



INFORME FINAL

Convenio de Desempeño 2021

Evaluación del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en las aguas exteriores entre las regiones de Los Lagos y Aysén, año 2021.

Sección III. Merluza de tres aletas

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Mayo 2022



INFORME FINAL

Convenio de Desempeño 2021

Evaluación del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola
y merluza de tres aletas en las aguas exteriores las regiones
de Los Lagos y de Aysén, año 2021.

Sección III. Merluza de tres aletas

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Mayo 2022

REQUIRENTE

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

Subsecretaría de Economía y
Empresas de Menor Tamaño
Javiera Petersen Muga

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Director Ejecutivo
Gonzalo Pereira Puchy

Jefe División Investigación Pesquera
Sergio Lillo Vega

JEFE DE PROYECTO

Javier Legua Delgado



SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Mayo 2021

AUTORES POR OBJETIVO

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

René Vargas Silva
Javier Legua Delgado

*Evaluación de fuentes de error en la
Estimación de la biomasa Acústica
Método Montecarlo*

Juan Carlos Saavedra Nievas

*Determinación de talla y edad
de merluza de tres aletas*

Vilma Ojeda Cerda
Renato Céspedes Michea
María Miranda Pérez
Lizandro Muñoz Rubio

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

Marianne Lichtenberg Alborno

*Importancia relativa fauna acompañante
de merluza de tres aletas*

René Vargas Silva

*Análisis de las agregaciones
de merluza de tres aletas*

Álvaro Saavedra Godoy

COLABORADORES

Investigadores hidroacústicos a bordo

René Vargas Silva
Javier Legua Delgado
Bernardo Leiva Pérez

Muestreo biológico a bordo

Adrian Ibieta Figueroa
Braulio Acuña Guajardo
Guillermo Carrasco Cisternas
Juan Linares Huenchupán
Oscar Nancul Paillamán
Rodrigo Ulloa Meza



RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento es el 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 las regiones de Los Lagos y de Aysén” el cual presenta los estimados de biomasa y abundancia, estructura de talla y edad, la distribución espacial, características reproductivas y las características de los cardúmenes de merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) observados en el invierno de 2021 en la zona sur-austral de Chile.

El proyecto contempló un crucero de prospección hidroacústica a bordo del buque fábrica “Cabo de Hornos”, el cual se desarrolló entre los paralelos 47°00’S y 48°10’S, realizando una prospección que contempló su desarrollo entre, los días 20 y 24 de agosto de 2021.

La prospección comenzó el 20 de agosto, inmediatamente una vez terminado el crucero de prospección de merluzas de sur y de cola. Se comenzó con una exploración intensiva, realizándose una grilla de 0,5 mn de separación entre transectas, complementaria al muestreo regular por transectas separadas cada 5,0 mn, en el sector norte del área de estudio (46°50’S - 47°10’S), con la intención de delimitar la zona de mayor agregación del recurso.

El muestreo acústico regular se realizó de norte a sur, desarrollando una prospección sobre la zona comprendida entre las latitudes 47°00’S y 48°10’S, entre los días 21 y 23 de agosto, realizándose 14 transectas regulares con orientación perpendicular a la costa, separadas cada 5,0 mn, entre sí, tal como se han realizado históricamente en la metodología de evaluación del recurso, además de 12 lances de pesca.

El estimado de biomasa de merluza de tres aletas, considerando el método geoestadístico, alcanzó las 63.232 toneladas con un intervalo de confianza ($1-\alpha = 0,95$) que abarcó entre las 53.961,6 y 72.502,8 toneladas (CV=8,89%), mientras que el estimado de abundancia alcanzó los 161,8 millones de individuos, con un intervalo de confianza entre los 138,6 y 185,1 millones de ejemplares (CV=8,72%).

Los resultados de las estimaciones indicaron valores similares a los calculados entre los años 2012 al 2019, volviendo a ubicarse en esta zona de la serie de años, la biomasa presentó un 39,7% de disminución respecto al promedio de los 20 años de la serie, sin embargo la abundancia se ubicó un 5,0% sobre el valor promedio, este aumento de la abundancia, opuesto a lo observado con la biomasa, se explica en parte, por la sostenida disminución del peso corporal de los individuos estudiados, considerando que el peso promedio en el presente año es más bajo que el año anterior, manteniendo esta variable un descenso constante en la serie de años.

La estructura de talla de merluza de tres aletas del año 2021 registrada en el área y período de estudio se basó en 1.960 ejemplares principalmente de individuos adultos (96%), con una moda principal entre 35-49 cm, una talla media de 42 cm, predominio de los machos (67%) respecto de las hembras, y escasa presencia de juveniles (4% menores a 35 cm). En los años de estudio del 2001 al 2021 se ha registrado un descenso de la presencia de adultos migratorios de tallas mayores a 50 cm de 66% en el 2001 a menos



del 10% en el 2021. Paralelamente se ha registrado un predominio en el área de ejemplares adultos de menor tamaño entre 34-49 cm, sumado con el aumento del predominio de los machos respecto de las hembras entre 2014 y 2021

La estructura del stock desovante comprende numerosos grupos etarios, se observó grupos de edades desde 2 a 22 años, y estructuralmente se concentran hacia peces de Grupos de Edad jóvenes. Respecto de la estructura etaria de la serie histórica, desde el año 2001 al presente, queda en evidencia que en la actualidad se tiene un stock desovante deteriorado recayendo el peso de la actividad de desove en la fracción más joven del stock.

En la estructura etaria se destacó un fuerte componente de ejemplares jóvenes que representa sobre el 85% de la abundancia, el cual es sostenido por los grupos de edad II a VII, con moda en el GE V y con presencia muy escasa de adultos mayores al GE VIII. La estructura de edades en el área, refleja que la edad mediana es un parámetro que ha disminuido, registrándose en los últimos años una edad mediana del stock desovante de 4-5 años considerando ambos sexos.

Los indicadores reproductivos mostraron que, en más del 97 % de las hembras se encontraron indicios avanzados de estadios de maduración sexual, siendo los mayores aportes aquellas hembras que presentaban un estado de maduración tardía y desove parcial, esto confirma que los IGS de hembras y machos estuvieron en sincronía, donde los estratos de talla más representados por el incremento en el peso de las gónadas, fue en estructuras de tallas de 40 y 50 cm en hembras y 46 y 50 cm en machos. Las series históricas para el indicador IGS demostró que durante el año 2021 tanto en machos y hembras siguieron la tendencia histórica de mayor incremento a mayores tallas.

El ajuste de la ojiva de madurez mostró que el $L_{50\%}$ se presentó en los 33 cm durante el 2021 y 35 cm para la serie 2001 y 2021. El ajuste por edad $E_{50\%}$ fue en los 2,3 años.

Durante el desarrollo del crucero de evaluación se realizaron un total de 12 lances de pesca de identificación, en los cuales se identificaron un total 10 especies. La fauna presente en la zona de estudio estuvo compuesta, principalmente por tres especies, merluza de tres aletas (40,0%), merluza de cola (31,6%), merluza del sur (24,5%), seguidas en importancia por reineta (*Brama australis*), calamar (*Loligo gahi*), congrio dorado (*Genypterus blacodes*), cojinobas (*Fam. Centrolophidae*), y en menor cantidad peces mesopelágicos (*fam. Mictophidae*) y pez medusa (*Cubiceps caeruleus*), las que en conjunto aportan con el 3,9% restante de la captura total obtenida durante el crucero, observándose una menor riqueza de especies que en años anteriores. Pero manteniéndose la dominancia de especies por parte de las 3 especies de merluzas presentes en la zona de estudio.

Respecto de las agregaciones de merluza de tres aletas, se registraron 39 agregaciones monoespecíficas de merluza de tres aletas, con características morfométricas que registraron en promedio agregaciones de menor tamaño que el año anterior y características batimétricas dentro de los niveles habituales observados en la serie histórica, registrándose también una baja en el valor promedio de la energía retrodispersada (s_A) de las agregaciones respecto al año anterior.



EXECUTIVE SUMMARY

This document is the Final Report of the project "*Spawning stock evaluation of southern hake, hoki and southern blue whiting in the outer waters between Los Lagos and Aysén Regions.*" It presents estimates for biomass and abundance, size and age structure, spatial distribution, and reproductive and shoal characteristics of southern blue whiting (*Micromesistius australis*), observed in the winter of 2021 in south Chile.

The project contemplated a hydroacoustic prospecting cruise aboard factory ship "Cabo de Hornos" between August 20 and 24, 2021, in the area between parallels 47°00'S and 48°10'S.

Prospecting began on August 20, immediately after the southern hake and hoki prospecting cruise finished. It began with intensive exploration, creating a 0.5 nm grid of separation between transects, complementary to regular sampling by separate transects every 5.0 nm, in the north of the study area (46°50'S-47°10'S) to delimit the zone of greatest aggregation.

Regular acoustic sampling was carried out from north to south, developing a survey in the area between latitudes 47°00'S and 48°10'S, between August 21 and 23, involving 14 regular transects perpendicular to the coast, separated by 5.0 nm, just as they have been historically carried out under the resource evaluation methodology, in addition to 12 fishing hauls.

Using the geostatistical method, estimated southern blue whiting biomass reached 63,232 t, with a confidence interval ($1-\alpha = 0.95$) between 53,961.6 t and 72,502.8 t (CV = 8.89%). Abundance was estimated at 161.8 million individuals, with a confidence interval of 138.6-185.1 million specimens (CV = 8.72%).

These results indicated values similar to those of the 2012-2019 period, returning to this section of the annual series, as biomass presented a 39.7% decrease with respect to the average of the 20 years of the series. However, abundance was 5.0% above average. This increase is partly explained by the sustained decrease in body weight, considering that the average weight that year was lower than the previous year, confirming a constant decrease in the annual series.

Size structure in the area and study period was based on analysis of 1,960 specimens, mainly adult individuals (96%) of 35-49 cm, with average size of 42 cm. Males predominated (67%), while juveniles were scarcely present (4% less than 35 cm). Between 2001 and 2021, the presence of migratory adults longer than 50 cm decreased from 66% to less than 10%. At the same time, adult specimens of smaller sizes between 34 cm and 49 cm became predominant, adding to the increase in the predominance of males over females between 2014 and 2021.

Spawning stock structure comprised numerous age groups, but groups from 2-22 years were observed, which structurally concentrated toward the juvenile group. Regarding the age structure of the historical series from 2001 to date, it is evident that spawning stock deteriorated, with the weight of spawning activity falling on the youngest fraction.



A strong component of young specimens stood out in age structure, representing about 85% of abundance, which is supported by age groups II to VII, with modes in GE V and very little presence of older adults in the GE VIII category. Age structure in the area reflected a significant median age parameter decrease in recent years, with spawning stock median age of 4-5 years, considering both sexes.

Reproductive indicators showed advanced signs of sexual maturation stages in more than 97% of females, the greatest contributions coming from females in a state of late maturation and partial spawning. This confirms that female and male GSIs were in synchrony, where the height strata most represented by the increase in gonad weight were in structures of 40 cm to 50 cm for females and 46 cm to 50 cm for males. The GSI indicator historical series showed that last year both males and females followed the historical trend of a greater increase to larger sizes.

The adjustment of the maturity growth curve showed $L_{50\%}$ at 33 cm during 2021 and 35 cm for the 2001 and 2021 series, while adjustment for age $A_{50\%}$ was 2.3 years.

A total of 12 identification fishing hauls were carried out, identifying 10 species. Fauna in the study area was composed mainly of southern blue whiting (40.0%), hoki (31.6%), and southern hake (24.5%), followed in importance by Pacific pomfret (*Brama australis*), squid (*Loligo gahi*), golden kingclip (*Genypterus blacodes*), warehou (Fam. *Centrolophidae*) and, to lesser extent, mesopelagic fish (fam. *Micropodidae*) and blue fathead (*Cubiceps caeruleus*), which together made up the remaining 3.9% of total catch, observing a lower species richness than in previous years. But southern blue whiting, hoki, and southern hake still dominated.

Also, 39 monospecific southern blue whiting aggregations were recorded, with morphometric characteristics that registered average aggregations of smaller size than the previous year and bathymetric characteristics within the usual levels of the historical series, also registering a decrease in the average value of backscattered energy (s_A) compared to the previous year.



ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO	i
EXECUTIVE SUMMARY	iii
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
1. OBJETIVO GENERAL	1
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
3. ANTECEDENTES	2
4. METODOLOGÍA DE TRABAJO	6
4.1 Área y período de estudio	6
4.2 Embarcación y equipos	6
4.2.1 Embarcación	6
4.2.2 Equipos	6
4.3 Objetivo Específico 1: Estimar el tamaño del stock total y desovante 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	7
4.3.2 Transectas de muestreo acústico	7
4.3.3 Identificación de ecotrazos	8
4.3.4 Separación en zonas del área de estudio	9
4.3.5 Estimación de la abundancia y biomasa	9
4.3.6 Estimación del área	13
4.3.7 Distribución espacial del recurso	14
4.3.8 Fuentes de incertidumbre	14
4.4 Objetivo Específico 2: Determinar la composición demográfica de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas. Sección merluza de tres aletas	15
4.4.1 Estructura de tallas y proporción sexual	15
4.4.2 Estructura de edades del stock de merluza de tres aletas	17
4.4.2.1 Análisis de otolitos	17
4.4.2.2 Clave edad-talla	18
4.4.2.3 Composición en número de la abundancia por edad	18



4.4.2.4	Relación longitud - peso	20
4.4.2.5	Peso medio a la edad	21
4.4.2.6	Estimación del tamaño de la muestra para la estimación de la edad	21
4.4.2.7	Madurez a la edad	23
4.4.2.8	Ojiva de madurez y talla de madurez	23
4.5	Objetivo Específico.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	24
4.5.1	Metodología a bordo	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
4.5.4	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	27
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	29
4.6.1	Proporción de captura	29
4.6.2	Análisis de los datos	30
4.6.3	Análisis comunitario	31
4.7	Objetivo Específico 5: 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	32
4.7.1	Descriptores y variables utilizadas en el análisis	33



5.	RESULTADOS	37
5.1	Objetivo Específico 1: Estimar el tamaño del stock total y desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, presentes en el área de estudio. Sección merluza de tres aletas	37
5.1.1	Sistema de ecointegración	37
5.1.2	Desarrollo del crucero	37
5.1.3	Lances de pesca	38
5.1.4	Separación en zonas del área de estudio	38
5.1.5	Análisis geoestadístico	38
5.1.6	Biomasa y abundancia	38
5.1.7	Distribución espacial del stock de merluza de tres aletas.....	39
5.1.8	Evaluación de fuentes de error	40
5.2	Objetivo Específico 2.: Determinar la composición demográfica de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas. Sección merluza de tres aletas	40
5.2.1	Composición de tallas.....	41
5.2.2	Distribución de tallas del crucero 2021 respecto de los cruceros anteriores	41
5.2.3	Relación Longitud - Peso	42
5.2.4	Composición de edades en el stock de merluza de tres aletas	43
5.2.4.1	Composición histórica de la estructura de edades	43
5.2.5	Proporción sexual de la abundancia	46
5.2.6	Edad mediana de la abundancia	47
5.2.7	Edad y estados de madurez macroscópicos	48
5.2.8	Concordancia entre las estimaciones de madurez gonadal macroscópica y microscópica.....	49
5.3	Objetivo Específico 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	49
5.3.1	Índice gonadosomático	50
5.3.2	Análisis macroscópico	51
5.3.2.1	Estadios de madurez sexual (EMS)	51
5.3.3	Análisis microscópico	51
5.3.3.1	Estadios de madurez sexual (EMS)	51
5.3.4	Ojiva de madurez	52
5.3.5	Fecundidad	52



5.4	Objetivo Específico 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.....	53
5.4.1	Proporción de captura	53
5.4.2	Parámetros comunitarios	54
5.5	Objetivo Específico 5: 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	56
5.5	Caracterizar y analizar las agregaciones de merluza de tres aletas	56
5.5.1	Resultados generales de las agregaciones de merluza de tres aletas	56
5.5.2	Descriptores según zona	57
5.5.3	Descriptores según rango de fondo	57
5.5.4	Resultados análisis componentes principales	58
5.5.5	Resultados serie histórica	58
6.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	60
7.	CONCLUSIONES	67
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

FIGURAS

TABLAS

ANEXOS

Anexo I	Pesca de Investigación y D.S. 711.
Anexo II	Talleres.
Anexo III	Personal participante por actividad.



ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

- Figura 1.** Buque fábrica “Cabo de Hornos”, en el cual se desarrolló el crucero de evaluación. Imagen gentileza de Adrián Ibieta Figueroa, Tecnólogo Dpto. Evaluaciones Directas, IFOP.
- Figura 2.** Red de arrastre Gloria 1408 utilizada en los lances de pesca del crucero.
- Figura 3.** 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 4.** Descriptores morfológicos y batimétricos de una agregación.
- Figura 5.** Localización de las transectas de muestreo hidroacústico intensivo exploratorio, en el área de desove histórico, 2021.
- Figura 6.** Ubicación espacial, de las transectas de muestreo hidroacústico y lances de pesca de identificación, 2021.
- Figura 7.** Semivariogramas de merluza de tres aletas. Dirección omnidireccional para la zona total.
- Figura 8.** Distribución de frecuencia de la abundancia total de merluza de tres aletas.
- Figura 9.** Distribución espacial de la densidad de merluza de tres aletas, total área estudio, crucero 2021
- Figura 10.** CG, distribución merluza de tres aletas, períodos de realización de cruceros y distribución latitudinal de las mayores densidades acústicas de merluza de tres aletas, período 2001-2021.
- Figura 11.** Rango de longitudes y tendencia central del muestreo biológico, por sexo, asociado a cada lance de pesca, crucero 2021. (1=machos, 2=hembras).
- Figura 12.** Distribución de talla por sexo de merluza de tres aletas para el período de estudio.
- Figura 13.** Distribución de talla de merluza de tres aletas por área histórica.
- Figura 14.** Distribución de talla de merluza de tres aletas por profundidad (rango profundidad de la red en metros) para ambos sexos en el área total de estudio.



- Figura 15.** Distribución relativa de la talla de merluza de tres aletas para los cruceros hidroacústicos entre 2001 a 2009 y 2011 a 2021.
- Figura 16.** Distribución de los estadísticos históricos de la talla de merluza de tres aletas para los cruceros hidroacústicos 2001 a 2009, 2011 a 2021.
- Figura 17.** Dispersión de los datos peso-longitud para merluza de tres aletas. Crucero 2021.
- Figura 18.** Curvas teóricas de función longitud – peso 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 – 2021.
- Figura 19 A** Estructura de la abundancia y la captura en número por grupo de edad de merluza de tres aletas, en porcentaje. Período 2001-2021. Barras vacías corresponden a pesquería; barras achuradas corresponden a cruceros de investigación
- Figura 19 B.** Estructura de la abundancia y la captura en número por grupo de edad de merluza de tres aletas, en número. Período 2001-2021. Barras vacías corresponden a pesquería; barras achuradas corresponden a cruceros de investigación.
- Figura 20.** 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 2001-2021.
- Figura 21.** Razón entre machos y hembras de merluza de tres aletas, presente en la abundancia en el período de desove, período 2001 - 2021.
- Figura 22.** Edades medianas de merluza de tres aletas, por sexo, presente en los cruceros de evaluación del stock desovante, período 2001 - 2021.
- Figura 23** Fracción de merluza de tres aletas (machos y hembras) maduros, según grupos de edad, en los cruceros de evaluación años 2007 – 2021.
- Figura 24** 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 2020. FMM: fracción de machos maduros; FHM: fracción de hembras maduras. A: Años 2017 a 2020 B: Serie histórica.
- Figura 25.** Serie histórica 2001-2020 de la frecuencia de estructura de tallas en hembras.



- Figura 26.** Evolución del índice gonadosomático (IGS) de las hembras a través de los distintos estratos de tallas y comparados con la tendencia de su serie promedio 2001-2020 en los cruceros 2020 y 2021.
- Figura 27.** Evolución del índice gonadosomático (IGS) de los machos a través de los distintos estratos de tallas y comparados con la tendencia de su serie promedio 2001-2020 en los cruceros 2020 y 2021.
- Figura 28.** Índice gonadosomático de machos y hembras respecto del estado de madurez macroscópico, crucero 2021.
- Figura 29.** Incidencia de IGS en las hembras con respecto a las fases macroscópicas de madurez gonadal por subzonas, crucero 2021.
- Figura 30.** Ajuste a la talla $L_{50\%}$ del crucero 2021 y serie de tiempo 2001-2021.
- Figura 31.** Fecundidad total a través de la serie de tiempo 2001-2021, comparación de las máximas, mínimas y promedio del indicador de fecundidad, crucero 2021.
- Figura 32.** Relación del modelo potencial entra la fecundidad total y peso corporal (g), crucero 2021.
- Figura 33.** Relación del modelo potencial entre la fecundidad total y longitud total (cm), crucero 2021.
- Figura 34.** Composición de la captura obtenida en los lances de identificación efectuados en el área de estudio total, crucero 2021.
- Figura 35.** Composición de la captura obtenida en los lances de identificación por zonas históricas de distribución, crucero 2021.
- Figura 36.** Composición de especies presentes en la captura obtenida en los lances de identificación por veril de profundidad, crucero 2021.
- Figura 37.** Resultado del análisis de clasificación de los cruceros realizados entre los años 2001 y 2021, diferenciados por cruceros.
- Figura 38.** Resultado del análisis de ordenación de los cruceros realizados entre los años 2001 y 2021, diferenciados por cruceros.
- Figura 39.** Resultado del análisis de clasificación de los cruceros realizados entre los años 2001 y 2021, diferenciados por zonas.
- Figura 40.** Resultado del análisis de ordenación de los cruceros realizados entre los años 2001 y 2021, diferenciados por zonas.



- Figura 41.** Resultado del an3lisis de clasificaci3n de los cruceros por veril de profundidad, realizados entre los a3os 2001 y 2021.
- Figura 42.** Resultado del an3lisis de ordenaci3n de los cruceros por veril de profundidad, realizados entre los a3os 2001 y 2021.
- Figura 43.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfol3gicos largo, alto, elongaci3n, per3metro, 3rea y dimensi3n fractal seg3n zona.
- Figura 44.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores batim3tricos profundidad de agregaciones, profundidad de fondo, 3ndice de altura, energ3a retrodispersada y densidad ac3stica seg3n zona.
- Figura 45.** Variaci3n de los principales descriptores de las agregaciones de merluza de tres aletas, a3os 2001-2021.
- Figura 46.** Estimados de Biomasa y Abundancia, para merluza de tres aletas, a3os 2001-2021.
- Figura 47.** Serie hist3rica 2001-2021 de la abundancia de merluza de tres aletas a la talla (cm).
- Figura 48.** Peso promedio (g) del stock desovante de merluza de tres aletas a3os 2001-2021.
- Figura 49.** Frecuencia acumulada de la abundancia (%) del stock desovante de merluza de tres aletas para los a3os 1993, y desde 2001 hasta 2021.



TABLAS

- Tabla 1.** Características principales del buque fábrica “Cabo de Hornos”.
- Tabla 2.** Escala macroscópica para determinar estadios de madurez sexual de machos de merluza de tres aletas.
- Tabla 3.** Escala macroscópica para determinar estadios de madurez sexual de hembras de merluza de tres aletas.
- Tabla 4.** Caracterización histomorfológica de madurez sexual de hembras de merluza de tres aletas (Pájaro y Macchi, 2001 (modificada).
- Tabla 5.** Calibración del sistema de eointegración EK 80. Buque fábrica “Cabo de Hornos”. Crucero 2021.
- Tabla 6.** Datos operacionales de los lances de identificación, crucero merluza de tres aletas 2021.
- Tabla 7.** Captura en (A) peso (kg) (B) número de individuos por cada lance de identificación, crucero merluza de tres aletas 2021.
- 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 total.
- Tabla 9.** Parámetros geoestadísticos de las estructuras espaciales de merluza de tres aletas y media kriging para la zona total.
- Tabla 10.** Estimados totales de biomasa y abundancia según métodos Bootstrap y Geoestadístico para merluza de tres aletas, zona total, año 2021.
- Tabla 11.** Abundancia y biomasa a la talla estimada mediante método Geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2021. zona total.
- Tabla 12.** Estimados de biomasa mediante el método de simulación de Montecarlo.
- Tabla 13.** Parámetros de la relación longitud - peso de merluza de tres aletas, crucero 2021.
- Tabla 14.** Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza de tres aletas, (Machos= 108.792.183), crucero 2021.
- Tabla 15.** Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza de tres aletas, (Hembras= 53.046.958), crucero 2021.



- Tabla 16.** Abundancia por grupos de edad y desviación estándar para merluza de tres aletas por sexo y proporción de ambos según GE, crucero 2021.
- Tabla 17.** 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 los cruceros realizados entre 2001 hasta 2021.
- Tabla 18.** Valores de IGS promedio para todos los ejemplares y mayores a 36 cm en el área prospectada y por zonas.
- Tabla 19.** Incidencia de estados de madurez macroscópica en machos y hembras, crucero 2021
- Tabla 20.** Índice gonadosomático en machos y hembras según su estado de madurez sexual macroscópico, crucero 2021.
- Tabla 21.** Índice gonadosomático e incidencia de fases macroscópicas de madurez en hembras, crucero 2021
- Tabla 22.** Incidencia de estados de madurez microscópica por subzonas en hembras, crucero 2021
- Tabla 23.** Serie promedio de IGS (2002-2021) de hembras clasificadas por estrado de talla y madurez sexual microscópica.
- Tabla 24.** Estimados de la talla de madurez sexual ($L_{50\%}$) de las hembras a partir de las prospecciones del 2001-2021.
- Tabla 25.** Valores promedio de la fecundidad total y relativa a partir de las evaluaciones directas entre los años 2001 y 2021.
- Tabla 26.** Resumen de las relaciones entre la fecundidad total con el peso corporal y la longitud total (a: intercepto; b: pendiente; r^2 : coeficiente de determinación).
- Tabla 27.** Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de agregaciones de merluza de tres aletas.
- Tabla 28.** Valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los descriptores de agregaciones de merluza de tres aletas, según zona.
- Tabla 29.** Valores promedio, desviación. estándar y coeficiente de variación de los descriptores de agregaciones de merluza de tres aletas según rango de fondo.



- Tabla 30.** Matriz de correlaciones de las variables originales (descriptores)
- Tabla 31.** Valores propios y variabilidad explicada, total y acumulada por los componentes
- Tabla 32.** Matriz de correlaciones de las variables originales con los componentes principales.
- Tabla 33.** Valores promedio y coeficiente de variación de los descriptores de las agregaciones de merluza de tres aletas. años 2001-2021.



1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en las aguas exteriores entre las regiones de los Lagos y Aysén, durante el año 2021.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1 Estimar el tamaño del stock total y desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, presentes en el área de estudio.
- 2 Determinar la composición demográfica de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas.
- 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.
- 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.
- 5 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 y Paillamán (1995) postularon un esquema de dinámica espacial que asociaba la presencia de este recurso en el Pacífico Suroriental a un pulso migratorio de carácter reproductivo, el cual ingresaba al sector chileno a fines del segundo trimestre proveniente del sector Atlántico. Este pulso se desplazaba 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 concentraba desde mediados de julio a septiembre, retornando luego hacia el sur abandonando el sector Pacífico a mediados de noviembre. Sin embargo, desde 2010 en adelante se ha detectado un cambio en esta dinámica reproductiva, observándose durante los últimos años que este recurso se agrega en los alrededores de la península de Tres montes (47°00'S), en una fracción más reducida cada año, y con un desfase temporal de al menos quince días posterior, a la fecha donde se registraban los máximos conocidos previo al año 2012. (Saavedra *et al.*, 2012 a 2017, Vargas *et al.*, 2018 a 2020)

Estos cambios de estrategia reproductiva generan diversos cambios también, en la biología del recurso. Es así como al estudiar la estructura de edades, se observó que para los años 2001 a 2005, se observó una estructura de tallas la cual estuvo más focalizada hacia peces más adultos en el período de desove. Durante el año 2007 presentó parte de su composición concentrada en forma importante en peces del



Grupo de Edad 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 año 2012, se acentúa la composición en grupos de edad más jóvenes con moda para este año en GE IV. Durante el año 2017, la estructura de la abundancia, fue conformada en 39% por el GE V, marcándose en este grupo la moda. En 2018 se observó como moda principal el GE VI, en 2019, sigue siendo importante esta misma clase anual, como GE VII. De esta forma, encontrar un stock desovante sostenido cada vez por grupos de edad más jóvenes y con una baja presencia de las clases anuales más adultas, resulta preocupante puesto que, un potencial de reproductores más jóvenes, pudiese estar afectando el estado del recurso. No obstante, se debe precisar que la presencia de individuos de edades más adultas no ha desaparecido totalmente, sino que es su proporción en el stock desovante la que ha cambiado en cuanto a su conformación en estructura de edades (Ojeda *et al.*, 2020).

En relación 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 información recopilada en terreno durante los cruceros acústicos desde 2001 en adelante muestran que las hembras que participan del proceso reproductivo, presentan una talla mínima de 50 cm en el año 2001, con fluctuaciones que en líneas generales siempre tienden a disminuir la talla, registrándose 40 cm en 2003, 36 cm en 2007, 44 cm en 2011, 36 cm en 2014, 33 cm en 2015 y 35 cm en 2019, lo cual evidencia una participación cada vez más alta de individuos más jóvenes en el proceso de desove. (Lichtenberg., M. 2019 en Vargas *et al.*, 2020)

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. Para el Atlántico Sudoccidental, la talla media de madurez fue estimada en 35,4 cm para machos y 38,01 cm para hembras (Sánchez *et al.*, 1986), mientras que Macchi y Pájaro (1999) señalan un valor sustantivamente menor de 30,8 centímetros. Actualmente el valor obtenido por el crucero hidroacústico de 2019, fue de 33,6 cm., valor más bajo a los descrito por Balbontín y Lillo en 1999; dando cuenta que actualmente se observan hembras más jóvenes presentes en el proceso de desove.



El comportamiento alimenticio de *M. australis*, durante los primeros estudios realizados para conocer detalles de esta especie, determinaron que esta presentaba características zooplanctófagas del tipo carcinófago, siendo sus presas en primer lugar crustáceos pelágicos (eufáusidos) y en segundo lugar pequeños peces (mictófidios) (Otero, 1977; Pool, *et al.*, 1997; Lillo *et al.*, 2003, Brickle *et al.*, 2009). Una característica de los estudios de la dieta de *M. australis* es la baja proporción de estómagos con algún tipo contenido (<27%), situación que ha sido atribuida a la rápida digestión de presas con cuerpos frágiles como son las especies del zooplancton (Pool *et al.*, 1997). Por otra parte, Pool *et al.*, (1997) señalan que la *M. australis* forma parte de la dieta de *Merluccius australis* y *Genypterus blacodes*, pero sin alcanzar los niveles de importancia que representa *Macruronus magellanicus*, situación también observada por Lillo *et al.* (2002; 2003) 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.*, 2018).

Respecto a los orígenes de la pesquería de merluza de tres aletas, esta comenzó con la explotación de este recurso 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, desarrollándose un 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. Durante el año 2019 en Chile, los desembarques alcanzan el nivel mínimo de los últimos 25 años de pesquería dirigida a la captura del recurso (~6,075 t.).

Los estudios relacionados con las áreas de pesca, tanto en el sector Atlántico como Pacífico demuestran que las mayores capturas se efectuaban entre el segundo y tercer trimestre del año, esto es, cuando el recurso se dirige hacia su área de desove. Wohler y Mari (1996) señalan que las principales áreas de pesca de la flota argentina se localizaban en un área restringida ubicada 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). Siendo así como desde 1991 hasta 2006 y nuevamente en 2015, Argentina tuvo sus capturas más altas incluso mayores a Islas Malvinas y Chile. A causa de ello la Comisión pesquera del Atlántico Sur, recomendó una disminución de la mortalidad por pesca, para este sector, es así como las capturas en las Islas Malvinas se han mantenido bajas por razones de conservación desde 2010 en adelante, dado que esta zona fue declarada área de desove para varias especies. Es así como ahora, las Islas Malvinas, presentan el porcentaje de captura promedio más bajo en diez años (2009-2018) con un 12,6% $\pm$ 5,1; Argentina 40,9% $\pm$ 16,1; Chile 46,5% $\pm$ 15,4, (considerando un total entre los tres estados). Resultando ser Chile el mayor productor en la última década (Falkland Island Government, 2020).

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 periodos, 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, este repunte se ve disminuido en los años 2017 y 2018 en donde baja la abundancia de individuos, pero aumenta su abundancia, situación que da cuenta de un menor peso promedio en los individuos estudiados, lo cual se explica por una mayor presencia de individuos de tallas pequeñas, grupo el cual estaría sustentando el proceso de desove, además de la pesquería asociada a la agregación del recurso durante su proceso de desove. Más compleja aún es la situación del recurso dado los resultados obtenidos durante el año 2019, registrándose los valores más bajos de la serie histórica con una biomasa en torno a las 13.000 toneladas, sustentada principalmente por individuos jóvenes con una edad mediana entre cuatro y cinco años, una moda en los 41 cm un rango de tallas entre los 26 y 65 cm de longitud total.

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 las regiones de Los Lagos y de Aysén” en el programa de investigaciones correspondiente al año 2021, 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 1.000 m de profundidad, entre las latitudes 47°00'S y 48°10'S. En dicha área se localizan los principales fondos de desove de la merluza de tres aletas. Adicionalmente se incorporó información hidroacústica y biológica colectada durante el crucero I, desarrollado previo al comienzo de este y que tiene como especies objetivo a Merluza del sur y Merluza de cola el cual, en su sección final, entre las latitudes 46°30'S y 47°00'S, encontró presencia importante de merluza de tres aletas. Es por ello que dicha información, se incorporó al proceso de evaluación, en el presente informe.

El crucero de prospección se desarrolló entre el 20 y el 24 de agosto de 2021.

4.2 Embarcación y equipos

4.2.1 Embarcación

La embarcación utilizada fue el buque fábrica “Cabo de Hornos” (**Figura 1, Tabla 1**),

Para la correcta operación del buque en el desarrollo del presente crucero, fueron solicitadas las debidas autorizaciones. Resolviéndose en las siguientes: i) pesca de investigación, otorgadas por la Subsecretaría de pesca y acuicultura, según resolución exenta N° **E-2021-393** del 30 de julio de 2021, la cual autoriza un máximo a capturar de 60 t de merluza de cola, 40 t de merluza de tres aletas, y 18 t de merluza del sur, durante el desarrollo total del crucero (**Anexo 1**), además de ii) Decreto supremo N° 711 (N° 13270/24/989), autorización del SHOA para realizar actividades de investigación científica marina en las regiones de los Lagos y de Magallanes y la Antártica Chilena (**Anexo 2**).

4.2.2 Equipos

a) Sistema de ecointegración

Se utilizó un sistema científico de ecointegración modelo EK80 marca Simrad, el cual cuenta con dos transductores de haz dividido (Splitbeam transducer), de frecuencias 38 y 120 montados sobre la quilla del buque, siendo la frecuencia principal de uso 38 kHz. Se utilizó el software marca SIMRAD EK80 (Versión 1.12.2) para el control de los transceptores en los dos canales de transmisión y la adquisición de los datos. Los archivos fueron almacenados diariamente para su posterior proceso. Este ecosonda fue configurado en su frecuencia principal para transmitir a una potencia de 2000 W y una duración del pulso de 1,024 ms en todas las frecuencias. Los archivos RAW fueron descargados diariamente y respaldados en discos duros externos.



El sistema de eointegración, fue calibrado para la frecuencia principal 38 kHz de acuerdo al procedimiento descrito por Foote *et al.* (1987), Demer *et al.* (2015) recomendado por el fabricante, el cual consiste en un blanco de referencia de intensidad acústica 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 de referencia, los resultados de la calibración se procesaron en el software EK80 (Versión 1.12.2).

b) Equipos de pesca

Los lances de pesca de identificación fueron realizados con una red de arrastre de mediagua modelo Gloria 1408 con abertura vertical en la boca de 60 - 70 m, según la velocidad de arrastre (**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 (cubrecopo) de 50 mm de tamaño de malla. Manteniendo de esta forma las condiciones operacionales de estudios anteriores.

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 1.

Estimar el tamaño del stock total y desovante 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 14 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 de forma regular entre los 47°00' y los 48°10'S.

Este muestreo acústico regular, se intensificó en la zona comprendida entre los 46°50' y los 47°10'S, en donde se han observado las principales concentraciones de este recurso en los últimos años. Este muestreo fue más intensivo, con separaciones de 0,5 mn, entre cada transecta y delimitado en orientación Este-Oeste entre los 150 a 300 m de profundidad, profundidades en las que en ese sector se observan importantes



agregaciones de merluza de tres aletas. Este muestreo alternativo se realizó con la intención de comprobar si, el muestreo por transectas regulares (separadas cada 0,5 mn), pudiese no estar recogiendo de buena forma la distribución actual del recurso, quedando cardúmenes fuera de las transectas regulares en zonas contiguas al paso del buque por la transecta, los cuales de no ser insonificados, pudiesen ser la causa probable de un bajo valor de estimación en años anteriores.

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

4.3.3 Identificación de los ecotrazos

Los datos acústicos fueron analizados mediante los métodos estándares utilizados en ecointegración (Simmonds y MacLennan, 2005) en primer lugar se examinaron los ecogramas para detectar errores asociados a la posición geográfica, integración del fondo e interferencia de otros equipos acústicos, procediéndose en el caso de detectarse algún de los tipos de errores antes señalado, a efectuar las correcciones pertinentes. Se utilizó el software de procesamiento acústico Echoview® versión 9.0 para todo el proceso de la información acústica

Posteriormente se efectuó el proceso de identificación de los ecotrazos, considerando para ello: i) Información de los lances de pesca de identificación, ii) tipo (disperso - estrato - cardumen), morfología y nivel de intensidad del ecotrazo y iii) profundidad del ecotrazo.

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_j) a las unidades de ecointegración (E_m), es proporcional a su aporte en la captura (w_j) y su coeficiente de dispersión acústica (σ_j) en relación al total:

$$E_j = \frac{w_j * \bar{\sigma}_j * E_m}{\sum (w_i * \bar{\sigma}_i)}$$

$$\bar{\sigma}_i = 4 * \pi * 10^{(TS_i)/10}$$

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

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



4.3.4 Separación en zonas del área de estudio

Debido a la reducción del área de estudio en el presente crucero, a diferencia de lo realizado en estudios anteriores, todos los análisis se realizaron considerando una zona única, llamada zona total, la cual está comprendida entre los 46°30'S y los 48°10'S.

De igual forma y 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, $\chi^2_{DH} \succ \chi^2_{c(Z-1)(K-1)}$, a un nivel de significación preestablecido $\alpha = \alpha_0 = (0,05)$

4.3.5 Estimación de la abundancia y biomasa.

La estimación de la abundancia y biomasa del stock a partir de los datos acústicos, se realizó a partir de estimaciones locales de densidad y la relación TS – Longitud Total de la especie objetivo. Mediante dos tipos de estimadores, uno de razón bootstrap (Robotham y Castillo, 1990) y otro geoestadístico (Rivoirard *et al.*, 2000).

a) Método bootstrap

La densidad media ($\hat{Z}_R$) 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,

- $\bar{\sigma}$ = $4 * \pi * 10^{\frac{TS}{10}}$ evaluada a la talla promedio de la fracci3n del stock evaluado.
 $\hat{A}_R$ = abundancia (en n3mero).
 A_R = 3rea de distribuci3n del recurso (mn²).
 $\bar{w}$ = peso promedio (t).
 $\hat{B}_R$ = biomasa (t).

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

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

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

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

b) Estimador geoestadístico

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



$$Z_{x0}^* = \sum_{i=1}^m r_i^* Z_{w(x)i}$$

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

Una vez estimados 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:

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

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.
$\bar{Z}_{gs}$	=	densidad promedio de 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: 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 efectuó mediante el programa R Project y se realizó un análisis espacial de los datos a través del paquete Rgeostats V 11.0.1 (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, diferentes modelos de variogramas y métodos de interpolación espacial.

c) Modelos de Semivariograma.

Para caracterizar la estructura espacial de la variable en estudio, la construcción de un modelo es esencial. Estos modelos pueden dividirse en no acotados (lineal, logarítmico, potencial) y acotados (esférico, exponencial, gaussiano), los calculados para la especie objetivo fueron exponencial y esférico y ambos tienen tres parámetros comunes que son:

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



Modelos de variogramas utilizados:

• **Esférico** (Cressie, 1991)

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

• **Exponencial** (Cressie, 1991)

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

Donde:

c_0 = Parámetro nugget.

c_1 = Parámetro partial sill.

α_x = Parámetro rango.

$\|h\|$ = Norma del vector de distancia.

4.3.6 Estimaci3n del área.

El área de presencia del recurso objetivo se computará mediante la funci3n calcArea del paquete PBSmapping (Schnute, 2004) y estimada como: (Rokne, 1996).

$$A = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)$$

Donde (x_i, y_i) son los vértices del polígono para $i = 1, \dots, n$ y donde los vértices 1 y n corresponden al mismo punto $(x_1, y_1) = (x_n, y_n)$. Esta fórmula asume unidades idénticas para x e y (relaci3n de aspecto 1).



El área de efectiva de distribución se considerará a partir de las observaciones positivas y su área de influencia.

El ajuste de los variogramas se efectuó mediante el programa R Project (R [Core Team, 2014](#)) y se realizó un análisis espacial de los datos a través del paquete RGeostats V 11.0.1 (Renard *et al.*, 2014) 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 (Petitgas *et al.*, 2017).

4.3.7 Distribución espacial del recurso

La distribución espacial de un recurso en el área prospectada, se presentará como una carta de contornos que representa curvas que unen puntos de igual densidad, permitiendo ver de manera clara las áreas de mayor concentración de los recursos (Simmonds y MacLennan, 2005). La interpolación generada para cada punto del grillado es utilizada para la confección de un mapa de contornos en donde se presenta la estimación media de las densidades acústicas para la zona total analizada. Esta carta de distribución se confecciona de acuerdo a una escala de categorías de densidad similar a la utilizada en los estudios previos de cada recurso y el mapeo se realiza mediante el software (Surfer 15.0).

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

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

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

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 buques de las empresas que operan sobre este recurso.



El crucero se realizó durante la segunda quincena del mes de agosto, 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 10 años.

Respecto a la incertidumbre en la resolución temporal de las especie principal y 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.

*Determinar 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 de tres aletas 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 registró los datos del lance de pesca (fecha y hora del lance, posición, profundidad y captura), y los datos del muestreo biológico, como: talla, sexo y frecuencia.

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



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

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

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

donde,

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

Notación:

Índices:

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

Variables y Parámetros:

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

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

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



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

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

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

donde,

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

El análisis de las estructuras de tallas y la proporción sexual utilizó información espacial, igual a las zonas definidas para la estimación de biomasa hidroacústica del presente estudio. A su vez, realizándose un análisis según los estratos espaciales empleados en proyectos similares de evaluación hidroacústica en la especie realizados entre el 2001 y 2020 (Lillo *et al.* 2002, 2004 y 2005; Córdova *et al.* 2003; Saavedra *et al.* 2006 a 2017, Vargas *et al.* 2018, a 2021) consistente en dividir el área de estudio en 3 áreas: Área 1 entre 45°30' y 47°29'S. denominada Taitao; Área 2 entre 47°30' y 48°59'S. denominada golfo Penas-Ladrillero; y Área 3 entre 49°00' y 51°00'S. denominada Trinidad-Concepción, donde para el presente año, dada la reducción del área de estudio solo se obtuvo información de las zonas 1 y 2 .

4.4.2 Estructura de edades del stock de merluza de tres aletas.

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

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

4.4.2.1 Análisis de los otolitos

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 3**. Si se emplea luz reflejada en la observación bajo el microscopio estereoscópico con aumento de 10X, 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.

