



**INFORME FINAL**

Convenio de Desempeño 2017

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

**Sección I. Merluza del sur**

**SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Mayo 2018**



## **INFORME FINAL**

Convenio de Desempeño 2017  
Evaluación del stock desovante de merluza del sur,  
merluza de cola y merluza de tres aletas en las  
las aguas exteriores entre la X y XII Regiones:

### **Sección I. Merluza del sur**

**SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Mayo 2018**

#### **REQUIRENTE**

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

Subsecretaria de Economía y  
Empresas de Menor Tamaño:  
**Ignacio Guerrero Toro**

#### **EJECUTOR**

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP**

Director Ejecutivo  
**Leonardo Núñez Montaner**

Jefe División Investigación Pesquera  
**Mauricio Gálvez Larach**

#### **JEFE DE PROYECTO**

René Vargas Silva



SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Mayo 2018

### **AUTORES POR OBJETIVO**

*Estimación hidroacústica de la biomasa y abundancia de merluza del sur*  
Javier Legua Delgado

*Determinación de talla y edad de merluza del sur*  
Vilma Ojeda Cerda  
Renato Céspedes Michea  
Lizandro Muñoz Rubio  
Karen Hunt Jaque  
Angélica Villalón Castillo

*Índice gonadosomático, estadíos de madurez macroscópicos, ojiva de madurez y fecundidad de merluza del sur*  
Mauricio Landaeta Díaz  
Gustavo Herrera Urzúa  
Erika López Soto  
Paola Troncoso Guerra  
Loreto Rodríguez Carter  
Luis Rodríguez Siclari

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

*Ítems alimentarios de merluza del sur*  
Sebastián Klarian Klarian  
Ma. Francisca Hernández Rojas  
Consuelo Salas López  
Diego Riquelme Herrera  
Carolina Cárcamo Durán

*Análisis de las agregaciones de merluza del sur*  
Bernardo Leiva Pérez

### **COLABORADORES**

*Muestreo biológico a bordo*  
Oscar Nancul Paillamán  
Roberto Galaz Ubilla  
Adrián Ibieta Figueroa  
Daniel Beroiza Castillo  
Braulio Acuña Guajardo  
Katherina Hermosilla Figueroa



## RESUMEN EJECUTIVO

Este documento corresponde al Informe final del proyecto “Evaluación del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en las aguas exteriores entre la X y XII Regiones” y presenta los estimados de biomasa y abundancia, estructura de talla y edad, distribución espacial, fauna acompañante, condiciones reproductivas, características de las agregaciones e ítems alimentarios de la merluza del sur (*Merluccius australis*), observados en agosto de 2017 en la zona sur-austral de Chile.

El proyecto contempló un crucero de prospección acústica y pesquera a bordo del buque científico AGS 61 “Cabo de Hornos” el cual, en su primera etapa, denominado crucero 1, se desarrolló entre el 2 y el 21 de agosto de 2017 y se orientó a la prospección hidroacústica de merluza del sur y merluza de cola en el área comprendida entre las latitudes 43°30’S y 47°05’S, donde se efectuaron 44 transectas separadas cada 5 mn y 23 lances de pesca de identificación. Además, en la zona de los cañones de Guafo, Guamblín y Taitao se realizaron transectas intermedias a distancias de 2,5 millas.

El stock de merluza del sur presentó una biomasa de 96.082 t (LC  $\alpha=5\%$ = 88.998 – 103.165), valor 42,87% superior al estimado durante el crucero efectuado en agosto del 2016. Por el estimador de bootstrap, la biomasa alcanzó a 79.900 t con un intervalo de confianza entre 74.033 y 85.767 t.

La abundancia se estimó en 33.988.081 individuos de los cuales 10.733.023 (32%) fueron machos y 23.215.058 (68%) hembras con el método geoestadístico y 28.263.852 individuos con el estimador de bootstrap. El estimado de abundancia fue 54,4% superior al estimado el 2016.

El total de ejemplares merluza del sur medido para la estimación de las estructuras de tallas fue de 1.283 individuos, con 430 machos y 853 hembras. La estructura de tallas de merluza del sur en el área y período de estudio registró una moda principal de ejemplares adultos entre los 70 y 99 cm y modas secundarias de ejemplares adultos jóvenes entre 60 y 70 cm y juveniles entre los 35 y 59 cm. La estructura se caracterizó por estar compuesta principalmente por ejemplares adultos con 68% (talla superior e igual a 70 cm) y 32% de ejemplares juveniles (tallas menores a 70 cm).

Durante el año 2017 se registró principalmente la composición de una estructura de talla adulta con la presencia de ejemplares entre 70 - 99 cm, condición que tiene similitud con las estructuras registradas entre los años 2001 y 2016. Con predominio de las hembras, antecedente que se enmarca en el gradual incremento del predominio de la proporción de las hembras a partir del año 2007 con 48% a un 79% en el año 2017.

La estructura etaria del stock de merluza del sur, separado por sexo, presenta con mayor relevancia (aporte a la estructura sobre el 5%) los grupos de edad GE IV hasta VII en los machos, conformando la moda principal el GE V, 16%. Este tramo de cuatro grupos de edad de peces jóvenes que forman





parte de la moda principal en 2017, tiene gran relevancia en la estructura y representa el 41% de la abundancia de machos. De forma importante se presenta también (con aporte  $\geq 5\%$  en la estructura) los grupos de edad IX a XII conformando el 39% de la abundancia de este sexo. En el caso de hembras también se observa una moda en peces jóvenes GEV (6%), pero es de menor intensidad que en machos. Las edades que continúan con contribución  $\geq 5\%$  en la estructura, corresponde desde el GE VII hasta el GE XIX, los cuales totalizan un aporte de 66% en la abundancia de las hembras. Considerando ambos sexos. La abundancia está sostenida mayoritariamente (83%) por adultos de trece clases que comprenden los GE V a XVII con tallas promedios entre 50 y 93 cm.

El análisis de los estadios de madurez sexual macroscópica, mostró que en merluza del sur las hembras inmaduras (EMS 1 y 2) correspondieron a un 59% del total. Las hembras en proceso de desove activo (EMS 4 y 5) alcanzaron a un 13%. Por otra parte, las hembras en maduración (EMS 3), correspondieron a un 16%.

El IGS en la merluza del sur presentó un valor promedio ( $\pm$  desviación estándar) de  $2,9 \pm 3,9$  y con valores individuales extremos de 0,02 y 18,76. Por otra parte, los elevados valores de la desviación estándar reflejan la gran dispersión en los valores de los índices, los que correspondieron a peces inmaduros de pequeña talla y a los peces con gónadas en regresión, junto a hembras con gónadas hidratadas. En los peces con gónadas inmaduras (EMS 1 y 2) el IGS promedio alcanzó a 0,7. En cambio, en los EMS más avanzados el IGS alcanzó un valor de 6,31 en el EMS 3, llegando a un valor de 13,04 en el EMS 5. Los resultados indicaron que existieron diferencias significativas entre los valores del IGS para los diferentes EMS, con  $F=356,7$ ;  $gl=755$ ;  $p > 0,00001$ . El test post hoc de Tuckey HSD señaló que estas diferencias no eran significativas al comparar entre los EMS 1 y 2.

Durante el crucero fueron capturadas e identificadas un total de 11 especies. La fauna presente en la zona de estudio está compuesta, principalmente, por dos especies: merluza del sur y merluza de cola. Ambas representaron aproximadamente el 99% de la captura obtenida en la zona, seguidas en importancia por merluza de tres aletas y reineta. Otras especies estuvieron presentes en muy baja proporción, representando menos del 1% de la captura total obtenida durante el crucero. La fauna acompañante de merluza del sur, durante el crucero, estuvo compuesta en 98,5% por merluza de cola, las restantes especies estuvieron representadas en proporciones inferiores a 1%

En lo que respecta a la dinámica trófica, el principal alimento de la merluza del sur es la merluza de cola, en todo el rango de tallas. El análisis de vertebras indicó que merluza del sur no presenta una diferenciación ontogénica.



## ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO.....	i
ÍNDICE GENERAL .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
1. OBJETIVO GENERAL .....	1
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	1
3. ANTECEDENTES .....	2
4. METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	4
4.1 Área y período de estudio .....	4
4.2 Embarcación y equipos .....	4
4.2.1 Embarcación .....	4
4.2.2 Equipos .....	4
4.3 <b>Objetivo específico 2.1</b> <i>Estimar el tamaño del stock de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, presentes en el área de estudio. ....</i>	5
4.3.1 Diseño del muestreo.....	5
4.3.2 Transectas de muestreo acústico .....	6
4.3.3 Identificación de los ecotrazos.....	6
4.3.4 Estimación de la abundancia y biomasa de la merluza del sur .....	7
4.3.5 Distribución espacial de la merluza del sur .....	12
4.4 <b>Objetivo Específico 2.2</b> <i>Caracterizar la composición demográfica de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas .....</i>	10
4.4.1 Estructura de tallas y proporción sexual .....	10
4.4.2 Composición de edades del stock de merluza del sur.....	12
4.5 <b>Objetivo específico 2.3</b> <i>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.....</i>	17
4.5.1 Trabajo a bordo .....	18
4.5.2 Análisis de laboratorio .....	18
4.6. <b>Objetivo específico 4</b>	



	<i>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.....</i>	22
4.6.1	Análisis de los datos.....	23
4.6.2	Análisis comunitario.....	23
4.6.3	Identificación de agrupaciones específicas .....	23
<b>4.7.</b>	<b>Objetivo específico 2.5</b>	
	<i>Caracterizar la composición alimentaria de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio .....</i>	24
4.7.1	Contenido Estomacal .....	24
4.7.2	Tejidos y vértebras .....	24
4.7.3	Análisis de datos .....	2
<b>4.8</b>	<b>Objetivo específico 2.6</b>	
	<i>Caracterizar las agregaciones de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, registradas acústicamente en el área de estudio.....</i>	26
4.8.1	Descriptores y variables utilizadas en el análisis.....	27
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>31</b>
<b>5.1</b>	<b>Objetivo específico 2.1</b>	
	<i>Estimar el tamaño del stock de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, presentes en el área de estudio .....</i>	30
5.1.1	Sistema de ecointegración.....	30
5.1.2	Lances de identificación de ecotrasos .....	30
5.1.3	Análisis geoestadístico.....	30
5.1.4	Biomasa y abundancia .....	31
5.1.2	Distribución espacial y batimétrica .....	31
<b>5.2</b>	<b>Objetivo específico 2.2</b>	
	<i>Caracterizar la composición demográfica de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas .....</i>	31
5.2.1	Composición de tallas.....	32
5.2.2	Distribución de talla del crucero 2017 respecto de los cruceros anteriores ....	32
5.2.3	Composición de la estructura de edades .....	33
5.2.4	Proporción sexual de la abundancia .....	34
5.2.5	Edad media de la abundancia.....	35
5.2.6	Edad y estados de madurez .....	36
<b>5.3</b>	<b>Objetivo específico 2.3</b>	
	<i>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.....</i>	35



<b>5.4</b>	<b>Objetivo específico 2.4</b>	
	<i>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.....</i>	42
	5.4.1 Parámetros comunitarios .....	42
<b>5.5</b>	<b>Objetivo específico 2.5</b>	
	<i>Caracterizar la composición alimentaria de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio .....</i>	44
<b>5.6</b>	<b>Objetivo específico 2.6</b>	
	<i>Caracterizar las agregaciones de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, registradas acústicamente en el área de estudio .....</i>	45
	5.6.1 Resultados generales descriptivos .....	45
	5.6.2 Resultados de los descriptores según zonas y cañones .....	46
	5.6.3 Análisis de componentes principales (ACP) .....	47
	5.6.4 Resultados serie 2007 – 2017 .....	49
<b>6.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>51</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>56</b>
<b>8.</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>58</b>
	<b>FIGURAS</b>	
	<b>TABLAS</b>	
	<b>ANEXO</b>	



## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

---

### FIGURAS

- Figura 1.** Área de estudio. Se señalan las isolíneas de los veriles de 100 y 600 metros de profundidad y las zonas asociadas a los cañones de profundidad presentes en la zona de estudio.
- Figura 2.** Buque científico AGS 61 “Cabo de Hornos”, en el cual se desarrolló el crucero de evaluación.
- Figura 3.** Plano de la red modelo Barracuda 608 utilizada en el estudio.
- Figura 4.** Localización de (a) transectas de muestreo acústico y (b) lances de pesca de identificación.
- Figura 5.** Otolito de merluza del sur en sección transversal a nivel del foco. Longitud pez 90cm, macho. Edad: 19.
- Figura 6.** Frecuencia de tamaños de los ovocitos presentes en un ovario de merluza del sur, *Merluccius australis*, utilizado en estimaciones anteriores de fecundidad. La moda más avanzada corresponde a los ovocitos que serán desovados en la temporada de puesta.
- Figura 7.** Semivariograma para merluza del sur. dirección omnidireccional. Zona total de estudio.
- Figura 8.** Distribución espacial de la biomasa de merluza del sur Agosto 2017. La escala de colores corresponde a toneladas por milla náutica cuadrada.
- Figura 9.** Distribución latitudinal y batimétrica de la talla media de merluza del sur. Agosto 2017.
- Figura 10.** Distribución de talla de merluza del sur por sexo para el área de estudio. AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto 2017).
- Figura 11.** Distribución de talla de merluza del sur por área. AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto, 2017).
- Figura 12.** Distribución de talla de merluza del sur por cañón y fuera de los cañones. AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto 2017).
- Figura 13.** Distribución de talla de merluza del sur por rango de profundidad (según profundidad de relinga superior). AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto 2017).



- Figura 14.** Distribución relativa de la talla de merluza del sur por sexo para los cruceros hidroacústicos 2001-2017.
- Figura 15.** Distribución de los estadísticos históricos de la talla de merluza del sur para los cruceros hidroacústicos 2001 - 2017.
- Figura 16.** Comparación de la funciones peso- longitud estimadas para merluza del sur por sexo (A) y representación de los parámetros “a” (intercepto) y “b” (pendiente) de esta relación en el período 2000 – 2017 (B).
- Figura 17.** Abundancia por clase de talla (A) y grupos de edad (B) de merluza del sur, por sexo, en las evaluaciones directas efectuadas en el periodo 2000 - 2017.
- Figura 18.** Proporción sexual de merluza del sur, presente en la abundancia en el período de desove, según año, período 2000 - 2017.
- Figura 19.** Abundancia de merluza del sur, por sexo, en los cruceros de evaluación del stock desovante, período 2000 - 2017.
- Figura 20.** Edades medianas de merluza del sur, por sexo, presente en los cruceros de evaluación del stock desovante, período 2000 - 2017.
- Figura 21.** Fracción de merluza del sur (machos y hembras) maduros, según grupos de edad, en los cruceros de evaluación años 2000 y 2007 a 2017. FMM: fracción de machos maduros, FHM: fracción de hembras maduras.
- Figura 22.** Curvas de madurez estimadas para merluza del sur (machos y hembras), según grupos de edad, en los cruceros de evaluación años 2000 y 2007 a 2017. FMM: fracción de machos maduros, FHM: fracción de hembras maduras.
- Figura 23.** Distribución de frecuencia de los estadios de madurez sexual en la merluza del sur *Merluccius australis* en agosto de 2017.
- Figura 24.** Distribución de frecuencia de los estadios de madurez sexual en la merluza del sur *Merluccius australis*, de acuerdo a grupos arbitrarios de longitud total, en agosto de 2017.
- Figura 25.** Ovarios de merluza del sur en estadios iniciales de desarrollo. a) Ms 429. Estadio Virginal; aumento 5x. Opn: Ovocito Perinucleolar; Flechas: Nidos de células germinales en crecimiento primario (profase I) fase CN y Multinucleolar. b) Ms 597. Estadio





inmaduro; aumento 10x. Lamelas ovígeras con ovocitos no vitelados. L: lumen; Flecha: Ovocito previtelados.

- Figura 26.** Ovarios de merluza del sur en estadio intermedio y final de desarrollo. a) Ms 458. Estadio Alveolo Cortical; aumento 10x. Ove: Ovocito vitelogénico endógeno; Flecha: granulo cortical; N: núcleo; L: lamela. b) Ms 768. Estadio Post Desove; aumento 20x. Flecha: Ovocito previtelogénico; At: atresia; L: lumen.
- Figura 27** Relación entre el peso de la gónada obtenido a bordo del buque y la registrada en el laboratorio en ejemplares de merluza del sur *Merluccius australis*.
- Figura 28** Valor promedio del índice gonadosomático (IGS)  $\pm$  la desviación estándar y el error estándar, para cada uno de los estadios de madurez sexual y rango de tallas de la merluza del sur *Merluccius australis*, en agosto de 2017.
- Figura 29.** Ojiva de madurez sexual de la merluza del sur *Merluccius australis* en agosto de 2017, con límites de confianza del 95%. Ajuste de los datos a un modelo lineal generalizado.
- Figura 30.** Relación entre la fecundidad modal con a) el peso del cuerpo menos el peso de la gónada y b) la longitud total. Merluza del sur *Merluccius australis*, en agosto de 2017.
- Figura 31.** Participación de las principales especies capturadas, respecto captura total estandarizada crucero. Año 2017.
- Figura 32.** Participación de la fauna acompañante de merluza del sur. Año 2017.
- Figura 33.** Participación (%) respecto de la captura total estandarizada por subzona de: a) principales especies capturadas durante el crucero; b) fauna acompañante de merluza del sur. Año 2017.
- Figura 34.** Distribución y frecuencia de ocurrencia por veril de profundidad de merluza del sur y su fauna acompañante. Año 2017.
- Figura 35.** Distribución latitudinal histórica de las especies con mayor recurrencia en las capturadas de los cruceros de evaluación directa.
- Figura 36.** Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceros de evaluación directa. Evaluaciones 2000 a 2017.



- Figura 37.** Resultado gráfico del análisis de ordenación (NMDS) de los cruceros de evaluación directa. Evaluaciones 2000 a 2017 (Simbología ver tabla 24).
- Figura 38.** Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceros agrupados por subzona de evaluación. Evaluaciones 2000 a 2017.
- Figura 39.** Resultado gráfico del análisis de ordenación (NMDS) de los cruceros agrupados por subzona de evaluación. Evaluaciones 2000 a 2017 (Simbología ver tabla 24).
- Figura 40.** Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceros agrupados por veril de profundidad. Evaluaciones 2000 a 2017.
- Figura 41.** Resultado gráfico del análisis de ordenación (NMDS) de los cruceros agrupados por veril de profundidad. Evaluaciones 2000 a 2017 (Simbología ver tabla 24).
- Figura 42.** Proporción de estómagos llenos y vacíos de merluza del sur.
- Figura 43.** Dieta general de Merluza del sur para la zona y tiempo estudiado, temporada de pesca 2017. %PSIRI; índice estandarizado de IRI. MCOL; merluza de cola, CAM; camarones, MTA; merluza de tres aletas, CEF; cefalopododos, MYC; mictofidos, RAT; pejeratas.
- Figura 44.** Comparación entre los grupos de tamaños de Merluza del sur y las tallas promedios de presas de merluza de cola, temporada de pesca 2017.
- Figura 45.** Relación entre el peso y la longitud de las presas de merluza de cola en estómagos de merluza del sur, temporada de pesca 2017.
- Figura 46.** Biplot de nitrógeno y carbono para la zona estudiada. MAU; merluza austral, MTA; merluza de tres aletas, MCOL; merluza de cola, EUF; Eufausidos, CAM; Camarones, MYC; mictofidos, CEF; cefalopodos.
- Figura 47.** Proporciones dietarias inferidas por isótopos estables para *Merluccius australis* durante el 2017.
- Figura 48.** Análisis de las vértebras de merluza del sur. Los años fueron calculados a través de la clave talla - edad de Ojeda & Aguayo (1986).



- Figura 49.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores: morfológicos largo, alto y elongación, perímetro, área y dimensión fractal; descriptores batimétricos profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e índice de altura; descriptores de energía retrodispersada (NASC) y densidad acústica (NASC\*100/m<sup>2</sup>). Dentro del cañón (si) y fuera del cañón (no). Agosto 2017.
- Figura 50.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfológicos de largo, alto, elongación, perímetro, área y dimensión fractal; descriptores batimétricos de profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e índice de altura; descriptores de energía retrodispersada (NASC) y densidad acústica (NASC\*100/m<sup>2</sup>). Según cañon. Agosto 2017.
- Figura 51.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfológicos de largo, alto, elongación, perímetro, área y dimensión fractal; descriptores batimétricos de profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e índice de altura; descriptores de energía retrodispersada (NASC) y densidad acústica (NASC\*100/m<sup>2</sup>). Según zona. Agosto 2017.
- Figura 52.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfológicos de largo, alto, elongación, perímetro, área y dimensión fractal; descriptores batimétricos de profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e índice de altura; descriptores de energía retrodispersada (NASC) y densidad acústica (NASC\*100/m<sup>2</sup>). Según rango de fondo. Agosto 2017.
- Figura 53.** Correlación de las variables originales con los dos primeros componentes. Agosto 2017.
- Figura 54.** Valores promedio de descriptores morfológicos (largo, alto, elongación, perímetro, área y dimensión fractal), batimétricos (profundidad agregación, profundidad fondo e índice de altura) y de energía (NASC y densidad). Años 2007-2017.

## **TABLAS**

- Tabla 1.** Estimaciones de biomasa y abundancia de merluza del sur. Valores obtenidos en estudios de prospección acústica realizados en el período 1992-2016.
- Tabla 2.** Principales características del AGS 61 “Cabo de Hornos”.
- Tabla 3.** Calibración del sistema de ecointegración ER60. AGS 61 “Cabo de Hornos”.
- Tabla 4.** Datos operacionales de los lances de pesca de identificación.
- Tabla 5.** Capturas por especie registradas en los lances de pesca de identificación.



- Tabla 6.** Escala de madurez sexual para merluza del sur, *Merluccius australis*, basada en características macroscópicas y microscópicas de la gónada, según Balbontín y Fischer (1981), modificada por Balbontín y Bravo (1993). Se indica la numeración utilizada en la escala del IFOP y entre paréntesis el número original de la escala.
- Tabla 7.** Criterios citológicos e histológicos para la definición de estadios de madurez gonadal en peces teleósteos. FPO, folículo postovulatorio; VG, vesícula germinal.
- Tabla 8.** Resumen modelación geoestadística de merluza del sur para la zona total de estudio.
- Tabla 9.** Estimado total de biomasa, límites de confianza y densidad de merluza del sur.
- Tabla 10.** Estimados de abundancia de merluza del sur y participación por sexo.
- Tabla 11.** Parámetros de la relación peso - longitud de merluza del sur, crucero de evaluación agosto del 2016.
- Tabla 12.** Estimaciones del tamaño del stock, peso promedio y proporción sexual, cruceros de merluza del sur 2000-2017.
- Tabla 13.** Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza del sur, machos. Crucero de evaluación 2017. (Abundancia Total= 33.988.081 ejemplares; Machos= 10.773.023; Hembras= 23.215.058).
- Tabla 14.** Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza del sur, hembras. Crucero de evaluación 2017. (Abundancia Total= 33.988.081 ejemplares; Machos= 10.773.023; Hembras= 23.215.058).
- Tabla 15.** Abundancia por grupo de edad y desviación estándar por sexo y proporción por grupo de edad. Crucero agosto 2017.
- Tabla 16.** Estimaciones de Grupo de Edad (GE) al 50% de madurez para merluza del sur, Intervalo de confianza (IC), Límites (LI: límite inferior, LS: límite superior) y número de muestras analizadas (n), por sexo, para años que forman parte de la serie histórica de cruceros de evaluación.
- Tabla 17.** Índices de la actividad reproductiva de las hembras adultas de la merluza del sur *Merluccius australis*, desde el 7 al 17 de agosto de 2017. LT, longitud promedio; EMS, estadio de madurez sexual; IGS, índice gonadosomático. El cálculo del % de EMS considera peces inmaduros y maduros.



