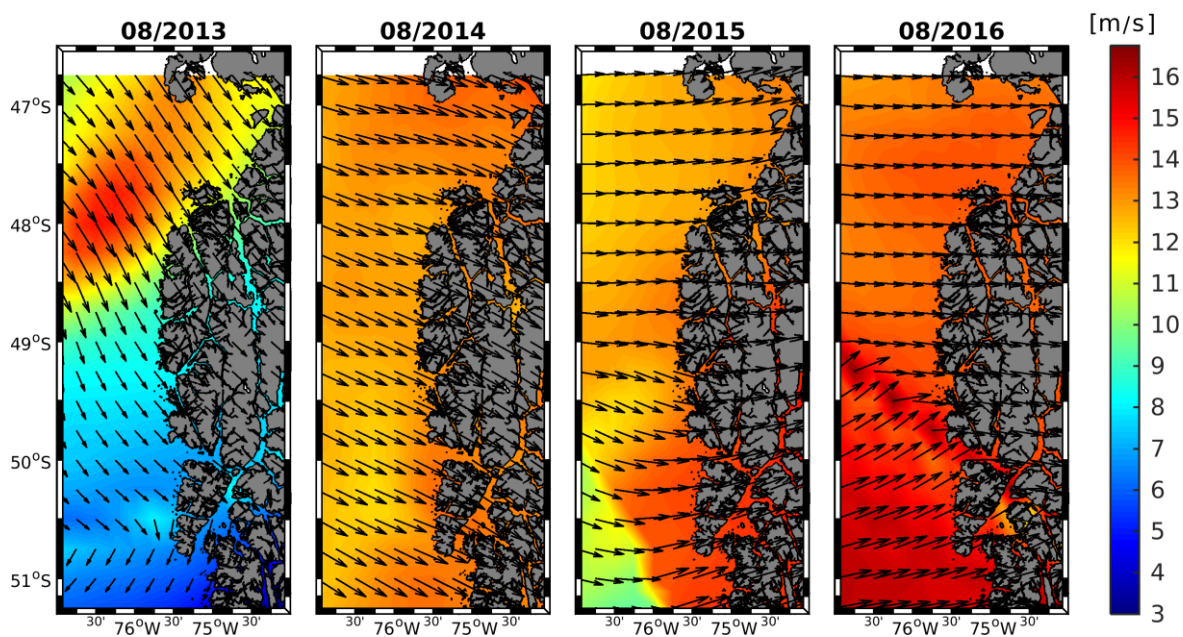


Figura 13. Promedio mensual del campo de vientos satelitales, entre los 46.5° - 51.3°S y 74° - 77°W, durante agosto de 2013 a 2016. Las flechas indican la dirección y los colores la magnitud (m/s).