4.4.2.2 Clave edad – talla

Las claves edad – talla, agrupadas en clases cada 2 cm, son matrices que permiten clasificar los individuos según su grupo de edad (GE) y estimar la probabilidad de pertenencia a las diferentes edades según el número de anillos en la estructura, el tipo de borde y la época del año en que se obtuvo la muestra. Se emplea una fecha arbitraria de nacimiento, que en el caso de las pesquerías chilenas es el uno de enero, facilitando la identificación de la clase anual restando al año de la captura el GE asignado.

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

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

4.4.2.3 Composición en número de la abundancia por edad.

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

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

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

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

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



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

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

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

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

La varianza del estimador $\hat{p}_{se}$, bajo el supuesto de que se haya realizado una 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** $\hat{q}_{ske}$

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



donde

- $\hat{N}_s$: 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

4.4.2.4 Relación longitud – peso.

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

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

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

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

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

4.4.2.5 Peso medio a la edad

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

4.4.2.6 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 último sistema de selección de tamaño de muestra se ha probado ampliamente (Kimura, 1977; Lai, 1987; Ojeda y Céspedes, 1986; Lai, 1993; Robotham, 1994) y permite aumentar la precisión de las matrices considerando un mismo número total de muestras analizadas.

El tamaño de muestra que optimiza la clave edad talla, considera la técnica de muestreo bi-etápico, en consecuencia, se requiere determinar el tamaño óptimo de la muestra de longitud (N^*) de primera etapa y de la submuestra de edad (n^*) segunda etapa. Las relaciones siguientes permiten estimar los tamaños de muestra, según un criterio de asignación proporcional (Kimura, 1977) y una función 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) **Tamaño 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) **Tamaño de muestra para minimizar los costos para una varianza especificada** $VT = VT_0$

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

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



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 de cruceros de evaluación se ha estado frente a stock parental con una alta presencia de individuos juveniles (Saavedra *et al.*, 2015; 2016) lo que posibilita una reducción del tamaño de muestra a estudiar en la estimación de la edad.

4.4.2.7 Madurez a la edad

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

4.4.2.8 Ojiva de madurez y talla media de madurez

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

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

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



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

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

4.5 Objetivo específico 3.

*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.***

A partir de las muestras obtenidas durante los lances de identificación realizados durante el presente crucero de evaluación acústica se caracterizaron diferentes aspectos del estado reproductivo de la merluza de tres aletas.

4.5.1 Metodología a bordo

A cada ejemplar se le registró la longitud total (LT), el peso total y el peso eviscerado, ambos con una precisión de 5 gramos y peso de la gónada, con una precisión de 1 gramo. Además, se determinó la madurez sexual de acuerdo a una escala de apreciación macroscópica que distingue 5 estadios para machos y 6 estadios para hembras; (**Tablas 2 y 3**), 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, *et al* 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 4**). 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 (W_{gi}) con respecto al peso eviscerado (W_i). Posteriormente se obtiene el IGS promedio ($\hat{IGS}$).

- Estimador de medias:

$$\hat{IGS}_i = \frac{W_{gi}}{W_i} 100 ; \hat{IGS} = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{IGS}_i}{n}$$

- 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.
W_g	=	Peso de la gónada
W	=	Peso eviscerado
$\hat{IGS}$	=	Estimador del Índice gonadosomático

4.5.3.2 Estimación de estadios de madurez en la captura

El diseño de muestreo para estimar la proporción de estadios de madurez ($\hat{P}_{EM}$) 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

$$\hat{P}_{EM} = \frac{n_{EM}}{n}$$



- **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 la proporción de fases de madurez, 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, $\hat{l}_P$, 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 segunda 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 (Brown-Peterson *et al.*, 2011). 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 59 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 presencia de atresia folicular.



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.

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:

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

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.
- ν = Número de submuestras del ovario
- n^* = Número de hembras analizadas.

Los datos de fecundidad total 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:

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

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 periodo 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 identificó y registró 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 estimación de la proporción de especie se usó el siguiente estimador:

a) Estimador de la proporción de especie

El estimador de la proporción de la especie e ($\hat{p}_e$) en la captura total se estima como:

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



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

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

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

Lo anterior permiti3 determinar la importancia relativa global para el 3rea de estudio de la fauna acompa1ante. Posteriormente se agruparon los lances por rango de profundidad y posici3n latitudinal a fin de describir y analizar la presencia de las especies seg3n estas categor3as (m3todo gr3fico).

4.6.2 An3lisis de los datos

Se efectu3 un an3lisis descriptivo orientado a determinar el aporte porcentual en peso de las especies que componen la fauna acompa1ante del recurso *M. australis*, destacando que se efectuaron descripciones en t3rminos de posici3n latitudinal y en forma global, respecto de la captura total obtenida y de la captura de la especie objetivo, adem3s de la captura de las especies que componen la fauna acompa1ante.



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 5.

*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 EK-80. Estos datos fueron posteriormente procesados mediante el programa Echoview®. (versión 9.0.343.)

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**

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, esta 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 data”, 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 de la UBM (0,5 mn), se procedió a exportar dos tipos de archivos. Uno con “regiones” y otro con “regiones y celdas (UBM's)”, debiendo efectuar un cruzamiento a fin de asignar a cada “región” la sumatoria de los s_A (PRC_NASC) que esta región generó en cada celda o UBM.

4.7.1 Descriptores y variables utilizadas en el análisis

De las agregaciones detectadas se extrajeron descriptores de posición, energía, morfológicos y batimétricos, estando referidos los primeros a la posición geográfica de las agregaciones, los de energía a la energía retrodispersada por las agregaciones, los morfológicos asociados al tamaño y forma de éstas, y los



batimétricos definiendo la posición de la agregación en la columna de agua (**Figura 4**) (Scalabrin y Massé, 1993; Freón *et al.*, 1996).

a) Descriptores de posición: Corresponde a la posición geográfica media y medida en el pulso central de cada agregación.

b) Descriptores de energía: Están referidos a la energía retrodispersada por una agregación (NASC o s_A) expresada en m^2/mn^2 y a su densidad acústica (*Dens*) referidas al área transversal (m^2) de la agregación ($NASC \cdot 100/m^2$), determinadas de acuerdo a:

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

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

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

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

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

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

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

$$Se = d_j * e$$

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

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



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

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

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

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

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

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

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

e) Análisis de los datos: Se realizó aplicando estadística descriptiva referida a valores promedios, máximos, mínimos desviación estándar y coeficientes de variación para el total de los descriptores. Durante el presente año, a pesar de no haberse realizado una separación de zonas para la estimación de abundancia y biomasa, las agregaciones se analizaron considerando 2 zonas, la primera desde la latitud 47°10'S al norte, denominándose zona 1 (zona de mayor cantidad de agregaciones), y la segunda desde 47°10'S al sur denominándose zona 2, zona donde usualmente se observan menor cantidad de agregaciones.

Toda la información obtenida por cada uno de los descriptores antes mencionados, fueron analizados mediante la aplicación de un análisis de componentes principales (ACP), resumiendo de esta manera la información contenida en la matriz de datos, permitiendo una representación visual o geométrica de la información (Rencher, 1995) y preservando las características de la observación original. Las variables originales utilizadas fueron todos los descriptores determinados (y definidos anteriormente) de las



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

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



5. RESULTADOS

5.1 Objetivo específico 1.

*Estimar el tamaño del stock total y desovante 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 fabrica “Cabo de Hornos” fue calibrado en Puerto Lagunas, (45°17,577’S - 73°42,245’O), para la frecuencia de 38 kHz, conectado con el software EK 80 versión 1.12.2. El modelo ajustado (**Tabla 5**) para la frecuencia calibrada mostró valores del cuadrado medio del error de 0,1607 dB, una ganancia del transductor de 27,41 dB y un sA de corrección de -0,0021 dB. Los que son menores a los recomendados por el fabricante y el grupo de acústica de ICES de $RMS < \sim 0,4$, Corrección de $s_A = \pm 0,5$ dB (Demer *et al.*, 2015; Simrad, 2008).

5.1.2 Desarrollo del crucero

La prospección comenzó el 20 de agosto continuando inmediatamente una vez terminado el crucero de prospección de merluzas de sur y de cola. Se comenzó con un muestreo exploratorio intensivo, realizándose una grilla de 0,5 mn de separación entre transectas (**Figura 5**), procedimiento complementario al muestreo regular (transectas separadas cada 5,0 mn), en el sector norte del área de estudio entre 46°50’S - 47°10’S, con la intención de verificar la presencia y límites de la agregación reproductiva principal, la cual se esperaba ya estuviese presente en la zona de estudio, considerando las fechas de máxima actividad reproductiva observada en los últimos 10 años de evaluaciones hidroacústicas en la zona.

De esta forma el crucero se realizó de norte a sur, desarrollando una prospección sobre la zona comprendida entre las latitudes 47°00’S y 48°10’S, entre los días 21 y 23 de agosto, realizándose 14 transectas regulares con orientación perpendicular a la costa, separadas cada 5,0 mn, entre sí, tal como se han realizado históricamente en la metodología de evaluación del recurso (**Figura 6**).

Posterior a ello entre los días 23 y 24 de agosto se prospectó desde la latitud 48°10’S, hacia el norte navegando sobre el veril de los 250 a 300 m de profundidad, donde la experiencia en terreno ha mostrado se ubican los principales cardúmenes de merluza de tres aletas, con la intención de ubicar agregaciones que pudiesen haber quedado sin insónificar, en la realización de las transectas regulares, logrando así delimitar con mayor certeza el área de distribución de este recurso en la zona. Se realizaron tres nuevos lances de pesca, para verificar algún tipo de diferencia con lo observado en los días previos, sin encontrar diferencias significativas a lo observado previamente.



5.1.3 Lances de pesca

Se realizaron 12 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 posición geográfica, composición de capturas de los lances en peso y número, se entrega en la **Tablas 6 y 7; Figura 6**, respectivamente. Dentro de las especies capturadas en los lances de identificación destacan en orden de importancia, Merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*), con un 40,0% de participación, Merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) con un 31,6%, Merluza del sur (*Merluccius australis*) con un 24,5%, Reineta (*Brama australis*) con un 3,0%, Calamar (*Loligo gahi*) con un 0,4%, Congrio Dorado (*Genypterus blacodes*) con un 0,3%, Cojinoba azul (*Seriotelella punctata*) con un 0,01%, y en menor cantidad de individuos, peces mesopelágicos, cojinoba del sur (*Seriotelella caerulea*) entre otros, los cuales presentan un 0,09% de participación.

5.1.4. Separación en zonas del área de estudio

Dado que en el presente año el área de estudio fue menor a los años anteriores, y dentro de la zona prospectada se observó una distribución relativamente homogénea del recurso, se realizó solo una zona de distribución espacial, comprendida entre las latitudes 46°30'S y 48°10'S.

Para sustentar esta decisión, se analizó la distribución de tallas en el área de estudio a través del test DHG, corroborándose la similitud en las características dentro de la zona (**Tabla 8**). El porcentaje de aprobación para la zona total fue de un 100% porcentaje que demuestra que la distribución de tallas de los lances analizados es similar entre sí, y no se requiere de una separación por zonas, en base a las tallas obtenidas.

5.1.5 Análisis geoestadístico

En la **Tabla 10 y Figura 7** se presentan los resultados del análisis geoestadístico de merluza de tres aletas provenientes de los ajustes realizados mediante el método de Matheron (Matheron, 1971, Rivoirard *et al.*, 2000).

Los resultados para la zona total indican variogramas estructurados, donde el promedio geoestadístico de los datos (media kriging) estimado para ambos ajustes aplicados (exponencial y esférico) presentó diferencias en torno al 3,2% entre ellos, aunque el mejor ajuste ($sse = 395,6703$ menor variabilidad) se obtiene con un variograma de modelo exponencial. La dependencia espacial entre observaciones estuvo en torno a 1,2 mn de distancia entre ellas. (**Tabla 9**)

5.1.6. Biomasa y abundancia

Los estimados de biomasa y abundancia para la zona total, calculados por los métodos bootstrap y geoestadístico se entregan en la **Tabla 10**.



Dado que se realizó una intensificación del muestreo acústico, incorporando intertransectas diagonales, con la finalidad 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 no considera la estructura espacial de datos.

La biomasa total estimada para merluza de tres aletas en la zona total, fue de 63.232 toneladas, a través del método geoestadístico ($CV= 8,89\%$) con un intervalo de confianza ($\alpha=5\%$) entre 53.961,6 y 72.502,8 t. La fracción desovante representó el 93,6 % con 59.189 t. A través del estimador bootstrap, la biomasa alcanzó a 62.589 t, con un coeficiente de variación de 6,48% con un intervalo de confianza ($\alpha=5\%$) entre 55.894,2 y 69.283,0 t.

Con el método geoestadístico la abundancia total, se estimó en 161.839.141 individuos ($CV= 8,72$) con un intervalo de confianza de ($\alpha=5$); entre 138.558.084 y 185.120.199 de los cuales 108.792.183 (67%) fueron machos y 53.046.958 (33%) fueron hembras. La fracción desovante representó el 86,3% del total con 139.622.235 individuos. La estimación obtenida con el método Bootstrap fue de 160.191.827 individuos, con un coeficiente de variación de 5,99%, con un intervalo de confianza ($\alpha=5\%$) entre 144.352.627 y 176.031.028 t.

De las distribuciones de frecuencia de talla de la abundancia obtenidas mediante método geoestadístico, se observa que en la zona total, el aporte principal es de 42,7% de la abundancia y corresponde al rango de tallas comprendido entre los 37 y los 42 cms de longitud total, centrándose entre estas tallas, la estructura principal del stock evaluado, su rango de tallas general abarcó desde los 28 a 61 cm, con el mayor número de individuos centrado en los 39 cm, observándose además un pequeño pick de individuos juveniles en los 31 cm. (**Figura 8, Tabla 11**).

5.1.7. Distribución espacial del stock de merluza de tres aletas

En la **Figura 9** se presenta la distribución espacial de la merluza de tres aletas, la que al igual que los últimos diez años, presentó una alta presencia del recurso en el sector norte del área de estudio entre las latitudes $46^{\circ}50'S$ y $47^{\circ}10'S$, mientras que al sur de dicha área la detección acústica de merluza de tres aletas, presentó variados registros de mediana intensidad, sin observarse cardúmenes de gran importancia en los alrededores de la latitud $48^{\circ}00'S$, como lo observado durante el año 2020.

La revisión exhaustiva de la zona de desove (transectas de 0,5 mn de separación), previo al inicio de las transectas de muestreo acústico tradicional (5,0 mn de separación entre ellas), corroboró que durante el presente crucero 2021 estas transectas recogieron de buena forma la distribución espacial del recurso, observándose una buena cobertura de merluza de tres aletas, en el área de estudio.

En la **Figura 10** se presenta la distribución de los centros de gravedad históricos y del presente año, en ella se puede observar para el presente estudio que, la posición media o centro de gravedad de la distribución del stock evaluado se localizó en la latitud $47^{\circ}05'S$ (península de Tres Montes), posición que se presenta a 45,0 mn al norte respecto del año 2020, ubicándose este centro de gravedad en la zona se ha registrado en



años previos a 2020. La inercia fue de 0,1°, manteniéndose en el rango de valores observados en estudios previos.

5.1.8 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; y la variabilidad espacio temporal, realizando los lances lo más cercano a la detección; y la re-insonificación del recurso

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 ecointegración (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 10.000 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 63.061 t aproximadamente, con un coeficiente de variación de un 14,3% y un intervalo de confianza que fluctuó entre 45.371 y 80.750 t. La **Tabla 12** entrega los estimados de biomasa mediante el método simulación de Montecarlo para la zona total.

5.2 Objetivo específico 2.

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

El desarrollo de este objetivo esta fundado en la información biológica específica, obtenida de los ejemplares del recurso capturados en cada uno de los lances de pesca. Para el presente crucero se obtuvo información biológica de 1.960 individuos del recurso, compuestos por 1288 machos y 672 hembras, Para conocer la distribución de las longitudes de los individuos capturados por cada lance de pesca, para ambos sexos, se presenta una gráfica de dispersión (**Figura 11**), en la cual se observa que, para 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 atípicos y los asteriscos señalan valores extremos. Si la distribución de las tallas dentro del lance fuese simétrica, entonces la



mediana aparecería centrada dentro de la caja de datos. Los ejemplares se encontraron en el rango desde 28 cm a 61 cm con mediana en 40 cm en machos y en 42 cm en hembras.

5.2.1 Composición de tallas

La distribución de talla total del recurso fue principalmente de ejemplares adultos (96%), con escasa presencia de juveniles (4% de ejemplares menores a 35 cm), una talla promedio total de 42 cm y un predominio alto de los machos de 67% respecto de las hembras. La composición de talla registró una moda principal de ejemplares adultos entre los 35-49 cm. No obstante, en el caso de las hembras presentaron una distribución de talla desplazada a la derecha respecto de los machos (**Figura 12**); mientras, los machos se caracterizan por una fuerte moda entre los 35-49 cm que dado el predominio de los machos explicaría la moda de la estructura total del recurso.

Por otra parte, según la estratificación adoptada por Córdova *et al.* (2003), el área con mayor número de ejemplares medidos corresponde a Taitao con 1.838 individuos, y en el caso del área Golfo Penas-Ladrillero fue de 122 individuos (**Figura 13**).

Esta estratificación por área mostró similar resultado que la división por zona. El área Taitao (área de mayor concentración del recurso) registró una moda principal entre 35-49 cm y un alto predominio de machos (68%). Mientras, el área Golfo Penas-Ladrillero con una escasa muestra del recurso y una menor concentración del recurso, registró una distribución de talla desplazada a la derecha. En particular en esta área se capturaron escasos ejemplares adultos entre 58 y 63 cm.

En sentido batimétrico, la distribución de talla de merluza de tres aletas fue registrada principalmente entre los 200-299 m de profundidad con la importante presencia de los ejemplares adultos entre los 35-49 cm y predominio de los machos (69%), **Figura 14**.

5.2.2 Distribución de tallas del crucero 2021 respecto de los cruceros anteriores

Como es habitual, durante el crucero del 2021, la composición de talla se caracterizó por una alta presencia de adultos (96%) y una moda principal entre los 35-49 cm, rangos de talla similar a la moda de la composición de talla del año 2017 a 2020, como también similar a la moda observada en el año 2012 y 2013 (**Figura 15**). En donde es posible observar que entre los 2014 a 2021 la estructura de talla se caracterizó por un fuerte predominio de los machos entre 70%-90% respecto de las hembras (**Figura 16**).

A su vez, es posible observar que la moda de adultos superior a los 50 cm, que aportaba aproximadamente un 70% en la distribución de talla en los primeros años de estudio (2001-2008, ha tendido a disminuir fuertemente su presencia, sobre todo en los últimos 4 años (2018-2021) con un aporte inferior a 20%. Conjuntamente a esta reducción de la presencia de los ejemplares adultos mayores a 50 cm, se agrega el aumento gradual de la presencia de adultos de menor tamaño entre 35 y 49 cm, entre 75% y 90% entre el año 2018 y 2021 (**Figura 16**).



En relación a lo anterior, en la serie histórica fue posible observar dos períodos diferentes. Uno entre 2001-2008 con estructuras de tallas de merluza de tres aletas caracterizada por una moda dominante de ejemplares adultos mayores a 50 cm (50-70 cm). Mientras, el segundo período entre 2009-2021 se caracterizó por composiciones de tallas con modas adultas de menor talla (34-49 cm), sumado a la reducción en la participación de los ejemplares superiores a 50 cm de longitud total y aumento de la proporción de machos (**Figura 15 y 16**).

5.2.3 Relación Longitud - Peso

Las funciones longitud-peso (**Figura 17, Tabla 13**) obtenidas gracias a los registros de los muestreos biológicos específicos, con una bondad del ajuste representada por coeficientes de determinación entre 0,90 – 0,92.

Si se comparan las estimaciones que entregan las curvas teóricas que describen las funciones longitud-peso para la serie histórica de años de realización del crucero, se observa que en el 2004 y 2006 fue donde se registraron los menores pesos corporales especialmente en hembras (**Figura 18 A**), lo cual en tales años es coincidente con la presencia de ejemplares que han pasado el proceso de desove recientemente.

Durante el crucero 2021 este recurso, presentó valores teóricos de peso a la talla levemente distintos a lo estimado el crucero anterior. Desde tallas pequeñas hasta 45 cm presenta pesos similares y hacia tallas mayores los pesos estimados se presentan más bajos. Eso es similar a lo observado en años anteriores en que se destacaban curvas teóricas por registrar menores pesos a la talla, si se observa el caso de machos, ambas curvas teóricas de 2004, 2020 y 2021 están prácticamente superpuestas y a su vez separadas levemente del conglomerado de curvas de la serie histórica, mostrando menores pesos a una misma talla. En las hembras se presenta de forma similar y junto a lo registrado para el año 2020, son los años 2004 y 2006 los que arrojan valores teóricos de peso a la talla muy similares y a su vez separadas levemente de la serie de curvas históricas, indicando pesos menores (**Figura 18-A**). Difiere de esto el presente año 2021 en que el peso teórico promedio de las hembras según talla, se sitúa dentro del conglomerado de valores históricos

Esto se asocia a hembras, que aun cuando se trate de ejemplares con distribución de talla menor, presentan como característica un peso corporal que se condice con estados de madurez avanzados propios de período de desove

Las relaciones peso - longitud de merluza de tres aletas estimados con la información de crucero 2002 – 2021, presentan en sus parámetros una fluctuación que se manifiesta en un rango que abarca para “a” entre 0,00032 - 0,00591 y “b” entre 2,98070 - 3,76038 para machos y “a” entre 0,00032 - 0,00483 y “b” entre 3,05761 – 3,76716 para hembras (**Figura 18-B**), señalándose con marcadores sólidos los correspondientes al período 2021.

Si se considera el peso general de los ejemplares en la abundancia, incluyendo todo el rango de tallas en que se presenta la abundancia por sexo, se aprecia que registraron en promedio de 347 g y 485 g machos



y hembra respectivamente, los cuales fueron menores a los estimados en el año 2020 en que presentaron 403 g y 541 g respectivamente.

5.2.4.- Composición de edades en el stock de merluza de tres aletas.

La estructura de edades de la abundancia fue estimada a partir de las claves edad-talla correspondiente al crucero de prospección realizado en el área de estudio, observándose grupos de edades desde 2 a 22 años.

El rango de clases de talla que presentó el stock correspondió a ejemplares entre 28,5 – 60,5 cm en machos y entre 30,5 – 60,5 cm en hembras y el estudio de las muestras asociadas indicó que los grupos de edades presentes en las capturas obtenidas mediante los lances de identificación se presentaron entre GEII a GEXXII (**Tablas 14 y 15**).

Las estimaciones de abundancia y biomasa del stock desovante año 2021 (161,8 millones de ejemplares y 62.232t) fueron inferiores respecto a lo encontrado en el crucero anterior (333,9 millones de ejemplares y 139.227t). La abundancia se compuso de 108.792.183 ejemplares machos (67%) y 53.046.958 ejemplares hembras (33%), **Tabla 14 y 15**. En general, considerando todo el rango de distribución de ambos sexos, el peso promedio de los ejemplares de encontrarse en 417g en 2020, en 2021 se estimó en 391g.

En la estructura etaria se destacó un fuerte componente de ejemplares jóvenes que representa sobre el 85% de la abundancia, constituidos por los grupos GE II a VII (**Tabla 14 y 15**), con presencia muy escasa de adultos mayores al GE VIII.

En el caso de machos, se destaca en la estructura etaria los GE V modal (28%); GEIV (23%) y GE VI (14%). Del mismo modo en hembras se destacan similares grupos que aportan de forma principal en la estructura, GE V modal (26%); GEIV (19%) y GE VI (17%).

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 (44 – 54 cm) que contiene una gran variedad de edades como se puede apreciar en las matrices de composición por GE de la abundancia (**Tablas 14 y 15**).

Se presenta en la **Tabla 16** la abundancia por GE, con su respectiva desviación estándar. La abundancia está sostenida mayoritariamente (89%) por peces de seis clases que comprenden los GE II a VII, con tallas promedios entre 31 y 47cm.

5.2.4.1 Composición histórica de la estructura de edades

Las estructuras de edades de las abundancias registradas en los cruceros de evaluación hidroacústica desarrollados entre 2001 y 2021 se presentan en la **Figura 19A**, en porcentaje y en **Figura 19B** 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 2020), que actúa preferentemente en el segundo semestre del año, considerando ambos sexos en común (Ojeda *et al.*, 2021).

La estructura por GE en porcentaje, permite apreciar 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 19A**).

Durante el crucero 2008, se destacó el GE X (clase anual 1998), representando un 10% de la abundancia (**Figura 19B**) 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, pudiéndose observar efectivamente como grupo modal en 2009 (GEV) y en los años sucesivos si bien sigue presente su aporte es menor.

En los años siguientes en la abundancia, existen dos claras entradas de GE III, en 2011 y 2015, los cuales pueden seguirse en el paso de los años, se aprecia que la estructura etaria de la abundancia en el período particular del foco del desove se concentra más hacia adultos jóvenes. Al seguir la continuidad del GE III del año 2015 se puede distinguir su paso en 2016 como GE IV; en 2017 como GE V; en 2018 como GE VI, en 2019 como GE VII, en 2020 como GE VIII y en 2021 ya no aporta de forma destacada, evidenciando que son varios años que una clase anual fuerte puede seguirse en la estructura de edades.

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 (en número de individuos) al momento del crucero de evaluación del stock desovante (**Figura 19B**), presentó en los primeros años de esta serie, una característica particular en los peces nacidos en la clase anual 1998, señalada en la figura como ca98, en donde se aprecia su evolución desde 2001 a 2006, destacándose en 2001 como GEIII, y en los años sucesivos como GEIV, GEV, GEVI, GEVII y como moda muy relevante en GE VIII en 2006.

Se observa que en los años 2001 - 02 - 03 y 05, la estructura estuvo focalizada hacia peces más adultos en el período de desove. En los años 2004 y 2006, en que se encontró 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 2009, se confirmó la clase anual 2004 encabezando la moda estructural, correspondiendo a una marcada moda principal (GEV, **Figura 19B**). 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 GEVIII como moda secundaria.

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

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

En la estructura de la abundancia en 2017, el 39% lo conforma el GEV, siendo la moda. Este GEV 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 GEIII en 2015.

En 2018, se aprecia el crecimiento en un año de la ca12 mencionada en el párrafo anterior y que es representada por el GEVI, como destacada moda principal; en 2019, aun en su baja abundancia, estructuralmente también aparecía esta clase, como GE VII y como GE VIII en la estructura de la abundancia 2020. Las clases anuales ca12 y ca14 en el año 2021 pierden su relevancia, destacándose clases anuales de peces más jóvenes, como lo son aquellos nacidos en 2016, que se presentan en 2021 como GEV.

En la **Figura 20** se muestra la estructura demográfica separada por sexo de la serie de veinte 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; 2017, Vargas *et al.*, 2018 al 2021).

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 las marcas 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 20** 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, en la última década se presenta dos clases anuales que se distinguen de forma destacada en el paso de los años, una de ellas es la clase anual de peces nacidos en 2008 que se presenta como GEIII en la estructura de 2011 y la clase anual de los nacidos en, 2012 que se presenta como GEIII en la estructura de 2015, ambas son ejemplos de secuencias que se siguen en forma notable a través del tiempo, ya sea se observe separado por sexos o para ambos en conjunto, estas clases muestran 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 y el paso desde un año al siguiente, pueden corresponder a adultos con un sistema de migración diferente, como se mencionó anteriormente.

5.2.5 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 21**, 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 1:0,1 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 si bien en 2017 la proporción de hembras subió siendo 1:0,7, en 2018, 2019 y



2021 se observa que las hembras se mantienen en valores similares a años recientes y registran razón entre sexos de 1.0,4 - 1:0,5.

El menor valor de participación de las hembras se presentó en 2020 (1: 0,1) y el éxito de este desove se verá reflejado en las estructuras etarias de los años siguientes.

5.2.6 Edad mediana de la abundancia

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

En la **Figura 22** 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, los cuales son los valores más bajos de la serie. En 2018 se presenta tanto para machos como para hembras la edad mediana en 5-6 y en 2019 continua en descenso (se aproxima a los cuatro años), en 2020 sube levemente a edad cinco y nuevamente baja en 2021 presentando valores de aproximadamente 4,5 años en ambos sexos.

5.2.7. Edad y estados de madurez macroscópicos

Si se considera una talla media de madurez sexual (50%) de 36,0–36,5cm de longitud total (Córdova *et al.*, 2003, Saavedra *et al.*, 2012), la estructura del stock estimado de merluza de tres aletas que es mayor o igual a 36,5 cm corresponde a 84% en machos y 91% en hembras.

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 muestra una ilustración de la fracción de peces maduros en relación a la edad observada en las muestras analizadas, incluyendo quince años en que se realizó crucero de investigación en la zona (**Figura 23**). 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.

Tanto en machos como hembras los peces 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 GEXXII, lo cual comprende un espectro de veintiuna clases anuales presentes en la zona de desove para formar parte del proceso reproductivo.

En la serie histórica que se presenta en la **Figura 23**, la fracción de machos maduros (FMM) en un 50% fluctuó desde grupo de edad 2,1 hasta 3,7 años. Los ejemplares muestreados en los cruceros de investigación en los dos últimos años (2020-2021) presentan información escasa en las primeras edades, lo que no permite un ajuste de curva de madurez (**Tabla 17**).

Las hembras en cambio, en lo histórico alcanzan en general su madurez (50%, FHM) a edades mayores que los machos, entre 2,0 hasta 4,7 años. En 2020 y 2021, también presentan información escasa en las edades más jóvenes, lo que no permite un ajuste de curva de madurez (**Tabla 17**).

Una vista conjunta de las curvas de edad - madurez para el período 2007 – 2021 se presenta en la **Figura 24**, muestra el desplazamiento de $GE_{50\%}$ en los diferentes años, este parámetro oscila 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 macrosc3pica y microsc3pica.

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

- observaci3n macrosc3pica de las g3nadas: correspondiente a la observaci3n *in situ* que realiza el observador cient3fico.
- observaci3n microsc3pica de las g3nadas: corresponde al estudio empleando t3cnicas histol3gicas que se realizan en el Laboratorio de la especialidad de IFOP.

Se emple3 la data hist3rica del per3odo 2007 a 2013, para obtener tablas de doble entrada que permitiesen medir similitudes y diferencias, de donde se obtuvieron los resultados que se se3alan en Saavedra *et al.*, 2015. Cada a3o arroj3 que entre el 95% al 99% de las observaciones son coincidentes, es decir, que la clasificaci3n macrosc3pica es avalada por la clasificaci3n microsc3pica en el rango de clasificaci3n de peces maduros e inmaduros, lo que da una base que permite se3alar que las ojivas de edad versus madurez macrosc3picas cuentan con apoyo en la clasificaci3n de acuerdo a las observaciones microsc3picas (por histolog3a).

Es importante destacar que el an3lisis histol3gico es preferible (Saavedra *et al.*, 2012; 2015) a la clasificaci3n que se realiza en el trabajo de campo (macrosc3pica). Los GE_{50%} estimados en base a madurez

macrosc3pica versus edad, pudiesen contener una sobreestimaci3n del par3metro, dado que existe una cantidad de observaciones (estados de madurez) que siendo estado maduro se clasifican como inmaduras al usar el criterio macrosc3pico.

5.3 Objetivo espec3fico 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 identificaci3n. Secci3n merluza de tres aletas.

Los indicadores reproductivos analizados durante el a3o 2021 provienen de una muestra total de 1.960 ejemplares de merluza de tres aletas (672 hembras; 1288 machos). Se analizaron a trav3s de la t3cnica histol3gica para determinaci3n de madurez sexual a nivel celular un total de 490 ovarios. Las estructuras de talla de los ejemplares analizados fluctuaron en hembras entre 31 y 61 cm, con una moda en los 41 cm y en machos entre 29 a 60 cm y una moda en los 39 cm de longitud total (LT).



5.3.1 Índice gonadosomático

Durante el año 2021 el comportamiento del IGS en los machos muestreados presentó un promedio de 8,6% (d.s=4,2) el análisis se realizó en ejemplares con una estructura de talla que fluctuó entre los 29 y 60 cm de LT. Al separar la fracción adulta con tallas sobre los 35 cm considerados sexualmente maduros (Saavedra *et al.*, 2009), el IGS fue de 8,7% (d.s=4,2) variando levemente con respecto al promedio general, esto debido aquellos ejemplares inmaduros menores a 35 cm. Por su parte las hembras analizadas en toda su estructura de talla fluctuó entre los 31 y los 61 cm el IGS fue de 16,6% (d.s=9,2), y aquellas hembras mayores a 35 cm considerada la fracción parental, el IGS fue 17% (d.s=9,0) si bien no hay diferencias entre los IGS de las hembras se debe a una mayor presencia de ejemplares maduros (**Tabla 18**).

El IGS medio de la fracción parental de hembras ≥ 35 cm LT en las zonas de estudio (Taitao y golfo de Penas) no se observó diferencia en el indicador con respecto al promedio del área total 17%. Por su parte el IGS de los machos sobre 35 cm LT si presentaron diferencias de las medias con respecto al área total 8,6% (**Tabla 18**).

El análisis de varianza de las medias de IGS de los machos con respecto a las dos subzonas, demostró que hay diferencias significativas entre ellas con un valor ($p < 0,05$). En el análisis de varianza del IGS de las hembras no existen diferencias significativas entre las subzonas.

Se realizó un análisis de la serie histórica (2001-2021) de frecuencia de tallas de las hembras, durante los años 2003, 2004 en adelante se observa un descenso en la frecuencia comparada con los años 2001 y 2002 donde las tallas en adultos se hacen menos presentes y mayor la de juveniles, en el 2011 y 2012 aumenta la fracción adulta y cae drásticamente el 2013, donde hasta al 2020 no lograba alcanzar los valores de hace 18 años. La frecuencia de talla durante el 2021 presentó un alza en aquellos ejemplares adultos sobre los 36 cm LT (**Figura 25**) pero sin alcanzar los valores de hace 10 años.

Se analizó la serie promedio del indicador IGS desde 2001 al 2020 y se contrastó con el estrato de tallas de los ejemplares analizados de machos y hembras. Ambos sexos muestran un incremento marcado del indicador desde los 36 cm con valores sobre el 5,0% y alcanzan valores máximos en tallas sobre los 50 cm LT. Los valores inferiores a 5,0% IGS corresponde a ejemplares en su mayoría a tallas menores a 35 cm LT. El comportamiento del IGS en las hembras de los cruceros 2020 y 2021 presentaron diferencias con respecto a la serie promedio, durante el 2021 los valores de IGS se observaron incrementados en todas las tallas sobre 36 cm y hasta los 60 cm LT analizadas, esto se debe al periodo de máxima actividad reproductiva del año, mientras que aquellas mayores a 61 cm el indicador baja con respecto a la serie promedio esto se debe aquellas hembras que ya terminaron de desovar. Durante el 2020 el comportamiento de IGS bajó considerablemente desde los rangos de talla 46 cm a los 60 cm, debido a que la mayoría de los ejemplares ya habían desovado (**Figura 26**).

El comportamiento del IGS en los machos durante los años 2020 y 2021 presentaron diferencias con respecto a su serie promedio, esto debido a que durante el 2021 los valores de IGS fueron levemente superiores en todo el rango de tallas analizadas correspondiente al periodo de mayor actividad reproductiva



del año. Mientras que el año 2020 el IGS fue inferior a los valores de la serie promedio en todo el estrato de tallas sobre los 36 cm (**Figura 27**).

5.3.2 Análisis macroscópico

5.3.2.1 Estadios de madurez sexual (EMS)

El análisis macroscópico de los estadios de madurez sexual se sustentó en 1557 ejemplares entre machos y hembras. La actividad reproductiva en machos se vio representada en los estados de madurez II, III y IV, presentando una mayor incidencia el EMS III con un 72% ejemplares analizados. Las hembras presentaron ejemplares en estados de madurez II, III, IV y V con las mayores incidencias observadas en los EMS III con un 35% y EMS V con un 41% correspondiente a ejemplares desovados o en proceso de regresión (**Tabla 19**).

El IGS en machos se incrementó en los ejemplares clasificados en estado de madurez macroscópica III, IV, V principalmente con 8 y 30% IGS, mientras que en las hembras los estados de madurez avanzado III, IV, V son quienes presentaban IGS altos entre 12 y 23% (**Tabla 20, Figura 28**).

La distribución geográfica para las hembras arrojó que las subzonas Taitao representa la mayor incidencia de ejemplares en estado de madurez avanzada (EMS III, IV y V) con respecto al total de hembras muestreadas. Si bien en la subzona de golfo de Penas los valores de IGS fueron altos en los (EMS II, IV, V) estos están representados en un menor número de ejemplares (**Tabla 21**).

5.3.3 Análisis microscópico

5.3.3.1 Estadios de madurez sexual (EMS)

El análisis histológico durante el año 2021 evidenció que el 60,2% de las muestras de ovario de merluza de tres aletas se encuentra en estado hidratado y desove (EMS IV), seguido de 26,3% de ovarios en maduración tardía (EMS III), desove parcial (EMS V) con un 10,6% y aquellos ovarios virginales (EMS I) solo representado en un 2,4% de las muestras analizadas (**Tabla 22**).

Los estados de madurez avanzado (EMS III, IV y V) están representados en un 98% de las hembras que se encuentran activas reproductivamente, de las cuales, 71% presentó evidencia de desove (EMS IV y V). El estado de término de desove o regresión no se observó (EMS VI). Las evidencias demuestran que la merluza de tres aletas se encontró en plena actividad reproductiva, donde los ovarios en fase de desarrollo de hidratación (EMS IV) está mayoritariamente representado y seguido de la maduración tardía (EMS III) y desove (EMS V) (**Figuras 29, Tabla 22**).

La serie de tiempo (2002-2021) del comportamiento de IGS frente a los distintos estratos de talla con respecto al estado de madurez histológica, demostró que los estratos de tallas menores a 36 cm corresponden a ejemplares inmaduros, con promedio de IGS inferiores al 2% y clasificados en estado



virginal. Desde el año 2015 al 2021 se hizo más frecuente la presencia de estados de madurez avanzados, hidratados y en desove en estratos de tallas menores a 36 cm (**Tabla 23**).

Los estados de regresión (EMS II) se observan principalmente desde el 2008 en adelante y se presenta mayoritariamente en tallas mayores 36 cm, y escasamente observado durante el 2021. Las hembras con estado de madurez (tardía EMS III) están presentes a lo largo de toda la serie, con promedios altos de IGS cercanos a 20% durante los 2002 – 2004 y 2008, los registros más bajos se observaron el 2007.

El estado (EMS IV) presenta IGS sobre 10 y 40%, siendo representado solo por individuos maduros a lo largo de serie. Las hembras en proceso de desove (EMS V) son todas sobre 36 cm y con promedios de IGS fluctuante durante toda la serie con IGS que van desde 5% a 20%, los ovarios que presentan folículos post-ovulatorios, atresia y ovocitos maduros tardíos son aquellos que han terminado su evento (EMS VI) presenta el mismo comportamiento del EMS II con valores promedios altos de IGS los años 2002, 2017, 2018 y 2019.

La condición reproductiva en el 2021 indica que el recurso se encontraba en pleno desarrollo del evento reproductivo donde los IGS más altos se observaron en ejemplares mayores 36 cm y con estados de madurez sexual EMS (III, IV y V) y sin presencia de atresia ovárica que interfiriera en el evento (**Tabla 23**).

5.3.4 Ojiva de madurez

Durante el año 2021, se trabajó con la información de 490 ejemplares hembras a las cuales se les realizó histología para la determinación de su estado de madurez sexual, con ello se corroboró que el 97% de los ovarios analizados se encontraba en desarrollo avanzado y solo el 3% se presentó en estado virginal. Con

estos resultados el ajuste de ojiva de madurez a la talla (LT) $L_{50\%}$ fue de 33 cm LT para las hembras de merluza de tres aletas.

El ajuste de ojiva ($L_{50\%}$) histórico 2001-2021 con 10.467 ejemplares de hembras dio un resultado de 35 cm LT (**Tabla 24, Figura 30**). Se estimó la edad ($E_{50\%}$) de madurez sexual en las hembras en 2,3 años.

5.3.5 Fecundidad

Para el cálculo de fecundidad total se seleccionaron microscópicamente con 59 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 ovárica (Murua *et al.* 2003) La merluza de tres aletas se caracteriza por ser un desovador parcial con fecundidad anual determinada, cuya moda a desovar estaría constituida por ovocitos entre 450 y 1.125 μm (Lillo *et al.*, 2002).

Los valores de fecundidad total para el 2021 variaron entre 47.476 (34 cm; 216 g) y 709.222 (61 cm; 1460 g). El potencial de fecundidad total promedio fue de 216.148 ovocitos (CV 62%), cifra de un 6,6% mayor al año 2020. Por su parte, la fecundidad relativa promedio fue 388 ovocitos por gramo de peso corporal menos el peso del ovario con un CV de 24% fluctuando entre 190 y 669 ovocitos, valor mínimo aumentó en un 32% y el valor máximo aumento en un 12,4% con respecto al año 2020. La fecundidad total en función del peso



corporal y de longitud total presentó un mejor ajuste para el modelo potencial (Tabla 25, Tabla 26, Figura 31 a 31).

5.4 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.

5.4.1. Proporción de captura

Durante el desarrollo del crucero de evaluación se realizaron un total de 12 lances de pesca de identificación, en los cuales se identificaron un total 10 especies. La fauna presente en la zona de estudio estuvo compuesta, principalmente por las tres especies de merluzas objetivos del estudio, Merluza de tres aletas (40,00%), merluza de cola (31,61%), Merluza del sur (24,53%), seguidas en importancia por Reineta (*Brama australis*) (3,04%), Calamar (*Loligo gahi*) (0,44%), Congrio dorado (*Genypterus blacodes*) (0,27%), Cojinobas (fam. Centrolophidae) (0,07%). Otras especies estuvieron presentes en muy baja proporción, representando el 0,04% de la captura total obtenida durante el crucero observándose, peces mesopelágicos (fam. Mictophidae) y pez medusa (*Cubiceps caeruleus*). Al igual que en años anteriores se mantiene la dominancia de las tres especies de merluza en las capturas. (Figura 34).

Según la división del área de estudio, para la subzona 1 se observó un dominio de las especies merluza de tres aletas, merluza del sur y merluza de cola, sumando entre estas tres especies un 98,70% de representación en la captura, las especies calamar, reineta, congrio dorado, cojinobas y otros, representaron el 1,30% restante. La subzona 2 muestra un dominio de merluza de cola (60,81%), seguido por reineta (19,07%), merluza de tres aletas (12,66%) merluza del sur (6,57%) y, congrio dorado (0,82%). Destacando la subzona 1 por sobre la subzona 2, por presentar mayor cantidad de especies presentes en la captura de lances realizados en estas 2 subzonas. (Figura 35).

La distribución batimétrica de las especies observadas en los lances de identificación, para el primer veril (100-150 m) no se observaron registros, dado que no se realizaron lances de pesca a esa profundidad

En el veril 2 (151-200 m), destacó la presencia de reineta con un 56,5% de participación en las capturas realizadas, seguido por merluza de cola (25,7%), merluza del sur (9,1%), y con una muy baja participación merluza de tres aletas (1,4%), lo cual se contrapone a lo observado durante el año previo puesto que, en 2020, la merluza de tres aletas fue la especie más representada con una presencia de 80,0% en las capturas, en este veril.

En el tercer veril, entre los 201 y los 250 m. de profundidad, domina merluza de tres aletas con un 41,5% de participación en las capturas, seguidos de un 32,1% de merluza de cola, y un 25,2% de merluza del sur, otras especies representaron tan solo el 1,2% de la participación, por lo tanto, en este estrato de profundidad



como es usual dominan las 3 especies de merluzas. En el cuarto veril (251-300 m), la única especie observada fue la merluza de tres aletas con un 100% de participación en las capturas a esta profundidad.

En los veriles cinco (301-350 m), y seis (351-400 m), no se registró información para el presente crucero, puesto que no se pescó entre estas profundidades.