- Tabla 18.** Proporción de hembras maduras a la talla y límites de confianza inferior y superior del 95% en la merluza del sur *Merluccius australis* en agosto de 2017, mediante el ajuste a un modelo lineal generalizado.
- Tabla 19.** Talla media de madurez sexual estimada por un ajuste de máxima verosimilitud mediante el ajuste a una función logística y posteriormente por un procedimiento no lineal en la merluza del sur *Merluccius australis*, años 1996 a 2017.
- Tabla 20.** Proporción de individuos maduros a la edad en la merluza del sur *Merluccius australis*, en agosto de 2017, mediante el ajuste a un modelo lineal generalizado.
- Tabla 21.** Fecundidad promedio y fecundidad del total de las hembras maduras de la muestra calculada en estudios realizados en merluza del sur *Merluccius australis*, años 1996 a 2017.
- Tabla 22.** Listado de las especies capturadas durante la evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, año 2017. CTest (kg\*0,5h-1): Captura total estandarizada. IRCT(%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada. CTestFA (kg\*0,5h-1): Captura total estandarizada fauna acompañante. IRFA(%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada, fauna acompañante.
- Tabla 23.** Lista de las especies que componen la fauna acompañante de merluza del sur. CTest (kg\*0,5h-1): Captura total estandarizada. IRFA(%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada, fauna acompañante.
- Tabla 24.** Listado de las especies más recurrentes capturadas durante los cruceros de evaluación directa de merluza del sur, aguas exteriores, realizados entre los años 2000 y 2017, y su importancia relativa respecto de la captura total estandarizada por crucero.
- Tabla 25.** Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas. Agosto 2017.
- Tabla 26.** Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas en zona dentro y fuera de cañones. Agosto 2017.
- Tabla 27.** Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores en zona dentro y fuera de cañones. Agosto 2017.



- Tabla 28.** Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas en cañones 1, 2, y 3. Agosto 2017.
- Tabla 29.** Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores entre cañones. Agosto 2017.
- Tabla 30.** Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas por zona. Agosto 2017.
- Tabla 31.** Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores según zona. Agosto 2017.
- Tabla 32.** Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas por rango de fondo. Agosto 2017.
- Tabla 33.** Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores según rangos de fondo. Agosto 2017.
- Tabla 34.** Matriz de correlaciones entre las variables originales. Agosto 2017.
- Tabla 35.** Valores propios y porcentaje de variabilidad explicada por los componentes. Agosto 2017.
- Tabla 36.** Correlaciones de las variables originales con los componentes principales. Agosto 2017.

**FIGURAS**  
**TABLAS**  
**ANEXOS**





## **1. OBJETIVO GENERAL**

---

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

## **2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

---

- 2.1 Estimar el tamaño del stock de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, presentes en el área de estudio.
- 2.2 Caracterizar la composición demográfica de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas.
- 2.3 Caracterizar la actividad reproductiva de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los datos obtenidos en los lances de identificación.
- 2.4 Caracterizar la fauna acompañante de la merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los datos obtenidos en los lances de identificación, en el área y período de estudio.
- 2.5 Caracterizar la composición alimentaria de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio.
- 2.6 Caracterizar las agregaciones de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, registrada acústicamente en el área de estudio.



### 3. ANTECEDENTES

---

Desde el año 2002 y hasta el 2013, el Fondo de Investigación Pesquera (FIP) financió una serie de proyectos de investigación orientados a estimar el stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, que han permitido, además del conocimiento biológico de las especies, obtener una serie histórica del tamaño de los stocks (**Tabla 1**), información que al disponerse de manera actualizada, es un importante antecedente de apoyo para la toma de decisiones de la administración pesquera. A partir de 2014 este proyecto se realiza como parte del Convenio de Desempeño entre la Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño y el IFOP.

Estos proyectos de evaluación se han desarrollado considerando la escala espacial y temporal de la concentración reproductiva de los recursos objetivos, los cuales definen en forma casi natural el área y período más adecuado para evaluar el stock desovante de las tres especies en sus principales focos de desove. Atendiendo la conveniencia de dar continuidad a una línea de investigación en la zona sur austral, la Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño, y la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, consideraron en el proyecto de Asesoría Integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura para el año 2016, un estudio para evaluar el stock desovante de los recursos señalados como objetivos.

#### La pesquería

La pesquería demersal sur-austral se desarrolla en el área comprendida entre el paralelo 41°28,6 L.S y el extremo sur del país. La actividad industrial está limitada a aguas exteriores por fuera de las líneas de base recta y se subdivide en dos unidades que son la Unidad de Pesquería Norte (UPN) desde el 41°28,6 L.S al 47° hasta las 60 millas y Unidad de Pesquería Sur (UPS) desde el paralelo 47° L.S al extremo sur y hasta las 80 millas. La pesca artesanal que opera en el mar interior, se encuentra regionalizada en X, XI y XII Región.

Esta pesquería, de carácter multiespecífico orientada a la explotación de merluza del sur (*Merluccius australis*), merluza de cola (*Macruronus magellanicus*), congrio dorado (*Genypterus blacodes*) y merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*), se inició en 1978 con la operación de una flota compuesta por buques arrastreros fábrica, a la que posteriormente se agregaron en 1984 una flota de buques arrastreros hieleros, y entre 1986 -1987 otras dos flotas compuestas por embarcaciones palangreras fábricas y hieleras. Además, a partir de 1984 se produce el desarrollo de una pesquería de carácter artesanal en la zona de aguas interiores de las regiones X a XII, orientada principalmente a la captura de merluza del sur.

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



una situación de sobrepesca a partir de 1989 (Aguayo 1994). Este escenario llevó a la autoridad administrativa a adoptar de diferentes medidas de manejo como: el establecimiento de tamaños mínimos, zonificaciones, regulaciones de artes de pesca y fijación de cuotas de capturas. Actualmente, la pesquería se encuentra declarada en estado y régimen de plena explotación y a la medida de Licencias Transables de Pesca (LTP).

### **Del proceso reproductivo**

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

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

Sin embargo, otros estudios reportan actividad reproductiva relativamente intensa en el mar interior reflejado en la presencia de huevos y larvas en aguas de fiordos y canales de la X a XII Región (Bernal y Balbontín, 1999, Balbontín, 2006; Landaeta y Castro, 2006; Bustos *et al.*, 2007). Medina *et al.* (2013) comparan la composición de ácidos grasos de hembras de merluza del sur provenientes del mar interior como exterior y sus resultados indicarían diferencias entre ambas zonas y que podría tratarse zonas de reproducción diferenciadas de merluza del sur.

Otro elemento importante de incorporar en los análisis de la merluza del sur, son los resultados obtenidos por Brickle *et al.* (2016) quienes mediante el análisis de trazas en otolitos postulan para el stock del Pacífico y Atlántico sur la existencia de un área única de desove localizada en la zona austral de Chile, donde una fracción desconocida de individuos efectuaría una migración de carácter trófico hacia el océano Atlántico. Nuevos estudios derivados del análisis de otolitos mostraron correlaciones positivas y significativas con los gradientes de salinidad vertical; y la frecuencia de Brunt-Väisälä



(estabilidad vertical) revelando que, las larvas de *Merluccius australis* fueron mayores en edad, crecieron más rápido y mostraron mayor asimetría, en áreas con mayor influencia de la escorrentía de agua dulce en la Patagonia del Pacífico Sur (Landaeta et al, 2018).



## 4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

---

### 4.1 Área y período de estudio

El área de estudio abarcó la plataforma continental, delimitada por los veriles de ~150 y 600 m de profundidad, entre las latitudes 43°30' S y 47°05' S (**Figura 1**). El crucero de prospección se desarrolló entre el 2 y 21 de agosto del 2017.

La pesca de investigación fue autorizada por la Resolución 2464 de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura del 28 de julio de 2017 y en ella se permite la operación en el área comprendida entre las latitudes 43°30' S y 47°00' S en aguas exteriores, como también la operación en aguas interiores en el área comprendida entre cabo Quilán (43°16,6' S y 74°24,6' O) en la isla grande de Chiloé y el islote occidental de la isla Menchum (45°37,7' S y 74°56,8' O), entre los paralelos 43°44,17' S y 45°37,7' S.

### 4.2 Embarcación y equipos

#### 4.2.1 Embarcación

La embarcación utilizada fue el buque científico AGS 61 “Cabo de Hornos” (**Figura 2, Tabla 2**). La nave posee un sistema de propulsión diesel eléctrico y su diseño cumple con la norma ICES 209 respecto a la condición de buques silenciosos (Mitsun, 1995).

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

#### 4.2.2 Equipos

##### a) Sistema de ecointegración

Se utilizó un ecosonda científico marca Simrad modelo ER60 con seis transductores (Split - beam transducer) montados sobre una quilla retráctil (drop keel) de frecuencias de 18, 38, 70, 120, 200 y 333 kHz, siendo la frecuencia principal de uso 38 kHz, 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 del servidor del buque y respaldados en discos duros externos.

El sistema de ecointegración, fue calibrado de acuerdo al procedimiento descrito por Foote *et al.*, (1987) recomendado por el fabricante, el cual consiste en ubicar un blanco de referencia con fuerza de blanco conocida bajo el transductor y dentro del haz acústico, a fin de comparar la fuerza de blanco registrada por el equipo con la fuerza de blanco conocida (**Tabla 3**).



Adicionalmente, se instaló directamente a la CPU del ER60 un inclinómetro digital marca Applied Geomechanics, modelo MD900-7, el cual permitió recolectar datos de ángulos de cabeceo y balance del buque (pitch and roll) a una frecuencia de 4 datos por segundo, lo que permitió compensar la pérdida de señal acústica producida por el movimiento de la nave (Dunford, 2005).

#### **b) Equipos de pesca**

Los lances de pesca de identificación fueron realizados con una red de arrastre de mediagua modelo Barracuda 608 con abertura vertical en la boca de 40 - 50 m, según la velocidad de arrastre (**Figura 3**). A la red se le instaló un cubrecopo de 50 mm de tamaño de malla, para retener el mayor rango de tallas posible, manteniendo las condiciones operacionales de estudios anteriores.

La autorización para realizar la pesca de investigación fue consignada y regulada a través de la Resolución de pesca de investigación N° 2.464 del 28 de julio del 2017, la cual autorizó para este crucero la extracción de un máximo de 15 toneladas de merluza del sur, 40 toneladas de merluza de cola y 10 toneladas de merluza de tres aletas. Además, autorizó la extracción de otras especies recurrentes en los lances de identificación tales como cojinoba, reineta, congrio dorado, tollo y brótula con cuotas de 1.000, 1.000, 500, 200 y 500 kg

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

### **4.3 Objetivo específico 2.1.**

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

#### **4.3.1 Diseño del 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 44 transectas distribuidas de forma sistemática y con dirección perpendicular al sentido general de la costa, cubriendo veriles de ~150 a





600 m de profundidad. La distancia entre dos transectas adyacentes fue de 5 mn (**Figura 4**) y se intensificó el muestreo acústico en la zona de los cañones existentes en la zona de estudio.