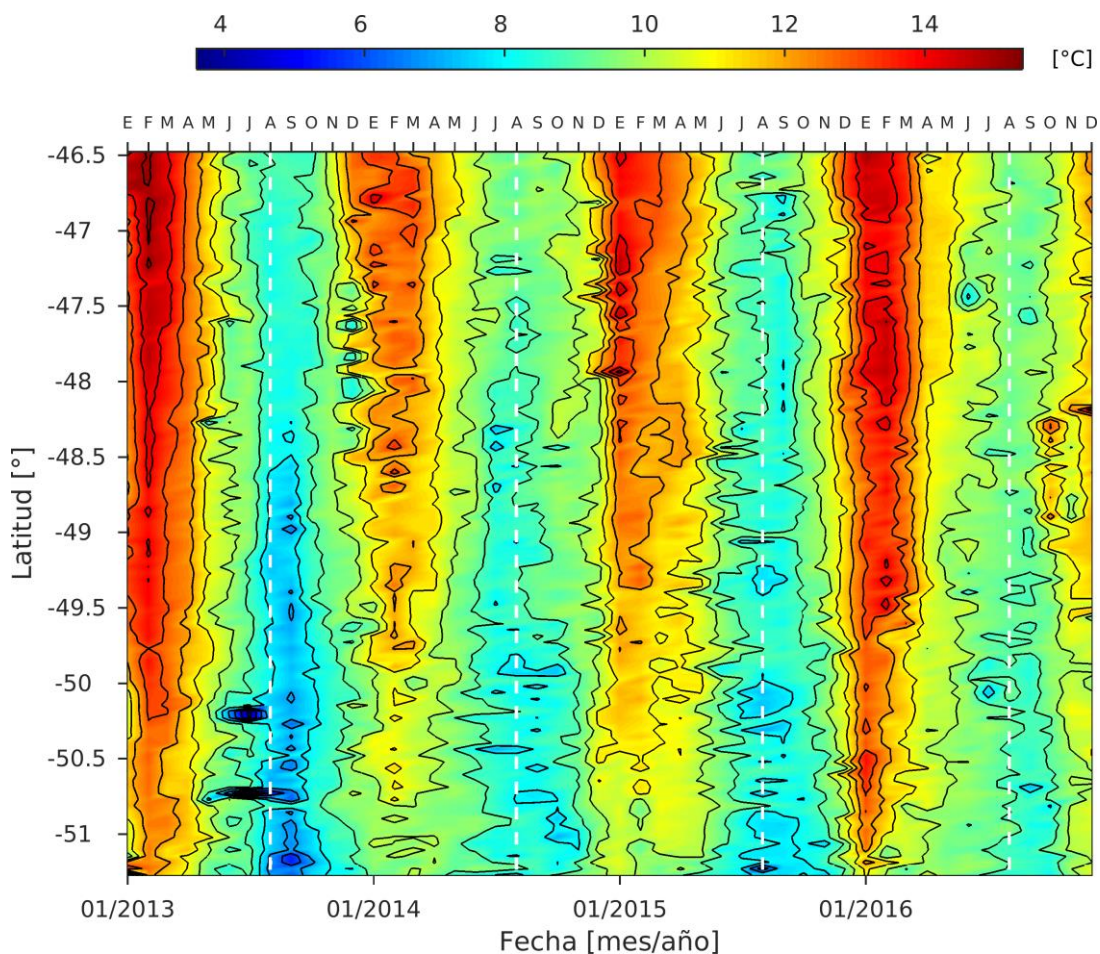


Figura 14. Diagrama Hövmoller (latitud vs tiempo) de los promedios mensuales de TSM (°C) sobre una transecta latitudinal (46.5°S y 51.3°S) centrada en los 76°W, para el período comprendido entre enero del 2013 hasta noviembre del 2017. El eje superior indica los meses de cada año y la línea blanca segmentada indica el mes de agosto; correspondiente a durante el cual se realizaron las campañas.