Este análisis de separación por estratos de profundidad, corrobora que las especies principales son las merluzas del sur, de cola y de tres aletas, las cuales son las más representadas en la mayor cantidad de estratos de profundidad (**Figura 36**).

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 2021. 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 65%. El grupo 1 contiene a los cruceros realizados durante los años 2004, 2009 y desde 2011 hasta 2021, años en donde

cambia la condición general del recurso merluza de tres aletas, observándose un retraso en su ingreso al área de estudio, lo cual se traduce en un cambio en la estrategia reproductiva de este, encontrándose en sectores y profundidades distintas a las conocidas en años previos, esto conlleva a nuevas asociaciones en la comunidad de especies demersales de la zona, observándose además para este grupo de años, mayor presencia de especies pelágicas que en los años anteriores. El grupo 2 contiene solo al crucero del año 2003, el cual no se asocia con ningún otro a ese nivel de similitud, caracterizándose por una alta presencia de jibia, y baja de merluza de cola y de merluza de tres aletas. El grupo 3 contiene los cruceros realizados en los años 2001, 2002, y 2005 al 2009, años en que la especie dominante era merluza de tres aletas, seguidas por merluza de cola y merluza del sur, observándose la presencia de tan solo, una o dos especies más de fauna acompañante. (**Figura 37**).

El análisis de ordenación muestra concordancia en la formación de los grupos, al mismo tiempo, se observa el alto grado de similitud que existe entre cada una de las diferentes entidades (**Figura 38a**). Desde el punto de vista de la fauna asociada a los conglomerados, se observa que los años del grupo 1, presentan mayor riqueza de especies entre las que destacan reineta (bau), brótula (sau), congrio dorado (gb), calamar (lgh) y otros (otro), años en que la dominancia de especies ya no es tan solo de merluza de tres aletas, distinto a lo observado en el tercer grupo, los cuales están caracterizados por alta presencia de merluzas de tres aletas, muchos lances monoespecíficos de una alta captura, y poca diversidad de fauna asociada. (**Figura 38b**).



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 $R = 0,8295$ (*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 39**, se observa la composición de 5 grupos. El grupo 1 incorporó solo a la zona 1 del año 2007, el grupo 2 incluye a la zona 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 a las tres zonas entre los años 2009 hasta 2021, el grupo 5 incluye a las 3 zonas entre los años 2001, 2002 y 2005 a 2008. Este análisis muestra similitud en la composición de los 5 grupos descritos, pero con diferencias entre ellos, observándose que por subzonas se mantiene lo

observado en la agrupación anterior en donde para los primeros años de la serie la especie dominante era merluza de tres aletas, capturada con recurrencia en las 3 subzonas y con muy baja presencia de fauna acompañante, distinto a lo observado de 2011 en adelante donde aumenta la riqueza de especies, dada la disminución de la especie principal.

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 40a**). El resultado muestra que en los grupos 1, 2 y 3, no existe una similitud definida con los grupos con mayor representación, el grupo 4 contiene, indistintamente a las subzonas 1, 2 y 3 (además de las zonas de repospección en los años en que se realizó), entre los años 2011 hasta 2021 en el grupo 5, en donde se ubican al igual que en el grupo 4, las tres subzonas, pero de los años 2001 a 2008, años en que la especie dominante fue merluza de tres aletas, en las tres zonas de distribución, y las especies más cercanas a este grupo fueron merluzas de cola y del sur. (**Figura 40b**).

El análisis de similitud de una vía, obtenido a partir del resultado del análisis de clasificación, entrega un $R = 0,7111$ (*valor-p* = 0,001), evidenciando que las agrupaciones resultantes no presentan diferencias estadísticas significativas.

c) Cruceros-Veril

El análisis de clasificación generó seis grupos con similitudes superiores al 40%. La distribución batimétrica mostró para el grupo 1 a los veriles 4 y 5 del año 2003, el v7 de 2013 y el v2 de 2021, el grupo 2 asocia con casi un 60% dentro de él a los veriles 1 y 2 de los años 2006, 2008, el grupo 3 a los veriles v1, v2 y v6 del año 2018, mientras que el grupo 4 reúne a la mayor cantidad de elementos de análisis, los cuales se agrupan en general por años disponiéndose en subgrupos donde se observan algunos de profundidad media (veriles



3 y 4) y otros grupos con profundidades más someras (veriles 1 y 2), y en una proporción no menos importante los veriles más profundos (veriles 5 y 6), en general los elementos se distribuyen de forma heterogénea entre los años, tendiendo a agruparse por profundidades, independientemente del año que se quiera analizar, quedando en el grupo 5 el veril 1 del año 2004, y en el grupo 6 los veriles 1, 3 y 4 de los años 2016, 2020 y 2019, respectivamente. A la izquierda y fuera de cualquier agrupación se observó el veril 4 del año 2021, el cual fue el único de la serie histórica que presentó 100% de captura de merluza de tres aletas. (**Figura 41**).

El análisis de ordenación da una mejor visión del nivel de similitud que existe entre los conglomerados, en donde una alta cohesión y cercanía entre veriles a analizar, son signo de similitud entre las características propias de cada nivel (**Figura 42a**). Al analizar la fauna asociada al grupo 1 se observa sin participación de merluza de tres aletas (m3a), alta presencia de merluza de cola (mm), presencia baja de calamar (lgh), reineta (bau), cojinobas (ser), y otros (otro). El grupo 2 y 3 presentan características similares entre sí, caracterizadas por presentar baja presencia de merluza de tres aletas (m3a), y merluza de cola (mm), y solamente reineta (bau) y jibia (dg), con valores de similitud en torno al 65% entre ellos. Dentro del grupo 4 se pueden observar varios grupos con similitudes superiores al 70%, en la fracción izquierda se observan veriles que, se asocian a la presencia exclusiva de merluza de tres aletas, representando en este grupo los lances monoespecíficos que se observaban en su mayoría en períodos previos al año 2011. La segunda fracción del grupo 4, muestra variados niveles de asociación, compuestos por pequeños grupos con niveles de asociación mayor al 70%, pero muy específicos dentro de sí, sin embargo, todos confluyen en la presencia de reineta (bau), jibia (dg), cojinoba (ser), congrio dorado (gb), calamar (lgh), brótula (sau), tollo de cachos (sqa) y merluza del sur (mau), como especies recurrentes en la mayor parte de ellos. El grupo 5

solo incorpora al veril 1 del año 2004, y no se relaciona con el resto de los veriles analizados, por tener solo captura de reineta. El grupo 6, presentó veriles en donde solo se capturó merluza de cola, calamar y una baja cantidad de mictófidios (mic), en el cuadrante izquierdo superior se encuentra el veril 4 del año 2021, en el cual solo se observó captura de merluza de tres aletas. (**Figura 42b**).

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 $R = 0,7598$ ($\text{valor-}p < 0,001$).

5.5 Objetivo específico 5.

*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.***

5.5 Caracterizar y analizar las agregaciones de merluza de tres aletas

5.5.1 Resultados generales de las agregaciones merluza de tres aletas

El resumen de la información de cada descriptor o variable original se entrega en la **Tabla 27** 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 39 agregaciones.

Las agregaciones de merluza de tres aletas presentaron en promedio un largo de 765 m (CV 0,76), una altura de 16 m (CV 0,35), una relación de aspecto o elongación de 50 (CV 0,78), perímetro de 10.813 m (CV 0,79), área de 12.637 m² (CV 0,84) y un valor de la dimensión fractal de 1,67 (CV 0,06).

La profundidad promedio de las agregaciones alcanzó a 263 m (CV 0,14) con profundidad promedio del fondo de 263 m (CV 0,14). El índice de altura, que permite ubicar las agregaciones con respecto al fondo del mar, presentó un valor promedio de 20% (CV 1,09).

El valor promedio de energía retrodispersada alcanzó los 5.115 s_A (CV 3,07) y la densidad relativa acústica medida en s_A/m², promedió 0,30 (CV 1,15).

5.5.2 Descriptores según zona.

Durante el presente año, las agregaciones se analizaron considerando 2 zonas, la primera desde la latitud 47°10'S al norte, denominándose zona 1 (zona de mayor cantidad de agregaciones), y la segunda desde 47°10'S al sur denominándose zona 2, zona donde usualmente se observan menor cantidad de agregaciones. Los resultados obtenidos al separar las agregaciones detectadas por zona se entregan en la **Tabla 28**. Se grafican los valores medios obtenidos con sus respectivos intervalos de confianza. La mayor cantidad de agregaciones se detectaron en la zona 1 con 24 cardúmenes, mientras que en la zona 2 se detectaron 15. La **Figura 43** muestra la gráfica de los valores medios y sus respectivos intervalos de confianza de las variables morfométricas por zona, en general se aprecia en las agregaciones detectadas en la zona 1 presentan mayores valores promedio de largo, elongación, perímetro y área, es decir agregaciones de mayor tamaño que en la zona 2.

Batimétricamente se observa que en promedio las agregaciones de ambas zonas se distribuyeron entre los 250-300 m de profundidad en la columna de agua, no obstante, al observar las profundidades de los fondos promedio se observa un mayor valor en la zona 2, reflejando que en la zona 1 se detectaron las agregaciones más cercanas a la costa (**Figura 44**). Los mayores valores de energía retrodispersada (s_A) fueron detectados en las agregaciones que se encontraban en la zona de desove (zona 1) y que corresponde a la zona de mayor concentración del recurso (**Figura 44**).

5.5.3 Descriptores según rango de fondo.

La **Tabla 29** entrega los valores promedios, desviación estándar y coeficiente de variación de los descriptores para cada rango de fondo.

La mayor cantidad de agregaciones fueron detectadas en el rango de 200-299 m con 21 detecciones, seguidas del rango entre 300-399 con 9 registros. Las agregaciones de menor largo, perímetro y área



(más pequeñas), se detectaron en el rango de fondos mayores a 500 m, mientras que las de mayor tamaño promedio (área, largo y perímetro) se registraron en el rango de 300-399 m.

La profundidad promedio de agregaciones presenta un leve aumento entre el rango de 200 y 300 m para estabilizarse en el rango de 400 m y >500 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. Respecto a los valores de la energía retrodispersada promedio (s_A) los más altos se registraron en los rangos de fondo de 200 y 400 m, mientras que el menor fue en el rango con fondos mayores a 500 m.

5.5.4 Resultados análisis componentes principales

La matriz de correlaciones (**Tabla 30**) presenta las asociaciones más fuertes ($r > 0,70$) entre las variables: fondo-índice de altura, largo-área, largo-elongación, área-perímetro, largo-perímetro, s_A -densidad y s_A -largo, respectivamente, seguido de las relaciones ($r \geq 0,6$) perímetro-elongación, s_A -área y área-elongación, respectivamente. La **Tabla 31** 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 86,6% de la variabilidad total.

La **Tabla 32** entrega los valores de las correlaciones de las variables originales con los componentes principales, en ésta se observa que el largo, área, elongación, perímetro y s_A , respectivamente, presentan los mayores coeficientes positivos dentro de la primera componente, agrupando en un grupo principal a las agregaciones de mayor tamaño y con altos valores de energía retrodispersada (s_A). El segundo componente relaciona a agregaciones que se ubicaron en sectores de mayor profundidad de fondo, y altos valores de índice de altura, agrupando también a agregaciones de mayor densidad, el tercer componente agrupo a agregaciones que presentaron mayores valores de alto y que se ubicaron en la medianía de la columna de agua, mientras que el cuarto componente agrupo a las agregaciones con altos valores de dimensión fractal.

5.5.5 Resultados serie histórica

Los resultados de la serie histórica 2001-2021 muestran que en el caso de los descriptores morfométricos largo, alto, perímetro y área, presentan una tendencia a la disminución desde el inicio de la serie hasta el año 2006, coincidiendo con las disminuciones observadas en los estimados de biomasa y abundancia para similar período. Posteriormente los valores del largo y alto tienden a estabilizarse con ciertas fluctuaciones, pero cercanos a los 600 m en el caso del largo y cercanos a los 25 m en el caso del alto, observándose este año una importante disminución en el largo promedio de las agregaciones. Similar situación se observa en el área de agregaciones, donde luego de un período de estabilización hasta el año anterior, también se observa una importante disminución este año, en el caso del perímetro se observan fluctuaciones importantes que pueden dar cuenta de agregaciones más difusas o menos delineadas en su contorno los años 2013, 2019 y 2021 (**Figura 45, Tabla 33**).



Los datos batimétricos de la serie histórica reflejan que la profundidad promedio de las agregaciones de merluza de tres aletas ha variado entre los 200-300 m, manteniendo ese rango en toda la serie de años, no así la profundidad promedio de los fondos en que ha sido detectada, observándose una intermitencia entre años en que se han detectado a mayores fondos promedio (más alejadas de la costa (series 2002-2004, 2012-2015) y a menores fondos y por ende más cercanas a la costa (series 2005-2011 y 2017-2020), no observándose a primera vista una relación entre estas fluctuaciones y las variaciones de biomasa y abundancia del recurso, este año está dentro de los rangos promedios observados (**Figura 45**).

Respecto a las características energéticas de las agregaciones, en la serie 2001-2014 los valores promedio de energía retrodispersada se mantuvieron en rangos cercanos a 4.000 - 8.000 s_A , con valores estables de densidad relativa entre 0,3 y 0,7 s_A/m^2 , donde las fluctuaciones en la biomasa se explicaban por el mayor o menor número de agregaciones detectadas. A partir de 2015 se observa un aumento paulatino en los valores promedio de los s_A y de densidad relativa, llegando a detectarse en 2017 una agregación con un valor extraordinariamente alto de energía retrodispersada (945.361 s_A , el mayor detectado en la historia de los cruceros) lo que generó que el valor promedio de s_A y densidad alcanzaran un pick atípico en la serie, no obstante el bajo número de agregaciones detectadas implicó que no se generaran aumentos importantes en las estimaciones de biomasa de esos años, generándose un fenómeno de hiperestabilidad del recurso que llega a su punto culmine en 2017, para posteriormente en 2018 observarse un baja en los valores de s_A promedio y densidad relativa, ubicándose dentro del rango observado en las fluctuaciones de la serie histórica. Entre 2019 y 2021 se ha observado altibajos en los valores promedio de s_A , pero con tendencia a mantenerse en valores cercanos a los rangos históricos (2006-2014), no obstante, las densidades observadas el último trienio se mantienen entre las más bajas de toda la serie histórica.



6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Este estudio sobre el stock desovante de la merluza de tres aletas, dados los hechos de contingencia nacional producto de la pandemia mundial por Covid-19, se vio afectado con una reducción de su área de estudio histórica comprendida entre los 47°00'S hasta 51°00'S, limitándolo para el año 2021, desde la latitud 47°00'S hasta la latitud 48°00'S, con la intención de salvaguardar al menos en la zona de mayor actividad de desove, el conocimiento adquirido de este proceso, donde se ha construido una serie de tiempo de información desde 2001 y hasta 2021, con solo una interrupción durante el año 2010, producto también de una contingencia a nivel país.

Durante el proceso de desarrollo del crucero 1 destinado a la evaluación del stock desovante de los recursos merluza de cola y merluza del sur, en la sección sur de este, zona en la cual termina, y comienza el área de trabajo de merluza de tres aletas, (47°00'S), se obtuvo información relevante respecto a merluza de tres aletas, observándose agregaciones significativas desde los 46°30'S, hacia el sur, aportando además porcentajes importantes de la especie en las capturas de los últimos tres lances de reconocimiento, por lo tanto se incluyó esta información extendiendo el área de estudio 30 mn hacia el norte. Comenzando así con los análisis para merluza de tres aletas desde 46°30'S, hacia el sur.

Respecto al límite sur, dado una holgura de tiempo, fue posible terminar el crucero 10 mn más al sur de lo programado inicialmente extendiendo el área de trabajo hasta los 48°10'S por lo tanto, el área de estudio quedó comprendida entre los 46°30' y los 48°10' de latitud sur. Considerándose que el área de estudio fue más pequeña, se utilizó el criterio de solo una zona de trabajo y no subdividir en más secciones, esta zona se denominó zona total.

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

De acuerdo a esto la biomasa estimada de merluza de tres aletas, considerando el método geoestadístico, alcanzó las 63.232 toneladas (CV=8,89%) y la abundancia alcanzó los 161,8 millones de individuos (CV=8,72%), 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 este año representó una disminución de 39,7% respecto al promedio de la serie de los 20 años en que se ha realizado el estudio, sin embargo la abundancia aumento un 5,0% sobre el valor promedio este aumento de la abundancia, opuesto a lo observado con la biomasa, se explica en parte, por la sostenida disminución del peso corporal de los individuos estudiados, considerando que el peso promedio en el



presente año es más bajo que el año anterior, manteniendo esta variable un descenso constante en la serie de años.

Los aumentos en biomasa y abundancia de este recurso durante el año 2020, llaman la atención más aún, considerando que el año 2019, se observaron los valores más bajos de abundancia y biomasa de la serie histórica comprendida entre 2001 y 2019. Una de las posibles razones que explique esta diferencia pudiese radicar en que la prospección se realizó el año 2020, en una situación inusual, en que no se realizaba actividad pesquera extractiva, durante el período que se realizaron las mayores detecciones de cardúmenes de merluza de tres aletas, mediante los equipos acústicos a bordo de la embarcación, lo cual permitió observar los cardúmenes sin intervenciones por parte de la actividad pesquera, puesto que, en años anteriores se observó que posterior a la realización de un lance de pesca industrial, sobre cardúmenes de mediano y gran tamaño, los individuos que se mantienen en el agua se dispersan, para posteriormente volver a reunirse en pequeños cardúmenes más disgregados y en zonas más protegidas por su difícil acceso, los cuales en ocasiones son más difíciles de insónificar.

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 la **Figura 46**. El año 2011 fue el último año en que se detectó el núcleo reproductivo a mediados del mes de agosto (año 2010 no se realizó crucero), agregándose a ello que el stock se observó en una reducida área en el límite norte de la zona de estudio (47°00'S), también ese año la fracción principal del stock la componían ejemplares entre 46 y 52 cm, con una disminución del denominado stock migratorio (54-60 cm), sin embargo, se obtuvo un estimado de biomasa cercano a las 130 mil toneladas. A partir de 2012 se comienza a observar un cambio en la dinámica del recurso, que se manifiesta en un retardo del período de máxima concentración de aproximadamente 15 días, agrupándose las mayores concentraciones a fines de agosto y cada vez más al norte del área de estudio, resultando que los últimos nueve años el foco principal de desove se detectó en la inmediaciones de la latitud 47°00'S, lo anterior asociado a una reiterada disminución del área de distribución efectiva del grupo reproductivo principal, bajando a alrededor de 250 mn² los años 2013-2014, 172 mn² en 2015, 100 mn² el 2016, diferencia considerable respecto a lo observado el año 2017, en donde la distribución principal de este recurso se acotó solamente al foco reproductivo, en un área de 31,9 mn², situación que se revierte durante el año 2018, volviendo a observarse una mayor área de distribución del recurso en 187,6 mn², sugiriendo una leve mejora. El área donde se observó merluza de tres aletas, durante el año 2019 fue de 130,5 mn², similar a lo observado en 2018. Los resultados obtenidos durante 2020, presentaron una situación de considerable mejoría en términos de distribución del recurso, considerando un área total de distribución espacial de 1.051,5, en donde además no solo se observaron mayor cantidad de cardúmenes de merluza de tres aletas sino también con mayor presencia de individuos, evidenciado con los mayores valores de respuesta acústica obtenidos. Sin embargo, para este año 2021 la zona de distribución donde se observó el recurso fue de 416,3 mn², pero al igual que en años previos la mayor concentración del recurso se observó alrededor de los 47°00'S, debilitándose al avanzar al sur de esta latitud, sin embargo cerca de la latitud 48°00'S, se volvió a observar una leve presencia de cardúmenes de merluza de tres aletas, la cual fue posible prospectar solo 10 mn más al sur dada la reducción de presupuesto y área, que limitó las operaciones al sur del crucero 2021.



La **Figura 47**, muestra la distribución de abundancias a la talla de los individuos estudiados durante la serie histórica de cruceros de evaluación desde 2001 hasta 2021 en donde se muestra la alta presencia de individuos adultos en el año 2001, de tallas entre los 54 y 60 cm, fracción que comienza a disminuir a partir del 2009, dando paso a una mayor abundancia de individuos de tallas entre los 42 y 46 cm, siendo este grupo el más predominante gradualmente año tras año. El cambio en la estructura de tallas antes mencionado, impactó como se muestra en la **Figura 48**, en el peso medio del stock el cual en el año 2009 llega al menor valor de la serie 2001-2009. Valor el cual posterior a ello mantiene una tendencia al descenso desde 2011 hasta el año 2021, con excepción de los años 2016 y 2018, años los cuales no logran mostrar una recuperación permanente dentro de la serie de años.

La distribución de abundancias a la talla de los individuos estudiados durante la serie histórica de cruceros de evaluación desde 2001 hasta 2021 comprueba con mayor fuerza lo antes descrito (**Figura 49**), destacan en estas curvas, una alta presencia de individuos adultos de tallas mayores en el año 2001, alcanzando el 50% de la frecuencia en los 52 cm, situación que va cambiando paulatinamente año tras año, hasta llegar a tallas de 39 cm durante 2019 y de 40 cm en 2020, y para el presente año 2021 se ubica en 39 cm, evidencia clara de una pérdida acumulativa de individuos de tallas mayores a lo largo del tiempo.

Así también, la composición de tallas de merluza de tres aletas registrada en el crucero de investigación durante el período de desove se caracterizó por ejemplares adultos y escasa presencia de juveniles con una moda adulta entre los 35-49 cm, similar a la moda de los años 2012, 2013, 2017 a 2021 (Vargas *et al.*, 2018, 2019, 2020, 2021; Saavedra *et al.*, 2013 y 2014), caracterizado por bajas biomásas, una concentración muy reducida del recurso localizada al norte del área de estudio y en un período de desove desplazado 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 entre 2018-2020 con el 10% de la estructura de tallas, cifra que ratifica la tendencia decreciente de esta fracción adulta en los cruceros de investigación entre 2001 y 2020; en contraste a principios de la serie (2001-2008), en donde ésta moda de adultos fue la moda principal (50–70 cm) y aportaron con aproximadamente más del 50% de la estructura de talla de la población presente en el área y período de desove de esos años (Lillo *et al.*, 2002 y Saavedra *et al.*, 2009).

Los autores mencionados han descrito un patrón migratorio de grandes cardúmenes de peces adultos mayores a 50 cm procedentes de aguas atlánticas que se desplazarían a aguas chilenas para desovar en el mes de agosto, entre las latitudes 47° y 51° S; posteriormente los cardúmenes de peces adultos retornan hacia el extremo sur en dirección a aguas atlánticas, posiblemente para alimentarse. No obstante, Céspedes *et al.* (1998 y 2001) -basados en la información de la pesquería- sugieren la posible presencia de una fracción adulta de menor tamaño (entre 35-45 cm) con un comportamiento más residente en aguas chilenas, fracción que se uniría al foco de desove descrito en agosto. Esta hipótesis del patrón migratorio plantea la posibilidad que dada la menor presencia e ingreso de la fracción desovante mayores a 50 cm procedente de aguas atlánticas, la fracción adulta entre los 34-49 cm (que ha estado predominando entre los años 2009 a 2021 el período de desove), podría corresponder a una fracción de la población residente en aguas chilenas, los cuales estarían ocupando este nicho de desove, lugar el cual originalmente era empleado por adultos migrantes mayores a 50 cm.



En la estructura de talla de las capturas comerciales de merluza de tres aletas efectuada por la flota arrastrera fábrica y arrastrera surimera también han registrado del año 2008 en adelante una gradual reducción de la presencia en las capturas de los ejemplares migratorios mayores a 50 cm (Céspedes *et al.*, 2017, 2018 y 2019); como también un aumento gradual en las capturas de los ejemplares adultos entre 35 y 50 cm. En consecuencia, lo observado en los cruceros de investigación más lo observado en el monitoreo de la pesquería muestran tendencias coincidentes de los cambios poblacionales de merluza de tres aletas.

La caída de la fracción adulta sobre los 50 cm 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, Vargas *et al.*, 2018, 2019, 2020 y 2021), siendo uno de los factores que podría explicar la reducción de la concentración espacial y el cambio de temporalidad de dicha concentración. Luego, el mayor predominio de los machos respecto de las hembras en los cruceros de investigación en los últimos años se explicaría por el menor aporte de los ejemplares adultos mayores a 50 cm, en donde las hembras predominaron en dichas tallas.

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 2009-2021, 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, hasta el punto que esta última fracción de adultos predominan machos y con baja abundancia de hembras que aporten al desove del recurso, sumado a variaciones espacio-temporal del patrón reproductivo.

Lo antes expuesto se complementa al analizar las clases anuales históricas, en las cuales se puede apreciar la fuerza de diferentes clases en estos veinte 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 ya sea se haya registrado el crucero en plena época de desove ó se haya visitado la zona en períodos con clara presencia de post desove. 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 en el 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 luego en 2017 y 2018, si bien está presente en la estructura, deja de ser relevante.

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, GEIV (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 GEIII o GEIV. En 2015 esta clase anual continua su paso y se registra con fuerza correspondiendo al GEV modal y en 2016 como GEVI. En 2017 ya no tiene mayor relevancia en la estructura y corresponde al GEVII.

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 GEIII 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 GEIV en 2008 y su paso se apreció de forma destacada en 2009.

La **ca08** que se incorporó como GEIII 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 GEIII, se observó su paso al año 2016 como GEIV y siguió como moda principal en 2017 y en 2018, conservando su importancia en la estructura 2019, pero asociada a una abundancia muy diezmada. En el crucero de evaluación del año 2020, en que la abundancia tuvo un extraordinario aumento, estructuralmente sigue la **ca12** su evolución y se puede apreciar en el GE VIII, el cual se manifiesta de forma destacada, para luego, al siguiente año (2021) dejar de ser parte relevante en la estructura de edades.

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 más jóvenes que afecta el estado del recurso. No obstante, se debe destacar que la presencia de edades más adultas no ha desaparecido totalmente, sino que es la proporción en el stock desovante la que ha cambiado en cuanto a su conformación en estructura de edades.

Siendo la 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 2017-2021, lo que lo constituye en un stock parental de composición principal de ejemplares jóvenes, los cuales en teoría presentan diferente calidad del huevo respecto de los ejemplares más adultos.

Al analizar los indicadores reproductivos en ambos sexos, mostraron que la merluza de tres aletas se encontraba en plena actividad reproductiva durante el año 2021. El IGS para machos y hembras presentó valores altos en la zona de la península de Taitao, donde se concentró el recurso. Las hembras virginales estuvieron representadas en la zona de Taitao, lo cual es ajuste de longitud de talla fue de un $L_{50\%}$ de 33 cm para el 2021, y a serie de tiempo (2001-2020) el $L_{50\%}$ se ajustó en los 35 cm y se estimó la edad en 2,3 años de inicio de madurez sexual.

El IGS de los machos durante el 2021 presentó valores levemente superiores pero que siguen la tendencia de su serie promedio (2001-2020) en todos los rangos de talla analizados. Por su parte las hembras



presentaron valores sobre la serie promedio (2001-2020) desde los 36 cm hasta los 60 cm y que corresponde aquellas hembras maduras sexualmente que participaron del evento reproductivo de este año.

La actividad reproductiva en las hembras se vio ampliamente representada por ejemplares que se encontraron en estado de madurez (EMS IV) desove inicial o tardío debido a la presencia de folículos postovulatorios y (EMS III) ovarios de maduración tardía. Frente a este escenario se clasificaron hembras maduras mayoritariamente de estados histológico (III y IV) sin presencia de atresia ovárica y sin folículos postovulatorios, para el cálculo de fecundidad total y relativa. 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 ó 5 generaciones de ovocitos desovados en un breve lapso de tiempo (Sánchez et al., 1986). La fecundidad total promedio de la merluza de tres aletas durante el 2021 subió levemente con respecto a los valores del año 2019 y siguiendo la tendencia a la baja de los últimos años.

En relación con la composición faunística del presente crucero, se encontró que merluza de tres aletas fue la principal especie capturada durante el periodo de desarrollo del presente estudio, seguida en importancia por merluza de cola y en tercer lugar merluza del sur, destacan también, reineta, calamar congrio dorado, cojinobas, acentuando la presencia de especies pelágicas asociadas a merluza de tres aletas, lo cual ha aumentado progresivamente en los últimos años, demostrando que merluza de tres aletas presenta un comportamiento pelágico asociado a menores profundidades cuando forma agregaciones reproductivas.

Al observar la composición faunística por latitud, el presente año se observa tal como en años previos a 2019 una alta presencia de merluza de tres aletas en la subzona 1, en las cercanías de la península de tres montes (47°00'S), donde la presencia de cardúmenes monoespecíficos de este recurso, muestra un claro predominio por sobre otras especies que habitan el sector, incluso durante el año 2020 se observó una extensión al sur de la presencia de este recurso en la subzona 2, la cual se mantiene durante el presente año, en menor proporción al año anterior, pero de igual forma se observó mayor presencia del recurso en la subzona 2, sector en donde desde 2011 en adelante, fue menos representada en los lances de identificación, dominando en el sector sur del área de estudio la merluza de cola.

Los resultados obtenidos del análisis de clasificación para los datos históricos obtenidos en los cruceros realizados entre los años 2001-2020, 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 en donde se observa la aparición de especies como, cojinobas azul y ploma, mictófidis, calamar, granadero, pejegallo, sierra, jurel los cuales no se encontraban en los registros de años anteriores a 2011.

En relación con las agregaciones de merluza de tres aletas, se puede destacar que, la principal variación observada en las características de la serie histórica, ha sido el aumento sostenido a partir de 2015 del valor promedio de la energía retrodispersada (s_A) y de la densidad relativa de las agregaciones (s_A/m^2), los cuales llegan a su pick en 2017 con el mayor valor histórico de la serie. Sin embargo, esta situación no generó aumentos en las estimaciones de biomasa y abundancia, sino a una estabilización en el mismo período, lo que asociado al bajo número de agregaciones detectadas durante 2015-2017 y a la cada vez menor área



de concentración del recurso en la zona de desove, reflejó una condición de hiperestabilidad, que dio sus primeras señales en 2012, cuando el recurso comienza a agregarse tardíamente y con una distribución cada vez más acotada al norte del área de estudio. A partir de 2017 se observó una disminución sostenida en los valores promedio de s_A y de la densidad relativa de las agregaciones, llegando en 2019 al menor valor observado en la serie histórica, lo que se reflejó en una disminución histórica en los estimados de abundancia y biomasa el año pasado. El año pasado el valor promedio de energía retrodispersada volvió a estar dentro de los niveles observados antes de 2012, siendo levemente superior al valor promedio de toda la serie histórica, lo que, asociado a un aumento en el número de agregaciones detectadas y un aumento en el rango de distribución de éstas, explicó en parte los importantes aumentos observados en 2020 en los estimados de biomasa y abundancia, no obstante, este año se registró una baja en el valor promedio de s_A pero manteniendo los valores de densidad, indicando una disminución en el tamaño de las agregaciones, eso asociado a la menor área prospectada podría explicar la abrupta disminución de biomasa respecto al año anterior.



7. CONCLUSIONES

- Mediante el método geoestadístico la biomasa total estimada en el crucero de evaluación del año 2021 fue de 63.232 toneladas, con un intervalo de confianza ($1-\alpha = 0,95$) que abarcó entre 53.961,6 y 72.502,8 toneladas, siendo un 39,7% menor respecto al promedio de la serie de 20 años. La fracción desovante representó el 93,6% de lo estimado con un valor de 59.189 toneladas.
- Mediante el método geoestadístico la abundancia del stock evaluado de merluza tres aletas, se estimó en 161.839.141 individuos de los cuales 108.792.183 (67,0%) fueron machos y 53.046.958 (33,0%) fueron hembras. El valor estimado de abundancia para este año aumentó en 5,0% en comparación al valor medio de la serie de 20 años.
- El valor del peso promedio total (g) de los individuos de merluza de tres aletas estudiados durante el presente crucero, fue de 16,7 g menor respecto al año 2020, y 279,5 g (58,9%) menor respecto al promedio de la serie de años comprendida entre 2001 y 2021, siendo este uno de los factores que modula los valores de abundancia observados en los últimos años.
- El recurso presentó una distribución asociada al borde de la plataforma y hasta el talud continental. El centro de gravedad de la distribución se centró en la latitud 47°05'S (Inercia de 0,1°) posición que se presentó 45,0 mn más al norte de 2020, se debe considerar la reducción del área de estudio para este año, al analizar este desplazamiento.
- La estructura de talla de merluza de tres aletas registrada en el área y período de estudio durante el 2021 se basó en 1.960 ejemplares principalmente de individuos adultos (96%), con una moda principal entre 35-49 cm, una talla media de 42 cm, predominio de los machos (67%) respecto de las hembras, y escasa presencia de juveniles (4% menores a 35 cm).
- En los años de estudio del 2001 al 2021 se ha registrado un descenso de la presencia de adultos migratorios de tallas mayores a 50 cm de 66% en el 2001 a 10% en el 2021.
- Paralelamente se ha registrado un predominio en el área de ejemplares adultos de menor tamaño entre 34-49 cm con un 90% en el 2021.
- El aumento de predominio de los machos respecto de las hembras ha sido una característica registrada con más fuerza en los últimos años, especialmente desde 2014 en adelante.
- La estructura de edades en el área, refleja que la edad mediana es un parámetro que ha descendido notablemente, registrándose en los últimos años una edad mediana del stock desovante de 4-5 años para machos y hembras.



- Los grupos modales se han acentuado hacia edades menores, correspondientes a adultos m1s j3venes que los que se presentaba hace una d3cada atr1s, lo que deja en evidencia un stock desovante deteriorado.
- En el presente crucero a1o 2021, el 85% de la abundancia estuvo sostenida por los grupos de edad II a VII, con moda en el GE V.
- La merluza de tres aletas se encontr3 en pleno proceso reproductivo tanto en el crucero I como en el crucero II, los principales estados de maduraci3n ov1rica fueron hidratadas, en madurez avanzada, desove inicial y sin presencia de atresia ov1rica. Por lo cual el evento reproductivo se realiz3 con normalidad.
- La talla de madurez sexual, se estim3 a trav3s de un ajuste de ojiva de madurez a la talla, obteni3ndose un valor de $L_{50\%}$ en 33,0 cm, valor que se mantiene sin cambio respecto al calculado durante 2019, (a1o 2020 no se logr3 estimar). Mientras que la estimaci3n de la serie 2001-2019 no present3 variaciones manteni3ndose la talla de madurez sexual en 35 cm de longitud total, correspondi3ndole a esta longitud una edad de 2,3 a1os.
- El potencial de fecundidad total promedio fue 216.148 ovocitos, valor que ubic3 en el rango de registros de a1os recientes y que mantiene la gradual tendencia al descenso de los estimados a partir de los 1ltimos a1os en la serie de evaluaciones al recurso.
- Las especies dominantes en la composici3n faun1stica del presente crucero en la zona demersal sur austral, fue merluza de tres aletas (40,0%) merluza de cola (31,6%), merluza del sur (24,5%), y un 3,9% de otras especies de fauna asociada.
- El an1lisis de clasificaci3n hist3rico (Cluster), como el m3todo de ordenaci3n ("NMDS"), sostienen que las tres especies de merluzas son los componentes faun1sticos principales del ecosistema evaluado.
- Las agregaciones de merluza de tres aletas estudiadas presentaron disminuci3n en tama1o, as1 como tambi3n en sus caracter1sticas morfom3tricas y batim3tricas asociadas, de igual forma el valor promedio de la energ1a retrodispersada, tambi3n fue menor respecto a 2020.



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.
- Balbontín, F. y S. Lillo. 1999. Madurez sexual y talla de primera madurez en hembras de la merluza de tres aletas en el sur de Chile. XIX Congreso de Ciencias del Mar, Antofagasta, mayo de 1999, pág. 70 (Libro de Resúmenes).
- Bardenet, R., Doucet, A., & Holmes, C. (2017). On Markov Chain Monte Carlo Methods for Tall Data. *Journal of machine learning research: JMLR*, 18, 1515–1557.
- 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.
- Brown, S. C., Bizzarro, J. J., Cailliet, G. M., & Ebert, D. A. (2012). Breaking with Tradition: Redefining Measures for Diet Description with a Case Study of the Aleutian Skate *Bathyraja Aleutica* (Gilbert 1896). *Environmental biology of fishes*, 95, 3–20.



- 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., 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. y Adasme, L. 2002. Descripción de la pesquería, cpue, biología, migración en la merluza de tres aletas en la zona sur austral de Chile. En: Evaluación de merluza de cola y merluza de tres aletas, FIP N° 2000-15, Tomo 2. Informe final. IFOP, 441 p.
- Céspedes, R., L. Adasme, L. Chong, V. Ojeda, L. Muñoz, H. Hidalgo, R. Bravo, L. Cid, y K. Hunt. 2007. Investigación Situación Pesquería Demersal Austral, 2006. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA. Informe final, IFOP, 198 p. (+ anexos).
- Ciechomski, J., M. Ehrlich, C. Lasta y R. Sánchez. 1981. Distribución de huevos y larvas de peces en el Mar Argentino y evaluación de los efectivos desovantes de anchoita y merluza. Contribución del INIDEP 383: 59-79.
- Clarke, K. R. y R. H. Green. 1988. Statistical design and analysis for a biological effects study. Mar. Ecol. Prog. Ser., Vol 46, pp.213-226.
- Clarke, K. R. y R. M. Warwick. 1994. Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 144p.
- Clifford, H.T. y W. Stephenson. 1975. An introduction to numerical classification. Academic Press, Inc., London, 229p.
- Cohen, D. M., T. Inada, T. Iwamoto and N. Scialabba. 1990. Gadiform fishes of the world (order Gadiformes). An annotated and illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other gadiform fishes known to date. FAO species catalogue. Vol. 10. FAO Fish. Synop. No. 125, v. 10: i-x + 1-442.
- Contreras, F., C. Canales y J. Quiroz. 2013. Informe Final Convenio "Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, Año 2013". Merluza de tres aletas, 2013. Ejecutor: IFOP - Requiriente: SUBPESCA.
- Córdova, J. y R. Céspedes. 1997. Pesca de investigación de la fluctuación interanual y comportamiento del recurso merluza de tres aletas. Informe final, IFOP, 34 p. (más tablas y figuras).



- Córdova, J., A. Saavedra, M. Espejo, V. Ojeda, L. Muñoz, L. Chong, R. Céspedes, L. Adasme, J. Oliva y E. Díaz. 2003. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza de tres aletas en su unidad de pesquería, año 2002. FIP 2002-20. Informe final. IFOP, 76 p. (+ tablas y figuras)
- Córdova, J., M. A. Barbieri, S. Lillo, 1998. Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (161p)+ anexo figs.
- 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.
- Docmac, F., Araya, M., Hinojosa, I. A., Dorador, C., & Harrod, C. (2017). Habitat Coupling Writ Large: Pelagic-derived Materials Fuel Benthivorous Macroalgal Reef Fishes in an Upwelling Zone. *Ecology*, 98, 2267–2272.
- Dunford, A. J. y G. J. Macaulay. 2006. Progress in determining southern blue whiting (*Micromesistius australis*) target strength: results of swimbladder modelling. *ICES Journal of Marine Science*, 63: 952-955.
- Dunford, Adam 2005. Correcting echo-integration data for transducer motion (L), *J Acoust. Soc. Am.* 118 (4) 2121-2123.
- Ehrlich, M., R. Sánchez, J. Ciechowski, L. Machinandarena y M. Pájaro. 1999. Documento Científico INIDEP 5: 37-65.
- Falkland Island Government. 2020. Fisheries Department Fisheries Statistics, Volume 24, 2019. 98 pp. Stanley, FIG Fisheries Department.
- Feuchtmayr, H., & Grey, J. 2003. Effect of Preparation and Preservation Procedures on Carbon and Nitrogen Stable Isotope Determinations from Zooplankton. *Rapid communications in mass spectrometry: RCM*, 17, 2605–2610.
- Foote K, G. 1987. Fish target strengths for use in echo-integrator surveys. *J. Acoust. Soc. Am.* 82, 981-7.
- Foote, K.; Knudsen, H.; Vestnes, G.; MacIennan, D. y Simmonds, J. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. ICES. Cooperative Research Report N° 144.
- 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.
- Fry, B. (2006). *Stable Isotope Ecology*.



- Fry, B. (2013). Alternative Approaches for Solving Underdetermined Isotope Mixing Problems. *Marine ecology progress series*, 472, 1–13.
- 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. Søiland, 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.
- Gorni, G. R., Loibel, S., Goitein, R., & Amorim, A. F. (2012). Stomach Contents Analysis of Swordfish (*Xiphias Gladius*) Caught off Southern Brazil: A Bayesian Analysis. *Collective volume of scientific papers. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas/Recueil de documents scientifiques. Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique/Colección de documentos científicos. Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico*, 68, 1594–1600.
- 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.
- Kiljunen, M., Grey, J., Sinisalo, T., Harrod, C., Immonen, H., & Jones, R. I. (2006). A Revised Model for Lipid-Normalizing $\Delta\delta C$ Values from Aquatic Organisms, with Implications for Isotope Mixing Models. *Journal of Applied Ecology*, 1213–1222.
- 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
- Kuhnert, P. M., Duffy, L. M., Young, J. W., & Olson, R. J. (2012). Predicting Fish Diet Composition Using a Bagged Classification Tree Approach: A Case Study Using Yellowfin Tuna (*Thunnus Albacares*). *Marine biology*, 159, 87–100.
- 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, 1995. 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 mediana utilizada en la captura de merluza de tres aletas. Informe final, IFOP, 20 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 ichthyoplankton 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.
- McCarthy, M. (2007). *Bayesian Methods for Ecology*. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, ed.
- McCutchan, J. H., Lewis, W. M., Kendall, C., & McGrath, C. C. (2003). Variation in Trophic Shift for Stable Isotope Ratios of Carbon, Nitrogen, and Sulfur. *Oikos*.
- 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.
- Ojeda, V, M. Miranda, L. Muñoz. 2020. Estructura de edad en la captura del recurso: Merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*). Reg. 2020-I-D8. En: Proyecto Asesoría Integral Para la Toma de Decisiones en Pesca y Acuicultura, 2019. Actividad: Demersal. Pesquería Demersal Industrial.
- 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. C., Phillips, D. L., Bearhop, S., Semmens, B. X., Ward, E. J., Moore, J. W., ... Inger, R. (2013). Bayesian Stable Isotope Mixing Models. *Environmetrics*, 24, 387–399.
- Parnell, A., & Inger, R. (2016). Stable Isotope Mixing Models in R with Simmr. *Stable isotope mixing models in R with simmr*.