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

#### 4.3.3 Identificación de 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.

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 ( $E_i$ ) a las unidades de ecointegración ( $E_m$ ), es proporcional a su aporte en la captura ( $w_i$ ) y su coeficiente de dispersión acústica ( $\sigma_i$ ) en relación al total:

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

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 Estimación de la abundancia y biomasa.

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

##### 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:

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

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

Donde,

- $\bar{\sigma}$  =  $4 * \pi * 10^{10} \frac{\bar{TS}}{\bar{\sigma}^2}$  evaluada a la talla promedio de la fracción del stock evaluado.  
 $\hat{A}_R$  = abundancia (en número).  
 $a_R$  = área de distribución del recurso (mn<sup>2</sup>).  
 $\bar{w}$  = peso promedio (t).  
 $\hat{B}_R$  = biomasa (t).

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

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

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



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

## b) Estimador geoestadístico

En este método, las estaciones de muestreo (UBM) se asumen fijas y los valores de la variable estudiada (densidad local) son considerados variables aleatorias en cada punto del espacio (área de estudio), esto permite modelar su variabilidad espacial y efectuar estimaciones puntuales o globales (Petigas, 1991).

La densidad media ponderada  $\hat{Z}_{gs}$  de merluza del sur se estimó mediante el uso del método de kriging. En primer lugar se estimaron mediante una grilla de interpolación las densidades locales ( $Z_{x0}^*$ ) en los diferentes nodos a partir de las densidades locales observadas ( $Z_{w(x)}$ ) 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 estimado los valores de los nodos de la grilla de interpolación, la densidad media se estimó como el promedio de los valores estimados en los nodos ( $m$ ) correspondientes de la grilla de interpolación como:

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

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

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

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

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



Donde,

- $\hat{A}_{gs}$  = abundancia (en número).  
 $\hat{a}_{gs}$  = área de presencia del recurso-  
 $\hat{Z}_{gs}$  = densidad promedio de merluza del sur ( $N^\circ/mn^2$ ).  
 $\bar{w}$  = peso promedio de merluza del sur (t).  
 $\hat{B}_{gs}$  = biomasa (t).  
 $\bar{\sigma}_k$  = evaluada a la talla promedio de la fracción del stock evaluado.  
TS<sub>k</sub> = 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:

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

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

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 ó geoestadística, a la estimación de la varianza de datos pesqueros geográficamente correlacionados, mediante la expresión:

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

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

El algoritmo de kriging, estima los ponderadores que minimizan la estimación de la varianza, ponderando las muestras de acuerdo a su posición relativa y estructura espacial para generar un estimador insesgado mínimo de la varianza (Cressie, 1993; Rivoirard *et al.*, 2000).



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.

#### 4.3.5 Distribución espacial de la merluza del sur.

La distribución espacial latitudinal y longitudinal de la merluza del sur en el área prospectada, se presenta como una carta de contornos que representan curvas que unen puntos de igual densidad (Simmonds y MacLennan, 2005). Esta carta distribución espacial se confeccionó de acuerdo a una escala de categorías de densidad y el paquete GS+.

En el mapeo de las densidades, se consideraron aspectos relacionados con geoestadística, mediante el uso del semivariograma herramienta analítica que permite determinar la presencia y características de estructuras espaciales como: tamaño, dirección y tipo de estructura (Rossi *et al.*, 1992; Rivoirard *et al.*, 2000).

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

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

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

El Índice de Gini, es un indicador numérico relacionado a la curva de Lorenz y se estima como el doble del área comprendida entre la función identidad (distribución homogénea) y la curva de Lorenz. Este índice fluctúa entre 0 (distribución homogénea) a valores cercano a 1 (alta concentración).

#### 4.4 Objetivo específico 2.

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



#### 4.4.1 Estructura de tallas y proporción sexual

En la estimación de la estructura de talla y la proporción sexual de merluza del sur se empleó un diseño de muestreo bi-etápico, siendo la unidad de muestreo primario el lance de pesca y la unidad de segunda etapa fue la submuestra al azar de ejemplares de la captura de los lances de identificación de los ecotrazos. En cada muestreo se 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 longitud se estimó 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 de merluza del sur obtenidas fueron representadas de forma gráfica, y apoyados también con distribuciones de tallas acumuladas.

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

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

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

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

donde:

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





- $s$  : Sexo  $s = 1, 2$   
 $n_{si}^*$  : Número de ejemplares del sexo "s" en la muestra del lance "i"  
 $\hat{p}_{si}$  : Estimador de la proporción sexual del sexo "s" en el lance "i".

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

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

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

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

$$\hat{V}(\hat{p}_s) = \left(1 - \frac{n}{N}\right) * \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{C_i^2}{C_0^2} \frac{[\hat{p}_{si} - \hat{p}_s]^2}{n-1} + \frac{1}{nN} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{C_i^2}{C_0^2} \frac{\hat{p}_{si} (1 - \hat{p}_{si})}{n_i^* - 1}$$

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

El análisis de la estructura de talla se utilizó información georeferenciada, en sentido latitudinal y batimétrico, según los estratos espaciales empleados en proyectos similares de evaluación hidroacústica en la especie entre el 2000 y 2016 (Lillo *et al.*, 2017; Córdova *et al.*, 2006). Para efectos de análisis espacial fue empleada una subdivisión latitudinal aplicada por Lillo *et al.* (2000 y 2001), la cual consistió en dividir la zona de estudio en 3 áreas: Area 1 entre 42°00' y 44°29' S. denominada Guafo; Area 2 entre 44°30' y 45°29' S. denominada Guablín; y Area 3 entre 45°30' y 47°29' S. denominada Taitao. A su vez, las estructuras de tallas fueron analizadas para las zonas específicas de los tres cañones registrados en el área de estudio y descritos por Córdova *et al.* (2006), denominados Cañón Guafo, Cañón Guablín y Cañón Taitao; y el área Fuera de los cañones.



## 4.4.2 Composición de edades del stock de merluza del sur

### 4.4.2.1 Análisis de los otolitos

Se empleó en ambos otolitos de cada par colectado, un tratamiento diferente, aplicando en el otolito izquierdo del par el proceso de hidratación que permite observar el otolito entero y en el otolito derecho un proceso de seccionado transversal y horneado de manera de realizar los *annuli* que permiten la asignación de la edad. El análisis de edad consideró el recuento de bandas de características anuales las que presentan una mayor facilidad en su discriminación si el preparado de la pieza ha sido adecuado.

En la observación de los otolitos se empleó microscopio estereoscópico con aumento 10X y luz reflejada, permitiendo ver una secuencia de anillos opacos blanquecinos y translúcidos en los otolitos enteros y una alternancia de bandas marrón claro (crecimiento rápido) y marrón oscuro (crecimiento lento) en el caso de analizar las secciones transversales preparadas con horneado. Esta técnica ha sido utilizada desde el inicio del análisis de edad de la serie histórica y es empleada en el seguimiento anual de la estructura de edades de la pesquería demersal austral (Ojeda *et al.*, 2014).

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

### 4.4.2.2 Clave edad – talla

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

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

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



#### 4.4.2.3 Estimación de la estructura etaria del stock evaluado

a) Estimador de la abundancia en número por grupo de edad  $\hat{N}_{se}$  y su varianza  $\hat{V}(\hat{N}_{se})$

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

b) Estimador de la estructura de edad del stock  $\hat{p}_{se}$  y su varianza  $\hat{V}(\hat{p}_{se})$  (Kimura 1977)

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

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 Peso medio a la edad

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

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



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

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

- $a$  = intercepto de la relación longitud- peso ajustada por sexo.
- $b$  = pendiente de la relación longitud- peso ajustada por sexo.
- $\mu$  = promedio de la longitud al grupo de edad.
- $\sigma$  = varianza de la longitud al grupo de edad.
- $a_1; a_2$  = valor tomado de la Tabla de valores de coeficientes (Pienaar y Ricker, 1968).

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

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

Este 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 notablemente 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:

- $C_1$  = Costo unitario de coleccionar el muestreo de longitudes al azar.
- $C_2$  = Costo unitario de asignar edad a una muestra.

#### a) Tamaño de muestra para minimizar la varianza dado recursos disponibles $C = C_0$

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



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

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

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

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

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**

$$VT = VT_0$$

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

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

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

Siguiendo el criterio de asignación proporcional y el procedimiento propuesto por Kimura (1977), se han estimado tamaños de muestra para la construcción de la clave edad-talla en estos recursos (IFOP, 2002). Para merluza del sur se estimó un tamaño de muestra de 1400 ejemplares para alcanzar un índice de precisión de 0,025 (IFOP, 2002), en consecuencia se podía trabajar en base a tamaño de muestra de 700 ejemplares por sexo, en el caso de estructura de edades bastante más completa que la que se registra en la actualidad. En el presente, el stock desovante se constituye de una estructura etaria conformada principalmente hacia adultos jóvenes, con moda en GE III (Lillo *et al.*, 2012; 2013; 2014, 2015 y 2016).



## 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.

## 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 1 y 2. Los peces maduros fueron aquellos en EMS 3, 4, 5 y 6 en la merluza del sur, mientras que en la merluza de cola lo fueron los EMS 3, 4 y 5. 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). El ajuste correspondió 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 la siguiente expresión:

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

El Intervalo de confianza para el parámetro  $GE_{50\%}$  se calcula mediante procedimiento de bootstrapping.

### 4.4.2.5 Relación longitud – peso

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

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

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



Donde  $W_i$  y  $L_i$  representan el peso total y la longitud total del individuo  $i$ -ésimo,  $\varepsilon_i$  indica un error aleatorio,  $a$  y  $b$  son los parámetros del modelo. Atendiendo a la forma de la ecuación anterior, se deriva un modelo de regresión lineal simple aplicando la transformación logarítmica de la siguiente forma:

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

Para la estimación de los parámetros de la relación linealizada se utilizó el método de máxima verosimilitud asumiendo que los errores siguen una distribución normal con media cero y varianza  $\sigma$ .

#### 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 del sur.**

A partir de las muestras obtenidas durante los lances de identificación realizados durante el crucero de prospección se caracterizaron diferentes aspectos del estado reproductivo de la merluza del sur, utilizándose el siguiente procedimiento:

##### 4.5.1 Trabajo a bordo

A cada ejemplar muestreado se le midió la longitud total (LT), peso total; 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 6 estadios; posterior a ello se pesaron y fijaron en formalina 10% con tampón fosfato de Sorensen (Hunter *et al.*, 1985), el cual permite una fijación adecuada para histología. Para la estimación del estado reproductivo basado en los estadios de madurez sexual (EMS), considerando a lo más seis categorías, es posible establecer un tamaño de muestra global aproximadamente igual a 600 ejemplares a examinar (Tortora, 1978) y atendiendo a que se esperaba realizar aproximadamente 30 lances durante el crucero, en total se necesitaba recolectar aproximadamente 20 ejemplares en promedio por lance para atender al tamaño de muestra global teóricamente establecido. Al respecto, el número de gónadas de merluza del sur analizadas en el laboratorio fueron de 768, superando el número estadísticamente establecido.

La determinación del tamaño de muestra para estimar el índice gonadosomático, se basó en el análisis de datos de cruceros previos 7. De esta manera, conociendo un estimado *a priori* de la media y varianza del IGS y utilizando la metodología de determinación de tamaño de muestra para variables



continuas (Thompson, 1992), se estimó el número ejemplares requerido en 700 para obtener un IGS con un error de un 8% en merluza del sur, empleando la siguiente relación:

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

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

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

#### 4.5.2 Análisis de laboratorio

##### a) Estadio de madurez sexual (EMS)

El estadio de madurez sexual se determinó de acuerdo a las características macroscópicas y mediante el examen microscópico de trozos de las gónadas fijadas a bordo. Los trozos de gónada se disgregaron para posteriormente medir el diámetro de los ovocitos más desarrollados, determinar la presencia de ovocitos hidratados con gota oleosa y la existencia de algún grado de reabsorción, como también examinar el aspecto general del resto de los ovocitos. La **Tabla 6** corresponde a la escala apreciativa que se aplicó originalmente en la merluza común (Balbontín y Fischer, 1981), la que fue modificada para su aplicación en la merluza del sur (Balbontín y Bravo, 1993). La escala consta de seis estadios (EMS) de acuerdo a la numeración utilizada por el Instituto de Fomento Pesquero, señalándose entre paréntesis la nomenclatura original.