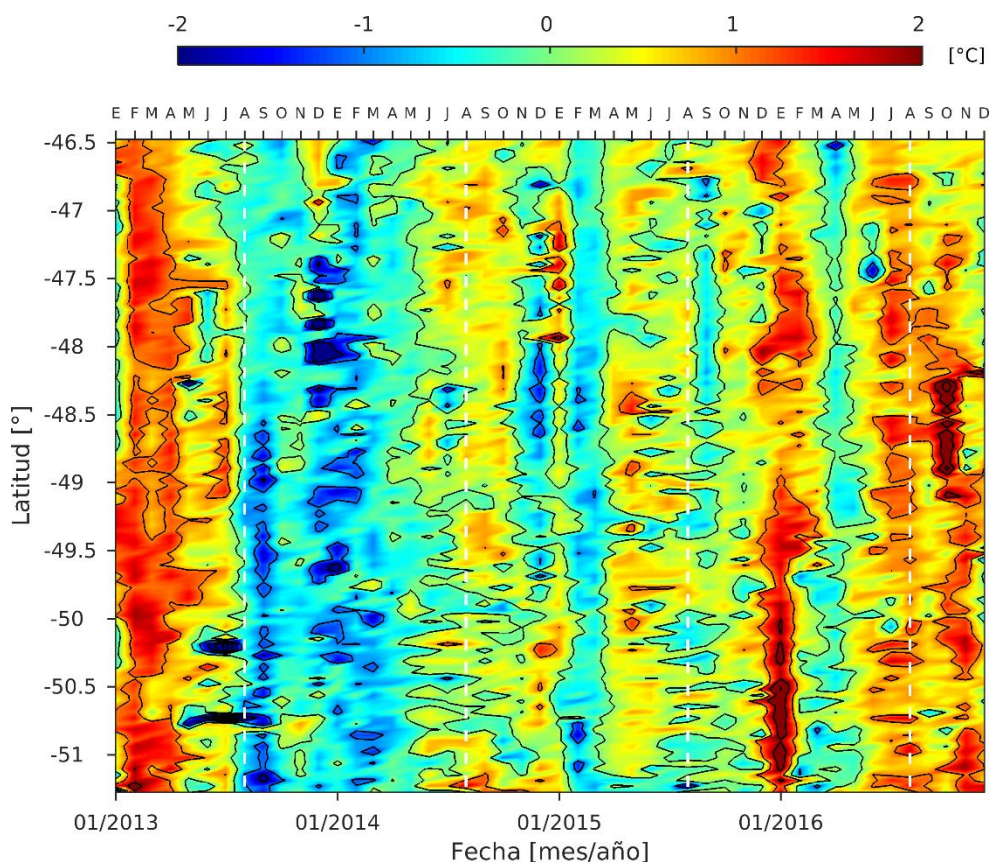


Figura 15. Diagrama Hövmoller (latitud vs tiempo) de anomalía mensual de la temperatura superficial del mar (°C) sobre una transecta latitudinal (46.5°S y 51.3°S) centrada en los 76°W, para el período comprendido entre enero del 2013 hasta noviembre del 2017. El eje superior indica los meses de cada año y la línea blanca segmentada indica el mes de agosto; correspondiente al periodo en el cual se realizaron las campañas.

A N E X O 2

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 martes 25 de julio de 2017 en instalaciones del Instituto de Fomento Pesquero. La lista de asistentes se presenta a continuación:



Martes 25 julio, 2017.
Lugar: Sala de Reuniones 2do piso IFOP Valparaíso

Nº	Nombre	Institución	Firma
01	Carla Falcón Smondi	Minecon	
02	Francisco Pérez	IFOP	
03	Sergio Lillo	IFOP	
04	Leonzo Flores	SUBPESCA	
05	René Pardo	SSPA	
06	René A. Vargas	IFOP	
07			
08			
09			



2 Taller de Presentación y Discusión de resultados

De acuerdo a las bases administrativas del proyecto se realizó un taller de presentación y discusión de resultados, el que tuvo lugar en Valparaíso en el auditorio “*Marcos Espejo Vidal*” del Instituto de Fomento Pesquero, el día martes 27 de marzo de 2018. 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 presentan a continuación:

2.1.- Programa del Taller de Resultados.



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, año 2017.
CONVENIO DE DESEMPEÑO 2017 - IFOP/SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT

Martes 27 de marzo, 2018
Auditorio IFOP, Blanco Encalada 839, Valparaíso, Chile

Sección 1. BIOMASA Y COMPOSICIÓN DE TALLAS		Sección 2. EDAD, ASPECTOS REPRODUCTIVOS E ÍTEMS ALIMENTARIOS	
9:00 hrs.	Bienvenida a los asistentes, antecedentes del proyecto y del crucero de evaluación. <i>René Vargas, IFOP (10').</i>	11:30 hrs.	Composición de edad de merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas. <i>Vilma Ojeda, IFOP (30').</i>
09:10 hrs.	Biomasa y distribución de merluza de cola y merluza el sur. <i>Javier Legua - René Vargas, IFOP (30').</i>	12:00 hrs.	Índice gonadosomático, estadios de madurez macroscópicos, ojiva de madurez y fecundidad de merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas: • <i>Erika López, U. Valparaíso (25').</i> • <i>Marianne Lichtenberg, IFOP (15').</i>
09:40 hrs.	Biomasa y distribución del stock evaluado de merluza de tres aletas. <i>René Vargas, IFOP (20').</i>	12:40 hrs.	Composición de los principales ítems alimentarios de merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas en el área de estudio. <i>Sebastián Klarian, U. Andrés Bello (20').</i>
10:00 hrs.	Composición de tallas y proporción sexual de merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas. <i>Renato Céspedes, IFOP (30').</i>	13:00 hrs.	Consultas y discusión de resultados Sección 2 (45').
10:30 hrs.	Consultas y discusión resultados Sección 1 (45').	13:45 hrs.	Cierre del Taller.
11:15 hrs.	Coffee-Break ☕		

Expositores:
IFOP- Javier Legua - René Vargas - Renato Céspedes - Vilma Ojeda - Marianne Lichtenberg,
ACADÉMICOS NACIONALES- Erika López, Universidad de Valparaíso - Sebastián Klarian, Universidad Andrés Bello.



2.2. - Listado de participantes al 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, año 2017.
CONVENIO DE DESEMPEÑO 2017 - IFOP/SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT

MARTES 27 DE MARZO, 2018

N°	Nombre	Institución	Correo	Firma
1	Paula Felton Simadri	Minercon	pfelcon@economic.cl	[Firma]
2	Valeria Canajale	FIRES	valeria.canajale@fires.cl	[Firma]
3	Sergio Lillo	IFOP	sergio.lillo@ifop.cl	[Firma]
4	Erika Lopez	U. Valpo	erikalopez.erika@gmail.com	[Firma]
5	Paula Teaucoso	U. Valpo	p.teaucoso.guata@gmail.com	[Firma]
6	Valeria Ojeda	IFOP	valeria.ojeda@ifop.cl	[Firma]
7	Hector Tomuvels P	ENDIGES	htomuvels@nissui.cl	[Firma]
8	ALVARO SAAVEDRA GONZ	IFOP		[Firma]
9	Geirunna Eiriksson	FRIOSUR	geiriksson@friosur.cl	[Firma]
10	ANDRES FRANCO	CEPES	af franco@cepes.cl	[Firma]
11	William Caceres U	FRIOSUR	wcaceres@friosur.cl	[Firma]
12	Dario Ruess +	SUBPESCA	druess@subpesca.cl	[Firma]
13	Esteban Molina	IFOP	esteban.molina@ifop.cl	[Firma]
14	Janah Hopf	CEPES	shopf@cepes.cl	[Firma]
15	Marionne Lichtenberg	IFOP	marionne.lichtenberg@ifop.cl	[Firma]

www.ifop.cl



N°	Nombre	Instituci3n	Correo	Firma
16	Lorenzo Flores	IFOP	lflores@ifop.cl	[Signature]
17	Fernando Balbontin	U. de Valpo.	fernando.balbontin@uv.cl	[Signature]
18	Juan Carlos Quiroz	IFOP	juan.carlos.quiroz@ifop.cl	[Signature]
19	Francisco Leiva D	IFOP	francisco.leiva@ifop.cl	[Signature]
20	Francisco Contreras	IFOP	francisco.contreras@ifop.cl	[Signature]
21	M ^a Cristina P6rez	IFOP	macristina.perez@ifop.cl	[Signature]
22	Jorge Castillo	IFOP	jorge.castillo@ifop.cl	[Signature]
23	Rene A. Vargas S.	IFOP	RENE.VARGAS@ifop.cl	[Signature]
24	Franisca Osorio Z	IFOP	francisca.osorio@ifop.cl	[Signature]
25				
26				
27				
28				
29				
30				



2.3. - Resumen de los principales comentarios del taller:

- En relación con merluza del sur se consulta respecto a la posibilidad de realizar una revisión y nueva estimación del valor de TS, el cual se cree necesario actualizar para las futuras estimaciones de abundancia y biomasa de esta especie, si bien se acoge la propuesta, se explica que para tomar datos que permitan una re-evaluación in situ, del TS, se deben invertir al menos 6 días más de crucero, lo cual no está considerado dentro del presupuesto actual asignado para el proyecto.
- Se consulta respecto a la alta presencia de individuos de merluza del sur, y si se considera que pudiese estar ocurriendo un proceso de juvenilización de este recurso. Se responde a esta pregunta argumentando que esta alta presencia de juveniles, ha sido observada en los cruceros de investigación de los años 2007, 2008 y 2013. Al menos ya 10 años desde que se realiza este estudio (2007 a 2017), observándose una alta presencia de modas juveniles, la cual es más intensa en los años 2016 y 2017, cuando se registró un importante aporte de ejemplares juveniles con una moda entre los 30-49 cm y 35-59 cm, aporte principalmente de machos por sobre hembras.
- En merluza de cola destacó la alta presencia de individuos juveniles presentes en el área de evaluación, suponiéndose una mayor presencia de ellos, producto de una drástica disminución de los individuos adultos, a lo cual se argumento con que este proceso se viene observando desde el año 2008, pero de forma más moderada, siendo el año 2017, el mejor de la serie.
- En relación con merluza de cola, llamó la atención de los asistentes la presencia de hembras de talla mayor a 50 cm que no aparecen como desovantes, al momento de analizar la talla media de madurez, y se solicita investigar acerca de este proceso observado en las hembras presentes en el área de estudio de las cuales se sospecha, han suprimido el proceso de desove durante la presente temporada.

Para ello las investigadoras de la U. de Valparaíso, encargadas de realizar este análisis respondieron con posterioridad de la siguiente manera.

Los resultados obtenidos son despreciables dentro de la cantidad total de hembras desovantes, presentándose para los años 2015, 2016 y 2017, los siguientes resultados por rango de talla.

LT	Total hembras maduras	Desove omitido	
		n	%
50 - 59	606	2	0,3
60 - 69	302	9	3,0
70 - 79	192	3	1,6
80 - 89	86	1	1,2



Este proceso detectado en la observación macroscópica de gónadas podría corresponder a un estado de reposo o “resting”, una de las categorías del proceso denominado “skipped spawning” (Rideout *et al.*, 2005), lo que implicaría que algunas hembras estudiadas no desovarían en la temporada de desove en estudio, aunque se hayan encontrado en la zona mientras ocurre este proceso

- En relación con merluza de tres aletas, las opiniones se dirigieron a conocer cual, es su estado actual y determinar si existe, una mejora o un deterioro en el stock desovante evaluado. Respecto a esto se dio respuesta, argumentando que lo observado en el periodo de evaluación de este periodo fue similar a los últimos años, en donde se observaron cardúmenes en concentraciones muy densas, y aunque estos son de gran tamaño, se observan en muy poca cantidad. Manteniéndose las interrogantes de años previos, 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 mantendrá el stock, destacando además la actual proporción sexual, donde la presencia mayoritaria es de machos por sobre hembras, siendo el año 2017, mejor que los anteriores, pero manteniéndose una mayor presencia de machos por sobre las hembras.
- En relación con la alimentación se destacó la información entregada por el análisis isotópico y el análisis de vertebras para conocer la historia de vida de estas tres especies en relación con su alimentación desde estadíos juveniles hasta su adultez. Sin embargo, llama la atención la posición trófica de merluza de tres aletas, especie la cual estaría bajando su nivel trófico y alimentándose de especies nuevas, evidenciando cambios en el comportamiento de la especie.
- Las presentaciones realizadas en el taller están disponibles permanentemente, para consulta en el siguiente sitio de Google Drive:

https://drive.google.com/drive/folders/1Tqjn6Rb-oOJ_cEOBmwZuZY8jRizCuZO7?usp=sharing



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