- 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.
- Pethybridge, H. R., Choy, C. A., Polovina, J. J., & Fulton, E. A. (2018). Improving Marine Ecosystem Models with Biochemical Tracers. *Annual review of marine science*, 10, 199–228.
- 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 peches 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 Francais de Recherche scientifique pour le developement en cooperation. 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.
- Quinn, G. P., & Keough, M. J. (2002). *Experimental Design and Data Analysis for Biologist*. Cambridge University Press.
- 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. Ciechowski 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 espèces 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 temporal 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.
- Smircich, M. G., Strayer, D. L., & Schultz, E. T. (2017). Zebra Mussel (*Dreissena Polymorpha*) Affects the Feeding Ecology of Early Stage Striped Bass (*Morone Saxatilis*) in the Hudson River Estuary.
- Takeda M. 1986. Crustacea Decapoda. In: Nakamura I (ed.). Important fishes trawled off Patagonia, pp. 318-343. Japan Marine Fishery Resource Research Center, Tokyo.
- Vargas, R., J. Legua, R. Céspedes, V. Ojeda, M. Lichtenberg, S. Klarian, M. Hernández, C. Salas, D. Riquelme, C. Cárcamo y A. Saavedra. 2018. 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. 2017. Convenio de desempeño 2017. Subsecretaría de Economía y EMT. 152 pp + Anexos.
- Vargas R., J. Legua, V. Ojeda, R. Céspedes, M. Lichtenberg, S. Klarian, F. Vargas, C. López, J. Julca, I. Quintanilla, A Saavedra. 2019. 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. Informe final. Convenio de Desempeño 2018. IFOP.
- Vargas R., J. Legua, V. Ojeda, R. Céspedes, M. Lichtenberg, S. Klarian, F. Vargas, C. López, J. Julca, I. Quintanilla, A Saavedra. 2020. Evaluación del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en las aguas exteriores entre las regiones de los Lagos y de Magallanes y la Antártica Chilena: Sección III. Merluza de tres aletas. SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT. Informe final. Convenio de Desempeño 2019. IFOP. 78 pp.
- Vargas R., J. Legua, J.C. Saavedra, V. Ojeda, R. Céspedes, M. Miranda, L. Muñoz, M. Lichtenberg, S. Klarian, C. cárcamo, I. Quintanilla, F. Fernandoy, S. Curaz, J. Vargas y A Saavedra. 2021. Evaluación del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en las aguas exteriores entre las regiones de Los Lagos y Magallanes y la Antártica chilena, año 2020: Sección III. Merluza de tres aletas. SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT. Informe final. Convenio de Desempeño 2020. IFOP: 85 p.
- 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.
- Welch, D. y Foucher. 1988. A maximum likelihood methodology for estimating length-at-maturity with application to pacific cod (*Gadus macrocephalus*) populations dynamics. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45:333-343.
- 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.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

F I G U R A S



Figura 1. Buque fábrica "Cabo de Hornos", en el cual se desarrolló el crucero de evaluación. Fotografía gentileza de Adrián Ibieta Figueroa, Tecnólogo Dpto. Evaluaciones Directas, IFOP.

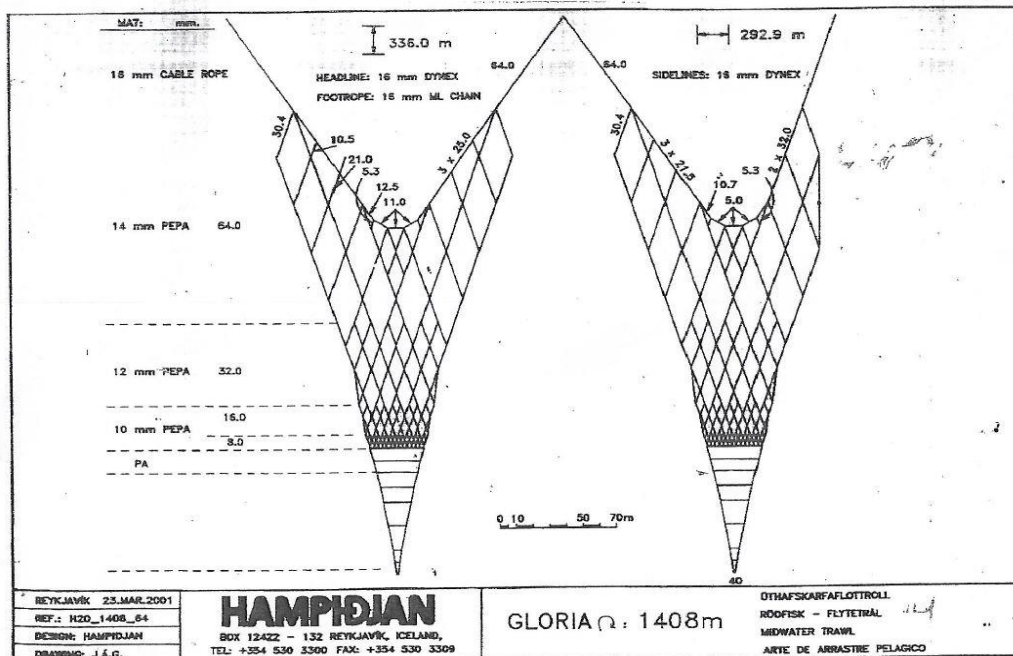


Figura 2. Red de arrastre Gloria 1408 utilizada en los lances de pesca del crucero.

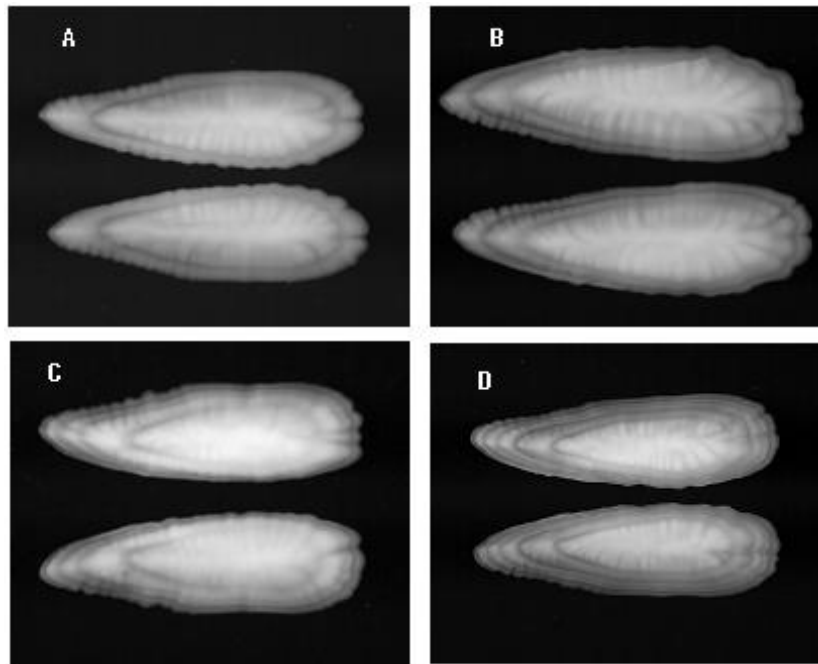


Figura 3 Otolitos de merluza de tres aletas en que se observan los *annuli*. **A:** Lp=31 LO=12,3 E=2; **B:** Lp=35 LO=14,0 E=3; **C:** Lp=41 LO=14,4 E=4; **D:** Lp=42 LO=15,6 E=5 (Lp=Longitud pez en cm; LO=longitud Otolito en mm; E=Edad).

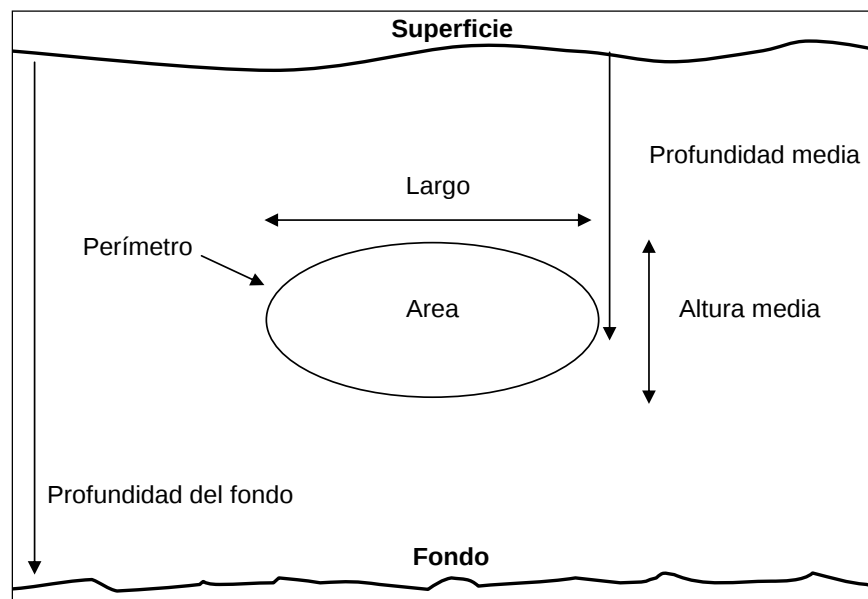


Figura 4. Descriptores morfológicos y batimétricos de una agregación

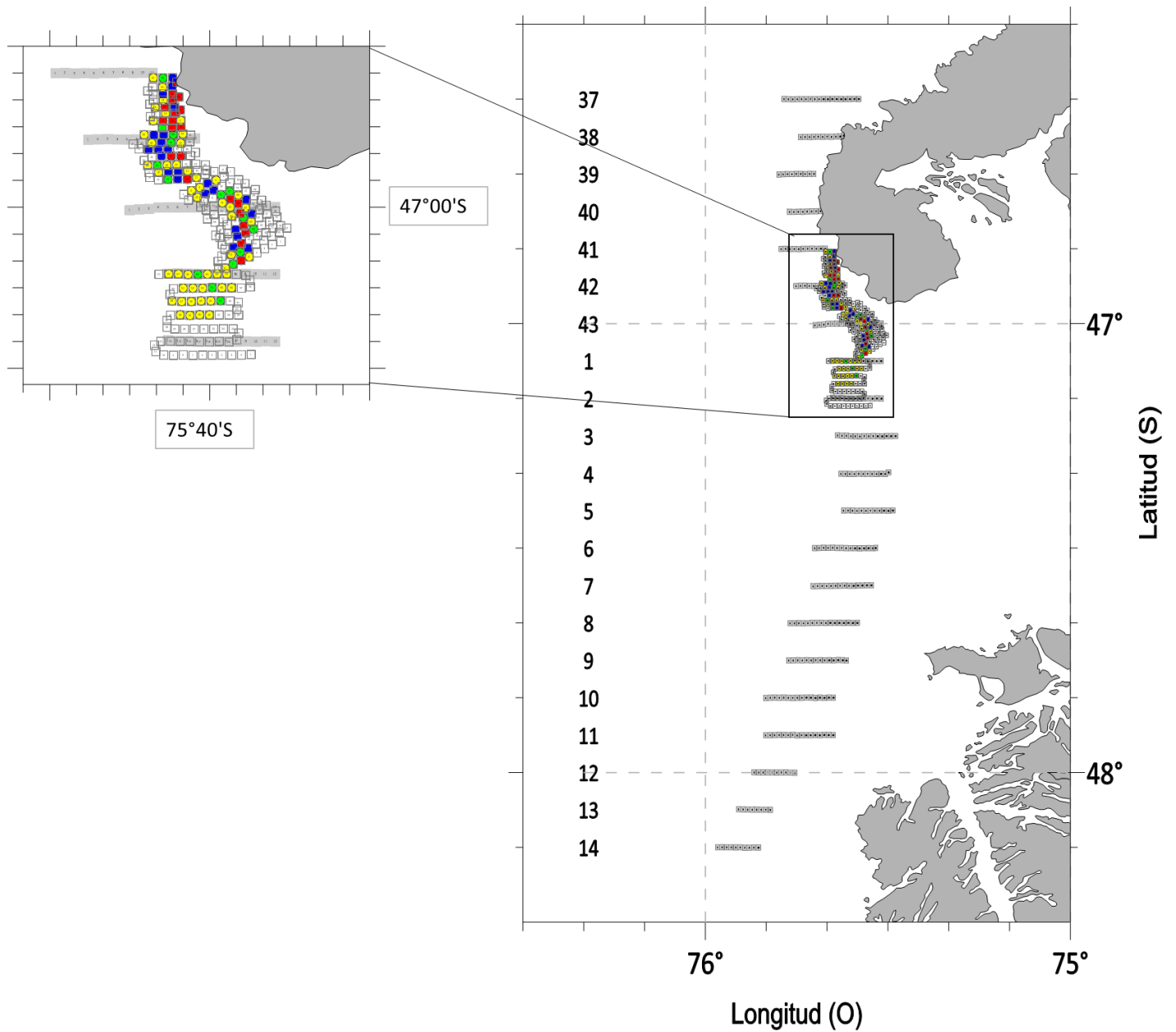


Figura 5. Localización de las transectas de muestreo hidroacústico intensivo exploratorio, en el área de desove histórico, 2021

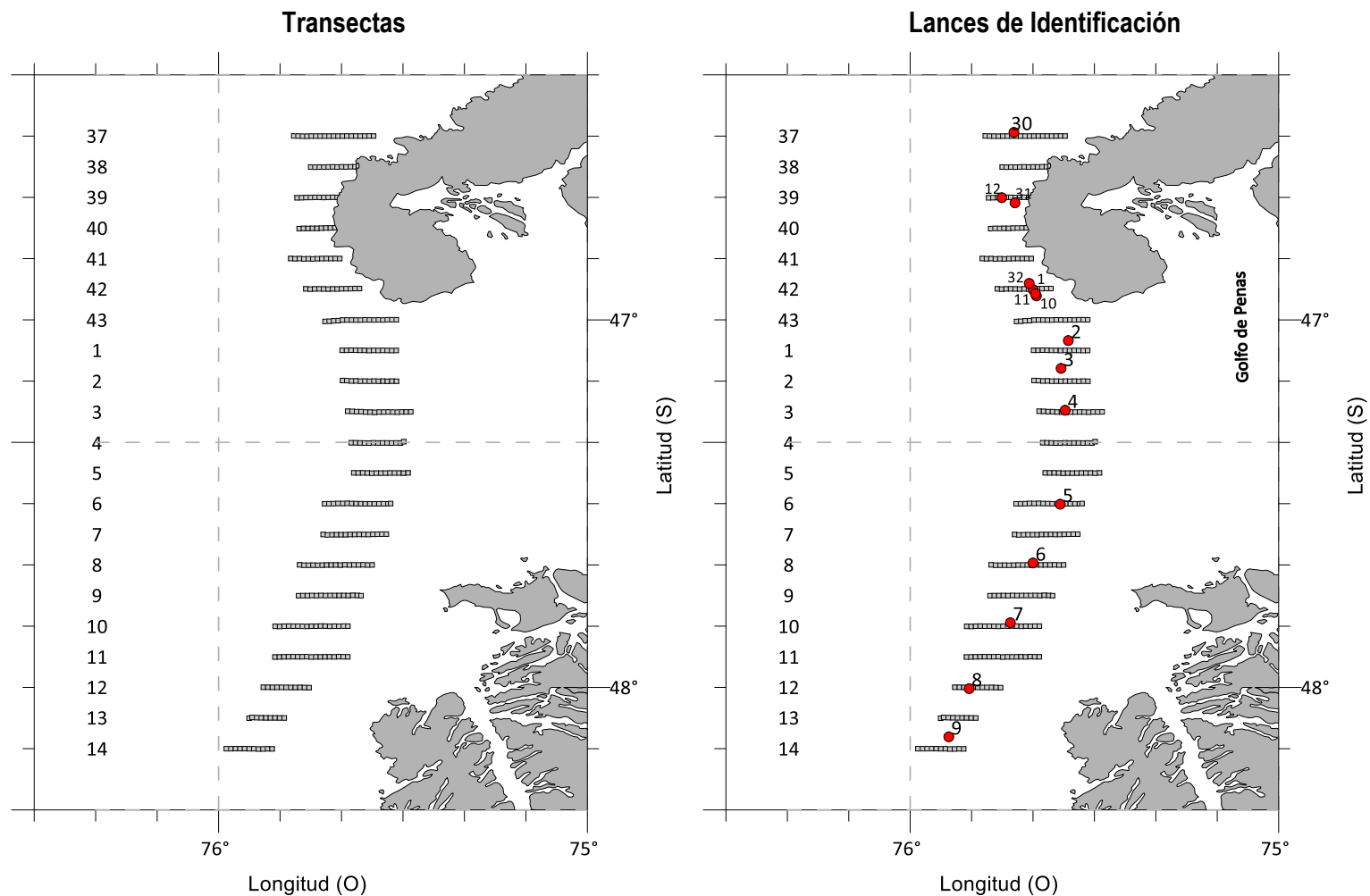


Figura 6. Ubicación espacial de las transectas de muestreo hidroacústico y lances de pesca de identificación, 2021.

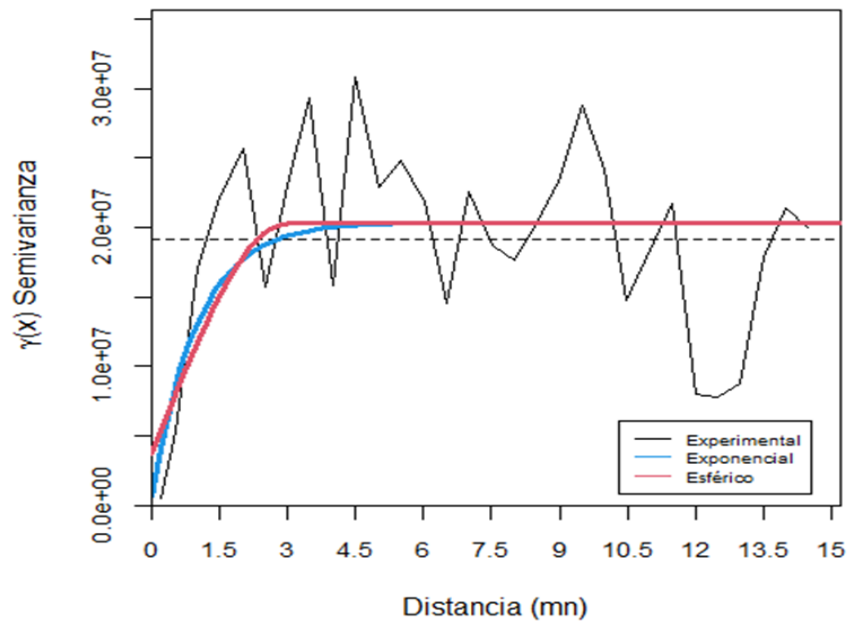


Figura 7. Semivariograma de merluza de tres aletas. Dirección omnidireccional, para la zona total.

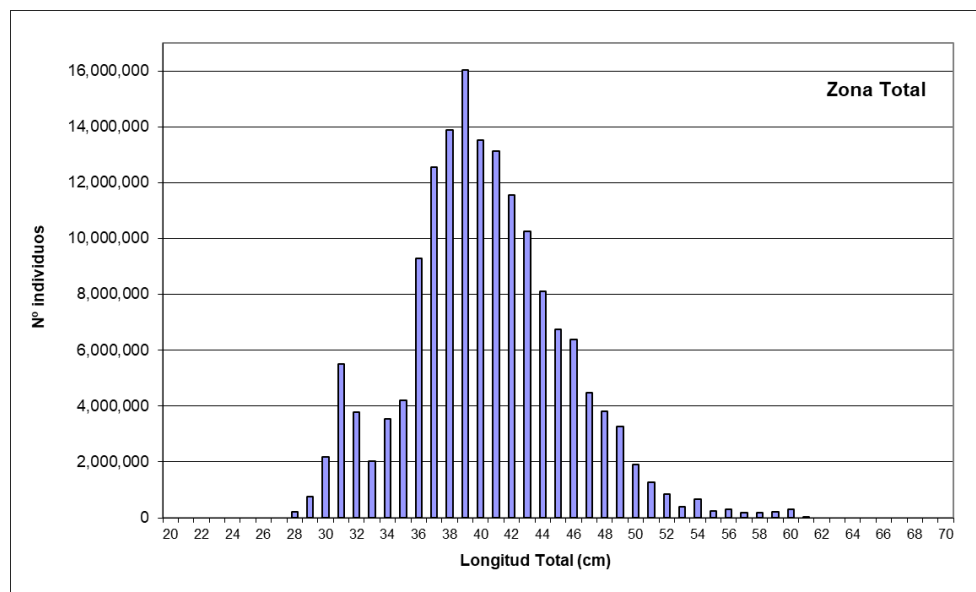


Figura 8. Distribución de frecuencia de la Abundancia Total de merluza de tres aletas.

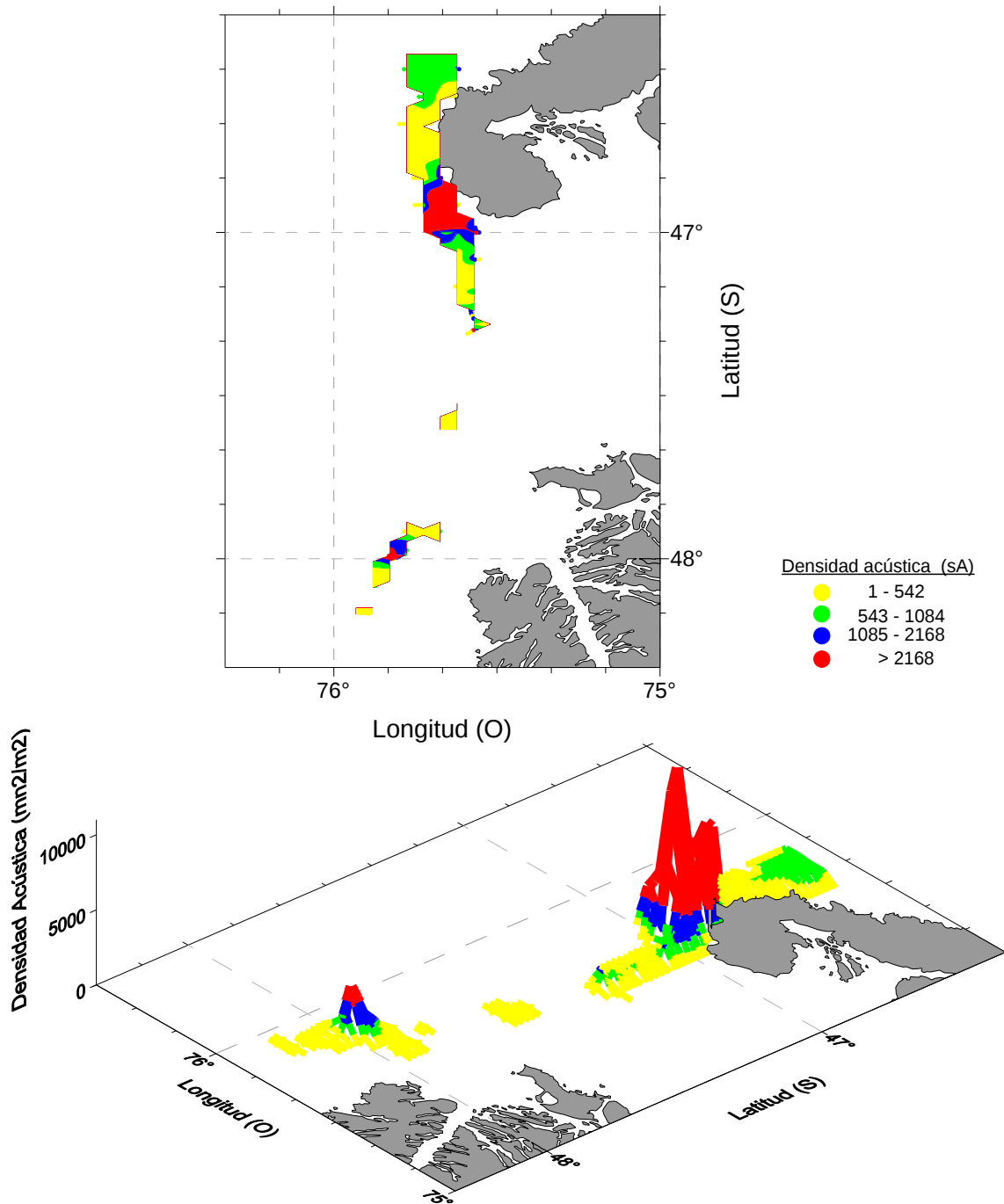


Figura 9. Distribución espacial de la densidad de merluza de tres aletas, total área estudio, crucero 2021.

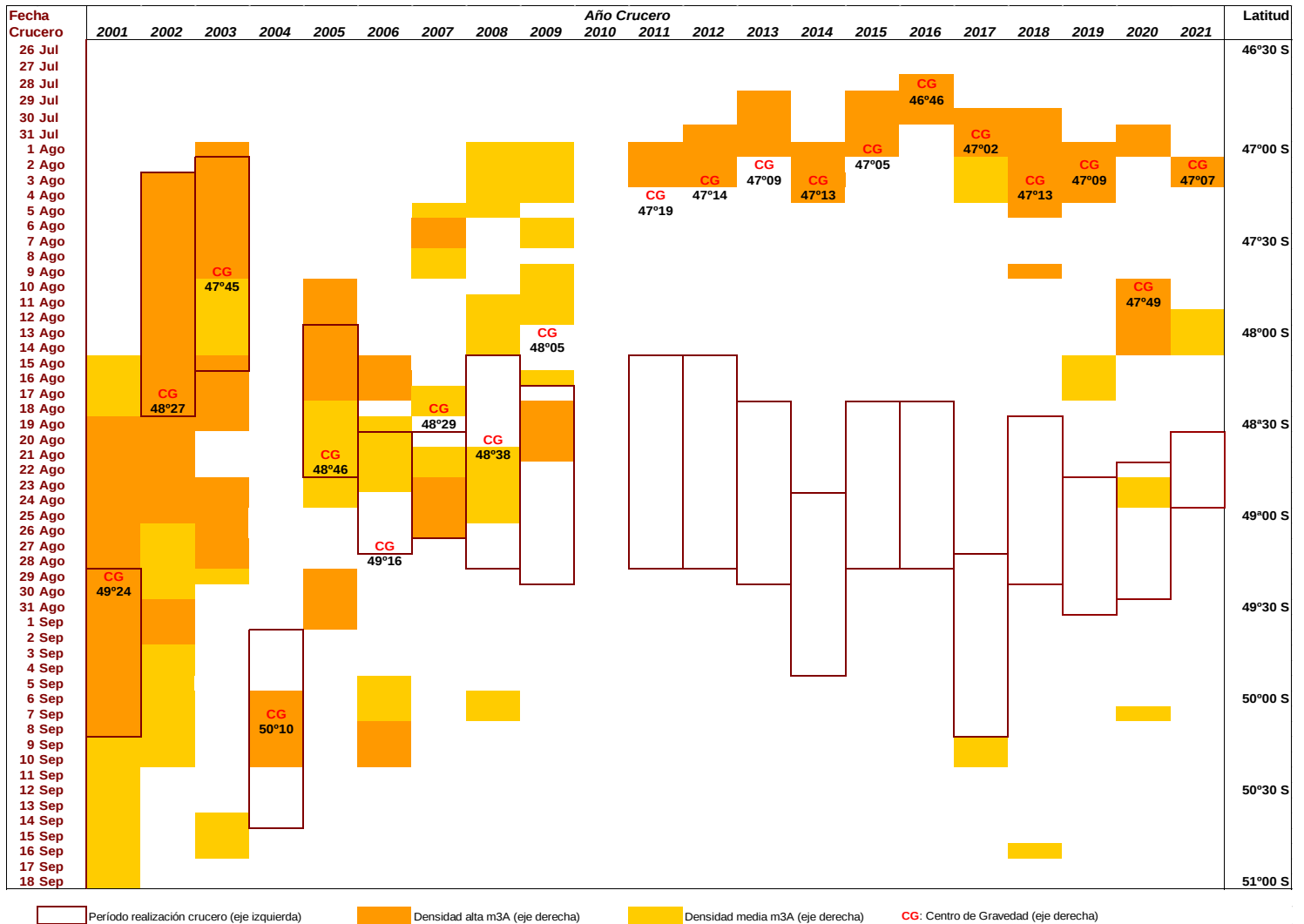


Figura 10. CG, distribución merluza de tres aletas, períodos de realización de cruceros y distribución latitudinal de mayores densidades acústicas de merluza de tres aletas, período 2001-2021.

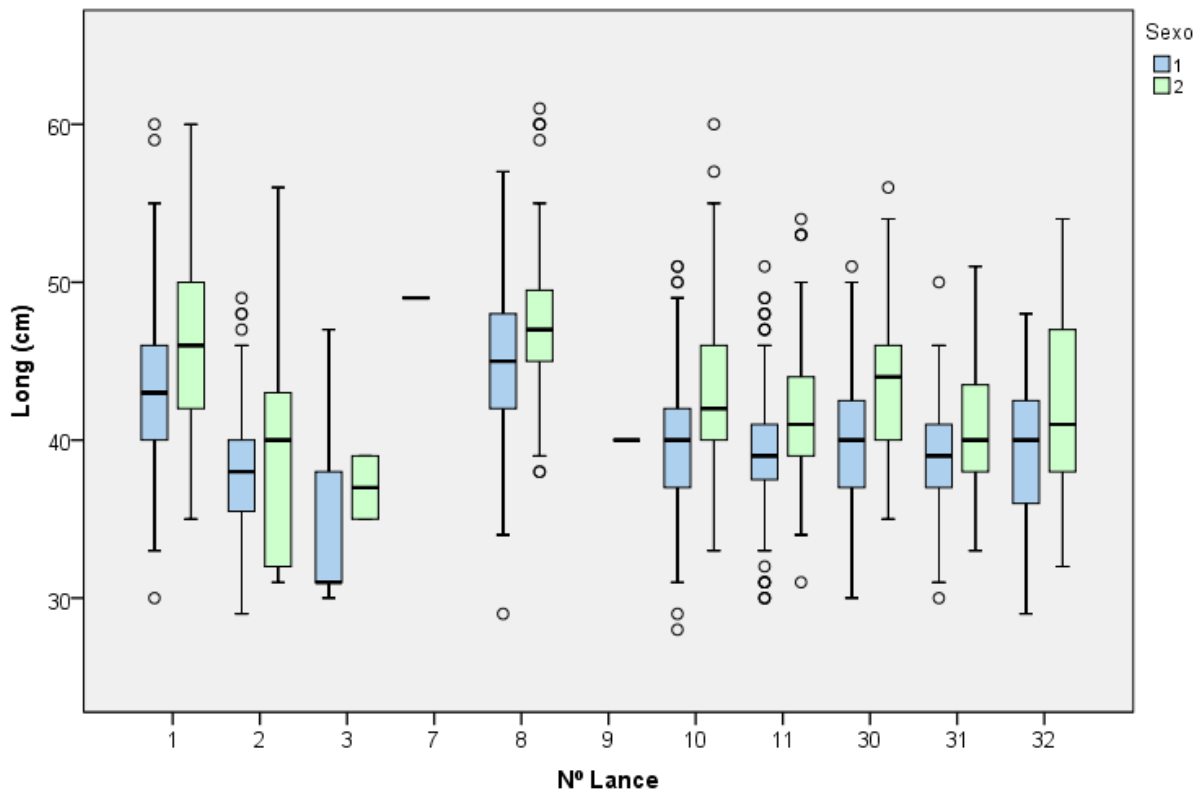
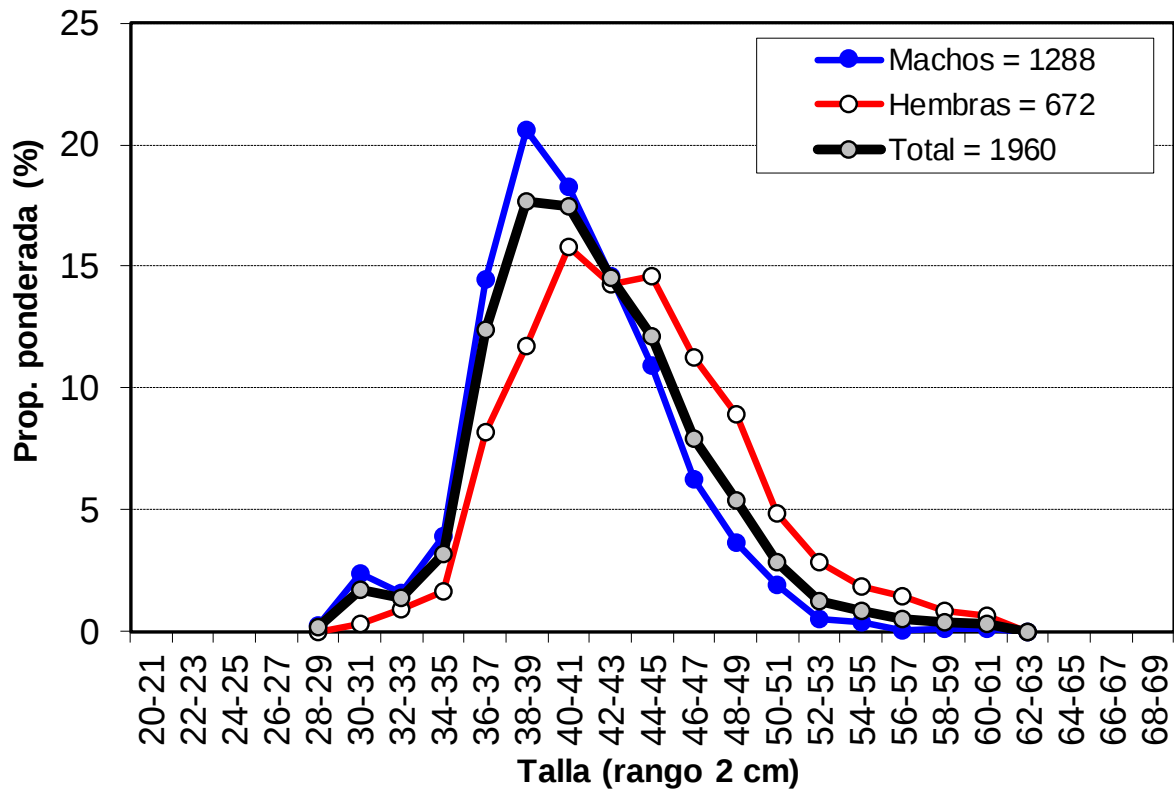
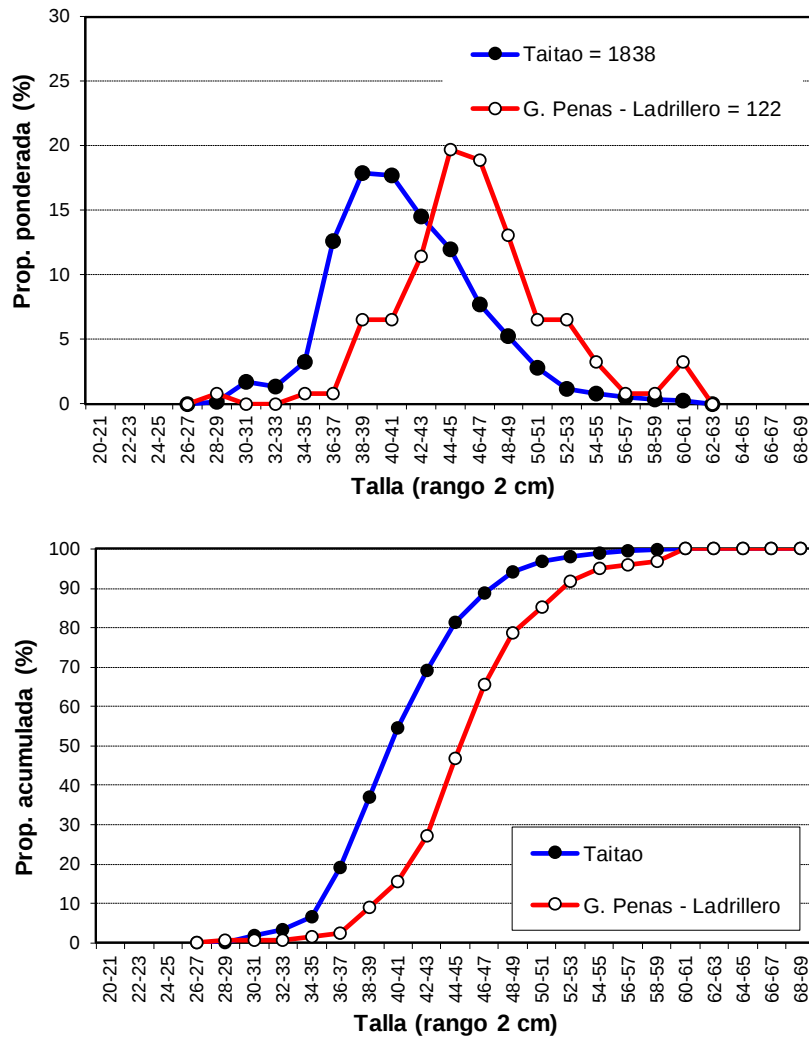


Figura 11. Rango de longitudes y tendencia central del muestreo biológico, por sexo, asociado a cada lance de pesca, crucero 2021. (1=machos, 2=hembras).



Indicador	Macho	Hembra	Total
n	1288	672	1960
Mín. (cm)	28	31	28
Máx. (cm)	60	61	61
Prom. (cm)	40,7	43,6	41,6
D. est. (cm)	1,5	2,1	1,3
% < 35 cm	5,7	1,9	4,4
Prop. Sex. (%)	69,4	30,6	100

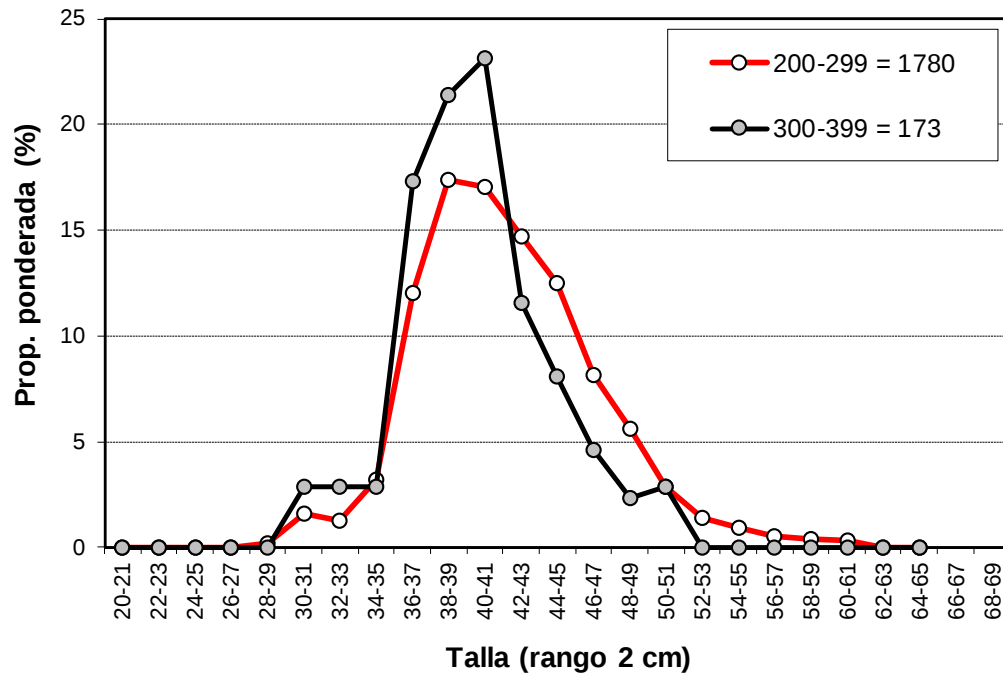
Figura 12. Distribución de talla por sexo de merluza de tres aletas para el período de estudio.



Indicador	Taitao	G. Penas - Ladrillero
n	1838	122
Prom. (cm)	41,5	46,3
D. est. (cm)	1,2	0,7
% < 35 cm	4,5	1,6
Macho (%)	68	51
Hembra (%)	32	49

Taitao	45°30' - 47°29' S
G. Penas - Ladrillero	47°30' - 48°10' S

Figura 13 Distribución de talla de merluza de tres aletas por área histórica.



Indicador	200-299	300-399
n	1780	173
Prom. (cm)	41,7	40,0
D. est. (cm)	1,3	0,0
% < 35 cm	4,2	7,5
Macho (%)	68,8	47,4
Hembra (%)	31,2	52,6

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.

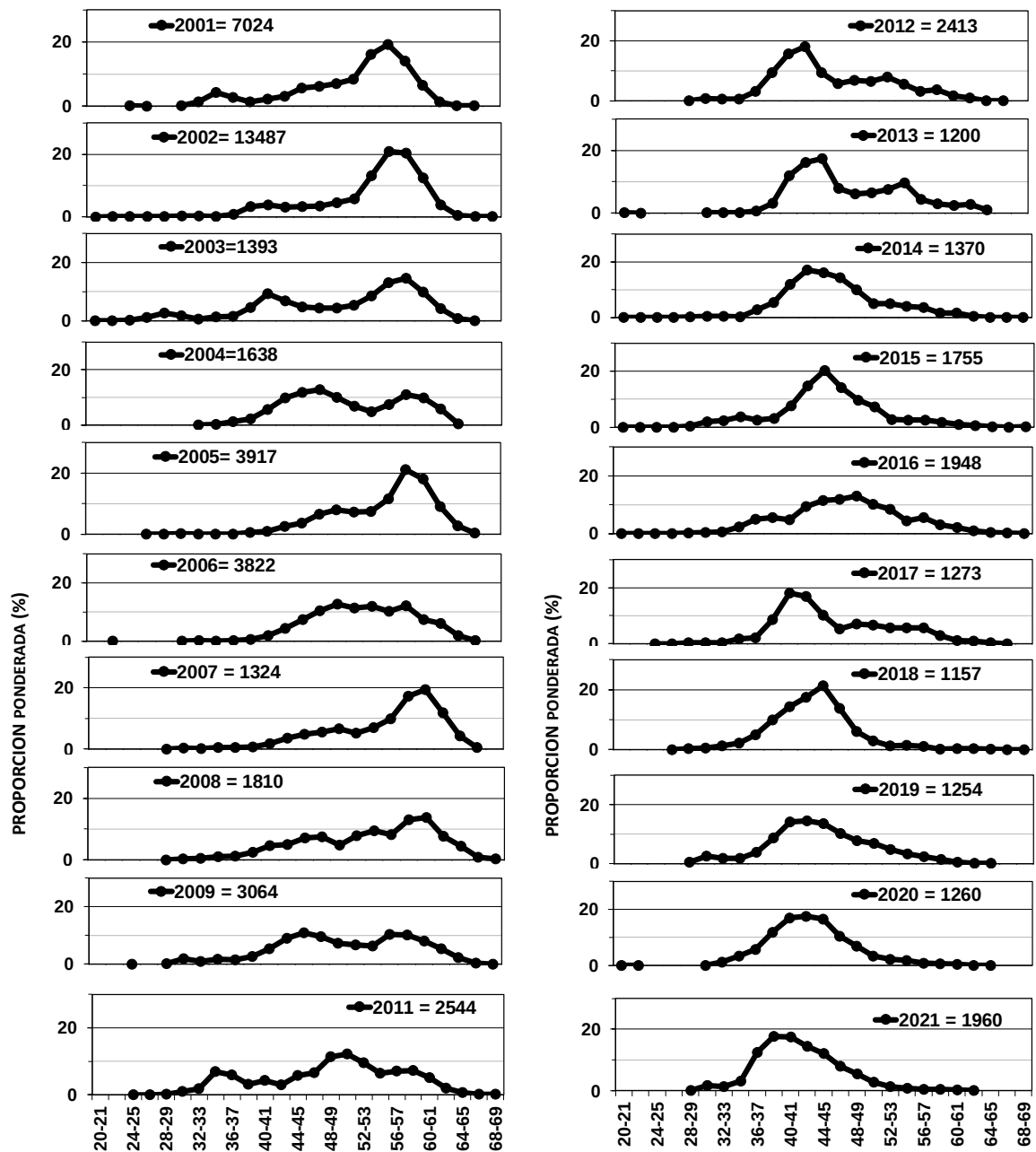


Figura 15 Distribución relativa de la talla de merluza de tres aletas para los cruceros hidroacústicos entre 2001 a 2009 y 2011 a 2021.