##### b) Análisis histológico de las gónadas

La técnica utilizada consistió en la deshidratación de submuestras post-fijadas de tejido ovárico de 3 mm de grosor y la inclusión en paraplast. Se realizaron cortes de 5 micrómetros de espesor, teñidos con hematoxilina y eosina. El diagnóstico se basó en los caracteres señalados en la **Tabla 7**, utilizados en la determinación de los estadios de madurez ovárica de peces teleósteos.





**c) Estimación del índice gonadosomático ( $IGS$ ) y su varianza ( $\hat{V}(IGS)$ )**

Se pesaron las gónadas con una balanza electrónica de 0,1 g de precisión y se calculó el índice gonadosomático ( $IGS$ ) sobre la base del peso de la gónada ( $PG$ ) y del cuerpo del pez ( $PC$ ) como:

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

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

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

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

Para la determinación de la ojiva de madurez, se consideraron sexualmente inmaduros los peces en EMS 1 y 2. Los peces maduros fueron aquellos en EMS 3, 4, 5 y 6, además de los ejemplares en EMS 2 en que en los ovarios ya se había iniciado el proceso de vitelogenénesis.

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

La estimación de parámetros en ambos métodos fue realizada mediante el método de máxima verosimilitud (Welch & Foucher, 1988). Se utilizó el programa R versión 3.4.2 (2017) The R Foundation for Statistical Computing Platform.

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

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

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



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

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

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

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

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

Para el enfoque no lineal, se ajustó la función logística considerando errores normales, cuyo modelo queda expresado como:

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

Dada la definición de modelo lineal generalizado (McCullagh *et al.*, 1989), este no considera un error en el modelo más bien, y esa es una de las generalizaciones desde un modelo lineal, que asume una distribución para la respuesta, que en este caso corresponde a una distribución binomial. Para la incorporación de la incertidumbre se consideró el uso de la estimación analítica descrita en Roa *et al.* (1999).

### e) Fecundidad modal

Para la determinación de fecundidad se introdujeron pequeñas variaciones al método de Hunter *et al.* (1985) para adecuarlo a especies que presentan una fecundidad modal o de camada. Primero, se seleccionaron ovarios de peces en maduración avanzada o maduros, en la escala histológica corresponden a ovocitos con núcleo migrante, o bien sólo en etapa de inicio del proceso de la hidratación (hialinos) para evitar la utilización de gónadas en que ya se hubiese iniciado el proceso de desove. Esta opción involucró la medición del diámetro de ovocitos presentes en una de las tres submuestras, lo que se realizó bajo un microscopio estereoscópico. Como la separación de las modas de ovocitos no siempre es tan marcada, la moda de tamaño más avanzada de ovocitos vitelados se separó del resto mediante el método de Battacharya (Gayaniilo *et al.*, 1988), que se aplica a curvas polimodales. La relación porcentual entre el número de ovocitos de la moda más avanzada de tamaño



y los ovocitos de menor diámetro se consideró que era la misma para las otras dos submuestras en que sólo se contaron los ovocitos. En la **Figura 6** se muestra la distribución de los diámetros de los ovocitos de un ovario de merluza del sur utilizado anteriormente en estimaciones de fecundidad. Los valores de la fecundidad modal se relacionaron con el peso corporal y la longitud total de las hembras. Treinta y nueve muestras cumplieron con los requisitos establecidos en este procedimiento.

Luego de contar bajo un microscopio estereoscópico los ovocitos de la moda más avanzada de tamaño de cada submuestra, se obtuvo el promedio de ovocitos de acuerdo a la siguiente relación:

$$E_i = n_0 \cdot W_i$$

Donde:

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

Los valores de la fecundidad modal se relacionaron con el peso corporal y la longitud total de las hembras.

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

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

Dónde:

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



#### 4.6 Objetivo específico 2.4.

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

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

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

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

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

Donde:

$C_{tr}$  = Captura total en el lance  $r$ .

$W_{trk}$  = Peso de la especie  $t$ , en la caja  $k$  del lance  $r$

$M$  = Número total de lances en el crucero.

$\hat{p}_{tr}$  = Estimador de la proporción de la especie  $t$  en el lance  $r$ .

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

##### 4.6.1 Análisis de los datos

Se efectuó un análisis descriptivo orientado a determinar la participación de las especies que componen la fauna acompañante de las especies objetivos y descripciones en términos de rango de profundidad, posición latitudinal y en forma global, respecto de la captura total obtenida y de la captura de la especie objetivo, además de la captura de las especies que componían la fauna acompañante.



Para determinar el aporte porcentual en peso de cada especie respecto del total de la captura de la especie objetivo, se agrupó la fauna acompañante por rango batimétrico y por latitud.

Para estimar la importancia relativa de las especies, se revisó el registro del volumen de captura específico y se determinó la importancia relativa (en peso) de las especies que constituyen su fauna acompañante, según la contribución a la captura total y en relación a las especies objetivos del estudio.

#### 4.6.2 Análisis comunitario

Se realizó para establecer e identificar agrupaciones específicas en el área de estudio, se dividió en macro zonas, las que a su vez que se dividieron en rangos batimétricos de 100 m de profundidad. Estos análisis consistieron básicamente en establecer e identificar agrupaciones específicas a partir de la aplicación de métodos de análisis basados en la clasificación y ordenación de las especies, que permiten obtener una visión de la comunidad a la cual está asociada la especie objetivo.

#### 4.6.3 Identificaciones de agrupaciones específicas

El análisis consistió en la identificación por macro zona y batimétrica de las agrupaciones específicas a partir del análisis de clasificación de conglomerados (análisis de *cluster*) y de ordenación MDS (*Multidimensional Scaling*) (Clifford y Stephenson, 1975). En ambos casos se trabajó con una matriz de abundancia relativa de las especies más representativas, en términos de la presencia de éstas a lo largo de los cruceros realizados entre los años 2000 y 2017, agrupadas por cruceros, cruceros-subzonas de evaluación y cruceros - estratos de profundidad. Cabe destacar que, para determinar la presencia de agrupaciones de fauna se consideró a merluza del sur y merluza de cola como parte integral de la fauna asociada a la zona de estudio.

La matriz de similaridad fue estructurada a partir de una matriz de abundancia relativa (CPUA) de las especies componentes de la fauna acompañante, agrupadas por macrozona y rango batimétrico. La comparación se realizó utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis (Bray y Curtis, 1957). La función del índice se expresa por:

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

Donde  $p$  número de puntos macro zona rango batimétrico,  $x_{ijz}$  es la abundancia relativa de la especie "j" en la macro zona "i" rango batimétrico "z" y  $x_{ikz}$  es la abundancia relativa de la especie "k" en la macro zona "i" rango batimétrico "z".



Para equilibrar los valores atípicos (especies raras, poco comunes o con valores de abundancia relativa muy altos), los valores de la matriz original de abundancia relativa (CPUA) fueron transformados a través de la aplicación de raíz cuarta ( $\sqrt[4]{}$ ), según el criterio propuesto por Clarke y Warwick (1994).

#### 4.7. Objetivo específico 2.5.

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

Se analizaron un total de 245 estómagos de *Merluccius australis* obtenidos en las muestras capturadas en los lances de identificación realizados en el área de estudio (**Tabla 4**). De estos se separaron 30 tejidos y 30 vértebras para el análisis de isótopos estables. Los tejidos de las presas fueron obtenidos desde los estómagos de los predadores, y de estos se separaron 70 muestras. Las muestras fueron obtenidas a bordo del buque científico Cabo de Hornos, allí fueron etiquetadas y congeladas a  $-20^{\circ}\text{C}$ .

##### 4.7.1 Contenido estomacal

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

Los datos generados se ingresan a un archivo electrónico para posteriormente ser cruzados con la información proveniente de los datos biológicos de las merluzas capturadas. Las presas como peces, crustáceos y moluscos se identificaron, con el apoyo de una lupa microestereoscópica, según claves y/o descripciones que aparecen en la bibliografía especializadas como por ejemplo, Wisner (1976) para peces mictófidios, Cohen *et al.* (1990) para peces Gadiformes y Takeda (1986), Retamal (2000) y Palma y Kaiser (1993) para crustáceos, entre las más utilizadas.

##### 4.7.2. Tejidos y vértebras

Cada tejido fue reducido hasta  $\sim 10$  mg y lavado con abundante agua mili-Q. Luego todas las muestras fueron secadas por 12-18 horas a  $60^{\circ}\text{C}$ ., para extraer la solución y reducidos hasta llegar a un rango entre 0.4 – 0.6 mg. Posteriormente, los tejidos fueron depositados en cápsulas de estaño de 5 x 9 milímetros y secados a  $40^{\circ}\text{C}$  por 12 horas. Los tejidos fueron analizados en el laboratorio de isótopos estables de la Universidad Andrés Bello-Viña del Mar en un Analizador Elemental de Espectrometría de Masa. Los radio isótopos fueron reportados en notación de  $\delta$  con sus desviaciones estándar (Pee Dee Belemita para  $\delta^{13}\text{C}$  y N atmosférico para  $\delta^{15}\text{N}$ ). Por lo tanto,  $\delta^{13}\text{C}$  ó  $\delta^{15}\text{N} = [(R_{\text{muestra}} / R_{\text{estándar}}) -$



$1] \times 10^3$ , donde R es  $^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$  ó  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  respectivamente. Además la precisión fue del orden de  $\pm 0.5\text{‰}$  para  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\pm 0.2 \text{‰}$  para  $\delta^{13}\text{C}$ .

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

#### 4.7.3 Análisis de datos

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

Con los datos anteriores es posible estimar la importancia relativa de cada taxón presa utilizando el Índice estandarizado de IIR (PSIRI). PSIRI es una modificación en la ecuación en donde:

$$\%PSIRI_i = \frac{\%FO_i \times (\%PN_i + \%PW_i)}{2}$$

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

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

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

Para disminuir la incertidumbre en los isótopos estables, las presas se agruparon en grupos mayores de alimento, de acuerdo a su afinidad taxonómica. Así, las categorías fueron: Camarones (CAM), Cefalópodos (CEF), Eufáusidos (EUF), Peces Mesopelágicos (MESOP), Myctofidos (MYC), Merluzas



australes pequeñas (<30cm) (MAU), Merluza de cola (MG) y Merluza de tres aletas (MIA). Los restos no fueron incluidos en los análisis, ya que producen sesgos en el cálculo trófico. Los análisis isotópicos fueron obtenidos con el paquete para R “SIAR”: Stable Isotope Analysis in R (Parnell & Jackson 2011, Parnell *et al.* 2012) usando las siguientes opciones: para la modelación de las dietas de los predadores se usó modelos de mezcla basado en parsimonia Gaussiana con una mixtura “dirichlet-distributed”, expresada en valores medios por cada individuo. Además, para llegar a la probabilidad de consumo, con intervalos de 95% de confianza, se usaron los datos de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  en un modelo Bayesiano, cada valor fue combinado con 1.000 pseudoreplicas. Además se usó modelos de dependencia alimenticia de acuerdo a los valores de %C y %N. La información a “*prior*” de los modelos bayesianos fueron tomados de las proporciones dietarias de los análisis estomacales. Las comparaciones intra-específicas (sexos y tamaños) para las merluzas fueron hechas mediante un test de ANOVA de una vía seguido por un test a posteriori de Tukey. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el Software R (R Core Team 2013). Los valores de enriquecimiento trófico (TEF) fueron calculados por la siguiente ecuación:

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

Para la merluza del sur se agruparon los tamaños de la siguiente forma: Grupo 1 ( $\leq 60$  cm), Grupo 2 ( $>60 - \leq 80$  cm) y Grupo 3 ( $> 80$  cm) y se calculó la edad siguiendo a Ojeda & Aguayo (1986). En los análisis estomacales no se logró establecer diferencias por sexos, de tamaños, batimétricas y por zona de pesca, ya que la merluza de cola dominó en todos estos estratos en más de un 80%. Por lo que no se presentan en este informe estos análisis. A raíz de lo anterior y debido a la importancia de las merluzas de cola en la dieta de la merluza del sur, se realizó un análisis de los tamaños y pesos presentes en los estómagos, complementado por un análisis de ANOVA y de regresión simple (tamaño presa merluza de cola vs masa presa merluza de cola). Para establecer diferencias de alimentación se utilizó un test de PERMANOVA. Los análisis estadísticos se realizaron con el software R (R Core Team 2011) de libre disposición en internet.

#### 4.8 Objetivo específico 2.6.

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

La caracterización de las agregaciones se efectuó mediante el uso de descriptores obtenidos a partir de observaciones acústicas verticales realizadas durante la prospección acústica y lances de pesca mediante el sistema de ecointegración Simrad ER-60 y que fueron procesados mediante el programa SonarData Echoview® (versión 7.1.12).

Una agregación es definida como un conjunto de muestras acústicas que poseen una continuidad vertical y horizontal y además exceden un umbral predeterminado de energía y tamaño, es decir, muestras contiguas tanto a lo largo del mismo pulso (continuidad vertical) como desde el pulso anterior





(continuidad horizontal). La resolución horizontal corresponde a la distancia cubierta entre pulsos sucesivos y la vertical a la distancia relativa correspondiente a la semi longitud del pulso.

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

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

#### 4.8.1 Descriptores y variables utilizadas en el análisis

De las agregaciones detectadas se extrajeron descriptores de posición, energía, morfológicos y batimétricos, estando referidos los primeros a la posición geográfica de las agregaciones, los de energía a la energía retrodispersada por las agregaciones, los morfológicos asociados al tamaño y forma de éstas, y los batimétricos definiendo la posición de la agregación en la columna de agua (Scalabrin y Massé, 1993; Freón *et al.*, 1996).

- a) **Descriptores de posición:** Corresponde a la posición geográfica media y medida en el pulso central de cada agregación.
- b) **Descriptores de energía:** Están referidos a la energía retrodispersada por una agregación (NASC o  $S_A$ ) expresada en  $m^2/mn^2$  y a su densidad acústica ( $Dens$ ) referidas al área transversal ( $m^2$ ) de la agregación ( $NASC \cdot 100/m^2$ ), determinadas de acuerdo a:

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

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

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

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



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

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

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

$$Se = d_j * e$$

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

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

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

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

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

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

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



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

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

- e) **Análisis de los datos:** Se realizó aplicando estadística descriptiva referida a valores promedios, máximos, mínimos desviación estándar y coeficientes de variación para el total de los descriptores. Las agregaciones fueron analizadas observaciones considerando 3 subzonas: subzona 1 entre 43°30' y 44°29'S denominada Guafo; subzona 2 entre 44°30' y 45°29'S nombrada Guablín; y subzona 3 entre 45°30' y 47°00'S llamada Taitao. Posteriormente, se realizó un análisis de acuerdo a rangos de 100 metros de profundidad del fondo, a fin de determinar si este factor influye en las características de las agregaciones. También se analizaron considerando las registradas en las zonas de cañones conocidos como cañón Ipún (44°10' S y 75° W), cañón Guablín (45°15' S y 75°10' W) y cañón Taitao (46°18' S y 75°27' W) y nominados como 1, 2 y 3, respectivamente. La ocurrencia o no, de diferencias significativas en las características de las agregaciones de acuerdo al factor "zona de cañones" se realizó mediante un análisis de varianza (Andeva).

Toda la información obtenida por cada uno de los descriptores antes mencionados, fueron analizados mediante la aplicación de un análisis de componentes principales (APC), resumiendo de esta manera la información contenida en la matriz de datos, permitiendo una representación visual o geométrica de la información (Rencher, 1995) y preservando las características de la observación original. Las variables originales utilizadas fueron todos los descriptores determinados (y definidos anteriormente) de las agregaciones, aun cuando entre ellas pueda darse algún grado de multicolinealidad, lo cual es deseable dado que el objetivo es identificar series de variables interrelacionadas (Hair *et al.*, 1999).

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



## 5. RESULTADOS

---

### 5.1 Objetivo específico 2.1.

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

#### 5.1.1 Sistema de ecointegración

El sistema de ecointegración del buque científico AGS 61 “Cabo de Hornos” fue calibrado en la bahía de Valparaíso (33°02,1’S - 71°36,8’O), para las frecuencias de 38, 70 y 120 kHz, conectado con el software EK 60 versión 2.4.3. Los resultados se presentan para la frecuencia de trabajo 38 kHz, en **Tabla 3**. El modelo ajustado para las frecuencias calibradas muestra valores del cuadrado medio del error de, 0,32; 0,18 y 0,38 dB, respectivamente. 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. Lances de identificación de ecotrazos

Durante el crucero de evaluación, se realizaron 23 lances de pesca de identificación. La profundidad de trabajo de la red (relinga superior) varió entre 200 y 447 m de (**Figura 4, Tabla 6**). Para los efectos de identificación de ecotrazos, especies y toma de muestras biológicas, la unidad de muestreo fue el lance de pesca, obteniéndose en cada uno de ellos los datos de las distintas especies presentes en la captura.

Durante los lances de pesca, merluza del sur fue capturada en 22 lances de pesca realizados y contribuyó con el 19,8 % de la captura total, mientras que merluza de cola y merluza de tres aletas estuvieron presentes en 23 y 13 lances de identificación respectivamente, con aportes de 78,3% y 0,8% a la captura total. Estas tres especies contribuyeron con el 98,9% de la captura registrada en esta etapa del crucero, mientras que otras especies aportaron el 1,1% (**Tabla 7**).

#### 5.1.3 Análisis geoestadístico

En la **Tabla 8 y Figura 7** se presentan los resultados del análisis geoestadístico de merluza del sur provenientes de los ajustes realizados mediante el método de Matheron (Matheron, 1971, Rivoirard *et al.*, 2000).

Los resultados indican variogramas completamente estructurados, con una dependencia espacial del 89%. El promedio geoestadístico de los datos (media kriging) estimados con cualquiera de los dos ajustes aplicados presentan diferencias del 3% entre ellas, siendo el mejor ajuste (sse = 15,86 menor variabilidad) obtenido con un variograma de modelo exponencial.



#### 5.1.4 Biomasa y abundancia.

En la **Tabla 9** se entregan los estimados de biomasa de merluza del sur. Por el método geoestadístico, la biomasa se estimó en 96.082 t (cv = 3,8%) con un intervalo de confianza ( $\alpha=5\%$ ) entre 88.998 y 103.165 t. Por el estimador bootstrap, la biomasa alcanzó a 79.900 con un intervalo de confianza entre 74.033 y 85.767 t.

La abundancia se estimó en 33.988.081 individuos de los cuales 10.733.023 (32%) fueron machos y 23.215.058 (68%) hembras (**Tabla 10**) con el método geoestadístico y 28.263.852 individuos con el estimador de bootstrap.

#### 5.1.2 Distribución espacial y batimétrica

La distribución espacial (**Figura 8**) muestra que el recurso merluza del sur estuvo presente en el 70% (1.816 mn<sup>2</sup>) de las 2.591 mn<sup>2</sup> prospectadas. Esta se caracterizó por un predominio de niveles de baja densidad y algunos focos de mayor importancia, cercanos a los cañones de Guafo, Guamblin y en el sector de península Skyring. En el área de distribución del recurso, se estimó una densidad media de 43,99 t/mn<sup>2</sup> (método bootstrap) y 52,9 t/mn<sup>2</sup> (método geoestadístico).

La posición media o centro de gravedad de la distribución del stock evaluado se localizó en la latitud 45°01'S, con una inercia de 0,82°, manteniéndose en el rango de los valores observados en estudios previos (44°55'S y 45°25'S). El índice de Gini estimado en 0,61 indica una distribución uniforme en el área de estudio, con focos principales cercanos a cañones donde tiende a concentrar su densidad (t/mn<sup>2</sup>), concordante con el proceso de desove del recurso durante el período de la prospección.

La profundidad media en que se ubicaron las agregaciones fue de 240 m, distribuyéndose en la columna de agua entre los 95 y 482 m de profundidad. La profundidad del fondo prospectado varió entre 112 y 996 m, con promedio en 363 m.

### 5.2 Objetivo específico 2.2.

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

#### 5.2.1 Composición de tallas.

El total de ejemplares merluza del sur medido para la estimación de las estructuras de tallas fue de 1.283 individuos, con 430 machos y 853 hembras. La estructura de talla registró una moda principal de ejemplares adultos entre los 70 y 99 cm y modas secundarias de ejemplares adultos jóvenes entre 60 y 70 cm y juveniles entre los 35 y 59 cm (**Figuras 9 y 10**). La captura de los lances de investigación presentó un 79% de hembras y 21% de machos o una proporción de 4H: 1M.



Las hembras, con una talla promedio de 80 cm, presentaron una distribución de talla desplazada a la derecha respecto de los machos cuya talla media se ubicó en 64 cm (**Figura 10**). El aporte de la fracción juvenil fue superior en machos (60%) frente al 24% observado en hembras.

Espacialmente, la moda principal de peces adultos entre 70 - 99 cm fue observada en toda la zona de estudio (**Figura 11 y 12**), mientras que la moda juvenil (35-59 cm) fue registrada principalmente hacia la península de Taitao en el sector sur del área de estudio, con una estructura compuesta por ejemplares juveniles y adultos. Batimétricamente, (**Figura 13**), a excepción de los individuos menores a 40 cm que solo se detectaron en el nivel más somero (200-299 m), los demás ejemplares de las otras tallas se ubicaron en todo el rango batimétrico (200 - 500 m).

### 5.2.2 Distribución de talla del crucero 2017 respecto de los cruceros anteriores

Durante el año 2017 se registró principalmente la composición de una estructura de talla adulta con la presencia de ejemplares entre 70-99 cm, condición que tiene similitud con las estructuras registradas entre los años 2001 y 2016 (excepto 2006, sin información) (**Figura 14**), con predominio de las hembras. Antecedente que se enmarca en el gradual incremento del predominio de la proporción de las hembras a partir del año 2007 con 48% a un 79% en el año 2017 (**Figura 15**).

No obstante, el predominio de los ejemplares adultos en la serie histórica, en las composiciones de talla de merluza del sur de los años 2016 y 2017 registraron una importante presencia de ejemplares juveniles con 31% y 32%, respectivamente (**Figura 14 y 15**). En el caso del año 2016 la moda juvenil fue entre 30 - 49 cm, mientras en el año 2017 fue entre 35 - 59 cm, algo más desplazada a la derecha respecto de 2016. En años anteriores, como el año 2007, 2008 y 2013 también fueron registrados valores importantes de presencia de juveniles con 27%, 37% y 28%, respectivamente (**Figura 14 y 15**). La presencia de la moda juvenil en el año 2016 y 2017 se registró mayormente en los machos con 55% y 60% de ejemplares juveniles, respectivamente, condición que también se observó en el año 2013 con una mayor presencia de juveniles en los machos que respecto de las hembras.