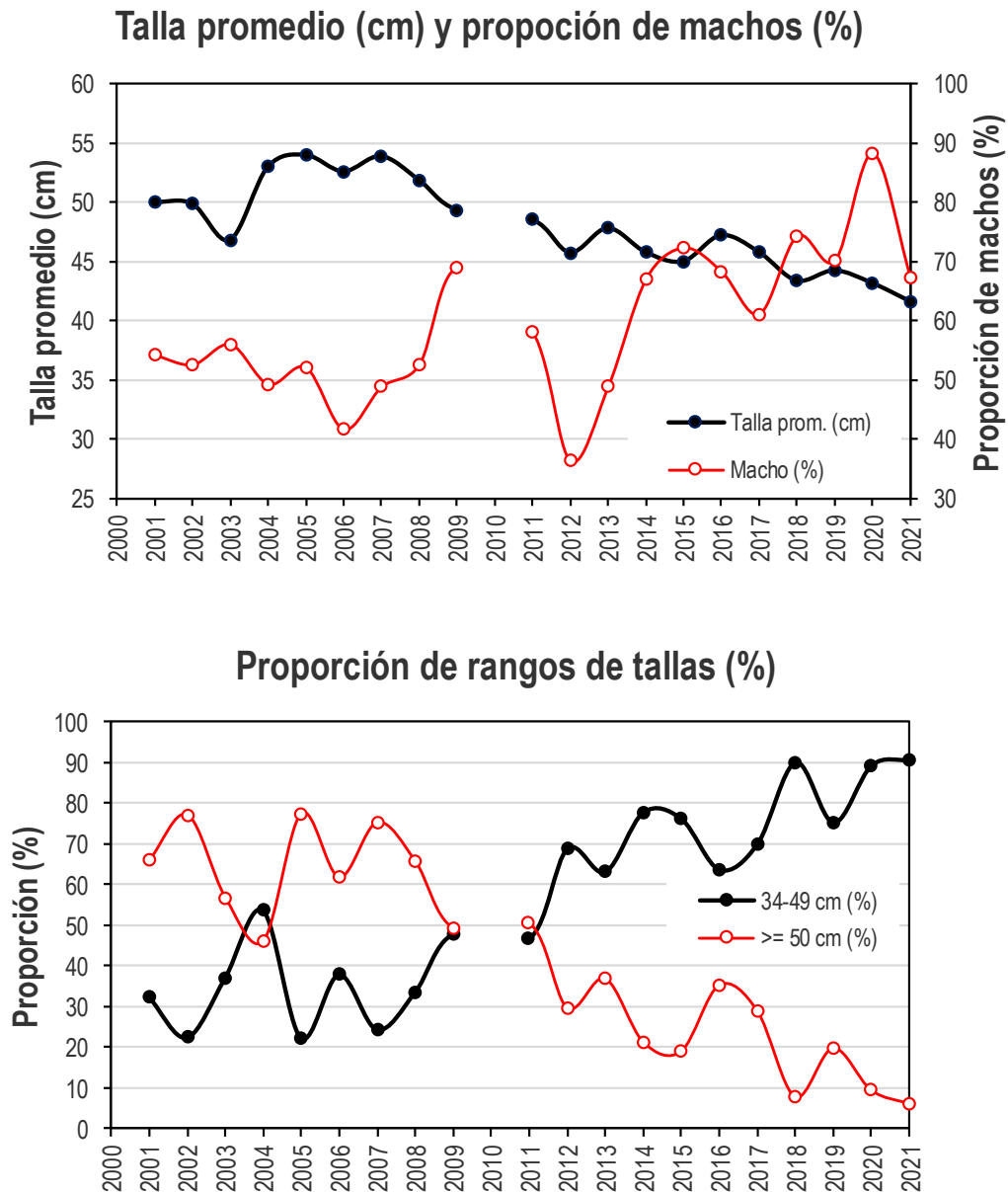


Figura 16 Distribución de los estadísticos históricos de la talla de merluza de tres aletas para los cruceros hidroacústicos 2001 a 2009, 2011 a 2021.

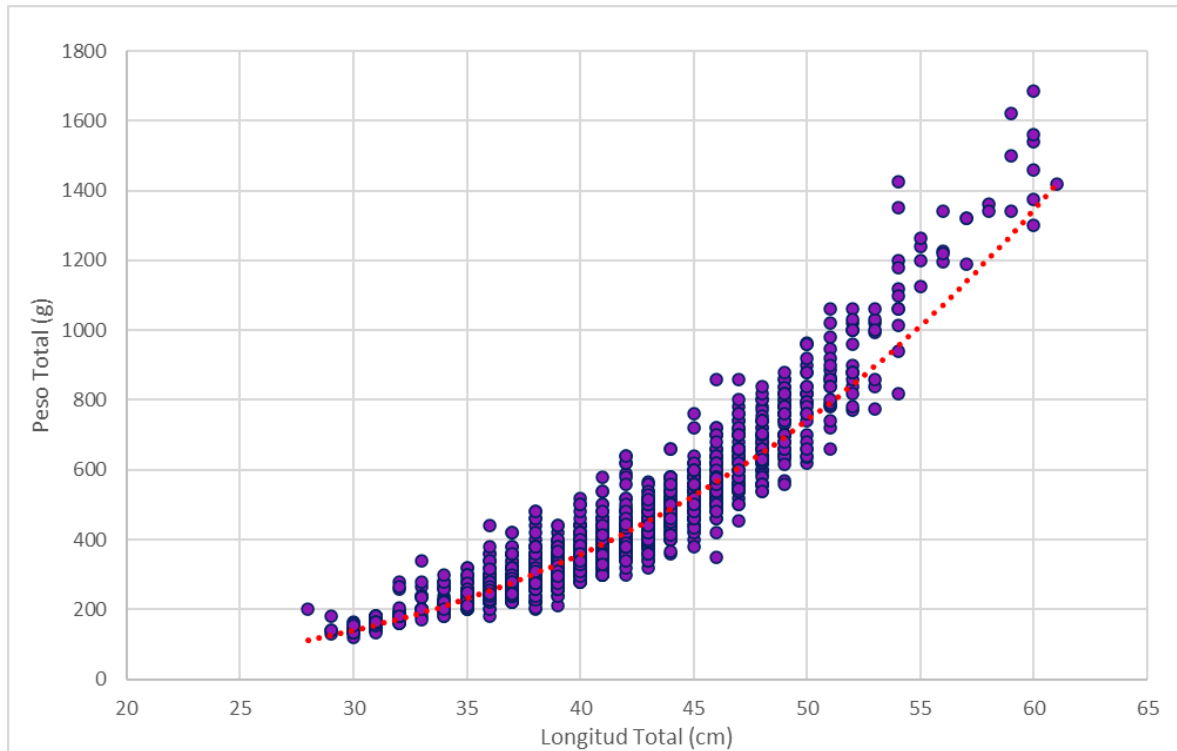


Figura 17 Dispersión de los datos peso-longitud para merluza de tres aletas. Crucero 2021.

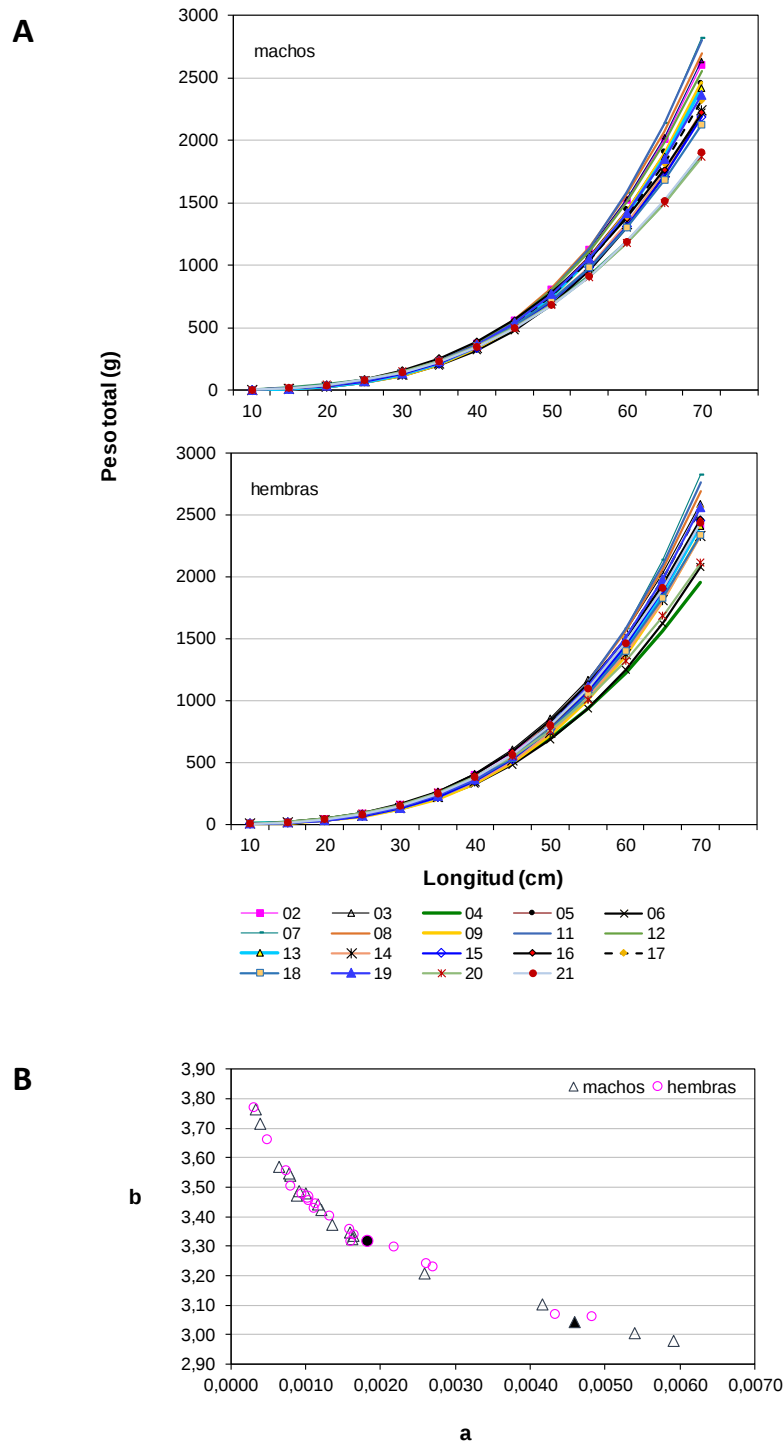


Figura 18. Curvas teóricas de función peso - longitud estimadas para merluza de tres aletas por sexo (A) y representación de los parámetros “a” (intercepto) y “b” (pendiente) de esta relación (B) en el período 2002 – 2021.

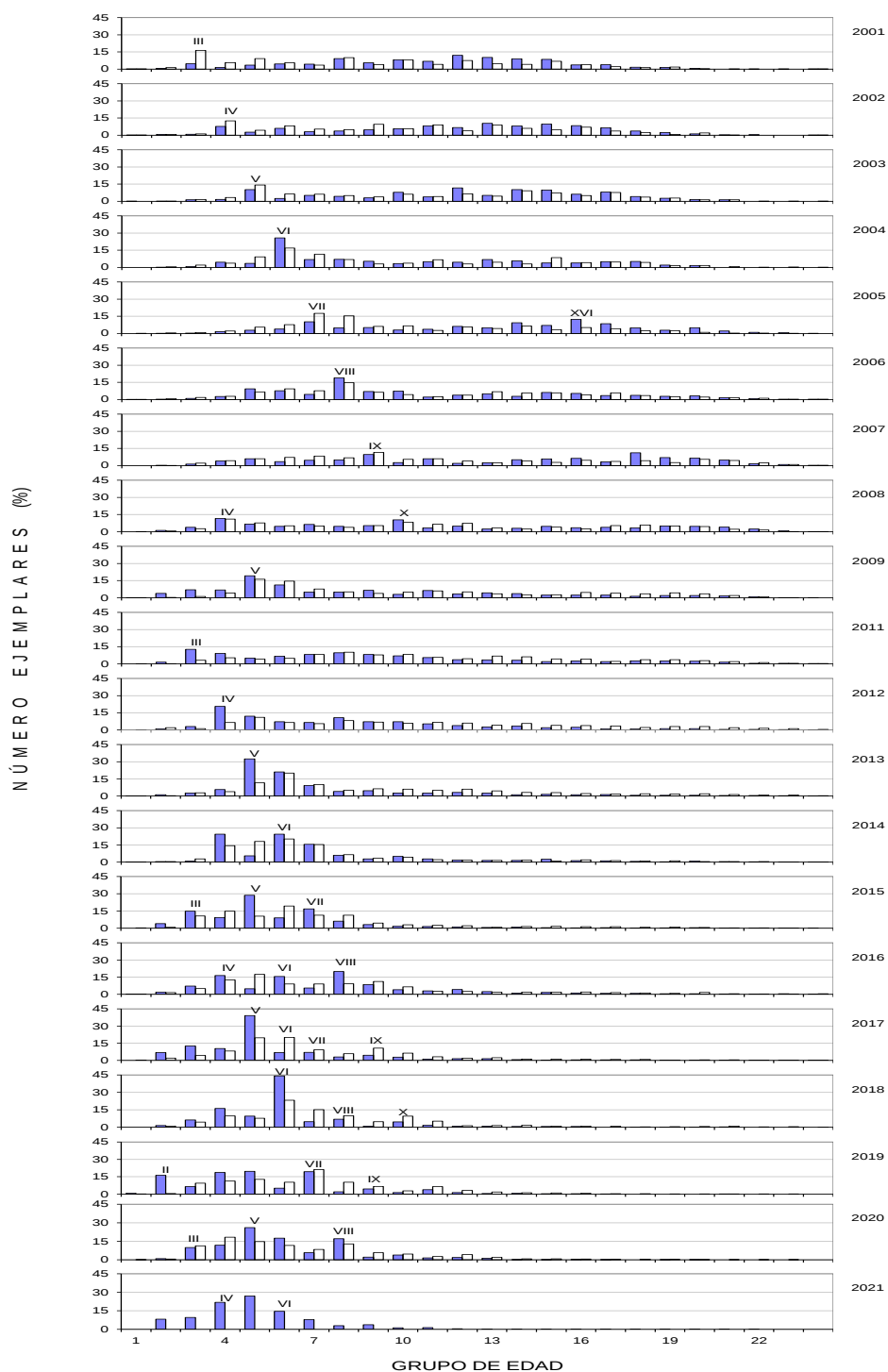


Figura 19 A Estructura de la abundancia y la captura en número por grupo de edad de merluza de tres aletas, en porcentaje. Período 2001-2021. Barras vacías corresponden a pesquería; barras achuradas corresponden a cruceos de investigación.

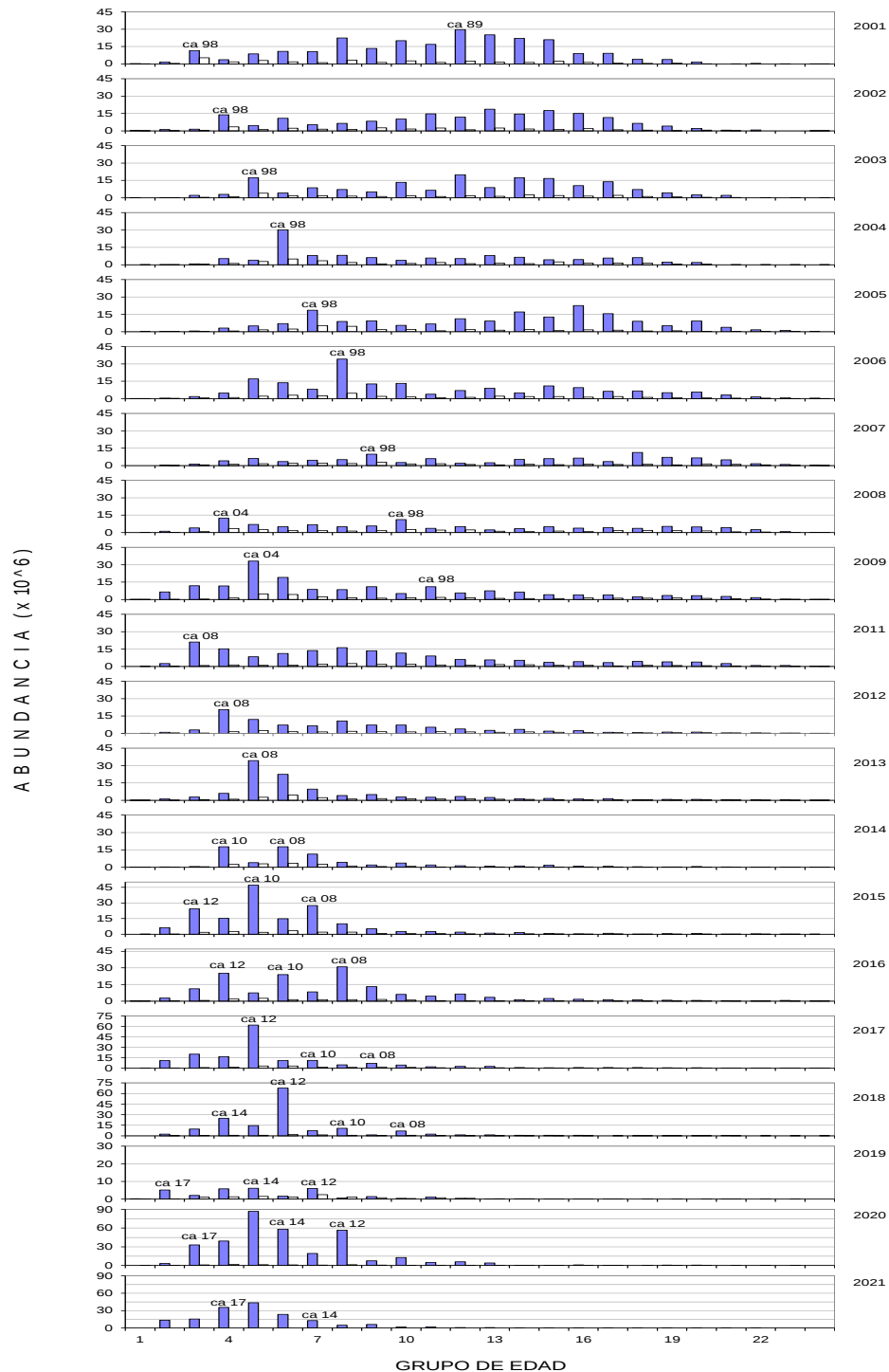


Figura 19 B. Estructura de la abundancia y la captura en número por grupo de edad de merluza de tres aletas, en número. Período 2001-2021. Barras vacías corresponden a pesquería; barras achuradas corresponden a cruceros de investigación.

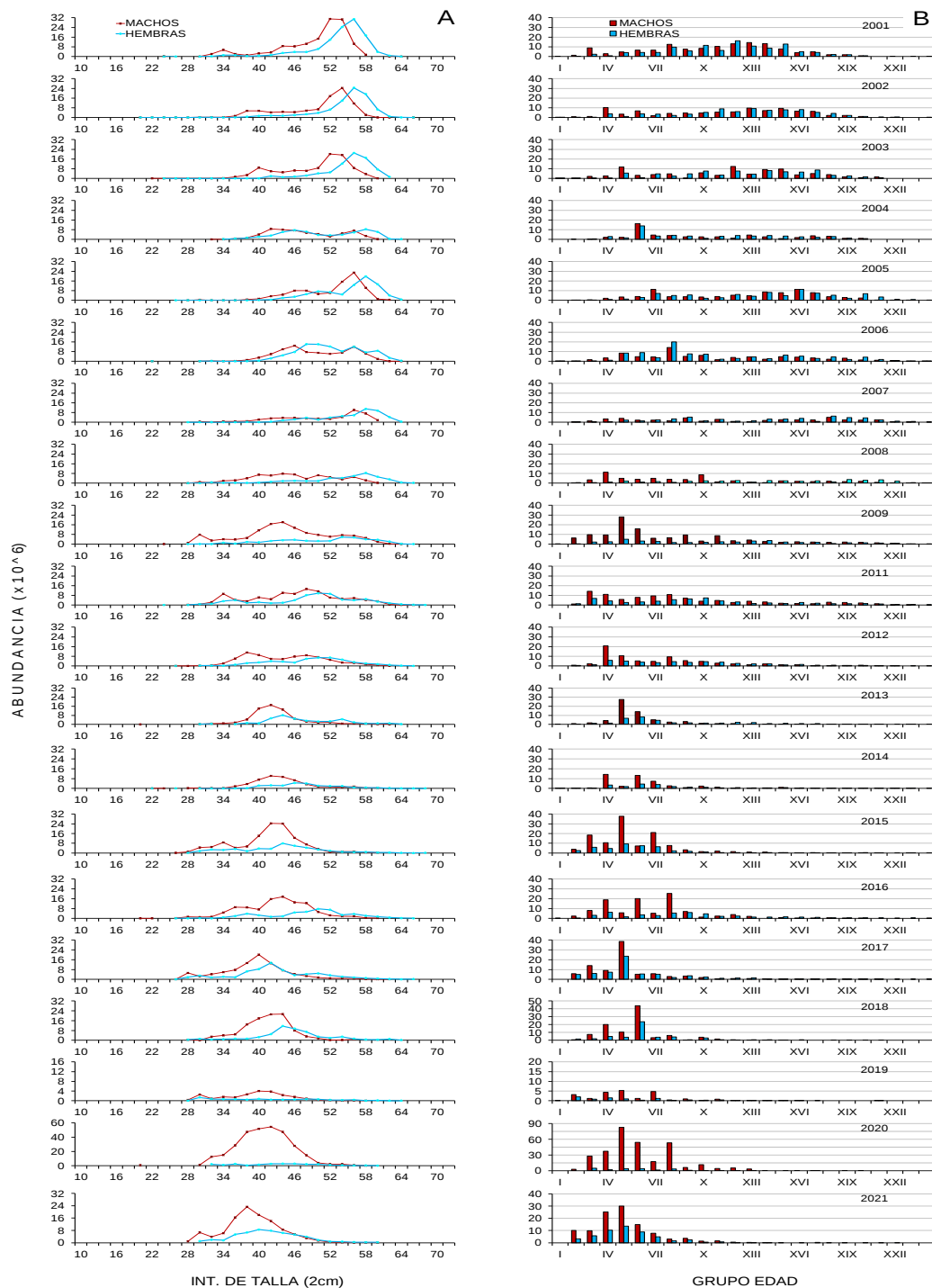


Figura 20 Distribución de la abundancia por clases de talla (columna A de gráficos) y por GE (columna B de gráficos) registrada en los cruceros de evaluación de merluza de tres aletas. Período 2001-2021.

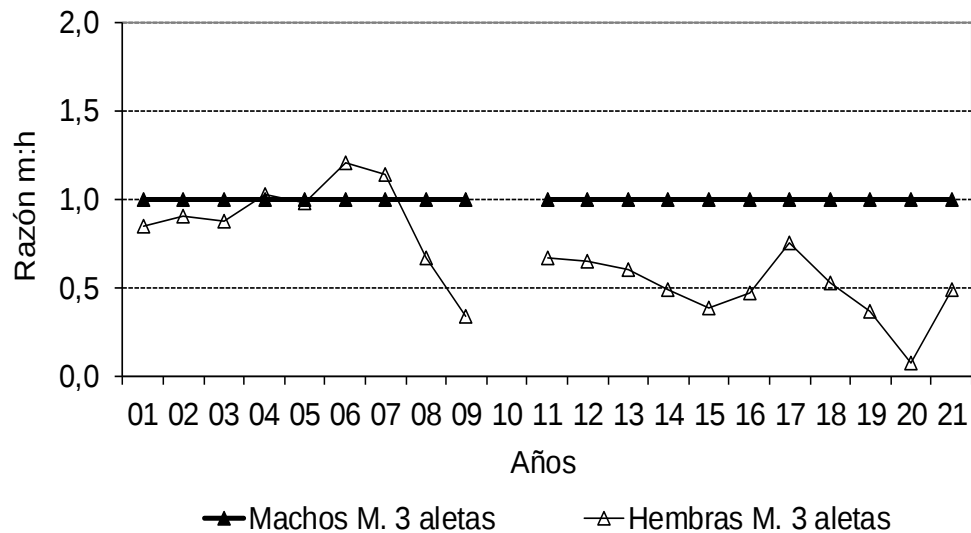


Figura 21 Razón entre machos y hembras de merluza de tres aletas, presente en la abundancia en el período de desove, período 2001 - 2021.

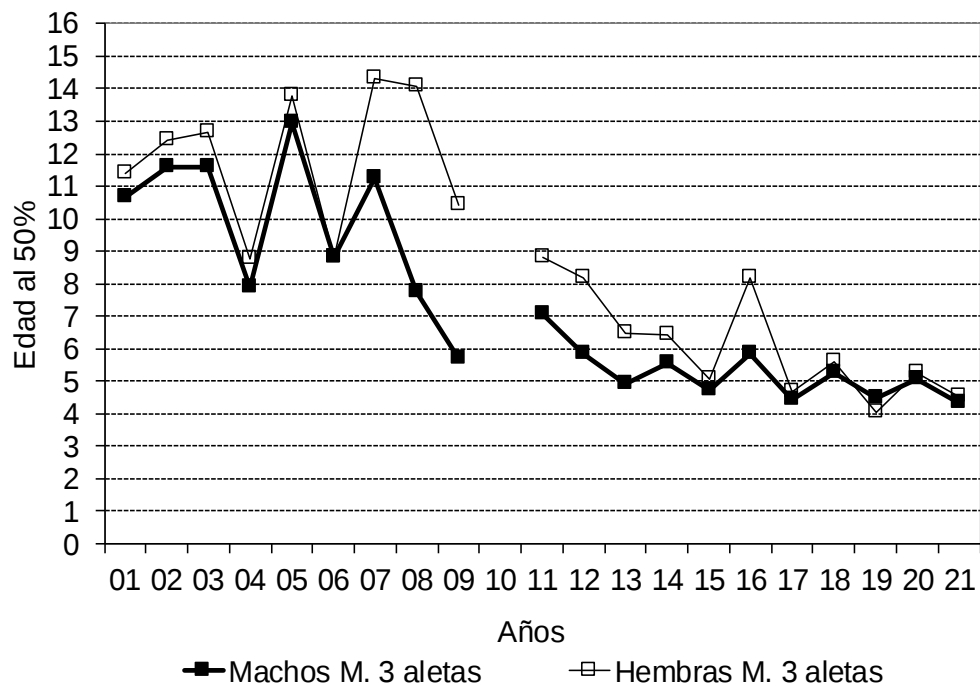


Figura 22 Edades medianas de merluza de tres aletas, por sexo, presente en los cruceros de evaluación del stock desovante, período 2001 - 2021.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

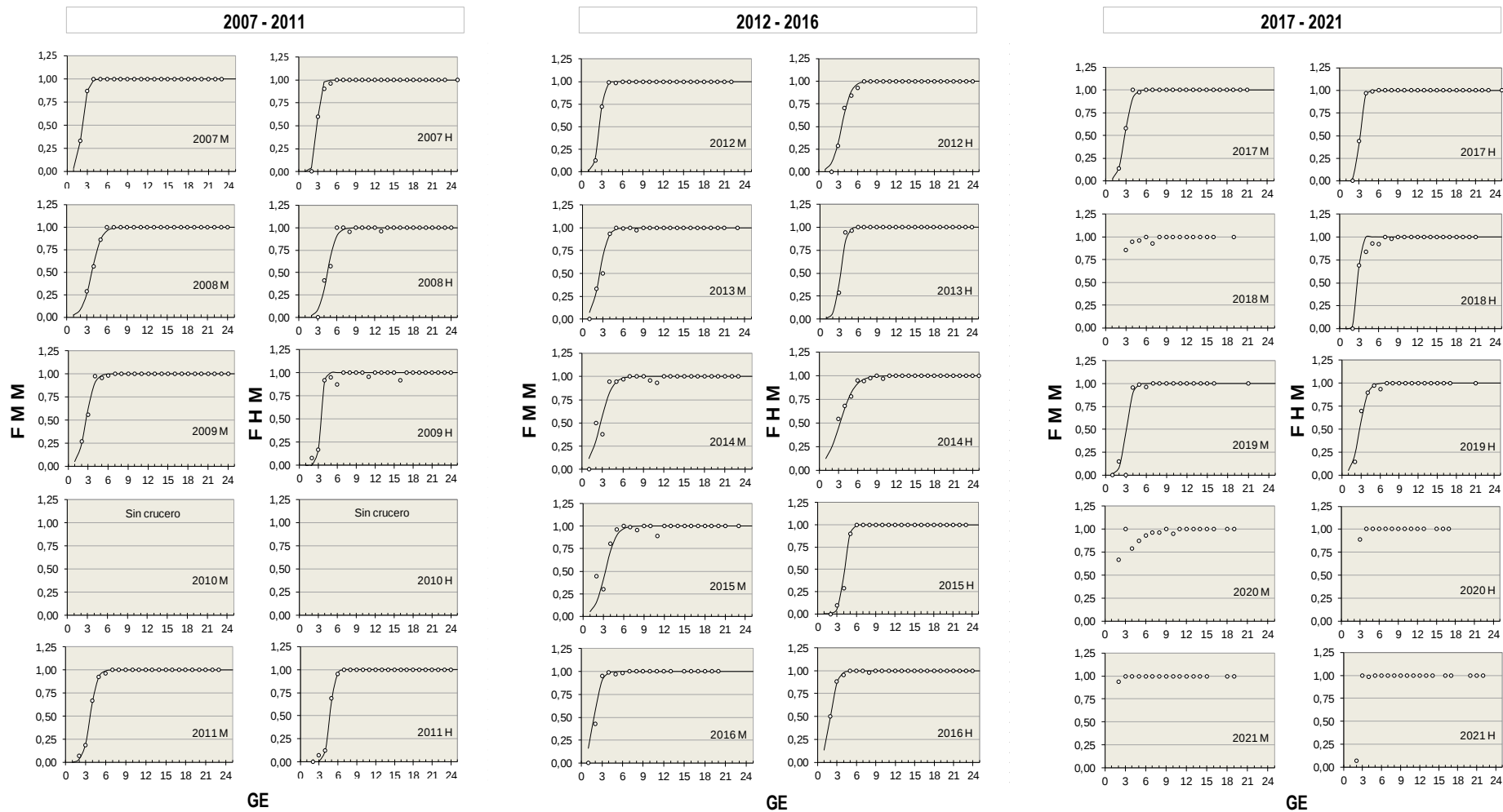


Figura 23 Fracción de merluza de tres aletas (machos y hembras) maduros, según grupos de edad, en los cruceros entre los años 2007 – 2021.

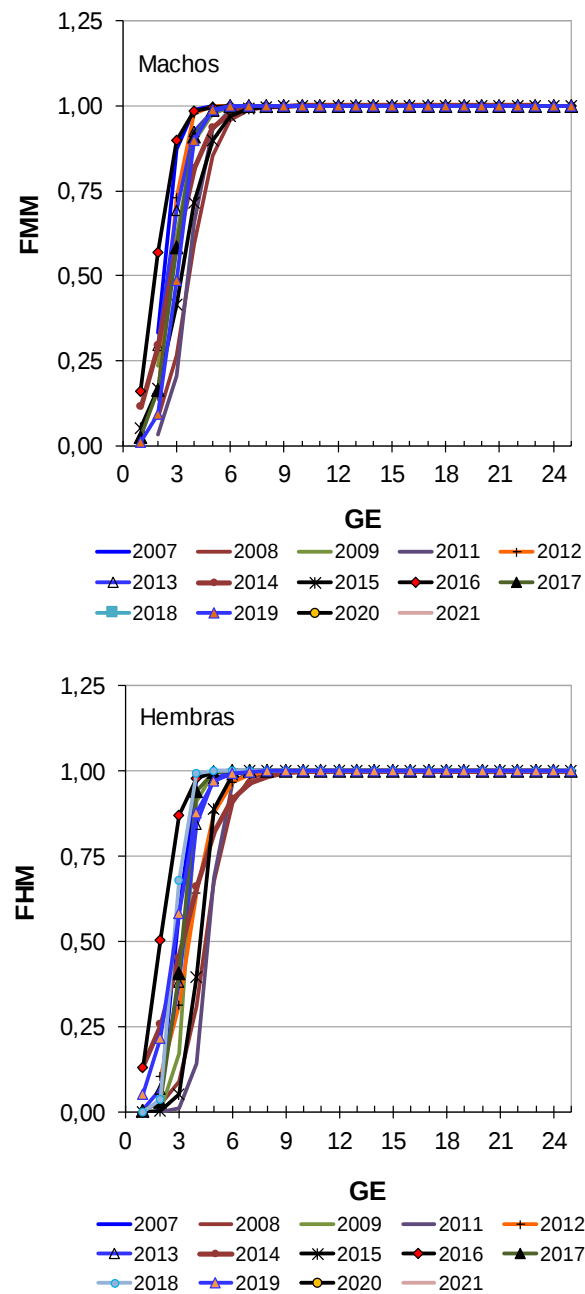


Figura 24 Curvas de madurez estimadas para merluza de tres aletas (machos y hembras), según grupos de edad y estados de madurez macroscópicos, en los cruceros de evaluación años 2007 a 2021. Data 2020-2021, con escasos registros inmaduros en peces jóvenes, no se incluyó en ajuste. FMM: fracción de machos maduros; FHM: fracción de hembras maduras.

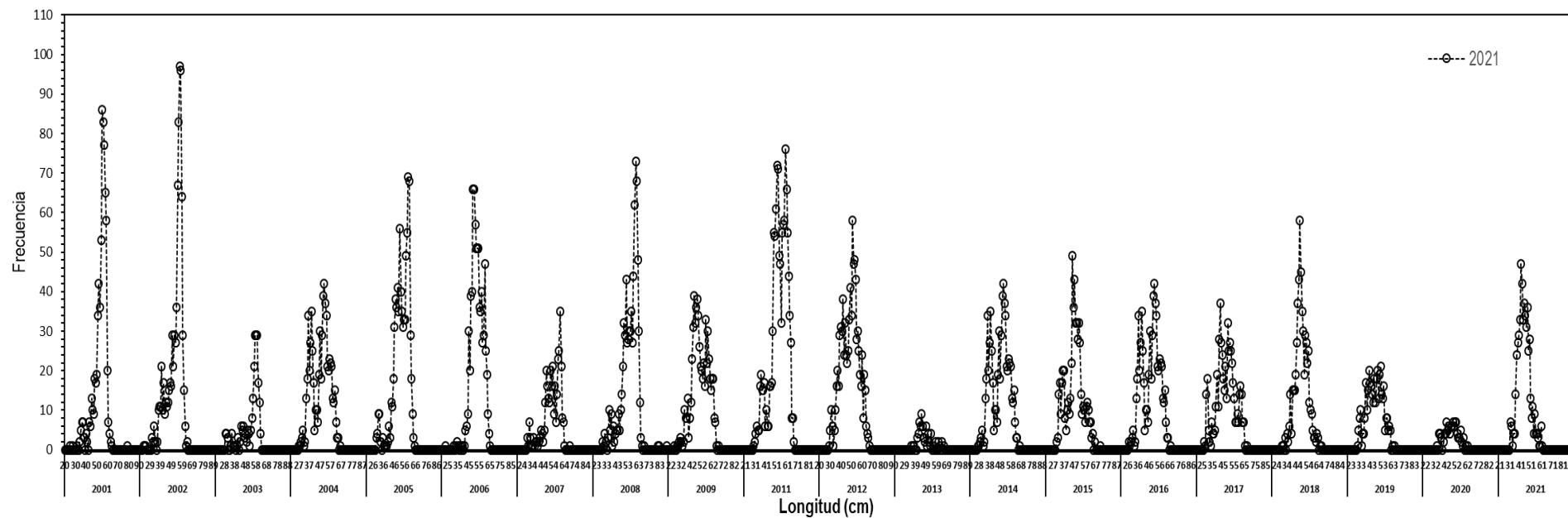


Figura 25. Serie histórica 2001-2021 de la frecuencia de estructura de tallas en hembras.

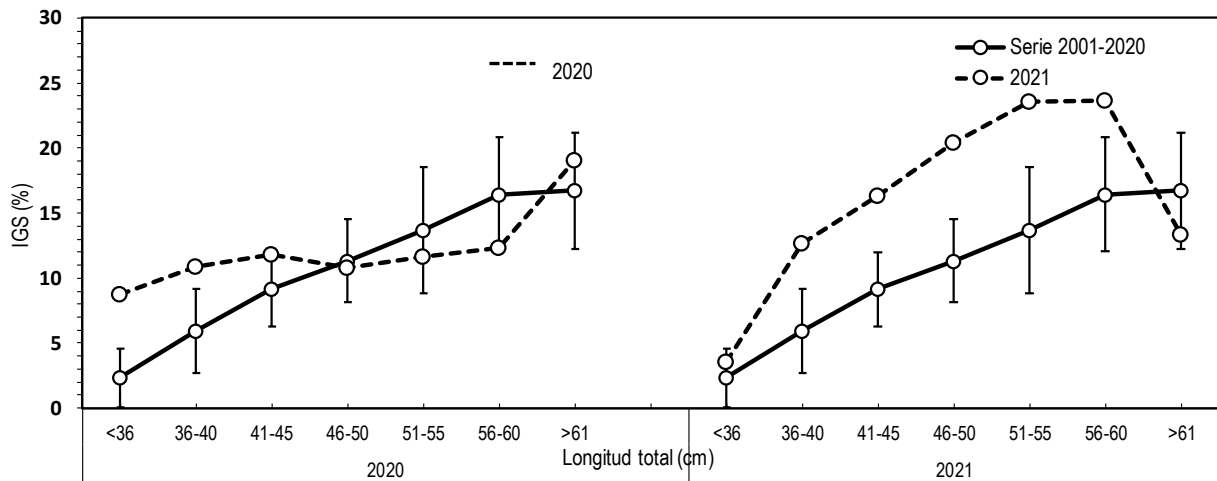


Figura 26. Evolución del índice gonadosomático (IGS) de las hembras a través de los distintos estratos de tallas y comparados con la tendencia de su serie promedio 2001-2020 en los cruceros 2020 y 2021.

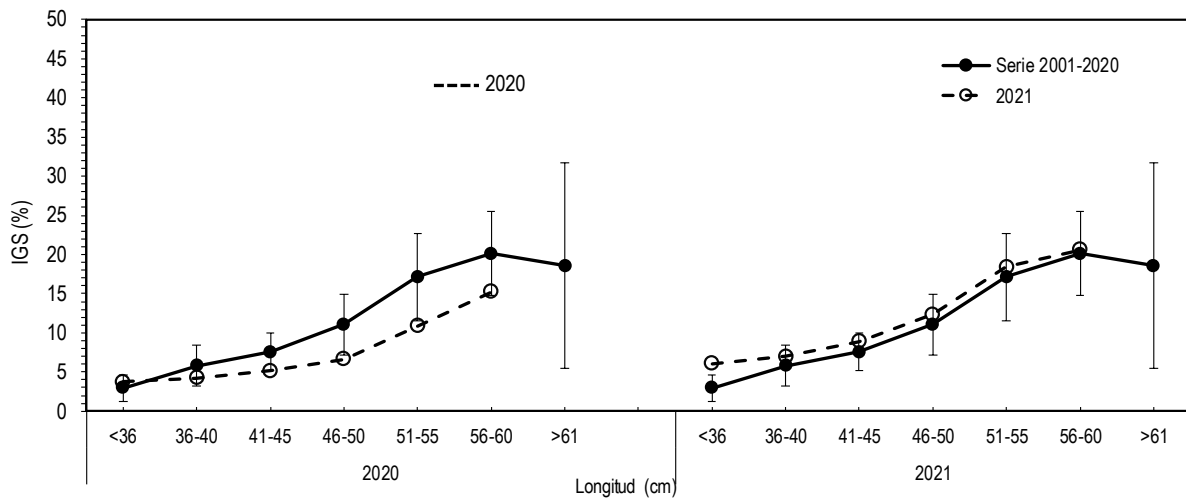


Figura 27. Evolución del índice gonadosomático (IGS) de los machos a través de los distintos estratos de tallas y comparados con la tendencia de su serie promedio 2001-2020 en los cruceros 2020 y 2021.

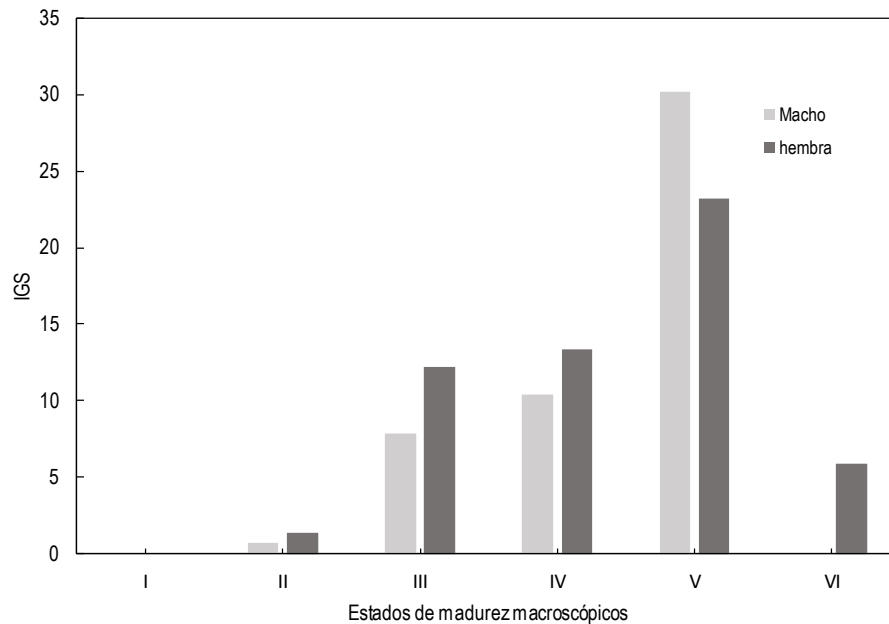


Figura 28. Índice gonadosomático de machos y hembras respecto del estado de madurez macroscópico, crucero 2021.

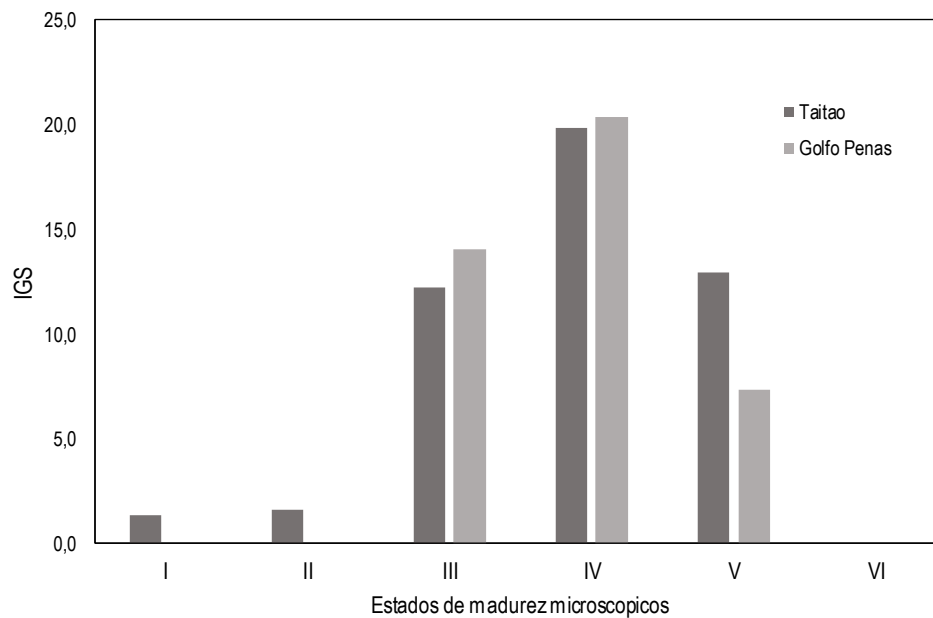


Figura 29. Incidencia de IGS en hembras con respecto a fases microscópicas de madurez gonadal por subzonas, crucero 2021.