### 5.2.3 Composición de la estructura de edades

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

De los muestreos biológicos de la captura se estimó la relación peso - longitud de hembras, machos y ambos sexos combinados (**Tabla 11**). En la **figura 16 y tabla 12** se muestran las funciones peso – longitud total estimadas para hembras y machos en el período 2000 – 2017, donde se reflejan variaciones interanuales que pueden responder al estado de bienestar de los individuos o al estado de madurez gonadal de los ejemplares durante el período del estudio.



La estructura etaria del stock de merluza del sur, separado por sexo, presenta con mayor relevancia (aporte a la estructura sobre el 5%) los grupos de edad GE IV hasta GE VII en los machos, conformando la moda principal el GE V, 16% (**Tabla 13**). Si bien en 2016 se había apreciado una fuerte participación en la estructura de ciertos grupos de edad jóvenes, en años anteriores a este nunca había ocurrido la presencia en tal magnitud en esas edades. Este tramo de cuatro grupos de edad de peces jóvenes que forman parte de la moda principal en 2017, tiene gran relevancia en la estructura y representa el 41% de la abundancia de machos. De forma importante se presenta también (con aporte  $\geq 5\%$  en la estructura) los grupos de edad IX a XII conformando el 39% de la abundancia de este sexo. En el caso de hembras también se observa una moda en peces jóvenes GE V (6%), pero es de menor intensidad que en machos. Las edades que continúan con contribución  $\geq 5\%$  en la estructura, corresponde desde el GE VII hasta el GE XIX, los cuales totalizan un aporte de 66% en la abundancia de las hembras (**Tabla 14**). Considerando ambos sexos (**Tabla 15**) la abundancia por GE está sostenida mayoritariamente (83%) por adultos de trece clases que comprenden los GE V a XVII con tallas promedios entre 50 y 93 cm.

Se presenta en la **figura 17**, la estructura histórica de la abundancia, serie 2000 – 2017, tanto por clases de talla como por GE. Cada año cuenta con la data biológica y de edad correspondiente a cada crucero de evaluación. En relación a lo registrado para el año 2000, se puede apreciar la variación experimentada en la zona en cuanto a la estructura etaria, magnitud de la abundancia y proporción sexual. Desde el año 2007 se observó un cambio notable en la estructura del stock evaluado ya que, en ese tiempo, si bien se encontró grupos modales en machos y hembras en los GE XIV y XV, la diferencia fue que se registró de forma destacada el aporte en la estructura de grupos menores como lo son el GE VI y VII, los cuales se insinuaron como moda secundaria.

En el 2008, el período evaluado se caracterizó por estar estructurado por edades con una composición mayoritaria hacia los grupos edades menores que el GE modal, situación que se presentó aun más intensamente que lo observado el año 2007. Detectar esta componente en la estructura de edades, al tratarse de evaluación de stock desovante es un registro que habla de un stock mixto en gran proporción con peces inmaduros, dado que los peces en edades menores que GE IX no han alcanzado la edad de madurez al 50%. En 2009-2010, el área evaluada vuelve a presentar una estructura más enriquecida en stock parental más adulto, con moda general en GE XII considerando ambos sexos en 2009 y grupos modales en GE XI en machos y GE XIV en hembras en 2010. En 2011, la estructura del stock desovante cambia, muestra una estructura de edades atípica, en que los machos son quienes presentan moda a grupos de edades mayores que en hembras, aun cuando sus abundancias por GE son menores a las señaladas para las hembras. El GE XV es grupo modal en machos y GE XII es modal en hembras, ambos con una talla promedio de  $\approx 80$  cm.

En 2012 y 2013, las hembras retoman la característica usual de presentar modas en grupos de edad más adultos que los machos, manifestándose en hembras la moda principal en los GE XV - XVI en 2012 (ambos grupos son el 30% del stock desovante) y entre GE XIV - XVI en 2013 (constituyendo el 31% del stock desovante). Los machos en cambio, experimentan una estructura marcadamente



diferente a lo que se aprecia en la secuencia histórica (**Figura 17**), se encuentran en 2013 en notable menor proporción y se intensifica la participación de peces más jóvenes, entre grupos VII a XII, con escasa presencia de parentales machos sobre GE XIII. En 2014 y 2015, se está frente a un stock desovante que continúa presentando en cierta medida el cambio observado en la zona de desove del año 2013, en el sentido de que machos y hembras muestran estructura de edades notablemente diferentes.

Si bien en 2013 la estructura etaria de machos estuvo principalmente compuesta por peces más jóvenes que lo observado en su historia, en los dos años siguientes se mantiene de manera menos intensa esta característica, destacándose en la estructura de edades de los machos grupos modales a edades marcadamente menores si se les compara con las hembras (moda en machos GE XI-XII y en hembras GEXVI). En 2016, el stock evaluado presenta como característica inusual el tener una de las proporciones más reducida de machos de la serie estudiada, acompañada a su vez de una estructura de edades en que predominan los peces jóvenes. Las hembras en cambio, presentan estructura compuesta de peces de mayor edad, no obstante también presentan la inusual presencia de peces muy jóvenes no registrados en esa magnitud anteriormente en el área de concentración para el desove. Esta presencia de peces jóvenes en la estructura de la abundancia del stock desovante se manifiesta a su vez en el año 2017, en la moda en el GE V. En las edades superiores a esta moda, están presentes en forma destacada hasta el GE XII en machos y hasta el GE XIX en hembras. La mayor abundancia de hembras en edades mayores y a su vez con aporte notable en la estructura de la abundancia es una situación característica en las hembras.

#### 5.2.4 Proporción sexual de la abundancia

La composición interna de la abundancia que se concentra en el área de desove no se presenta en proporciones similares de machos y hembras a través del tiempo. Esta relación, número de individuos llevados a proporción m:h, se entrega en la **figura 18**, donde se puede observar a los machos representados como 1, y las hembras con el valor por bajo o sobre este, según se encuentren en menor o mayor número que los machos.

En merluza del sur esta relación m:h fluctúa desde 1:0,92 hasta 1:3,4, señalando con ello una relación de proporción variable, que presenta una composición con mayor abundancia notable de hembras en los años 2000 - 2005 - 2010 - 2013 - 2015 y 2017 en que las hembras fueron por sobre el doble de los machos y algo más que el triple en los años 2004 y 2016, en el período de desove.

En la **figura 19** se presenta la abundancia separada por sexos, siendo los machos los que se presentan en general en menor magnitud. Existen diferentes razones que motivan el desequilibrio que se manifiesta en que la tasa de presencia entre sexos 1:1 no se manifieste. En general, el sexo con tasa de crecimiento más lento tendrá más probabilidades de ser sometido a predación, con lo cual su abundancia decrece en las próximas fases de su desarrollo.





Otro factor que puede influenciar la proporción sexual es la disponibilidad de alimento. La actividad de la alimentación en este caso estaría influenciando el metabolismo a través de la actividad hormonal, resultando en cambios en la producción de individuos de un sexo dado.

Se desprende por tanto que el cambio en la proporción sexual es un resultante tanto de la interacción de elementos tecnológicos como poblacionales. Definir en detalle las causas del cambio y su evolución histórica, ha sido tema tratado en reuniones relacionadas a los programas de investigación de la PDA (Payá *et al.*, 2017).

### 5.2.5 Edad mediana de la abundancia

En merluza del sur se observa en general, que la edad mediana es menor en machos que en hembras lo que avala la diferenciación sexual propia de estos recursos en donde los machos son de estructura etaria menor que las hembras y a su vez presentan menores frecuencias ó no aparecen en los estratos de mayor longevidad.

El grado de diferencia etaria que presenta el recurso se puede apreciar considerando que, en merluza del sur, las edades medianas al concurrir al sitio del desove han fluctuado entre 6,0 - 13,5 años en machos y entre 11,5 y 15,2 años en hembras (**Figura 20**).

La edad mediana de la abundancia es un estimado que en merluza del sur ha fluctuado en el tiempo. Entre el período 2008 hasta 2012 presentó edad mediana ascendente con escasa presencia de adultos jóvenes, pero en el 2013 la edad mediana descendió registrándose en 8,6 y 12,9 para machos y hembras respectivamente, alcanzándose una diferencia de 4 años entre sexos, la mayor diferencia observada en la serie de años considerada, pues en los dos años posteriores, se mantuvo una diferencia de ~3 años entre individuos que presentes en el periodo y la zona de estudio.

Durante 2016 la diferencia de la edad mediana entre machos y hembras fue de siete años, registrándose el valor histórico más bajo en machos tomando un valor de edad mediana de 6,0 el cual al año siguiente sube a 8,4 años en la abundancia 2017, lo que refleja a los machos como el sexo que presenta mayor variación en este parámetro y se puede observar tal condición en la baja que se ha presentado en los últimos cinco años con respecto a la serie histórica. En hembras en cambio, este parámetro mantiene valores estables, si bien tiene una leve baja en los últimos años, en 2017 toma un valor de 12,4 años, edad mediana que se mantiene dentro de los valores históricos observados.



### 5.2.6 Edad y estados de madurez.

Se presentan la fracción de peces maduros en relación a la edad observada, incluyendo los resultados de los cruceros de investigación realizados en similares condiciones y época del año (Lillo *et al.*, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017), junto a los resultados que entrega la información analizada del crucero de investigación 2017, en que se prospectó la zona.

Lo que se entrega a continuación corresponde a ajustes de curvas edad versus estado de madurez procedente de observaciones macroscópicas de las gónadas y se debe considerar que existe un alto grado de concordancia entre la clasificación de peces “maduros” ó “inmaduros” de acuerdo a las estimaciones que se realiza mediante observación macroscópica y observación microscópica de las gónadas. Estas observaciones altamente concordantes ( $\approx 90\%$ ), indican que la clasificación macroscópica es avalada por la clasificación microscópica/histológica en el rango de clasificación dicotómico de peces maduros e inmaduros. Lo anterior se refiere al sexo hembras, ya que en machos no se realiza estudio histológico de las gónadas.

En los resultados respecto de la fracción de peces maduros para el período 2007 – 2017 se incluye un año del inicio de la serie de los cruceros (2000) de evaluación del stock desovante para tenerlo de referencia.

Año 2000, Este año corresponde al primer período en que se recolectó muestreos específicos para estudio de edad en los cruceros de investigación del stock desovante en la zona sur austral. La clasificación de las edades junto con los estados de madurez que presentaban los peces muestra que para machos el  $GE_{50\%}$  fue GE X y en hembras la madurez al 50% correspondió al GE XIII, (**Figura 21 y Tabla 16**).

Período 2007 – 2017, La fracción de machos maduros (FMM) en un 50%, ha presentado una variabilidad en el período estudiado que oscila entre las edades 9 a 12. Las hembras en cambio, alcanzan su madurez (50%, FHM) a edades mayores, registrándose en la serie histórica un rango de edad en que alcanzan el 50% de madurez entre las edades 11 a 14.

Para el estudio en base a los datos recolectados en el crucero de investigación 2017 la FMM presentó  $GE_{50\%}$  en el GE XII para machos (longitud promedio 76,9 cm) y en el  $GE_{50\%}$  XIV para hembras (longitud promedio 84,4 cm), (**Figura 21 y Tabla 16**).

Si se compara la estructura de la abundancia considerando los últimos años en que se visitó el área en la época de desove se presentan notables diferencias. En la información del Crucero 2013 los grupos de edad en que se presentan el 50% de peces maduros fue  $GE_{50\%}$  XI en machos y  $GE_{50\%}$  XIV en hembras. Dado ello, con la abundancia identificada en ese período, los machos con  $GE \geq XI$  constituyeron un 34% y las hembras con  $GE \geq XIV$  conformaron un 49%. Estas fracciones indicaron



un stock desovante mixto con elevado componente de peces inmaduros y con la particularidad de estar en presencia de escasa proporción de machos de los grupos de edad mayores (sobre GEXIII).