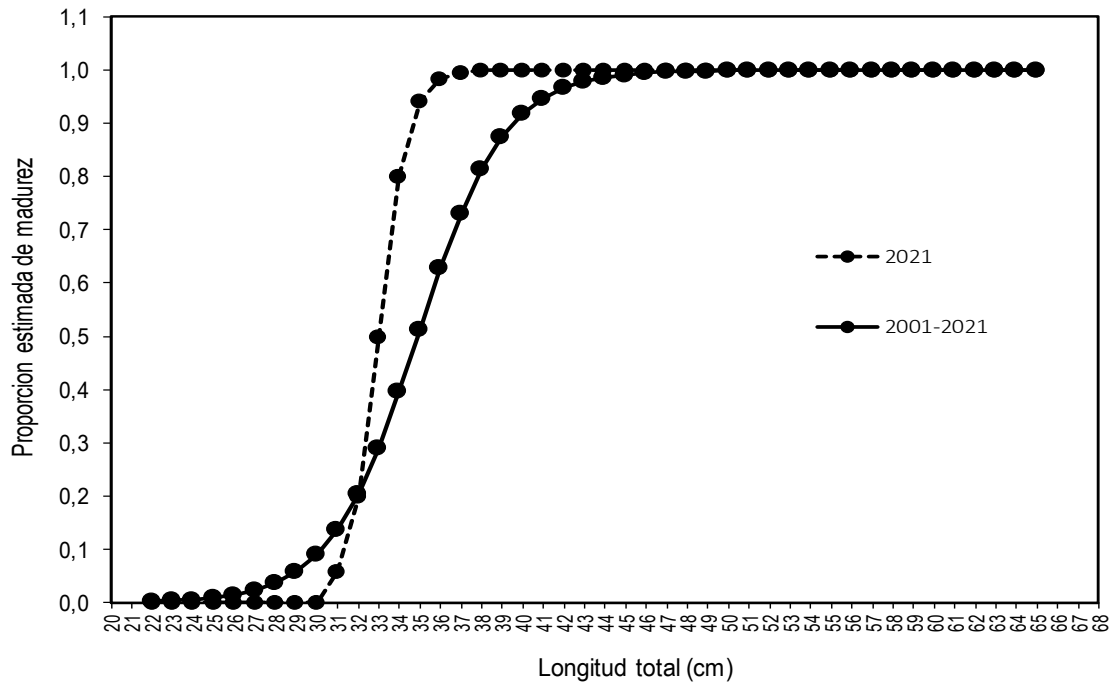


Figura 30. Ajuste a la talla $L_{50\%}$ del cruceo 2021 y serie de tiempo 2001-2021.

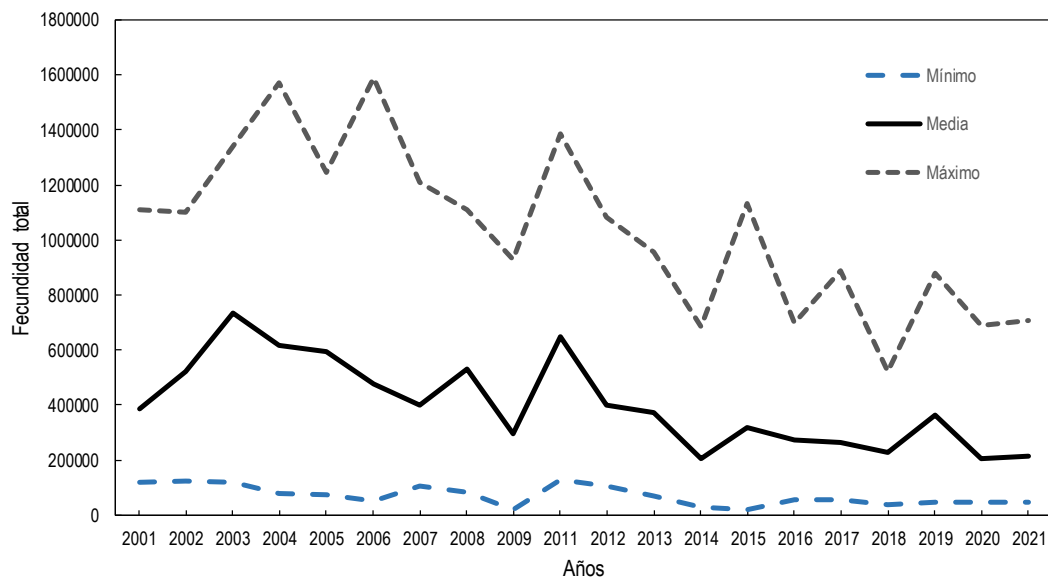


Figura 31. Fecundidad total a través de la serie de tiempo 2001-2021, comparación de las máximas, mínimas y promedio del indicador de fecundidad, cruceo 2021.

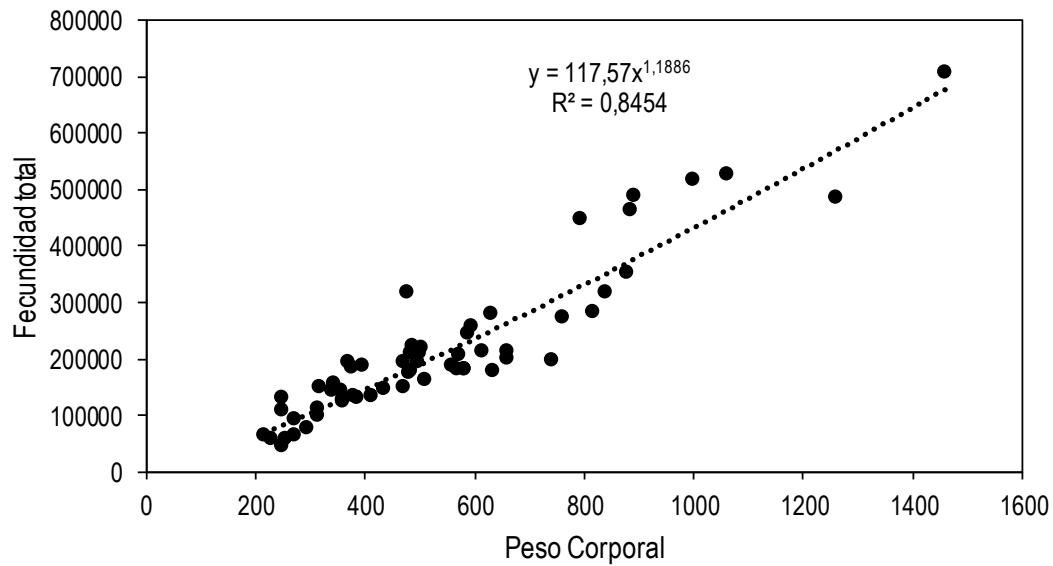


Figura 32. Relación del modelo potencial entre la fecundidad total y peso corporal (g), crucero 2021.

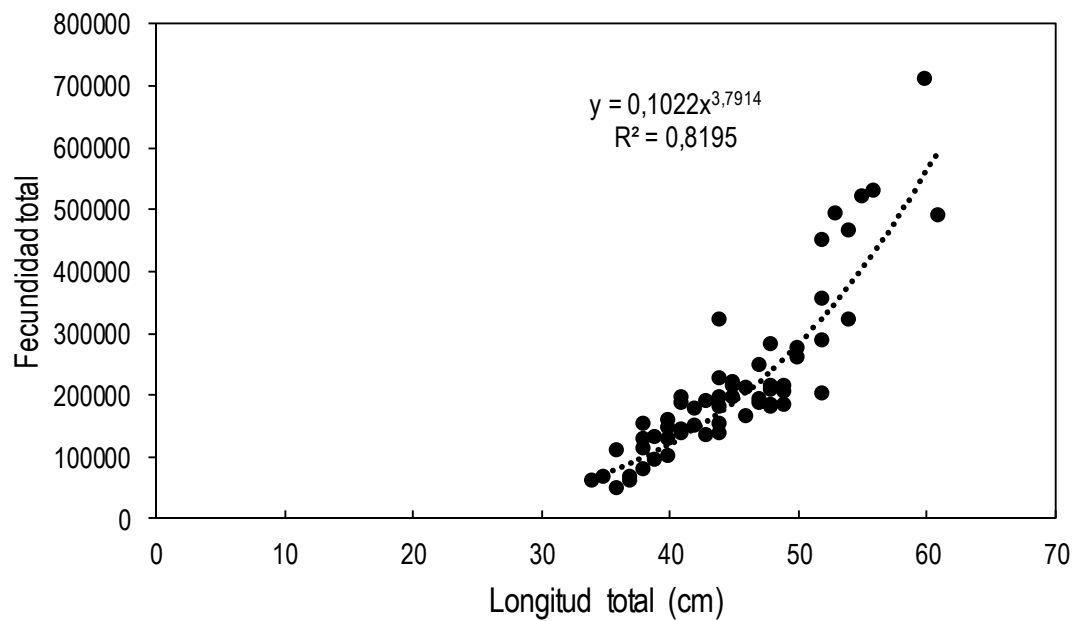


Figura 33. Relación del modelo potencial entre la fecundidad total y longitud total (cm), crucero 2021.

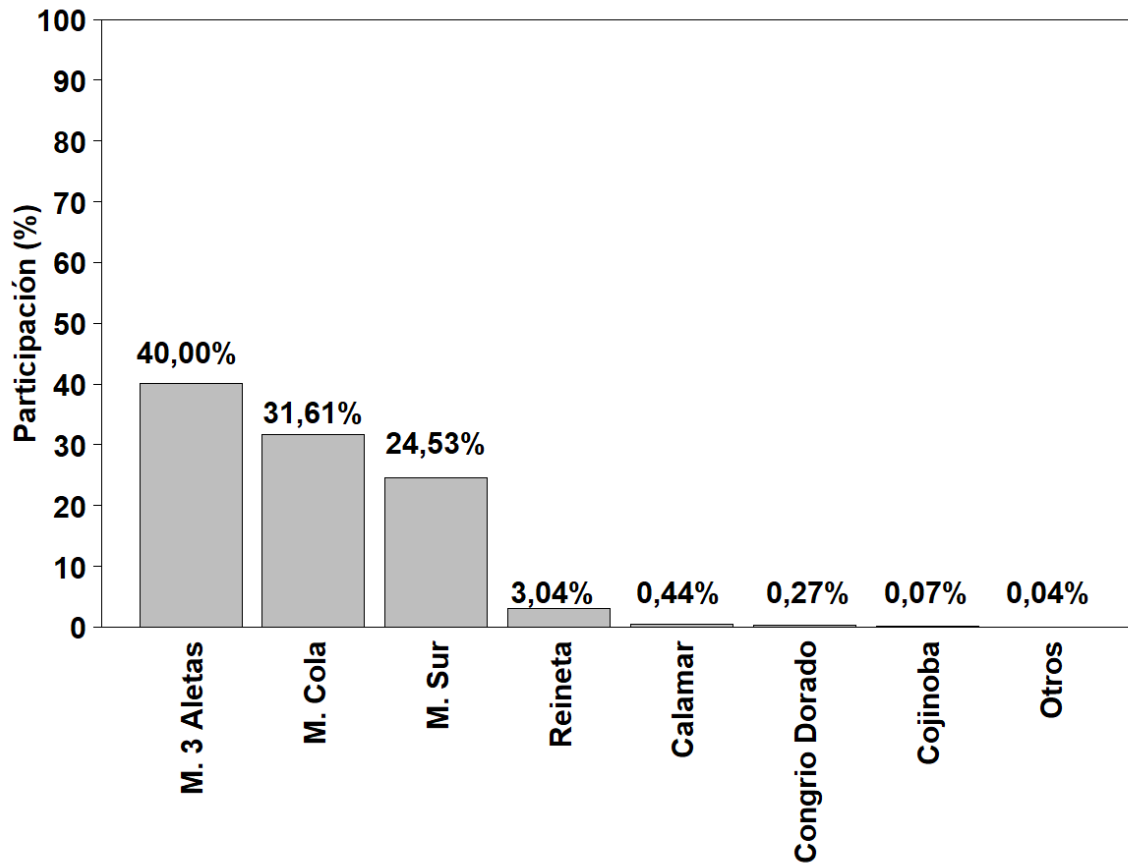


Figura 34. Composición de la captura obtenida en los lances de identificación efectuados en el área de estudio total, cruceo 2021.

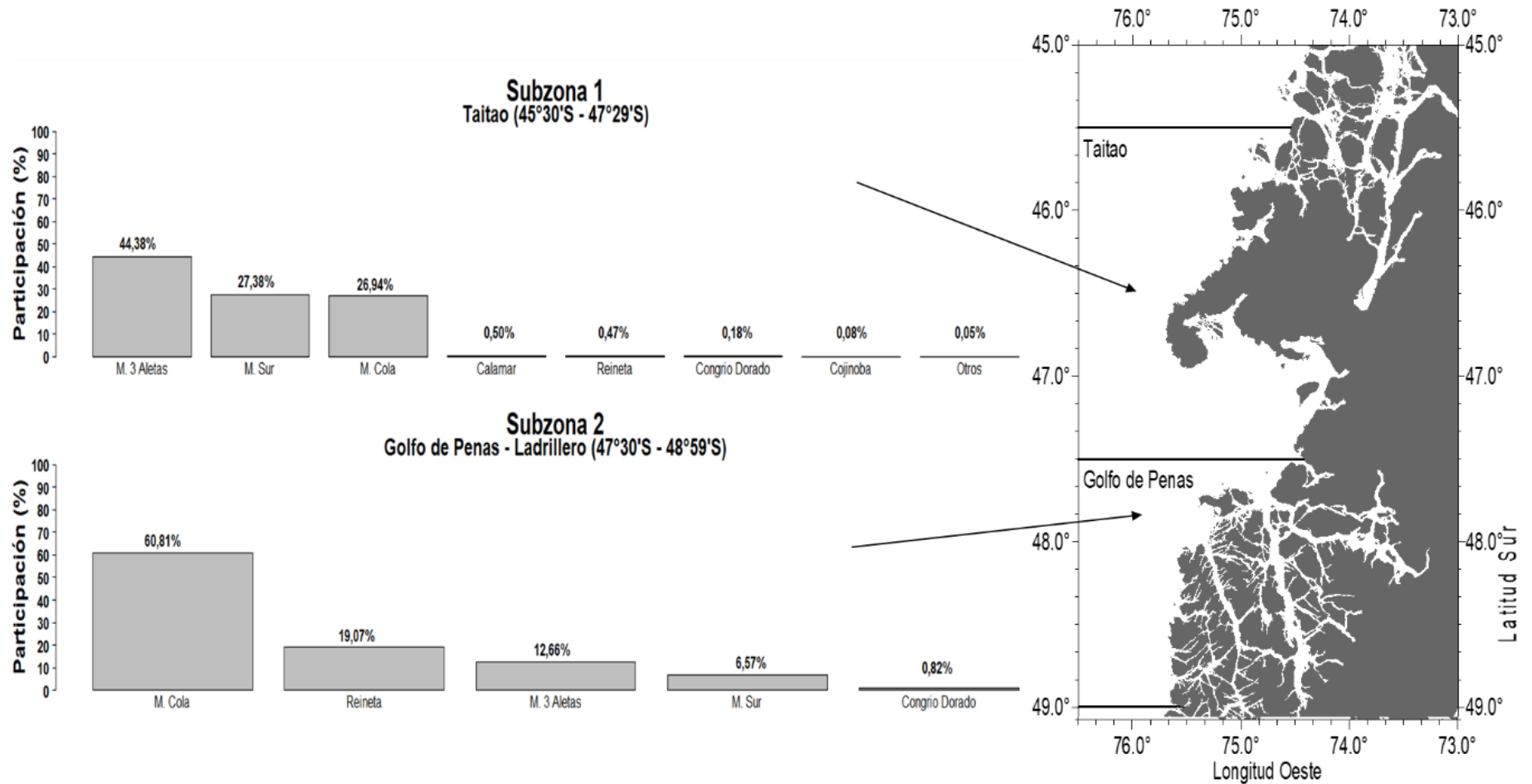


Figura 35. Composición de la captura obtenida en los lances de identificación por zonas históricas de distribución, crucero 2021.

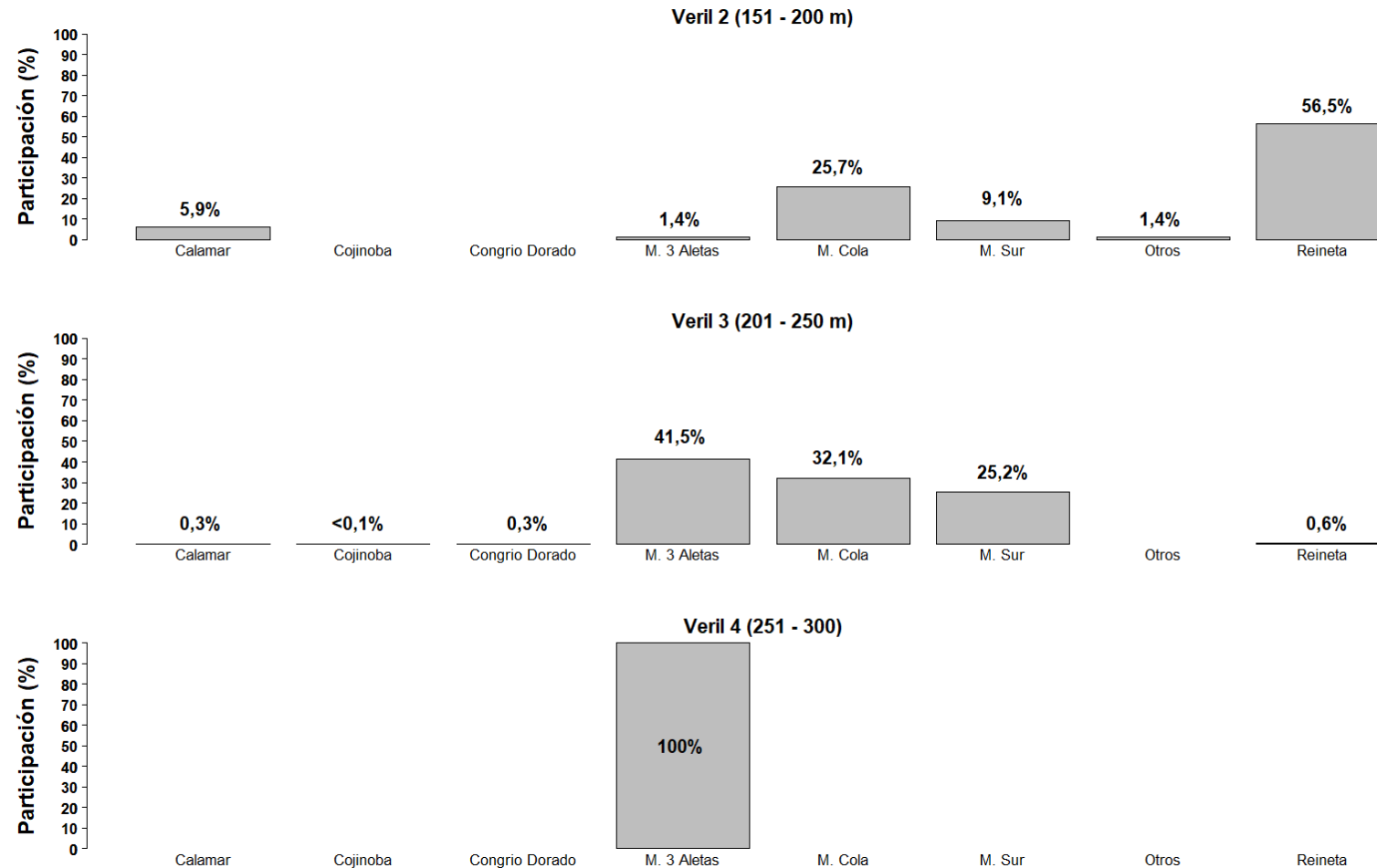


Figura 36. Composición de especies presentes en la captura obtenida en los lances de identificación por veril de profundidad, crucero 2021.

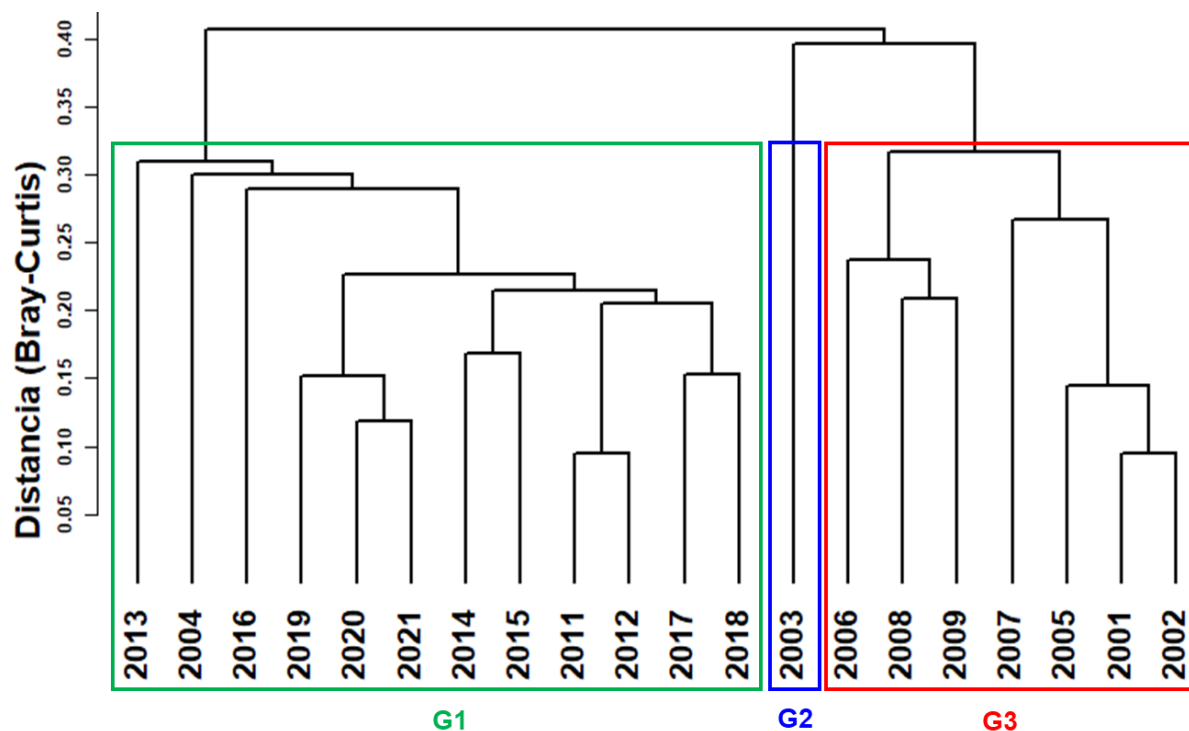


Figura 37. Resultado del análisis de clasificaci3n de los cruceros realizados entre los a1os 2001 y 2021, diferenciados por cruceros.

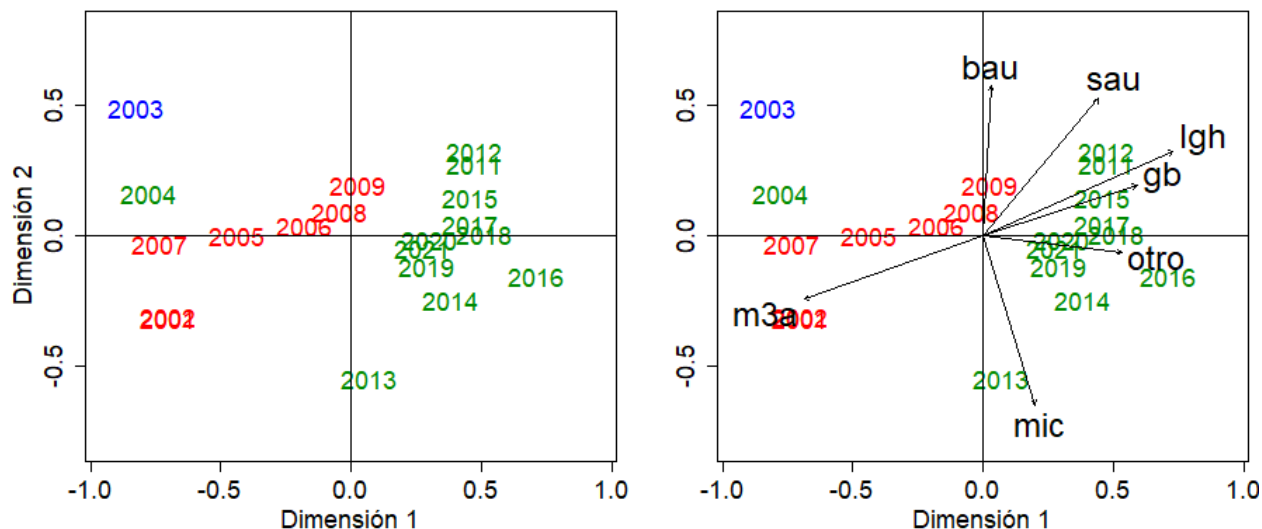


Figura 38. Resultado del análisis de ordenaci3n de los cruceros realizados entre los a1os 2001 y 2021, diferenciados por cruceros.

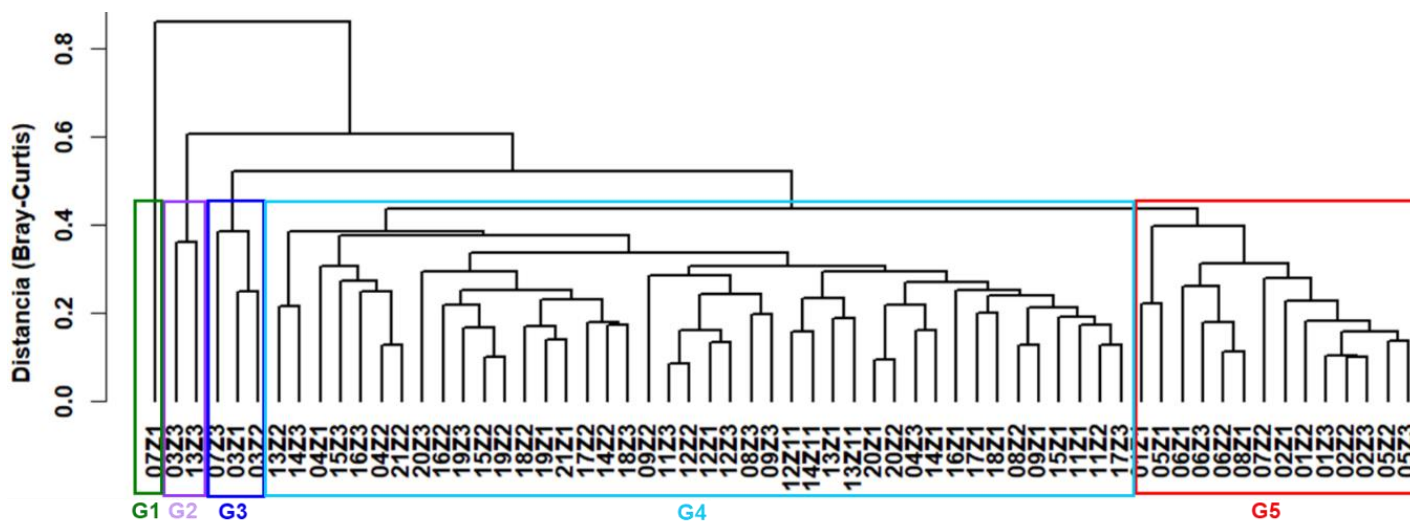


Figura 39. Resultado del análisis de clasificación de los proyectos realizado entre los años 2001 y 2021, diferenciados por zonas.

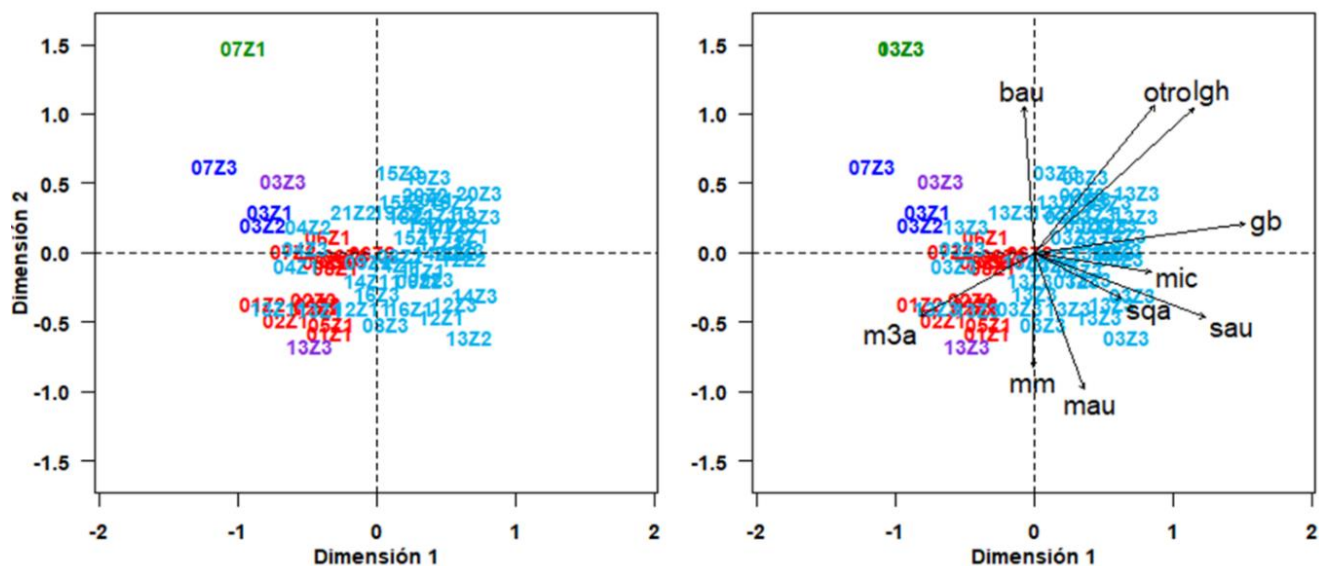


Figura 40. Resultado del análisis de ordenación de los proyectos realizado entre los años 2001 y 2021, diferenciados por zonas.

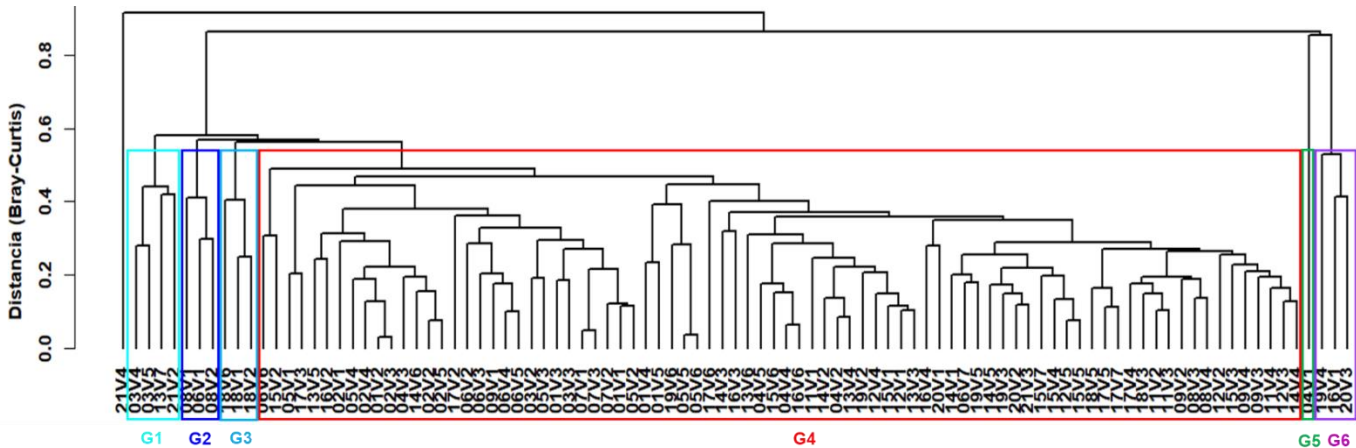


Figura 41. Resultado del análisis de clasificación de los cruceros por veril de profundidad, realizado entre los años 2001 y 2021.

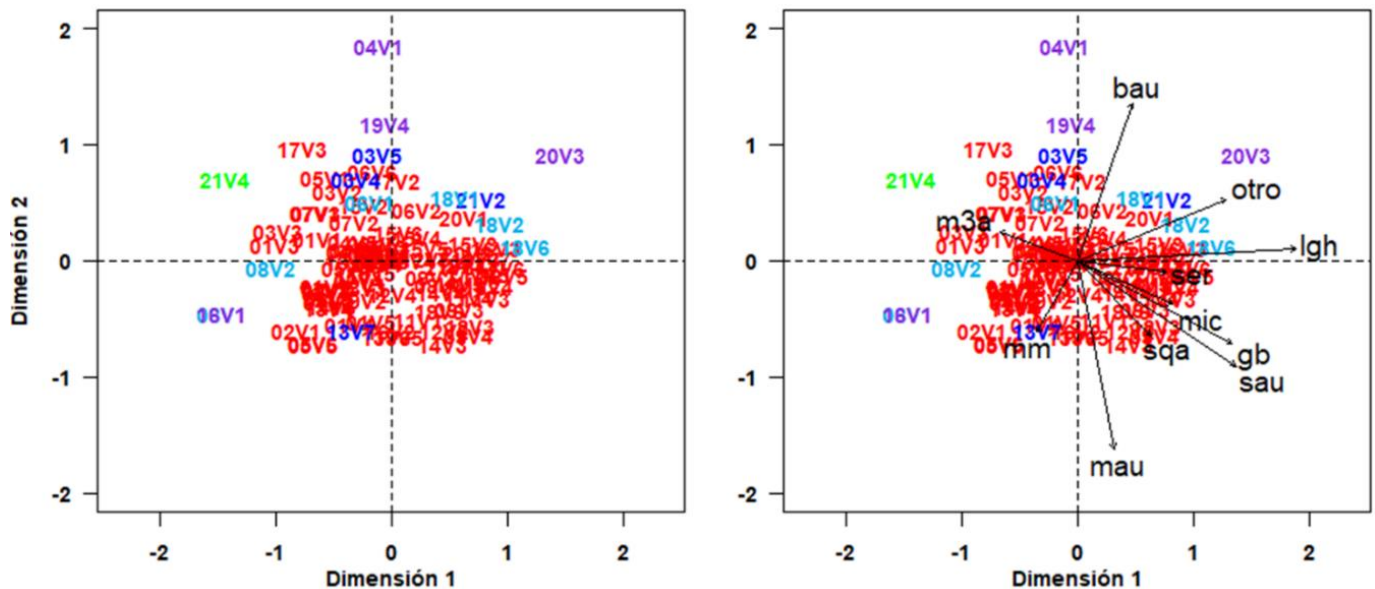


Figura 42. Resultado del análisis de ordenación de los cruceros por veril de profundidad, realizado entre los años 2001 y 2021.

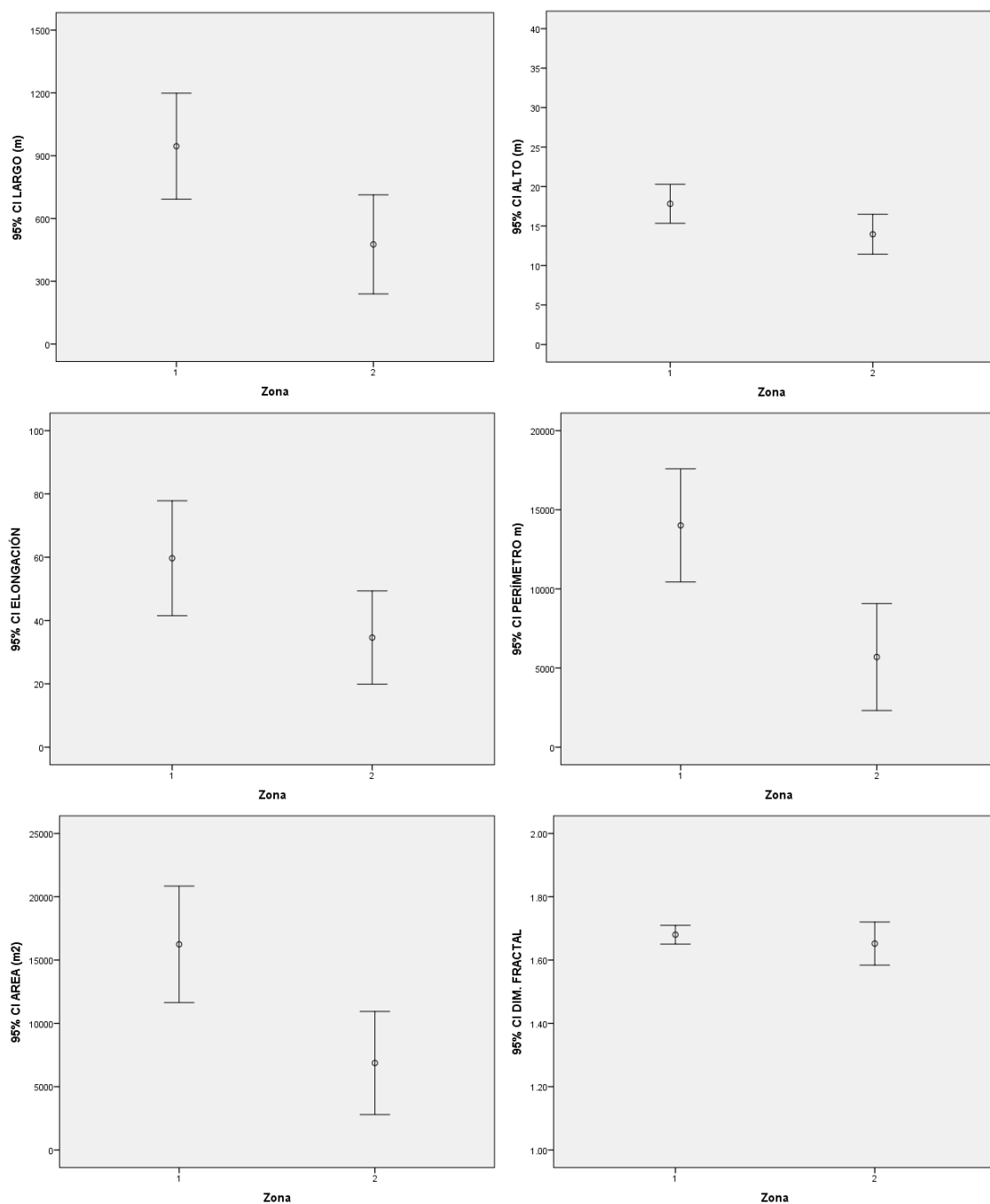


Figura 43. Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfológicos largo, alto, elongación, perímetro, área y dimensión fractal según zona.

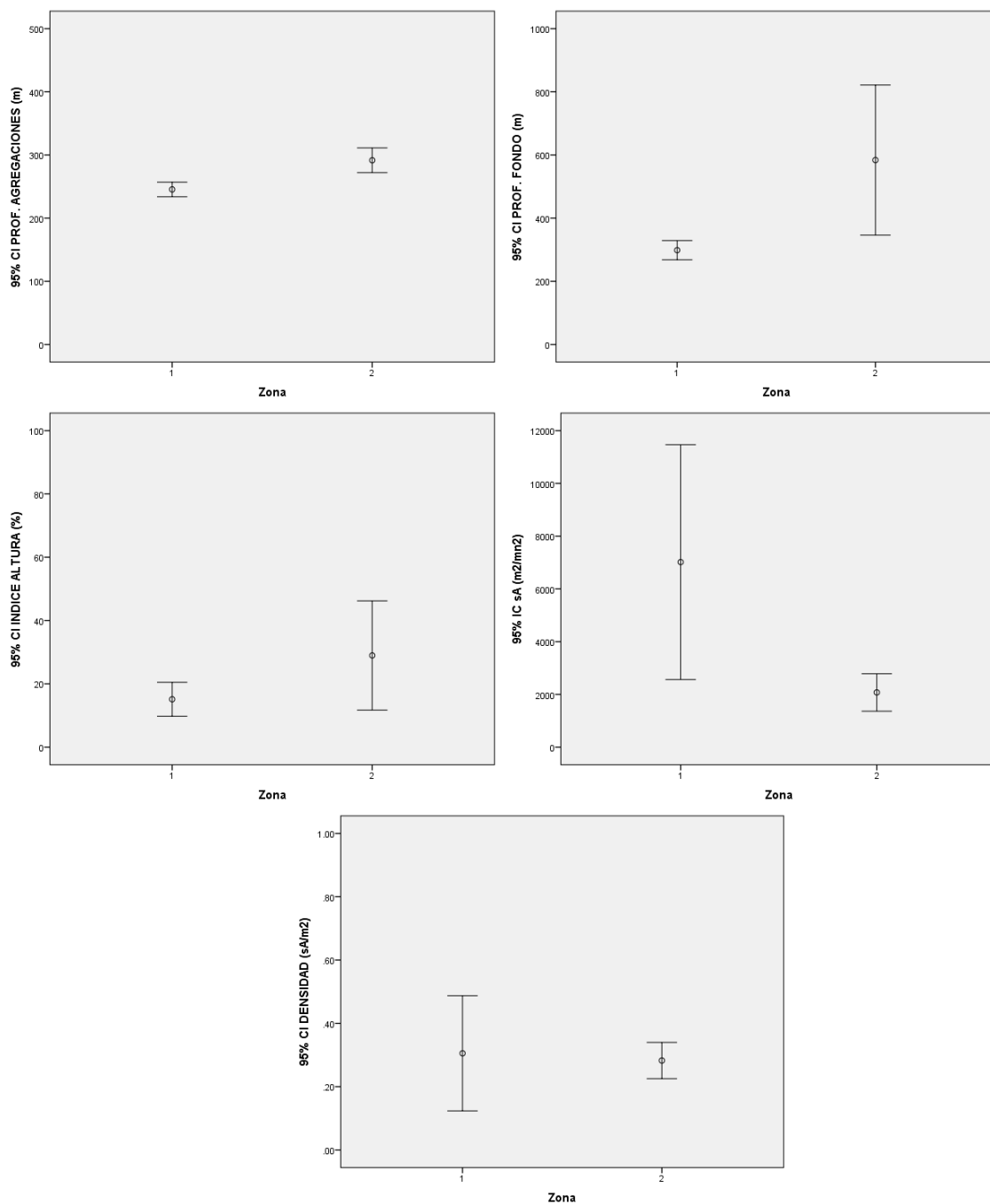


Figura 44 Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores batimétricos profundidad de agregaciones, profundidad del fondo, índice de altura, energía retrodispersada (s_A) y densidad acústica según zona.

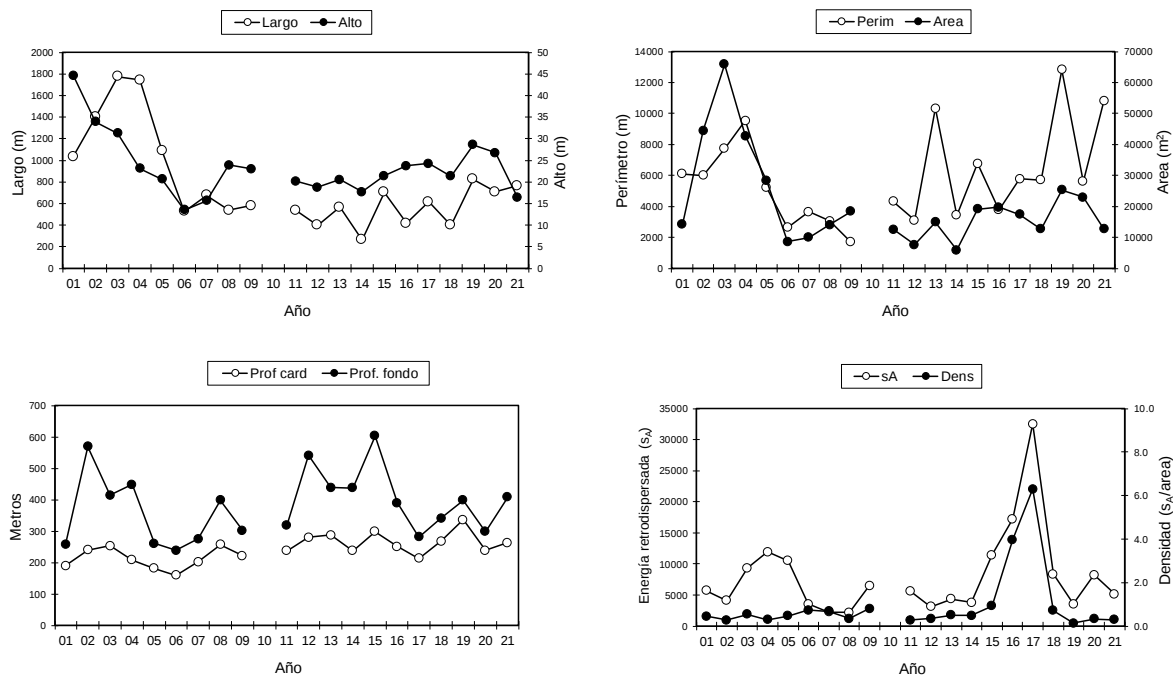


Figura 45. Variación de los principales descriptores de las agregaciones de merluza de tres aletas años 2001-2021.

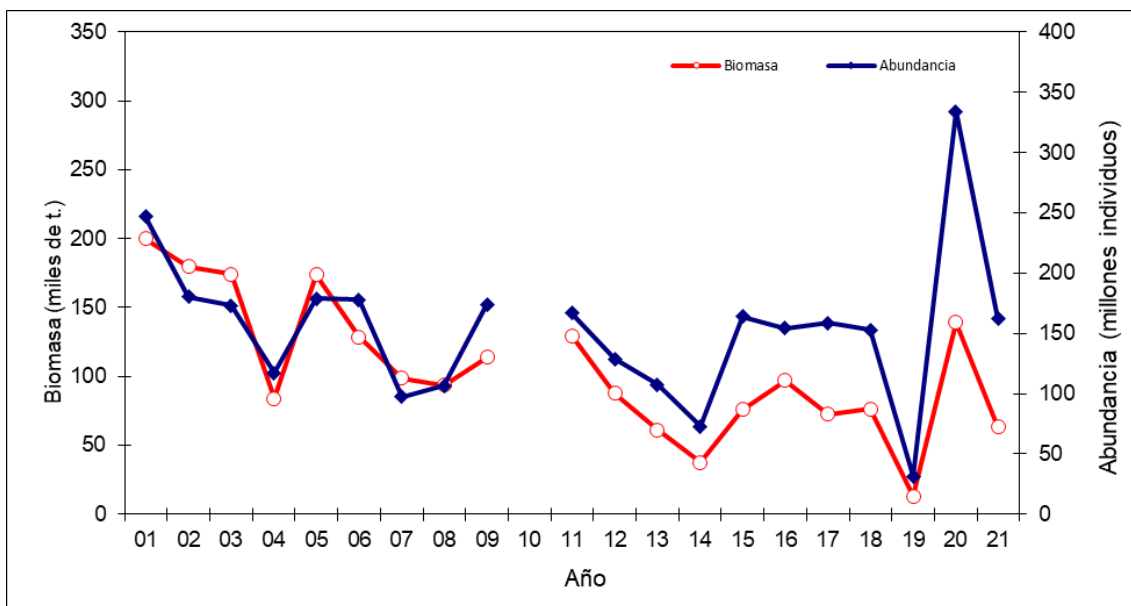


Figura 46. Estimados de Biomasa y Abundancia, para merluza de tres aletas, años 2001-2021.

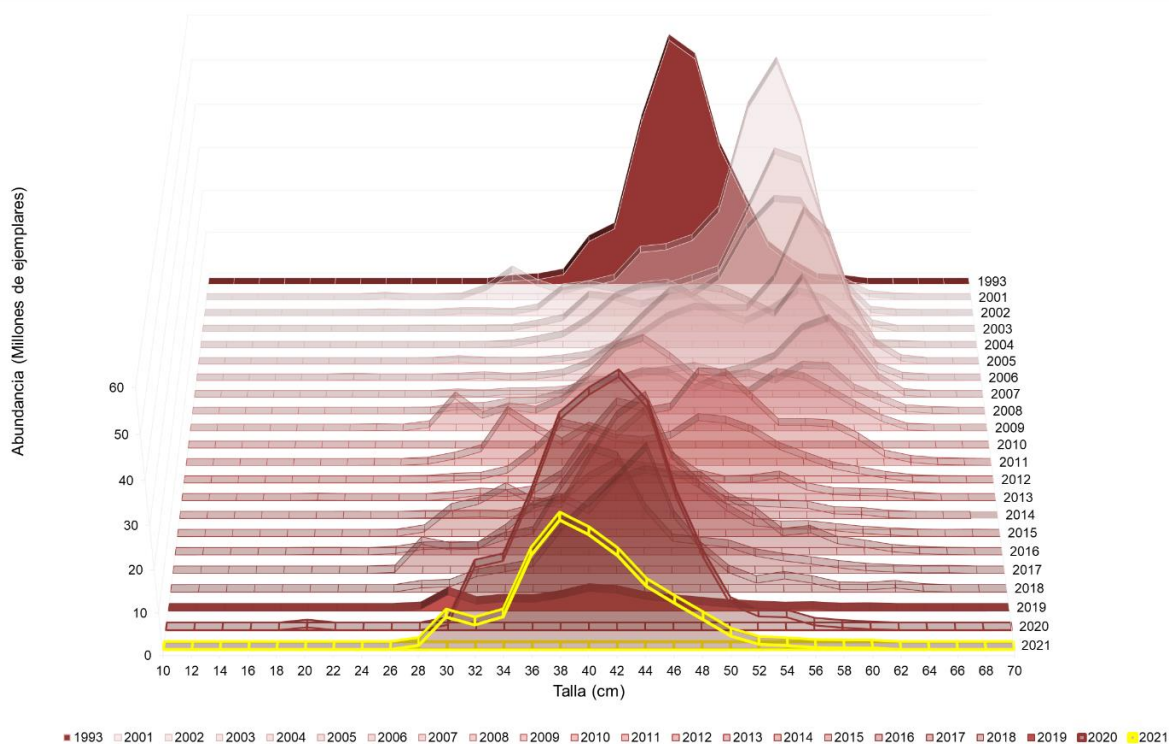


Figura 47. Serie histórica 2001-2021 de la abundancia de merluza de tres aletas a la talla (cm).

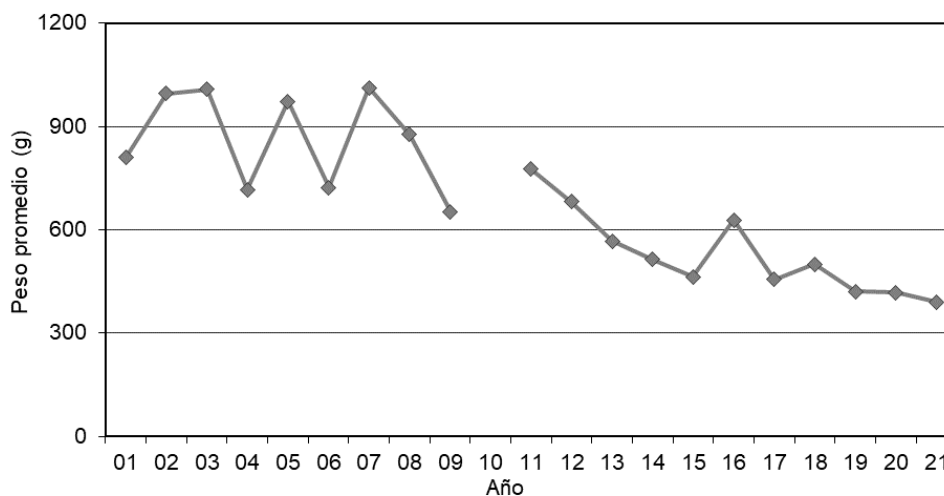


Figura 48. Peso promedio (g) del stock desovante de merluza de tres aletas años 2001-2021.

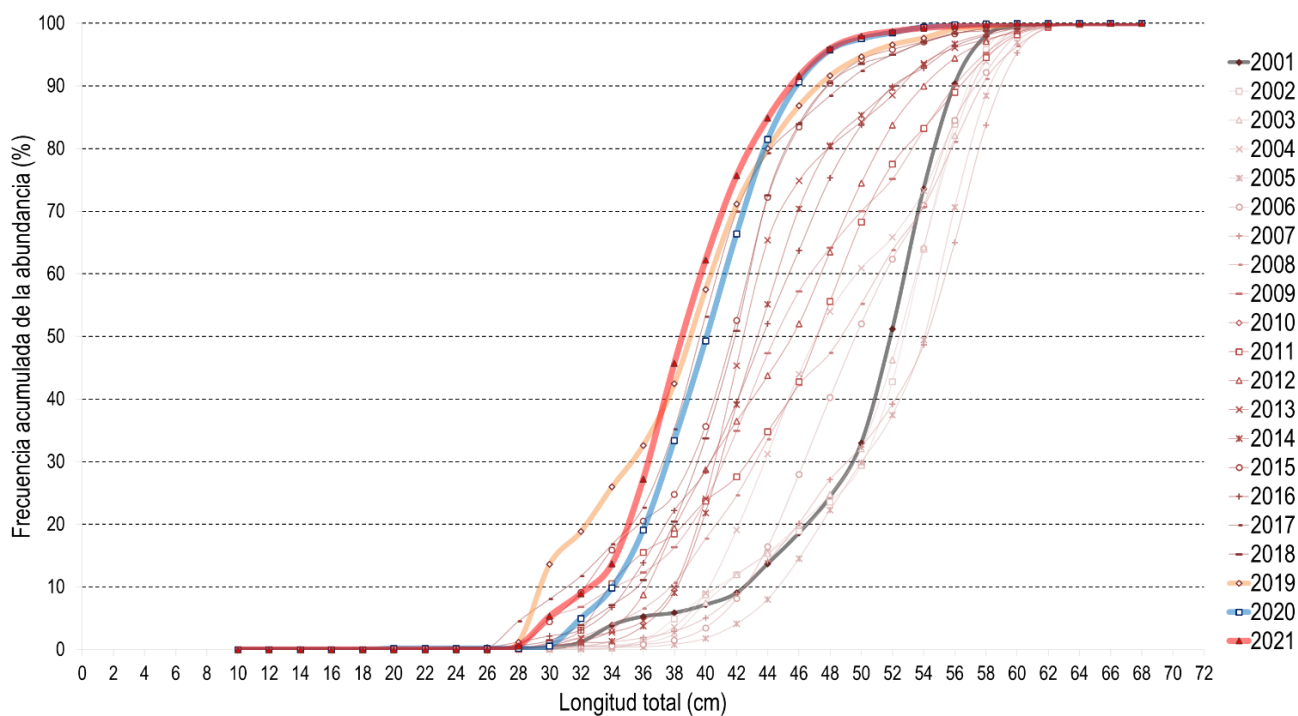


Figura 49. Frecuencia acumulada de la abundancia (%) del stock desovante de merluza de tres aletas para los años 1993, y desde 2001 hasta 2021.



T A B L A S



Tabla 1

Características principales del buque fábrica “Cabo de Hornos”.

Nombre Armador	PESCA CHILE S.A.
Nombre Nave	“Cabo de Hornos
Señal Distintiva	CB-7960
N° Matrícula / puerto	3102 / Valparaíso
Eslora total (m)	80
Eslora entre perpendiculares (m)	71,95
Manga (m)	13,5
Puntal en centro segunda cubierta (m)	5,75
Puntal Cubierta superior (m)	8
Calado máximo cuaderna maestra (m)	5,462
Registro bruto TRG	2140
Registro neto TRN	642
Potencia principal instalada (hp)/ marca motor	2564 / Deutz
Potencia auxiliar instalada (hp)	1665
Capacidad tripulación (N° personas)	75
Velocidad crucero (Nudos)	10
Estanques de petróleo (N°) / Capacidad (l) / consumo (litros/día)	16 / 797.057 / 12.000
Agua dulce (litros)	125.823



Tabla 2.

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 3.

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

Código	Estado	Características del Estado
1	I: Virginal	Sexo indeterminado, gónadas pequeñas, filiformes, generalmente juveniles menores de 24 cm
2	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).
3	III: En Maduración	Gónadas de gran volumen con óvulos visibles de color amarillo pálido, pero no translucido, con escasa vascularización. Por lo general, el lumen desaparece cuando los óvulos alcanzan un diámetro mayor de 500 micrones. Ovario turgente.
4	III A: Maduración con desove parcial reciente	Ovario muy vascularizado y con óvulos visibles a simple vista, los que en pequeña proporción presentan una gota oleosa (de color parcial verde amarillento), que corresponde a restos de un desove anterior reciente. En este caso la gónada es más flácida que en la fase III.
5	IV: Desovante	Ovario turgente con óvulos visibles y transparentes de color anaranjados. Al apretarlo escurren óvulos transparentes.
6	V: Desovados y en regresión	Ovario vacío, distendido, lumen amplio, muy flácido, de color rojizo en regresión de aspecto hemorrágico sin óvulos visibles. Este ovario pasa al estado II, inmaduro.



Tabla 4.
Caracterizaci3n histomorfol3gica de madurez sexual de hembras de
merluza de tres aletas (Pájaro y Macchi, 2001 (modificada)).

Estadio	Clasificaci3n	Descripci3n
I	Virginal e Inmaduro reincidente	S3lo ovocitos previtelog3nicos bas3filos.
II	En Desarrollo (inicial)	Un n3mero de ovocitos muestra ves3culas de vitelo en el citoplasma (estado vesicular). Los ovocitos m3s grandes presentan gl3bulos de vitelo entre las ves3culas. Se observan tambi3n, ovocitos previtelog3nicos bas3filos.
III	En Desarrollo (tardío)	A medida que el crecimiento avanza, el di3metro de los ovocitos incrementa y su citoplasma se hace acid3filo, debido a la acumulaci3n de gl3bulos de vitelo. Ovocitos previtelog3nicos y en estado vesicular est3n presentes.
IV	Hidratado y En desove	En la fase final de la maduraci3n, ovocitos vitelados incrementan r3pidamente su volumen debido a la hidrataci3n. Durante la ovulaci3n es posible observar fol3culos postovulatorios (FPO) junto a ovocitos hidratados y vitelados tardío.
V	Desove parcial	Presencia de ovocitos vitelados tardío junto a fol3culos postovulatorios.
VI	Desovada	Esta fase indica el final del desove e involucra la degeneraci3n y reabsorci3n de los ovocitos maduros residuales. Presencia de ovocitos atr3sicos junto con ovocitos previtelog3nicos.



Tabla 5.
Calibración del sistema de ecointegración EK 80. Buque fábrica “Cabo de Hornos”.

Lugar	Puerto Lagunas, Región de Aysén (45°17,577'S - 73°42,245'O)	
Fecha	06/08/2021	
Buque	BF “Cabo de Hornos”	
Marca Ecosonda / Tecnología/ versión	SIMRAD / EK 80/ 1.12.2	
Marca /Modelo Transductor / N°serie	SIMRAD/ES38B / 230	
Profundidad esfera (m)	20	
Software de calibración	EK 80 – (Versión 2.2)	
Profundidad del fondo (m)	35	
Frecuencia (kHz)	38	
Ganancia (TS gain) (dB)	27,41	
TS esfera (Cobre de 60 mm) (dB)	-33,6	
Corrección s_A (dB)	-0.0021dB	
Ancho de banda (kHz)	2,43	
Intervalo de muestreo (m)	0,192	
Coefficiente de absorción (dB/ Km)	8,5	
Velocidad del sonido (m/s)	1463	
2-way beam angle (dB)	-20,6	
RMS modelo (indicador de calidad de la calibración)	0,1607 dB	
	<u>Alongship</u>	<u>Athwartships</u>
Sensibilidad del ángulo	21,9	21,9
Ancho del haz (°)	6,73	6,81°
Desplazamiento del ángulo (°)	-0,14°	0,05°
Temperatura promedio (°C)	9,8	
Salinidad promedio (PSU)	29	



Tabla 6.
Datos operacionales de los lances de identificaci3n, crucero merluza de tres aletas 2021.

Lance N°	Fecha	Calado			Virado			Distancia (mn)	Rumbo	Velocidad	Prof. Relinga Superior
		Hora	Latitud (S)	Longitud (O)	Hora	Latitud	Longitud				
1	20/08/2021	1927	4655,8	7539,45	1937	4656,37	7539,44	0,6	176	3,9	218
2	21/08/2021	0013	4701,6	7533,7	0118	4705,15	7534,8	3,6	189	3,4	250
3	21/08/2021	1827	4706,35	7534,89	1927	4709,49	7535,97	3,2	207	3,2	196
4	21/08/2021	2220	4713,68	7534,81	2255	4715,81	7534,73	2,1	199	4,2	160
5	22/08/2021	0426	4729,11	7534,8	0500	4731,07	7536,34	2,2	220	4,3	214
6	22/08/2021	1553	4738,47	7539,93	1633	4740,89	7540,09	2,4	182	3,9	200
7	22/08/2021	1807	4748,59	7542,73	1847	4750,29	7544,65	2,1	210	3,1	205
8	23/08/2021	0014	4759,35	7549,69	0104	4802,11	7551,1	2,9	210	3,5	235
9	23/08/2021	0905	4809,72	7554,51	1007	4806,4	7552,91	3,5	010	3,6	280
10	23/08/2021	2254	4655,46	7539,88	2310	4654,68	7540,09	0,8	352	3,3	250
11	24/08/2021	1141	4655,12	7540,35	1220	4652,97	7540,88	2,2	342	3,7	250
12	24/08/2021	2037	4640,98	7544,85	2114	4639,13	7545,32	1,9	002	3,4	230



Tabla 7.
Captura en (A) peso (kg) (B) n3mero de individuos por cada lance de identificaci3n, crucero merluza de tres aletas 2021.

(A)	Captura (kg)									Total
	Lance N°	Merluza 3 Aletas	Merluza Cola	Merluza Austral	Reineta	Calamar	Congrio Dorado	Cojinoba Moteada	Otros	
	1	773,5	3,7	217,3		5,5				1.000,0
	2	39,7	34,4	319,5		5,3	7,0	0,7	2,5	409,0
	3	1,7	26,3	6,5		4,0			0,1	38,6
	4		4,2	4,2	2,2	3,0			1,5	15,1
	5		244,7	3,6	1,2	0,4				250,0
	6				64,8					64,8
	7	0,7	289,4	1,6	8,4					300,0
	8	76,1	80,7	38,7			4,9			200,3
	9	0,4			42,9					43,3
	10	591,1		393,9	15,0					1.000,0
	11	285,6	1,5	11,9		1,1				300,0
	12		712,7	87,4						800,0
Total captura (Kg)		1.768,8	1.397,4	1.084,5	134,5	19,3	11,8	0,7	4,2	4.421,1
Proporci3n captura (%)		40,01	31,61	24,53	3,04	0,44	0,27	0,01	0,09	100

(B)	Captura (Num Ind.)									Total
	Lance N°	Merluza 3 Aletas	Merluza Cola	Merluza Austral	Reineta	Calamar	Congrio Dorado	Cojinoba Moteada	Otros	
	1	1.550	11	54		3				1.618
	2	120	152	76		3	4	1	1	357
	3	7	71	2		3			1	84
	4		16	1	2	2			60	81
	5		1.000	1	1	3				1.005
	6				45					45
	7	1	1.193	1	6					1.201
	8	120	281	10			2			413
	9	1			29					30
	10	1.572		101	12					1.685
	11	774	7	4		7				792
	12		1.884	23						1.907
Total captura (N° Indv.)		4.146	4.615	273	95	21	6	1	62	9.220



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 Total.

Parámetros del análisis	X²crítico= N° de categorías= Z= Grupos= np=	48,00 34 1,64485 7 327
Lance	X² calculado	Ho
C1-32	7,17	No Rechaza
3	10,55	No Rechaza
10	12,43	No Rechaza
2	15,17	No Rechaza
11	15,85	No Rechaza
1	18,62	No Rechaza
8	20,99	No Rechaza
% APROBACIÓN		100,00%

Tabla 9.

Parámetros geoestadísticos de las estructuras espaciales de merluza de tres aletas y media kriging para la zona total.

Zona	Dirección	Pepita	Modelo	Meseta Total	Rango (mn)	SSE	Media Kriging
Total	omnidireccional	0,0	Exponencial	2,04 E+07	1,2	395,6703	1.141,893
	omnidireccional	0,0	Esférico	2,03 E+07	1,2	398,1096	1.130,056

Tabla 10.

Estimados totales de biomasa y abundancia según métodos Bootstrap y Geoestadístico para merluza de tres aletas, año 2021.

		Zona Total			
Método	Area (mn2)	Biomasa (t)	CV	Abundancia (N°*1000)	CV
Bootstrap	416,28	62.589	0,065	160.192	0,060
Geoestadístico	416,28	63.232	0,089	161.839	0,087



Tabla 11.
Abundancia y biomasa a la talla estimada mediante m3todo Geoestadístico para merluza de tres aletas,
año 2021. Zona Total.

Talla (cm)	Peso (g)	Abundancia (N° ind.)	Biomasa (t)
20	37,3	0	0
21	43,7	0	0
22	50,9	0	0
23	58,8	0	0
24	67,6	0	0
25	77,2	0	0
26	87,7	0	0
27	99,3	0	0
28	111,8	216.380	24
29	125,3	754.024	94
30	140,0	2.169.639	304
31	155,8	5.513.855	859
32	172,8	3.779.903	653
33	191,1	2.043.462	390
34	210,6	3.543.366	746
35	231,5	4.196.276	972
36	253,8	9.297.291	2.360
37	277,6	12.573.844	3.490
38	302,8	13.898.269	4.209
39	329,6	16.052.001	5.291
40	358,0	13.519.883	4.840
41	388,1	13.133.670	5.097
42	419,8	11.574.250	4.859
43	453,3	10.270.806	4.656
44	488,7	8.101.171	3.959
45	525,9	6.743.595	3.546
46	565,0	6.383.974	3.607
47	606,1	4.491.137	2.722
48	649,2	3.815.355	2.477
49	694,4	3.257.890	2.262
50	741,7	1.901.692	1.410
51	791,2	1.269.980	1.005
52	843,0	834.250	703
53	897,1	401.293	360
54	953,5	662.957	632
55	1.012,4	238.939	242
56	1.073,7	292.226	314
57	1.137,6	181.413	206
58	1.204,0	170.265	205
59	1.273,1	202.859	258
60	1.344,9	317.378	427
61	1.419,5	35.846	51
62	1.496,8	0	0
63	1.577,1	0	0
64	1.660,3	0	0
65	1.746,5	0	0
66	1.835,7	0	0
67	1.928,0	0	0
68	2.023,6	0	0
69	2.122,3	0	0
70	2.224,4	0	0
TOTAL		161.839.141	63.232



Tabla 12.

Estimados de biomasa mediante el método de simulación de Montecarlo.

Biomasa Montecarlo	Estimación	Coef. Var. %	Lim Inf	Lim Sup
Zona Total	63.061	14,3 %	45.371	80.750

Tabla 13.

Parámetros de la relación peso - longitud de merluza de tres aletas crucero de evaluación 2021.

Sexo	Parámetros	Merluza de tres aletas	
Machos	a	0,004593	
	intervalo	0,0037056	0,0056931
	b	3,044328	
	intervalo	2,9861698	3,1024864
	N	1288	
	r ²	0,891	
Hembras	a	0,001819214	
	intervalo	0,0013698	0,0024160
	b	3,321161	
	intervalo	3,2455884	3,3967346
	N	672	
	r ²	0,917	
Ambos	a	0,002111488	
	intervalo	0,0017637	0,0025278
	b	3,264121	
	intervalo	3,2156544	3,3125876
	N	1960	
	r ²	0,899	



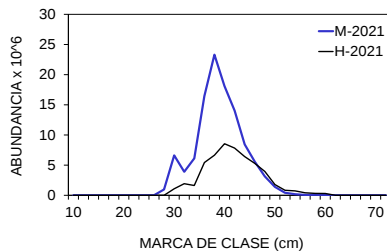
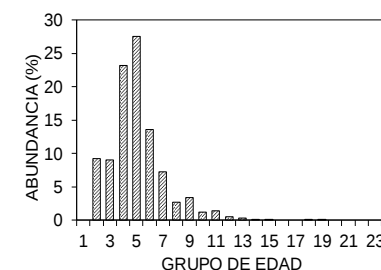
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

Tabla 14
Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza de tres aletas, (Machos= 108.792.183). crucero 2021.

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																									
28 - 29	970.405	970.405																							
30 - 31	6.616.297	6.014.815	601.482																						
32 - 33	3.899.381	3.119.505	779.876																						
34 - 35	6.115.442		5.559.493	555.949																					
36 - 37	16.442.568		2.435.936	11.875.188	1.826.952	304.492																			
38 - 39	23.302.468		435.560	9.800.103	11.542.344	1.524.461																			
40 - 41	18.107.599			2.785.784	10.745.169	3.780.708	795.938																		
42 - 43	14.020.146			209.256	4.603.630	5.231.398	2.929.583	837.024	209.256																
44 - 45	8.431.164				1.109.364	3.106.218	2.440.600	443.745	665.618																
46 - 47	5.579.550				174.361	697.444	1.569.249	1.046.166	1.046.166	523.083	523.083														
48 - 49	3.134.886					164.994	164.994	659.976	1.484.946																
50 - 51	1.399.831								155.537	777.684	155.537														
52 - 53	411.188								102.797																
54 - 55	180.272																								
56 - 57	60.471																								
58 - 59	67.620																								
60 - 61	52.896																								
62 - 63																									
64 - 65																									
66 - 67																									
68 - 69																									
70 - 71																									
72 - 73																									
74 - 75																									
76 - 77																									
78 - 79																									
80 - 81																									
82 - 83																									
84 - 85																									
86 - 87																									
TOTAL	108.792.183	10.104.724	9.812.347	25.226.281	30.001.819	14.809.714	7.900.364	2.986.911	3.664.319	1.300.766	1.509.232	588.322	423.328	102.797	180.272					120.516	60.471				
PORCENTAJE		9,29	9,02	23,19	27,58	13,61	7,26	2,75	3,37	1,20	1,39	0,54	0,39	0,09	0,17					0,11	0,06				
TALLA PROM. (cm)		30,9	34,8	37,7	40,0	42,1	43,8	45,5	47,1	48,9	46,2	49,7	50,2	52,5	54,5					59,4	56,5				
VARIANZA		1,44	2,93	2,21	3,65	5,26	3,78	5,01	4,64	3,85	3,79	2,35	2,44	0,00						0,99					
PESO PROM (g)		158,9	227,7	291,0	348,0	409,1	460,3	517,1	571,4	641,0	541,5	673,6	693,5	792,2	887,7					1.153,4	990,6				

Grupo de Edad	Abundancia (%)
1	9.5
2	9.2
3	23.5
4	27.2
5	13.8
6	7.5
7	3.2
8	2.8
9	1.5
10	1.2
11	0.8
12	0.5
13	0.3
14	0.2
15	0.1
16	0.1
17	0.1
18	0.1
19	0.1
20	0.1
21	0.1
22	0.1
23	0.1

Marca de Clase (cm)	M-2021 (x 10^6)	H-2021 (x 10^6)
28	0.5	0.2
30	6.5	2.5
32	4.5	3.5
34	22.5	8.5
36	10.5	7.5
38	2.5	3.5
40	1.5	2.5
42	0.5	1.5
44	0.2	0.5
46	0.1	0.2
48	0.1	0.1
50	0.1	0.1
52	0.1	0.1
54	0.1	0.1
56	0.1	0.1
58	0.1	0.1
60	0.1	0.1
62	0.1	0.1
64	0.1	0.1
66	0.1	0.1
68	0.1	0.1
70	0.1	0.1





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

Tabla 15
Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza de tres aletas, (Hembras= 53.046.958), crucero 2021.

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																									
28 - 29																									
30 - 31	1.067.198	1.067.198																							
32 - 33	1.923.984	1.923.984																							
34 - 35	1.624.200	270.700	1.353.500																						
36 - 37	5.428.567		3.831.930	1.596.637																					
38 - 39	6.647.802		553.983	4.431.868	1.661.950																				
40 - 41	8.545.955			3.731.332	4.453.526	361.097																			
42 - 43	7.824.910			453.618	5.103.202	2.041.281	226.809																		
44 - 45	6.413.603			98.671	1.973.416	3.650.820	394.683	296.012																	
46 - 47	5.295.560				464.523	2.229.710	2.043.901	185.809	371.618																
48 - 49	3.938.359					537.049	1.879.671	537.049	716.065	179.016	89.508														
50 - 51	1.771.841						312.678	521.130	625.356	104.226	208.452														
52 - 53	824.355							58.883	471.060	176.648		58.883	58.883												
54 - 55	721.624							65.602	131.204	131.204	262.409			58.883	58.883										
56 - 57	413.168										165.267			131.204	165.267										
58 - 59	305.504																								
60 - 61	300.327																								
62 - 63																									
64 - 65																									
66 - 67																									
68 - 69																									
70 - 71																									
72 - 73																									
74 - 75																									
76 - 77																									
78 - 79																									
80 - 81																									
82 - 83																									
84 - 85																									
86 - 87																									
TOTAL	53.046.958	3.261.882	5.739.413	10.312.126	13.656.617	8.819.956	4.857.742	1.664.485	2.315.304	591.094	725.636	132.688	190.087	224.150		50.055	355.559			50.055	50.055	50.055			
PORCENTAJE		6,15	10,82	19,44	25,74	16,63	9,16	3,14	4,36	1,11	1,37	0,25	0,36	0,42		0,09	0,67			0,09	0,09	0,09			
TALLA PROM. (cm)		32,0	36,2	39,1	41,8	44,6	47,2	48,6	49,9	51,4	53,1	58,0	53,9	55,4		60,5	58,8			60,5	60,5	60,5			
VARIANZA		1,40	1,25	2,70	3,86	3,55	3,18	6,52	5,13	5,18	7,89	3,76	0,86	3,10			0,48								
PESO PROM (g)		182,6	274,8	356,8	443,9	551,2	662,4	733,1	798,3	881,0	983,8	1.314,0	1.025,0	1.130,6		1.504,5	1.367,9			1.504,5	1.504,5	1.504,5			

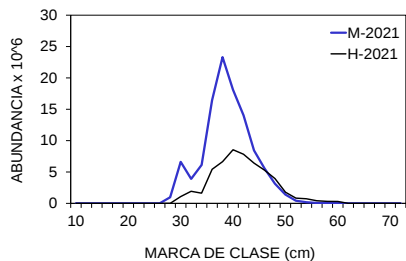
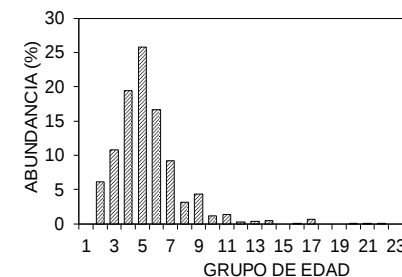




Tabla 16

Abundancia por grupos de edad y desviación estándar para merluza de tres aletas por sexo y proporción de ambos según GE. Crucero de evaluación 2021.

GE	Machos		Hembras		Ambos	
	Número	sd	Número	sd	Número	%
I	0	0	0	0	0	0,0
II	10.104.724	1.337.607	3.261.882	398.586	13.366.606	8,3
III	9.812.347	1.667.436	5.739.413	771.137	15.551.760	9,6
IV	25.226.281	2.868.502	10.312.126	1.251.203	35.538.407	22,0
V	30.001.819	3.291.216	13.656.617	1.523.800	43.658.437	27,0
VI	14.809.714	2.011.594	8.819.956	1.078.771	23.629.670	14,6
VII	7.900.364	1.328.924	4.857.742	698.830	12.758.106	7,9
VIII	2.986.911	758.208	1.664.485	396.957	4.651.396	2,9
IX	3.664.319	782.306	2.315.304	440.326	5.979.623	3,7
X	1.300.766	397.901	591.094	213.408	1.891.861	1,2
XI	1.509.232	540.968	725.636	233.511	2.234.868	1,4
XII	588.322	297.129	132.688	96.958	721.010	0,4
XIII	423.328	250.861	190.087	106.844	613.415	0,4
XIV	102.797	102.797	224.150	118.345	326.947	0,2
XV	180.272	16.225	0	0	180.272	0,1
XVI	0	0	50.055	50.055	50.055	0,0
XVII	0	0	355.559	59.238	355.559	0,2
XVIII	120.516	10.846	0	0	120.516	0,1
XIX	60.471	5.442	0	0	60.471	0,0
XX	0	0	50.055	50.055	50.055	0,0
XXI	0	0	50.055	50.055	50.055	0,0
XXII	0	0	50.055	50.055	50.055	0,0
XXIII	0	0	0	0	0	0,0
XXIV+	0	0	0	0	0	0,0
Total	108.792.183	9.791.297	53.046.958	4.774.226	161.839.141	100

Tabla 17

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

Merluza de tres aletas														
Sexo	2007	2008	2009	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Machos	2,3	3,7	2,7	3,7	2,6	2,5	2,7	3,3	2,1	2,8	s/a	3,0	s/a	s/a
Hembras	2,9	4,5	3,4	4,7	3,6	3,2	3,2	4,2	2,0	3,1	2,8	2,8	s/a	s/a
Diferencia	0,6	0,8	0,7	1,0	1,0	0,7	0,5	0,9	-0,1	0,3		-0,2		

s/a: Sin ajuste. Presenta peces inmaduros escasos.



Tabla 18

Valores de IGS promedio para todos los ejemplares y mayores a 36 cm en el área prospectada y por zonas. Crucero 2021.

Zona	Todos ejemplares						Ejemplares ≤ 35 cm					
	Machos			Hembras			Machos			Hembras		
	Media	sd	n	Media	sd	n	Media	sd	n	Media	sd	n
Area prospección	8,6	4,2	1.031	16,6	9,2	527	8,7	4,2	980	17,1	9,0	509
Taitao	8,4	4,1	969	16,7	9,4	467	8,6	4,1	920	17,2	9,1	449
Golfo Penas	10,5	5,4	62	16,4	8,2	60	10,7	5,3	60	16,4	8,2	60
Trinidad - Concepción	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabla 19

Incidencia de estados de madurez macroscópica en machos y hembras crucero 2021.

EMS Macroscópico	Machos		Hembras	
	%	n	%	n
I				
II	0,3	3	2,8	15
III	72	738	35	184
IV	28	287	21	112
V		2	41	215
VI				1
		1030		527

Tabla 20

Índice gonadosomático en machos y hembras según su estado de madurez sexual macroscópico crucero 2021.

	IGS	
	Macro	hembra
I		
II	0,7	1,4
III	7,8	12,2
IV	10,4	13,4
V	30,2	23,2
VI		5,9
	16,6	11,3



Tabla 21

Índice gonadosomático e incidencia de fases macroscópicas de madurez en hembras, crucero 2021.

		IGS	n	% incidencia
Taitao	I			
	II	1,4	15	2,8
	III	12,4	153	29,0
	IV	13,1	99	18,8
	V	23,0	199	37,8
	VI	5,9	1	0,2
Golfo de Penas-Ladrillero	I			
	II			
	III	11,6	31	5,9
	IV	15,8	13	2,5
	V	26,2	16	3,0
	VI			
Total general		16,6	527	

Tabla 22

Incidencia de estados de madurez microscópica por subzonas en hembras, crucero 2021

Area prospección			Taitao		Golfo de Penas-Ladrillero	
Fases microscópicas	%	n	%	n	%	n
I	2,4	12	2,8	12		
II	0,4	2	0,5	2		
III	26,3	129	23,7	103	45,5	25
IV	60,2	295	61,8	268	49,1	27
V	10,6	52	11,3	49	5,5	3
VI						
Total		490		434		55



Tabla 23

Serie promedio de IGS (2002-2021) de hembras clasificadas por estrado de talla y madurez sexual microscópica.

Estados de madurez microscópicos							Estados de madurez microscópicos								
Año	Longitud	I	II	III	IV	V	VI	Año	Longitud	I	II	III	IV	V	VI
2002	<36	1,8		0,3				2013	<36	1,5		16,1	3,4		
	36-40	1,4	1,4	4,8	7,4	6,5	1,3		36-40	1,6	2,6	8,0	23,2		
	41-45	2,3		9,9	12,3	5,1	0,8		41-45		4,7	10,0	18,1	11,2	1,4
	46-50			15,0	16,7	11,5	20,0		46-50			11,2	21,0	6,7	
	51-55			18,3	25,5	9,2	20,0		51-55			12,7	28,3	15,9	
	56-60			19,9	23,0	14,4			56-60			14,3	28,6	21,0	
	>61			17,5	8,6	18,5			>61			15,4	47,9	17,8	
2003	<36	1,3						2014	<36	1,4					
	36-40	2,0		14,3					36-40	1,6	1,0	7,4	6,5	5,9	
	41-45			12,4	23,1	8,9	0,8		41-45	1,4	1,3	7,9	8,3	6,2	4,0
	46-50			12,9	19,6	10,2			46-50	1,6		10,6	10,3	6,0	4,9
	51-55			18,4	39,6	12,7			51-55			10,0	10,6	6,2	
	56-60			20,4	37,5	16,2	4,8		56-60			13,3	17,0	7,0	
	>61			18,8	24,9	14,5			>61			15,9	15,4	8,6	
2004	<36	2,2						2015	<36	1,2	2,0	1,3		2,9	
	36-40	1,1		7,4	4,5	5,0	3,0		36-40	1,1	1,7	5,0	11,6	6,7	0,8
	41-45	1,1		6,8		4,2	2,8		41-45	1,0	3,3	8,7	14,6	12,4	
	46-50	0,9		11,5		4,9	3,1		46-50		4,4	10,3	21,2	9,7	
	51-55	1,1		9,7		5,6	3,6		51-55			12,4	23,9	9,6	
	56-60	0,8		18,8	30,6	5,2	3,9		56-60			15,2	27,4		
	>61			20,7	33,7	10,4	3,8		>61			17,2	32,7		
2005	<36	0,6						2016	<36	1,4	5,4	8,7	6,5		
	36-40	0,5					0,7		36-40	2,0	3,7	8,9	12,4	5,0	
	41-45			7,3	10,4	6,0	1,1		41-45	3,1		9,4	16,3	7,9	
	46-50			11,6	12,1	6,1	2,0		46-50			13,1	19,3	16,4	
	51-55			9,9	12,4	6,8	2,4		51-55			15,3	19,1	17,5	
	56-60			15,0	20,1	12,5	2,4		56-60			16,8	22,9	15,1	
	>61			13,3	17,8	11,7			>61			17,3	22,5		
2006	<36	3,5		5,0	4,2			2017	<36	1,1	2,2				
	36-40				11,5	6,9			36-40	1,0	3,8	10,8	13,7	8,8	8,3
	41-45	1,2		4,1	11,8	5,6	2,5		41-45	1,0		11,6	14,6	9,9	15,5
	46-50			4,4	9,9	3,1	2,4		46-50			14,6	13,9	11,0	11,4
	51-55			6,8	9,1	4,9	2,2		51-55			15,4	18,5	11,8	23,3
	56-60			11,6	14,0	7,7	2,4		56-60			16,5	23,2	18,5	
	>61			15,5	19,8	7,8	2,8		>61			17,0	22,1	16,0	
2007	<36	1,5				1,9	0,5	2018	<36	1,7	2,9	9,0	8,3	5,2	1,3
	36-40			4,9	9,5	7,7			36-40		2,0	7,6	11,3	11,5	1,6
	41-45			8,2	21,3	9,1			41-45		1,1	10,2	12,8	11,5	1,7
	46-50			9,3	12,0	8,3			46-50		2,2	11,4	11,9	9,0	1,1
	51-55			9,1	11,0	8,1			51-55			13,2	14,8	12,7	16,6
	56-60					8,8			56-60			13,3	17,8	18,3	6,7
	>61				23,4	13,2			>61			13,1	13,7	15,0	
2008	<36	1,0		3,0				2019	<36	1,3	2,3	9,3	7,3	7,3	
	36-40	0,9	2,8	9,1	7,7		3,2		36-40	1,6		7,5	12,4	4,4	
	41-45		4,1	8,0	15,1	8,0			41-45	1,0	0,6	9,7	11,4	22,4	
	46-50			11,9	14,0	11,0			46-50			14,1	16,3	8,9	
	51-55			15,1	16,8	11,6			51-55			15,5	14,5	13,5	
	56-60			18,6	20,5	20,0			56-60			16,7	12,9	10,9	1,3
	>61			20,1	25,2	19,6			>61			17,0			
2009	<36	0,9						2020	<36	0,6		8,6	13,0		
	36-40	0,8		6,3	9,1	6,6			36-40			13,2	10,6	6,6	
	41-45			4,7	6,8	4,6	2,2		41-45			10,4	12,5		
	46-50			8,6	9,0	5,1	2,6		46-50			10,0	12,0	7,3	
	51-55			10,5	10,9	6,1			51-55			14,6	11,4	10,7	
	56-60			10,8	13,6	8,5			56-60			15,1	14,2	7,2	
	>61			18,3	17,0	10,6	2,6		>61				19,0		
2011	<36	1,4	1,3					2021	<36	1,3	1,6	6,9	8,2		
	36-40	1,0	1,1	3,6	7,0		1,0		36-40			10,8	15,0	9,1	
	41-45		0,9	8,7	11,9	7,6	1,2		41-45			12,1	18,6	11,7	
	46-50			12,1	17,5	12,5			46-50			14,8	23,3	17,2	
	51-55			15,2	21,5	16,8	2,3		51-55			17,9	27,9	17,4	
	56-60			15,9	24,1	16,3			56-60			17,5	27,7	23,3	
	>61			16,1	24,5	16,9			>61						
2012	<36	0,9	2,7	5,1											
	36-40	0,5	2,3	6,3	10,9	6,3	0,8								
	41-45	0,5	0,7	8,4	11,8	8,4	0,6								
	46-50			10,9	13,4	7,6	1,2								
	51-55		5,3	13,5	20,0	9,2	2,8								
	56-60			14,5	21,1	12,8	4,2								
	>61			15,3	21,0	14,3									

**Tabla 24.**Estimados de la talla de madurez sexual ($L_{50\%}$) de las hembras a partir de las prospecciones del 2001-2021.

Año/Periodo	$L_{50\%}$ (cm)	LI	LS	N° hembras	ds
2001-2002	36,0	34,4	37,6	1.109	1,6
2001-2003	36,6	34,9	38,0	1.326	1,6
2001-2004	36,1	34,8	37,5	1.640	1,4
2001-2005	36,7	35,6	37,8	2.310	1,1
2001-2006	36,6	35,6	37,6	3.028	1,0
2001-2007	36,0	35,7	36,2	3.143	0,3
2008	36,7	34,2	38,4	713	2,1
2001-2008	36,6	35,5	37,5	3.856	1,0
2009	37,3	34,2	40,2	608	3,0
2001-2009	36,7	35,9	37,5	4.464	0,8
2011	36,5	35,0	38,2	1.077	1,6
2001-2011	36,7	36,1	37,3	5.541	0,6
2012	35,5	33,7	36,6	821	1,5
2001-2012	36,7	36,1	37,3	6.358	0,6
2001-2013	36,1	35,5	36,7	6.992	0,6
2014	36,5	33,8	38,3	648	2,3
2001-2014	36,2	35,7	36,6	7.637	0,5
2015	37,4	36,3	38,5	515	1,1
2001-2015	36,4	35,9	36,8	8.152	0,5
2016	32,1	29,3	34,1	632	2,4
2001-2016	35,6	35,2	36,0	8.777	0,4
2017	35,2	32,6	36,3	520	1,9
2001-2017	36,0	35,4	36,4	9.297	0,5
2018	32	32,0	39,5	519	4,3
2001-2018	36	29,4	45,1	9816	7,9
2019	33,6	29	46	349	8,8
2001-2019	35,1	29	46	10156	8,6
2020	-	-	-	-	-
2021	33	31	61	490	16,8
2001-2021	34,9	29	65	10647	19,3



Tabla 25.

Valores promedio de la fecundidad total y relativa a partir de las evaluaciones directas entre los años 2001 y 2021.

Fecundidad total				Fecundidad relativa			Tamaño hembras (cm)		
Año	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo	n
2001	119.479	1.110.293	386.831	150	974	392	50	61	57
2002	124.058	1.103.030	523.125	254	972	592	37	63	94
2003	119.842	1.340.841	733.540	174	1981	698	40	62	124
2004	76.676	1.573.646	615.362	141	1159	639	40	64	135
2005	71.771	1.245.209	593.968	165	913	534	43	64	124
2006	52.285	1.590.339	474.335	87	817	445	42	64	104
2007	105.435	1.210.836	400.327	197	738	482	36	62	28
2008	84.034	1.111.541	530.681	193	780	447	42	66	123
2009	18.478	926.779	297.329	34	646	314	42	63	36
2011	128.402	1.387.777	649.082	182	849	545	44	67	101
2012	103.340	1.083.838	400.441	239	695	456	34	65	117
2013	68.064	954.929	370.708	144	620	403	41	66	104
2014	26.746	686.435	203.332	64	493	234	36	66	118
2015	19.140	1.133.218	318.473	88	766	397	33	71	107
2016	53.997	697.584	270.607	152	571	327	39	64	100
2017	55.720	886.888	264.807	140	649	360	36	65	98
2018	39.566	520.000	227.038	140	627	398	38	54	52
2019	48.774	881.152	361.356	140	756	430	35	64	76
2020	47.061	690.634	202.815	144	595	384	35	62	25
2021	47.476	709.222	216.148	190	669	388	34	61	59

Tabla 26.

Resumen de las relaciones entre la fecundidad total con el peso corporal y la longitud total (a: intercepto; b: pendiente; r²: coeficiente de determinación).

Año	Variable	Regresión	a	b	r ²
2021	Peso corporal	Lineal	42.960,00	481,64	0,8651
		Potencial	117,57	1,19	0,8454
		Exponencial	63.834,00	0,00	0,7780
2021	Longitud total	Lineal	622.341,00	181.605,00	0,7587
		Potencial	0,10	3,79	0,8195
		Exponencial	4.383,40	0,08	0,8124

**Tabla 27**

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

Variable	Promedio	Max.	Min.	Desv.est	CV	Nº obs
Largo (m)	765	3,007	63	582	0.76	39
Alto (m)	16	29	8	6	0.35	39
Elongación	50	170	5	39	0.78	39
Perímetro (m)	10,813	34,350	1,123	8,595	0.79	39
Area (m ²)	12,637	52,494	799	10,641	0.84	39
Dim. Fractal	1.67	1.81	1.26	0.09	0.06	39
Prof. Card (m)	263	401	197	38	0.14	39
Prof. Fondo (m)	408	1,330	216	301	0.74	39
Índice altura (%)	20	78	2	22	1.09	39
S _A (m ² /mn ²)	5,115	98,432	228	15,693	3.07	39
Densidad (S _A /m ²)	0.30	1.88	0.05	0.34	1.15	39

Tabla 28

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

Zona 1	Promedio	Max.	Min.	Desv.est	CV	Nº obs
Largo (m)	945	3,007	104	600	0.63	24
Alto (m)	18	29	8	6	0.33	24
Elongación	60	170	11	43	0.72	24
Perímetro (m)	14,012	34,350	1,123	8,462	0.60	24
Area (m ²)	16,242	52,494	976	10,902	0.67	24
Dim. Fractal	1.68	1.81	1.52	0.07	0.04	24
Prof. Card (m)	245	316	197	27	0.11	24
Prof. Fondo (m)	299	489	216	72	0.24	24
Índice altura (%)	15	51	4	13	0.84	24
S _A (m ² /mn ²)	7,016	98,432	397	19,832	2.83	24
Densidad (S _A /m ²)	0.31	1.88	0.05	0.43	1.41	24

Zona 2	Promedio	Max.	Min.	Desv.est	CV	Nº obs
Largo (m)	476	1,579	63	427	0.90	15
Alto (m)	14	27	8	5	0.33	15
Elongación	35	88	5	27	0.77	15
Perímetro (m)	5,695	23,768	1,160	6,103	1.07	15
Area (m ²)	6,869	28,011	799	7,356	1.07	15
Dim. Fractal	1.65	1.75	1.26	0.12	0.07	15
Prof. Card (m)	292	401	243	35	0.12	15
Prof. Fondo (m)	584	1,330	255	429	0.73	15
Índice altura (%)	29	78	2	31	1.07	15
S _A (m ² /mn ²)	2,074	8,310	228	2,497	1.20	15
Densidad (S _A /m ²)	0.28	0.45	0.08	0.10	0.37	15



Tabla 29

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

200 - 299 m	Promedio	Máximo	Mínimo	Desvest	C.V.	N
Largo (m)	859.5	3,007.2	103.9	630.0	0.73	21
Alto (m)	16.1	29.3	8.3	5.5	0.34	21
Elongación	57.8	170.2	10.6	42.9	0.74	21
Perímetro (m)	10,606.3	34,350.4	1,123.0	7,809.2	0.74	21
Area (m ²)	13,800.8	52,493.8	976.4	11,507.4	0.83	21
Dim. Fractal	1.65	1.81	1.26	0.12	0.07	21
Prof. Agreg (m)	240.9	279.2	197.1	20.5	0.09	21
Índice altura (%)	8.5	20.6	3.1	4.6	0.54	21
s _A (m ² /mn ²)	6,765.6	98,432.0	397.1	21,052.3	3.11	21
Densidad (s _A /m ²)	0.3	1.9	0.1	0.4	1.31	21

300 - 399 m	Promedio	Máximo	Mínimo	Desvest	C.V.	N
Largo (m)	915.7	1,578.5	233.4	452.5	0.49	9
Alto (m)	18.6	26.9	8.2	6.4	0.34	9
Elongación	53.3	104.2	16.5	30.9	0.58	9
Perímetro (m)	16,581.3	29,159.3	2,186.0	9,493.9	0.57	9
Area (m ²)	16,967.5	28,261.0	1,824.1	9,141.1	0.54	9
Dim. Fractal	1.70	1.75	1.59	0.05	0.03	9
Prof. Agreg (m)	282.2	315.5	237.5	22.2	0.08	9
Índice altura (%)	14.5	29.0	2.3	7.9	0.54	9
s _A (m ² /mn ²)	3,441.0	8,903.4	615.7	3,249.5	0.94	9
Densidad (s _A /m ²)	0.2	0.7	0.1	0.2	0.89	9

400 - 599 m	Promedio	Máximo	Mínimo	Desvest	C.V.	N
Largo (m)	720.8	1,211.2	175.0	532.2	0.74	4
Alto (m)	12.0	15.9	9.1	3.0	0.25	4
Elongación	55.4	89.4	17.0	33.3	0.60	4
Perímetro (m)	9,529.2	20,027.9	2,343.2	7,923.9	0.83	4
Area (m ²)	9,455.8	18,901.8	1,734.9	8,367.8	0.88	4
Dim. Fractal	1.71	1.75	1.66	0.04	0.02	4
Prof. Agreg (m)	276.0	316.1	235.3	44.1	0.16	4
Índice altura (%)	40.0	51.0	26.0	12.9	0.32	4
s _A (m ² /mn ²)	6,041.3	18,369.5	369.1	8,483.3	1.40	4
Densidad (s _A /m ²)	0.5	1.3	0.1	0.5	1.10	4

> 500 m	Promedio	Máximo	Mínimo	Desvest	C.V.	N
Largo (m)	131.6	258.1	63.3	76.0	0.58	5
Alto (m)	16.7	26.5	11.9	5.8	0.35	5
Elongación	7.4	9.7	4.8	1.8	0.24	5
Perímetro (m)	2,325.8	5,213.5	1,159.8	1,647.0	0.71	5
Area (m ²)	2,497.6	6,736.2	799.3	2,435.1	0.97	5
Dim. Fractal	1.66	1.75	1.57	0.07	0.04	5
Prof. Agreg (m)	312.5	400.7	288.8	49.3	0.16	5
Índice altura (%)	65.7	78.0	20.6	25.2	0.38	5
s _A (m ² /mn ²)	458.6	636.9	228.3	197.4	0.43	5
Densidad (s _A /m ²)	0.3	0.3	0.1	0.1	0.40	5

**Tabla 30**

Matriz de correlaciones de las variables originales (descriptores).

	Largo	Alto	Elon.	Perím.	Área	Dim. Frac.	Prof. Agreg.	Fondo	Ind. Alt.	sA	Dens.
Largo	1	0.12	0.89	0.86	0.92	0.08	-0.27	-0.40	-0.34	0.71	0.51
Alto	0.12	1	-0.24	0.33	0.43	-0.27	0.12	-0.12	-0.15	0.03	-0.21
Elongación	0.89	-0.24	1	0.69	0.66	0.22	-0.29	-0.39	-0.30	0.59	0.50
Perímetro	0.86	0.33	0.69	1	0.88	0.36	-0.16	-0.36	-0.29	0.50	0.24
Área	0.92	0.43	0.66	0.88	1	-0.02	-0.19	-0.38	-0.35	0.67	0.39
Dim. Fractal	0.08	-0.27	0.22	0.36	-0.02	1	0.03	0.02	0.08	-0.02	-0.02
Prof. Agreg.	-0.27	0.12	-0.29	-0.16	-0.19	0.03	1	0.39	0.28	-0.08	-0.14
Fondo	-0.40	-0.12	-0.39	-0.36	-0.38	0.02	0.39	1	0.94	-0.11	0.02
Ind. Altura	-0.34	-0.15	-0.30	-0.29	-0.35	0.08	0.28	0.94	1	-0.10	0.10
sA	0.71	0.03	0.59	0.50	0.67	-0.02	-0.08	-0.11	-0.10	1	0.85
Densidad	0.51	-0.21	0.50	0.24	0.39	-0.02	-0.14	0.02	0.10	0.85	1

Tabla 31

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

Nº componente	Valor propio	% variabilidad explicada	% acumulado
1	4.76	43.28	43.28
2	2.03	18.43	61.71
3	1.50	13.62	75.33
4	1.24	11.27	86.60
5	0.74	6.71	93.31
6	0.48	4.35	97.66
7	0.12	1.04	98.70
8	0.08	0.70	99.40
9	0.04	0.33	99.73
10	0.03	0.25	99.98
11	0.00	0.02	100.00

Tabla 32

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

Variable	Com. 1	Com. 2	Com. 3	Com. 4
Largo	0.97	0.09	0.06	0.05
Alto	0.15	-0.40	0.85	0.06
Elongación	0.85	0.18	-0.31	0.09
Perímetro	0.85	-0.03	0.20	0.44
Área	0.91	-0.03	0.36	0.06
Dim. Fractal	0.11	0.20	-0.40	0.82
Prof. Agreg.	-0.34	0.26	0.47	0.28
Fondo	-0.54	0.73	0.28	0.11
Ind. Altura	-0.48	0.76	0.20	0.12
sA	0.75	0.47	0.13	-0.28
Densidad	0.55	0.63	-0.09	-0.42



Tabla 33.

Valores promedio y coeficiente de variación de los descriptores de las agregaciones de merluza de tres aletas. años 2001-2021.

	2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009		2011	
Variable	Prom.	C.V.	Prom.	C.V.	Prom.	C.V.	Prom.	C.V.	Prom.	C.V.	Prom.	C.V.	Prom.	C.V.	Prom.	C.V.	Prom.	C.V.	Prom.	C.V.
Largo (m)	1,032	0,79	1,398	1,40	1,776	1,09	1,742	0,80	1,088	1,09	527	1,43	675	0,93	536	0,78	579	0,99	537	0,96
Alto (m)	45	0,49	34	0,34	31	0,41	23	0,45	21	0,53	14	0,58	16	0,52	24	0,38	23	0,68	20	0,59
Elongación	27	0,93	40	1,25	56	1,01	80	0,85	53	0,93	42	1,35	57	1,15	23	0,76	25	0,74	35	1,40
Perímetro (m)	6,076	0,91	5,990	1,43	7,722	1,25	9,530	0,74	5,214	1,19	2,639	1,87	3,649	0,93	3,057	1,27	1,682	0,86	4,316	1,41
Area (m ²)	14,105	1,09	44,516	1,84	65,831	1,39	42,787	0,94	28,226	1,65	8,570	1,88	9,986	0,95	13,994	0,93	18,304	2,19	12,559	1,84
Dim. Fractal	1,55	0,05	1,35	0,07	1,36	0,08	1,46	0,04	1,41	0,06	1,39	0,10	1,47	0,07	1,34	0,13	1,29	0,09	1,42	0,13
Prof. Card (m)	190	0,18	240	0,25	253	0,34	208	0,20	181	0,21	159	0,19	202	0,36	256	0,20	221	0,22	237	0,19
Prof. Fondo (m)	258	0,40	569	0,59	414	0,51	448	0,55	261	0,48	238	0,60	275	0,58	398	0,43	301	0,32	318	0,33
Índice altura (%)	20	0,93	43	0,65	30	0,71	44	0,46	22	0,96	22	0,99	17	1,09	28	0,77	23	0,77	21	0,71
S _A (m ² /mn ²)	5,693	2,21	4,113	3,22	9,323	1,85	11,942	1,67	10,513	1,93	3,573	2,48	2,260	1,31	2,178	1,12	6,506	2,36	5,570	4,61
Densidad (S _A /m ²)	0,46	1,29	0,27	2,87	0,54	4,08	0,29	1,46	0,46	2,15	0,74	1,89	0,68	2,43	0,35	1,51	0,79	1,78	0,28	1,22
Nº obs	301		147		107		46		136		181		70		66		79		49	

	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021	
Variable	Prom.	C.V.	Prom.	C.V.	Prom.	C.V.	Prom.	C.V.	Prom.	C.V.	Prom.	C.V.	Prom.	C.V.	Prom.	C.V.	Prom.	C.V.	Prom.	C.V.
Largo (m)	563	0,54	565	0,90	373	1,17	704	0,93	416	1,94	616	0,74	398	1,07	823	0,55	707	1,08	765	0,76
Alto (m)	19	0,26	21	0,70	20	0,61	21	0,66	24	0,68	24	0,62	21	0,73	29	0,34	27	0,61	16	0,35
Elongación	30	0,54	30	0,89	19	1,16	36	0,89	18	1,64	29	0,85	19	0,78	29	0,51	29	1,29	50	0,78
Perímetro (m)	4,241	0,71	10,322	1,16	6,275	1,65	6,776	0,81	3,780	0,98	5,781	0,89	5,705	1,42	12,813	0,64	5,600	0,99	10,813	0,79
Area (m ²)	10,950	0,67	14,916	2,24	8,989	1,28	19,152	1,94	19,771	3,82	17,351	1,09	12,719	2,02	25,253	0,76	22,980	1,30	12,637	0,84
Dim. Fractal	1,47	0,10	1,63	0,06	1,58	0,07	1,57	0,05	1,58	0,10	1,52	0,12	1,60	0,07	1,59	0,03	1,49	0,05	1,67	0,06
Prof. Card (m)	271	0,24	288	0,16	246	0,19	298	0,14	250	0,14	213	0,19	268	0,19	336	0,08	238	0,18	263	0,14
Prof. Fondo (m)	396	0,34	439	0,34	587	0,69	603	0,51	389	0,26	281	0,31	341	0,29	398	0,09	298	0,25	408	0,74
Índice altura (%)	28	0,55	29	0,58	44	0,58	39	0,67	32	0,52	21	0,64	18	0,81	15	0,58	17	0,86	20	1,09
S _A (m ² /mn ²)	5,542	3,96	4,330	5,37	3,342	2,12	11,421	3,76	17,218	2,68	60,598	2,89	8,369	2,47	3,546	0,85	8,207	1,55	5,115	3,07
Densidad (S _A /m ²)	0,33	3,01	0,50	1,99	0,42	1,02	0,92	2,90	3,97	2,28	10,76	3,01	0,71	1,39	0,14	0,35	0,32	0,50	0,30	1,15
Nº obs	25		55		46		30		52		32		68		23		41		39	



A N E X O 1

Pesca de investigación y D.S. 711



Resolución exenta N° E-2021-393

Verificación del Documento:

- Id del Documento: 7695
- Código de verificación: 78901142593
- Verificar validez en <https://tramites.subpesca.cl/wf-tramites/public/documentos/validar>

MINISTERIO DE ECONOMÍA
FOMENTO Y TURISMO

**SUBSECRETARÍA DE PESCA Y
ACUICULTURA**

PINV E-2021-280 CRUCERO DE PROSPECCIÓN
MSUR-MCOLA-M3ALETAS

AUTORIZA A INSTITUTO DE FOMENTO
PESQUERO PARA REALIZAR PESCA DE
INVESTIGACIÓN QUE INDICA.

VALPARAÍSO,

R. EX. N° **E-2021-393**

FECHA: **30/07/2021**

VISTO: Lo solicitado por el Instituto de Fomento Pesquero mediante Oficio IFOP/2021/LC/N°043/DIR/313 SUBPESCA, ingreso electrónico E-PINV-2021-284 de fecha 21 de julio de 2021; lo informado por la División de Administración Pesquera de esta Subsecretaría, en Informe Técnico N° E-2021-280, de fecha 27 de julio de 2021; los Términos Técnicos de Referencia del Proyecto denominado **"Crucero de prospección para la evaluación hidroacústica de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en las regiones de Los Lagos y Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo"** elaborados por el solicitante y aprobados por esta Subsecretaría de Pesca; lo dispuesto en el D.F.L. N° 5 de 1983; la Ley General de Pesca y Acuicultura N° 18.892 y sus modificaciones cuyo texto refundido fue fijado por el D.S. N° 430 de 1991, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción; las Leyes N° 19.880, N° 20.528, N° 20.597; N° 20.560; N° 20.657; el Convenio de Desempeño suscrito entre la Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño y el Instituto de Fomento Pesquero, aprobado mediante Decreto Supremo N° 85 de 2020, del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo; los D.S. N° 144 de 1980; los Decretos Exentos N° 140 de 1996, N° 795 de 2013 y Decretos Exentos Electrónicos N° 98 y N° 134, ambos de 2020, del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo; la Resolución N° 1700 de 2000, y las Resoluciones Exentas N° 3067, N° 4479 y N° 4480 de 2017 de esta Subsecretaría.

CONSIDERANDO:

Que el Instituto de Fomento Pesquero ingresó, mediante Oficio citado en Visto, una solicitud para desarrollar la pesca de investigación conforme los Términos Técnicos de Referencia del Proyecto denominado **"Crucero de prospección para la evaluación hidroacústica de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en las regiones de Los Lagos y Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo"**



Que mediante Memorándum Técnico, citado en Visto, la División de Administración Pesquera de esta Subsecretaría, informa que los objetivos y las actividades planteadas en la solicitud califican como pesca de investigación con carácter de pesca de prospección de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 2° N° 29 de la Ley General de Pesca y Acuicultura ya que el estudio plantea evaluar la biomasa y abundancia de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en el área de sus unidades de pesquería a través de una prospección hidroacústica, con lances de identificación.

Que de acuerdo a lo anterior y de conformidad a lo dispuesto en los artículos 98 a 102 de la Ley General de Pesca y Acuicultura y en el D.S. N° 461 de 1995 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, corresponde autorizar la pesca de investigación solicitada.

RESUELVO:

1.- Autorízase al Instituto de Fomento Pesquero, R.U.T. N° 61.310.000-8, domiciliado en Blanco 839, Valparaíso, para efectuar una pesca de investigación de conformidad con los Términos Técnicos de Referencia del Proyecto denominado **"Crucero de prospección para la evaluación hidroacústica de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en las regiones de Los Lagos y Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo"**, elaborados por el solicitante y aprobados por esta Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

2.- El objetivo principal de la pesca de investigación consiste en prospectar hidroacústicamente la zona comprendida entre La Región de Los Lagos y de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo a fin de determinar el stock desovante de Merluza del Sur, Merluza de cola y Merluza de tres aletas.

3.- La pesca de investigación se efectuará desde la fecha de publicación de la presente resolución, de conformidad con lo establecido en el artículo N° 174 de la Ley General de Pesca y Acuicultura, y el 31 de agosto de 2021, ambas fechas inclusive.

La pesca de investigación se realizará en el área marítima comprendida entre las latitudes 43°30' L.S. y 51°00' L.S., incluyendo el sector de aguas interiores, comprendido por los puntos Cabo Quilán (43°16,6' L.S. y 74° 24,6' L.O.) en la Isla Grande de Chiloé y el Islote Occidental de la Isla Menchum (45° 37,7' L.S. y 74° 56,8' L.O.), entre los paralelos 43° 44'17" L.S. y 45° 37,7' L.S.

4.- En la pesca de investigación que se autoriza, participará en el área marítima individualizada previamente, el barco fábrica **"CABO DE HORNOS"**, cuyas características náuticas son las siguientes:

Distintivo de Llamada	CB7960
Eslora	80 m
Manga	13,5 m
T.R.G	2140 t



La nave antes señalada podrá operar en toda el área de estudio indicada en el numeral 3° de la presente resolución. No obstante, en el área de aguas interiores no se podrán realizar lances de pesca con ningún propósito, quedando limitada su actividad exclusivamente a labores de ecoprospección.

5.- La presente pesca de investigación se ejecutará en dos cruceros, pudiendo extraerse los recursos que se indica a continuación:

- a) Primer crucero: se realizará durante la primera quincena de agosto, en el área marítima comprendida entre los paralelos 43°30' L.S. y 47°00' L.S., considerando como especies objetivo los recursos merluza del sur ***Merluccius australis*** y merluza de cola ***Macruronus magellanicus***.
- b) Segundo crucero: se realizará durante la segunda quincena de agosto, en el área marítima comprendida entre los paralelos 47°00' L.S. y 51°00' L.S., considerando como especie objetivo, el recurso merluza de tres aletas ***Micromesistius australis***.

6.- En cumplimiento del objetivo de la presente pesca de investigación, la nave "CABO DE HORNOS", podrá extraer un total de 18 toneladas de merluza del sur ***Merluccius australis***, 60 toneladas de merluza de cola ***Macruronus magellanicus*** y 40 toneladas de merluza de tres aletas ***Micromesistius australis***.

Asimismo, podrá extraer los siguientes recursos hidrobiológicos, en calidad de fauna acompañante, en los montos que en cada caso se indica:

Nombre común	Nombre científico	Cuota (toneladas)
Cojinoba	<i>Seriotelella sp</i>	1
Reineta	<i>Brama australis</i>	1
Congrio dorado	<i>Genypterus blacodes</i>	0,5
Tollo	<i>Squalus sp, Mustelus sp</i>	0,2
Brotula	<i>Salilota australis</i>	0,5
Otros	-	1

Las toneladas antes señaladas de merluza del sur, merluza de tres aletas, merluza de cola y congrio dorado se imputarán a las fracciones de las cuotas globales anuales de captura, de dichos recursos, reservadas para fines de investigación, establecidas mediante Decretos Exentos Electrónicos N° 98 y N° 134, ambos del 2020 del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.

En el caso de requerir ingresar, con fines de desplazamiento, al interior de un Área Marina Protegida, el ejecutante de la pesca de investigación deberá coordinar la actividad con el administrador del área, con dos días hábiles de anticipación.

7.- Para efectos de la presente pesca de investigación se exceptúa el cumplimiento de las siguientes medidas de conservación y administración, respectivamente:

- a) Tamaño de luz de malla, establecida mediante D.S. N° 144 de 1980, del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.



- b) Veda biológica del recurso Merluza del sur establecida mediante Decreto Exento N° 140 de 1996, del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.
- c) Veda biológica para el recurso Merluza de cola establecida mediante Decreto Exento N° 795 de 2013, del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.
- d) Artes y aparejos de pesca, para recursos hidrobiológicos, establecida mediante Resolución Exenta N° 1700 de 2000, de esta Subsecretaría.

8.- La nave participante en la presente pesca de investigación deberá cumplir con las siguientes obligaciones:

- a) Comunicar al Servicio Nacional de Pesca, la fecha y hora de zarpe y recalada de la nave y dar cumplimiento a los procedimientos de control que establezca el mencionado organismo para estos efectos.
- b) Realizar las labores de pesca de investigación con sujeción a los diseños operativos determinados por el Instituto de Fomento Pesquero.
- c) Aceptar a bordo a los observadores científicos que designe el Instituto de Fomento Pesquero y otorgar todas las facilidades para que éstos puedan recopilar y transmitir la información necesaria para el cumplimiento del plan de trabajo durante todo el período de la pesca de investigación.
- d) Mantener operativo el dispositivo de posicionamiento satelital;
- e) Informar y documentar las capturas y su destino conforme lo dispuesto en el artículo 63 de la Ley General de Pesca y Acuicultura y sus normas reglamentarias.
- f) En general dar cumplimiento a las obligaciones legales y reglamentarias establecidas para la realización de actividades pesqueras extractivas y medidas de administración establecidas para las especies en estudio, con exclusión de aquellas expresamente exceptuadas mediante la presente pesca de investigación.

El incumplimiento de las obligaciones antes señaladas importará el término inmediato de la autorización otorgada a la nave infractora, sin que sea necesario formalizarlo.

9.- Durante el crucero de investigación se eximirá de la prohibición de descarte las capturas realizadas, efectuados de conformidad con lo establecido en los planes de reducción del Descarte y de la Pesca Incidental de las pesquerías de merluza de cola, merluza del sur y congrio dorado y merluza de tres aletas, establecidos mediante Res. Ex. N° 3.067, N° 4.479, N° 4.480, todas de 2017, de esta Subsecretaría.

En este caso la nave podrá extraer los recursos en las cantidades autorizadas en la presente resolución, debiendo dejar



constancia de la cuantificación de las capturas totales y de la devolución al mar de las especies capturadas en calidad de especie objetivo y fauna acompañante una vez efectuados los respectivos muestreos, así como la captura incidental y la forma en que esta se realiza.

10.-El Instituto de Fomento Pesquero deberá elaborar un informe resumido de las actividades realizadas, que contenga a lo menos información de la obtención de muestras, de los materiales y métodos ocupados. Asimismo, se deberá entregar una base de datos, en formato EXCEL, conteniendo: localización de la red o estaciones de muestreo, número de muestras, número de ejemplares capturados por especie cuando proceda o una cuantificación de la captura y características de los individuos muestreados en el contexto de la autorización.

Además, se deberá disponer los resultados en un archivo electrónico en formato *shape* el cual deberá estar en coordenadas geográficas (grados, minutos y segundos) referida al *datum* WGS-84 considerando como atributo la categoría antes mencionada. Adicionalmente, la información espacial deberá presentar un archivo de metadato según Res. SSPA Nº 934 de 09/Mar/2018, que para el ámbito pesquero se adjunta su formato.

Lo anterior deberá ser entregado dentro del plazo de 30 días corridos, contados desde la fecha de término del período de pesca autorizado y deberá entregarse impreso por medio de una carta conductora a la cual se le deberá adjuntar un dispositivo de respaldo digital que contenga una copia del informe más la base de datos solicitada. Asimismo, deberá ingresarlo a través del sistema de tramitación electrónico, en el ítem de resultados.

El incumplimiento de la obligación antes señalada se considerará como causal suficiente para denegar cualquier nueva solicitud de pesca de investigación.

11.- Designase al Jefe de División de Administración Pesquera de esta Subsecretaría como funcionario encargado de velar por el oportuno y debido cumplimiento de las obligaciones establecidas en el numeral anterior.

12.- El Instituto designa como persona responsable de esta pesca de investigación, a su Director Ejecutivo don Luis Alfredo Parot Donoso, R.U.T. Nº 6.797.121-3, ambos domiciliados en Blanco Nº 839, Valparaíso.

13.- La presente resolución deberá publicarse en extracto en el Diario Oficial, por cuenta del interesado, dentro del plazo de 30 días hábiles contados desde su fecha.

14.- Esta autorización es intransferible y no podrá ser objeto de negociación alguna.

15.- El Instituto de Fomento Pesquero deberá dar cumplimiento a las obligaciones establecidas en los Decretos Nº 430, de 1991 y Nº 461, de 1995, ambos del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, sin perjuicio del cumplimiento de las obligaciones que se establecen en la presente Resolución.

El incumplimiento hará incurrir al titular en el término inmediato de la pesca de investigación sin que sea necesario formalizarlo.



16.- La infracción a las disposiciones legales y reglamentarias sobre pesca de investigación, será sancionada con las penas y conforme al procedimiento establecido en la Ley General de Pesca y Acuicultura.

17.- La presente autorización es sin perjuicio de las que corresponda conferir a otras autoridades, de acuerdo a las disposiciones legales y reglamentarias vigentes o que se establezcan.

18.- La presente Resolución podrá ser impugnada por la interposición del recurso de reposición contemplado en el artículo 59 de la ley 19.880, ante esta misma Subsecretaría y dentro del plazo de 5 días hábiles contados desde la respectiva notificación, sin perjuicio de la aclaración del acto dispuesta en el artículo 62 del citado cuerpo legal y de las demás acciones y recursos que el solicitante estime pertinentes.

19.- Transcribese copia de esta Resolución a la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante, al Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura y a la División Jurídica de esta Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

ANÓTESE, NOTIFÍQUESE POR CARTA CERTIFICADA, PUBLÍQUESE EN EXTRACTO EN EL DIARIO OFICIAL Y A TEXTO ÍNTEGRO EN EL SITIO DE DOMINIO ELECTRÓNICO DE LA SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA Y DEL SERVICIO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA.




CRISTIAN ESPINOZA MONTENEGRO
Subsecretario de Pesca y Acuicultura (S)



Resolución SHOA ordinario N° 13270/24/989

Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile

Errizuri 254 - Playa Ancha - Casilla 324 - Valparaíso - Chile - C.P. 236-0367 - Fono: 56-322266666 / Fax: 56-322266532 - Correo electrónico: shoa@shoa.cl / www.shoa.cl

SHOA ORDINARIO N° 13270/24/ ~~989~~ Vrs.

AUTORIZA AL INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, PARA REALIZAR ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA MARINA ENTRE LAS REGIONES DE LOS LAGOS Y DE MAGALLANES Y DE LA ANTÁRTICA CHILENA.

22 JUL. 2021

VALPARAÍSO,

VISTO: lo solicitado por el INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, mediante Solicitud N° 10994, de fecha 14 de julio de 2021 e información complementaria de las actividades a desarrollar en terreno; las atribuciones que me confiere el Decreto Supremo (M) N° 192, de fecha 6 de marzo de 1969, modificado por Decreto Supremo N° 784, de fecha 14 de agosto de 1985; lo señalado en el Decreto Supremo N° 711, de fecha 22 de agosto de 1975, "Reglamento de Control de las Investigaciones Científicas y Tecnológicas Marinas efectuadas en la Zona Marítima de Jurisdicción Nacional"; lo establecido en la Resolución SHOA Ordinario N° 6070/1/5 Vrs. de fecha 4 de enero de 2021; lo estipulado en el Decreto Supremo N° 4, de fecha 5 de febrero de 2020, modificado por Decretos Supremos N° 6 y 10, de fechas 6 y 24 de marzo de 2020, respectivamente, prorrogado por Decreto Supremo N° 1, de fecha 15 de enero de 2021 y lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 104, de fecha 18 de marzo de 2020, prorrogado por Decreto Supremo N° 153, de fecha 25 de junio de 2021,

CONSIDERANDO:

- 1.- Que, el INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, con fecha 14 de julio de 2021, solicitó autorización para efectuar investigación científica marina, correspondiente a muestreos acústicos para realizar una prospección hidroacústica de los recursos de merluza y conocer la batimetría del área de estudio, para el sector comprendido entre las latitudes 43° 00' S y 51° 00' S, y desde la costa hasta el veril de los 700 metros, entre las Regiones de Los Lagos y de Magallanes y de la Antártica Chilena.
- 2.- Que, las atribuciones del SHOA en materia de investigaciones científicas y tecnológicas marinas efectuadas en la zona marítima de jurisdicción nacional, así como los procedimientos para la tramitación de las solicitudes relacionadas con dichas investigaciones, se encuentran establecidas en el Decreto Supremo N° 711, de fecha 22 de agosto de 1975, citado en VISTO.
- 3.- Que, el Decreto Supremo N° 711, aprobó el Reglamento de Control de las Investigaciones Científicas y Tecnológicas Marinas efectuadas en la Zona Marítima de Jurisdicción Nacional, por lo que todo incumplimiento referente a trabajos de investigación científica y/o tecnológica marina permitidos, será sancionado de acuerdo a lo establecido en el Título III de dicho Decreto.

RESUELVO:

- 1.- **AUTORIZASE** al INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, para que con el apoyo del B/F "CABO DE HORNOS", desarrolle actividades de investigación científica marina en el sector comprendido entre las latitudes 43° 00' S y 51° 00' S, y desde la costa hasta el veril de los 700 metros (entre las Regiones de Los Lagos y de Magallanes y de la Antártica Chilena – Cartas Náuticas SHOA N° 7000, 8000, 9000 y 10000), dentro del marco del Proyecto denominado "Evaluación del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en las regiones de Los Lagos y de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo", las cuales se realizarán a contar de esta fecha y hasta el 30 de septiembre de 2021.





Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile

Embarque 254 - Playa Ancha - Casilla 324 - Valparaíso - Chile - C.P. 236-0167 - Fono: 56-32226666 / Fax: 56-322266542 - Correo electrónico: shoa@shoa.cl / www.shoa.cl

SHOA ORD. N° 13270/24/ 989 / Vrs.

Hoja N° 2.-

Fecha: **22 JUL. 2021**

2.- DECLÁRASE:

- a.- De acuerdo a lo informado por el INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, se ejecutarán muestreos acústicos para realizar una prospección hidroacústica de los recursos de merluza y conocer la batimetría del área de estudio.
- b.- Según la información proporcionada por la empresa citada en VISTO, este trabajo no requiere de inspección en terreno, ni revisión de los antecedentes finales del estudio por parte del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), en razón al carácter exploratorio de ellos. Por ende, este estudio se considerará sin valor hidrográfico ni oceanográfico.
- c.- Se deberá considerar que previo al inicio de los trabajos e independiente al trámite de zarpe de la embarcación, el Jefe de Grupo responsable de los trabajos en terreno y representante del INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, Sr. Javier Legua Delgado, deberá concurrir a la Capitanía de Puerto de Puerto Chacabuco, para coordinar las actividades de investigación a ejecutar; requerir información respecto de las medidas de seguridad que se deben adoptar durante las operaciones de navegación y buceo, sin perjuicio de la obligación del Jefe de Terreno de solicitar ante dicha Capitanía y/o a otros organismos competentes del Estado, otras autorizaciones reglamentarias, según corresponda. Asimismo, se deberá informar la posición geográfica en que se instalarán los instrumentos oceanográficos y posteriormente su retiro, como también cualquier variación a lo autorizado.
- d.- Lo anterior, sin perjuicio de los trámites que deban ser realizados ante las autoridades competentes para autorizar los movimientos dentro del Territorio Nacional, en caso de ser necesario, en consideración a la declaración de Estado de Excepción Constitucional de Catástrofe, por calamidad pública, dictado y prorrogado mediante Decretos Supremos N° 104 y 153, respectivamente, citados en VISTO.
- e.- Asimismo, en atención a la contingencia relacionada con la Alerta Sanitaria producto de la propagación del COVID-19, el ingreso a cualquier recinto de la Armada de Chile, estará sujeto a los controles sanitarios que se indiquen y exijan (tales como registro de temperatura, uso de mascarillas, guantes, etc.).
- f.- La nave deberá emitir su posición (Q.T.H.) diariamente a las 12:00 Z y 24:00 Z, según el procedimiento chileno de notificación de la situación de los buques (CHILREP), dirigido a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, a través de las radio estaciones costeras.
- g.- La Empresa o Entidad a cargo de los trabajos deberá comunicar por escrito al SHOA, si la investigación científica marina autorizada en la presente Resolución no se realizará, con el objeto de que este Servicio informe el término de la investigación a la Autoridad Marítima, mediante una Resolución de "Déjese Sin Efecto".
- h.- Lo expuesto y dispuesto en los considerandos anteriores, no podrá bajo ningún pretexto perjudicar o amenazar los derechos de terceros, válidamente constituidos en el área de estudio.





Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile

Errázuriz 254 - Playa Ancha - Casilla 324 - Valparaíso - Chile - C.P: 236-0167 - Fono: 56-322266666 / Fax: 56-322266542 - Correo electrónico: shoa@ifop.cl / www.shoa.cl

SHOA ORD. N° 13270/24/989 / Vrs.

Hoja N° 3.-

Fecha: 22 JUL. 2021

- i.- Conforme a lo dispuesto en el Artículo 16° del Decreto Supremo N° 711, citado en VISTO, al término del estudio el Sr. Javier Legua Delgado, a través del Representante Legal del INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, Sr. Luis Parot Donoso, deberá remitir al SHOA, una copia (en medio digital), de los datos e informe de los resultados obtenidos, en consideración a que esta información es de especial interés para el Servicio. La data obtenida podrá ser utilizada en forma parcial o total por el SHOA, objeto poder proporcionar las informaciones pertinentes y de su competencia, destinadas a dar seguridad a la navegación a través de publicaciones, informaciones o actividades. Lo anterior, deberá ser efectuado en un plazo no superior a 6 meses, una vez finalizado el período autorizado.
- j.- En función a lo dispuesto en el Artículo 10° del Decreto Supremo N° 711, en el evento que sean necesario extender el período ya autorizado, la Empresa o Entidad ejecutora deberá solicitar una prórroga, con a lo menos 30 días de anticipación a la fecha de expiración de la autorización otorgada, acompañando, en dicho requerimiento, un informe de las actividades realizadas hasta el momento de la solicitud.
- k.- La Empresa o Entidad a cargo de los trabajos deberá dar estricto cumplimiento a lo Autorizado y Declarado en la presente Resolución. Asimismo, todo incumplimiento referente a trabajos de investigación científica y/o tecnológica autorizados, será sancionado de acuerdo a lo establecido en el Título III del Decreto Supremo N° 711.

3.- **ANÓTESE** y comuníquese a quienes corresponda, para su conocimiento y cumplimiento.

POR ORDEN DEL SR. DIRECTOR



ENRIQUE SILVA VILLAGRA
CAPITÁN DE NAVIO
SUBDIRECTOR





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 3 de agosto de 2021 a través de Google Meet. La lista de invitados se presenta a continuación y la presentación se encuentra para permanente consulta en el sitio Google Drive:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/12pD92qXevzftn7HjL6OumGQDZaE-Y6FB>

<i>Nombre</i>	<i>Institución</i>
Sergio Lillo Vega	IFOP, Jefe DIP -DED
Jorge Farias Ahumada	SUBPESCA
Lorenzo Flores Villarroel	SUBPESCA
Carla Falcón Simonelli	MINECON
Javier Legua Delgado	IFOP –jefe de Proyecto merluzas aguas exteriores coordinador reunión.
Rene Vargas Silva	IFOP
José Córdova Masanes	IFOP, Reemplaza a jefe DED en reunión de coordinación.

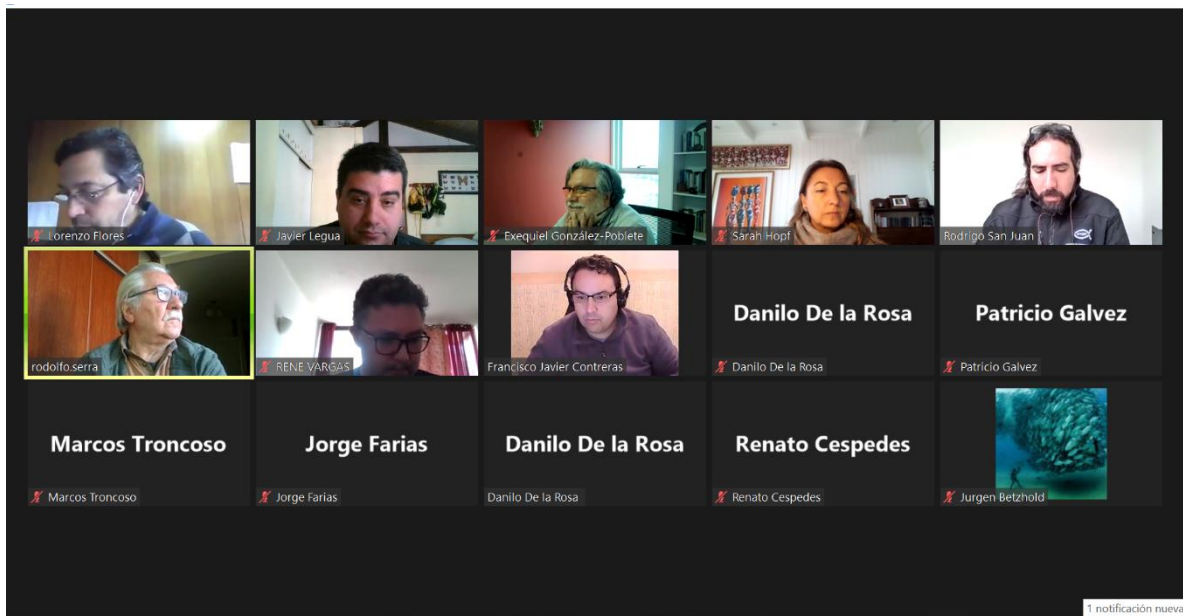


2 Presentación en comité científico técnico de recursos demersales zona sur austral (CCT-RDZSA).

La subsecretaría de pesca convocó al CCT-RDZSA mediante correo electrónico de fecha 24 de septiembre de 2021, y mediante Carta Circ. 126.

Se realizó la presentación de los resultados preliminares el día 7 de Octubre de 2021. La presentación se encuentra para permanente consulta en el siguiente sitio de Google Drive:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/12pD92qXevzftn7HjL6OumGQDZaE-Y6FB>



Participación en taller del comité científico técnico.



3 Taller de Presentación y discusión de resultados finales

De acuerdo a las bases administrativas del proyecto, se debería realizar un taller de presentación y discusión de resultados.

El taller será realizado posterior a la fecha de entrega del presente informe final, debido a ello, las presentaciones del taller y las discusiones emanadas, estarán disponibles permanentemente para consulta, en el siguiente sitio de Google Drive:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/12pD92qXevzftn7HjL6OumGQDZaE-Y6FB>



A N E X O 3

Personal participante por actividad



Objetivo 1.

Nombre	Actividad	¹ Horas
René Vargas Silva	- Estimación de Biomasa y Abundancia de Merluza de tres aletas. - Participa en Crucero Acústico 2020. - Análisis de datos y redacción de informe.	1600
Javier Legua Delgado	- Jefe de Proyecto, Participa en Crucero Acústico agosto 2020. - Apoyo en el análisis geoestadístico.	1600

Objetivo 2.

Nombre	Actividad	¹ Horas
Vilma Ojeda Cerda	- Encargada de Objetivo. - Análisis de Datos y redacción de Informe.	1120
Renato Céspedes Michea	Análisis de datos de talla y redacción de objetivo.	1120
María Miranda Pérez	Preparación y análisis de muestras de otolitos.	1120
Lizandro Muñoz Rubio	Preparación y análisis de muestras de otolitos.	1120

Objetivo 3.

Nombre	Actividad	¹ Horas
Marianne Lichtenberg Albornoz	- Encargada de Objetivo. - Análisis de Datos y redacción de objetivo.	1120



Objetivo 4.

Nombre	Actividad	¹ Horas
René Vargas Silva	- Encargado de Objetivo. - Análisis de Datos y redacción de objetivo.	1120

Objetivo 5.

Nombre	Actividad	¹ Horas
Alvaro Saavedra Godoy	- Encargado de Objetivo. - Análisis de Datos y redacción de objetivo.	1120

Personal encargado de muestreo Biológico a bordo

Nombre	Actividad	¹ Horas
Adrián Ibieta Figueroa	- Jefe de muestreo - Muestreo Biológico a Bordo - Etapa completa crucero	160
Braulio Acuña Guajardo	- Muestreo Biológico a Bordo - Etapa completa crucero	160
Oscar Nancul Paillamán	- Muestreo Biológico a Bordo - Etapa completa crucero	160
Rodrigo Ulloa Meza	- Muestreo Biológico a Bordo - Primera etapa crucero	160
Guillermo Carrasco Cisternas	- Muestreo Biológico a Bordo - Primera etapa crucero	160
Juan Linares Huenchupán	- Muestreo Biológico a Bordo - Primera etapa crucero	160

¹Horas: en base a 1 mes = 160 horas.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Almte. Manuel Blanco Encalada 839

Fono 56-32-2151500

Valparaíso, Chile

www.ifop.cl



www.ifop.cl