Para 2014, la abundancia de stock parental que corresponde a peces maduros se presentó en una fracción de 89% para machos ( $\geq GE_{50\%} X$ ) y 83% de hembras ( $\geq GE_{50\%} XII$ ). Dado ello, en la abundancia estimada en el Crucero 2014, los machos con GE X y mayores constituyeron un 89% y las hembras, con GE XII y mayores conformaron un 83%, presentándose (a diferencia del año anterior) un stock parental en el área de desove principalmente compuesto por peces maduros.

En 2015, si bien machos estuvo compuesto por peces principalmente maduros (95% de la abundancia  $\geq GE_{50\%} IX$ ), en hembras, dada su estructura etaria, en que existe mayor componente a edades menores, sólo el 67% de la abundancia correspondió a peces de edad por sobre el grupo en que se encuentra maduro en un 50% ( $\geq GE_{50\%} XII$ )

Durante 2016 y 2017 se registró  $GE_{50\%}$  en machos en el GEXII y en hembras en GEXIV, se pudo apreciar niveles muy altos de peces inmaduros en 2016, alcanzando en machos un 76% de la abundancia y un 51% de hembras. Para 2017, estas fracciones de peces inmaduros se presentaron con valores muy similares al año anterior, siendo 76% y 56% de la abundancia respectiva de cada sexo que se encontraba en la fracción inmaduros, bajo el  $GE_{50\%}$ .

Siendo así, el presentar en 2017 un 24% de peces machos maduros y un 44% de hembras maduras indica que se está frente a un escenario atípico para una época considerada de alto desove.

Una vista conjunta de las curvas de edad - madurez para el período 2000 – 2017 se presenta en la **figura 22**. Se aprecia de forma gráfica el desplazamiento de  $GE_{50\%}$  en los diferentes años. Este parámetro oscila entre la edad 8,9 a 11,9 para machos y entre 10,5 y 14,3 para hembras. El  $GE_{50\%}$  no presenta tendencia y su oscilación responde a la conformación del stock que se reúne a desovar.

### 5.3 Objetivo específico 2.3.

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

#### a) Estadios de madurez sexual (EMS)

El análisis de los estadios de madurez sexual mostró que en merluza del sur las hembras inmaduras (EMS 1 y 2) correspondieron a un 59% del total de hembras. Las hembras en proceso de desove activo (EMS 4 y 5) alcanzaron a un 13%. Por otra parte, las hembras en maduración (EMS 3), correspondieron a un 16% de las hembras. Aunque el porcentaje de hembras inmaduras es alto, el



bajo porcentaje de hembras desovadas (11%) permiten concluir que el proceso de desove estaba en pleno desarrollo (**Figura 23**).

Al analizar los estadios de madurez sexual de acuerdo a la longitud total de las hembras, se observó que hasta el grupo de longitud de 60-69 cm LT, la gran mayoría correspondió a hembras inmaduras. Por otra parte, desde el grupo de 70-79 cm LT ya se pudo encontrar junto a los individuos inmaduros la presencia de otros estadios de maduración gonadal, lo que indica que en ese rango de longitudes se ubica la talla media de madurez sexual (**Figura 24**).

#### **b) Análisis histológico de las gónadas**

El análisis histológico de las muestras permitió comparar los resultados obtenidos mediante la observación microscópica y así obtener una clasificación de estadio de madurez más certera. Se evaluaron por esta metodología muestras representativas de los diferentes estadios de desarrollo gonadal para ambas especies y además se seleccionaron muestras que presentaron características que complicaban su clasificación. De acuerdo a esto, entre las muestras analizadas mediante esta técnica se incluyó ejemplares que presentaran longitudes cercanas a la talla media de madurez sexual y, especialmente en el caso de merluza de cola, se enfatizó en el reconocimiento de hembras inmaduras reincidentes presentes en el muestreo. Se presentan imágenes de cortes histológicos correspondientes a los estadios virginal, inmaduro, alveolo cortical y post desove (**Figuras 25 y 26**)

#### **c) Índice gonadosomático (IGS)**

Para el cálculo del IGS en merluza del sur, se utilizaron los pesos de las gónadas obtenidos en el laboratorio como también el registro de pesos gonadales tomado en terreno, siendo ambos valores similares, con un valor de  $R^2$  de 0,99 para la regresión entre el peso gonadal en el buque y en el laboratorio (**Figura 27**).

El IGS en la merluza del sur presentó un valor promedio ( $\pm$  desviación estándar) de  $2,9 \pm 3,9$  y con valores individuales extremos de 0,02 y 18,76. Por otra parte, los elevados valores de la desviación estándar reflejan la gran dispersión en los valores de los índices, los que correspondieron a peces inmaduros de pequeña talla y a los peces con gónadas en regresión, junto a hembras con gónadas hidratadas. Para relacionar el estadio reproductivo de las hembras de merluza del sur con los valores del IGS, se analizaron los datos de acuerdo al EMS de los ejemplares y se determinó la manera en que estos valores cambian en peces inmaduros y maduros. En los peces con gónadas inmaduras (EMS 1 y 2) el IGS promedio alcanzó a 0,7. En cambio, en los EMS más avanzados el IGS alcanzó un valor de 6,31 en el EMS 3, llegando a un valor de 13,04 en el EMS 5 (**Figura 28**). Este elevado valor refleja el proceso de hidratación experimentado por las gónadas, al contrario de lo que ocurre en el EMS 6, en donde el IGS bajó a un valor de 2,12 dado por el estado de desove en el que se encuentran las hembras. Aunque los datos no presentaron una distribución normal, pero considerando que el número de observaciones fue suficientemente grande, se aplicó un ANOVA a los datos. Los



resultados indicaron que existieron diferencias significativas entre los valores del IGS para los diferentes EMS, con  $F=356,7$ ;  $gl=755$ ;  $p=0,0000$ . El test post hoc de Tuckey HSD señaló que estas diferencias no eran significativas al comparar entre los EMS 1 y 2.

Al analizar la relación entre la talla de los peces y el valor del IGS con las hembras de merluza del sur separadas en grupos arbitrarios de longitud total, se pudo observar que el IGS alcanzó valores promedio menores a 0,7 hasta el grupo de 60-69 cm LT. En el grupo de 70-79 cm LT, que corresponde al rango de tallas en que históricamente se ubica la talla media de madurez sexual, se produjo un aumento del IGS, con un promedio de 1,46. En las tallas siguientes, el IGS aumentó su valor, llegando en promedio a 7,3 en el grupo de 90-99 cm LT (**Figura 28**). Al aplicar un ANOVA a las distribuciones, se observó la existencia de diferencias significativas para los valores de los IGS en los distintos grupos de longitud ( $F=69,95$ ;  $gl=753$ ;  $p=0,0000$ ). De acuerdo al test post hoc de Tuckey HSD, las diferencias no fueron significativas entre los grupos de longitud más pequeños, hasta el grupo de 70-79 cm LT. Por otra parte, se encontraron diferencias significativas entre los grupos de tallas mayores 80-89 y 90-99 cm LT.

#### d) **Índices de la actividad reproductiva**

Para detectar las variaciones en la actividad reproductiva de hembras adultas de merluza del sur (EMS 3, 4, 5 y 6) en una pequeña escala de tiempo, se analizaron los datos de EMS y IGS agrupados en periodos de 3 a 4 días, considerando los lances diarios realizados durante la prospección. Los índices de actividad reproductiva de merluza del sur entre el 7 y 17 de agosto, mostraron que la prospección se realizó en plena época de desove (**Tabla 17**). En el primer periodo que abarcó entre el 7 y 11 de agosto se presenta el mayor valor de IGS dado por la mayor presencia de hembras maduras, luego el IGS disminuye en el siguiente periodo en donde ya se observa un porcentaje mayor de hembras desovadas, para llegar al final del crucero entre el 15 y 17 de agosto con un IGS de 4,8, indicando que el desove estaba llegando a su final.

#### e) **Talla media y edad media de madurez sexual.**

Se realizó la estimación de la talla media de madurez sexual en merluza del sur con datos que incluyeron clases de talla entre los 31 y 108 cm LT. La información se procesó y se ajustó la ojiva de madurez de acuerdo a un modelo lineal generalizado dando como resultado una LT de 74,9 cm, con límites de confianza del 95% iguales a 74,6 y 75,2 cm LT ( $b_0=-25,4259$ ;  $b_1=0,3393$ ; suma de los cuadrados residuales 0,2025; error estándar residual = 0,0546 con 68 g.l.). Se probó un ajuste logístico no lineal que fue igual a 75,6 cm LT, con límites de confianza del 95% iguales a 75,4 y 75,8 cm LT ( $b_0=-31,1752$ ;  $b_1=0,4123$ ).



La proporción de individuos maduros y límites de confianza se presentan en la **tabla 18** y el ajuste se muestra en la **figura 29**, en este gráfico se puede apreciar que los valores se presentan cerca de la curva estimada, sin existir puntos que se alejen de manera notoria de la estimación. En la **tabla 19** se pueden apreciar las estimaciones obtenidas entre los años 2001 y 2017 pudiendo apreciarse la variabilidad que ha presentado este parámetro.

Se estimó la edad media de madurez sexual con datos que comprendieron grupos de edad entre GE I y XXV. La información se ajustó a un modelo lineal generalizado obteniéndose un  $GE_{50\%}$  en el GE 11,3 con límites de confianza del 95% iguales a 11,0 y 11,5 ( $b_0=-9,9199$ ;  $b_1=0,8806$ ; suma de los cuadrados residuales = 0,01577; error estándar residual = 0,0274 con 21 g.l.). También se probó un ajuste logístico no lineal que entregó el mismo resultado, con límites de confianza del 95% iguales a 11,1 y 11,4 ( $b_0= -10,6297$ ;  $b_1=0,9441$ ). La proporción de individuos maduros por grupo de edad se presenta en la **tabla 20**.

#### f) Fecundidad

La estimación de la fecundidad para cada especie se realizó considerando el análisis de las gónadas y de los ovocitos presentes en éstas tras la observación al microscopio de cada una de las muestras recibidas. Teniendo en consideración esto, fueron excluidas de la estimación aquellas gónadas maduras que presentaran señales de que el proceso de desove ya se había iniciado al momento del lance, descartándose aquellas que presentaran ovocitos hidratados.

Otro criterio de selección aplicado para las muestras correspondientes a merluza del sur fue la selección de las gónadas que presentaran ovocitos de diámetros mayores a 0,80 mm, de modo que quedaran fuera de la selección aquellas gónadas que presentaran un estado de maduración inicial, puesto que en estas es común que no se pueda separar la moda más avanzada de ovocitos. Cumpliendo con estas condiciones, se trabajó con 39 muestras de merluza del sur para calcular la estimación, los resultados de fecundidad modal fueron ajustados al peso corporal y a longitud total obteniéndose un mejor ajuste al utilizar un modelo de potencia para ambas variables con valores de  $R^2$  de 0,39 y 0,41 (**Figura 30**) respectivamente. La estimación de la fecundidad modal promedio  $\pm$  la desviación estándar fue  $2.516.521 \pm 843.972$ , en tanto que la fecundidad media del total de la muestra fue  $2.488.595 \pm 207.989$ . En la **tabla 21** se presentan las estimaciones obtenidas en estudios anteriores y la del presente estudio. Al respecto el valor de fecundidad modal promedio obtenido en este estudio es similar a lo observado en los otros años. El resultado obtenido para la fecundidad relativa promedio, es decir el número de ovocitos por gramo de peso total menos el peso de la gónada, fue  $548 \pm 153$  ovocitos.

No obstante la escasa variabilidad de los resultados obtenidos entre estimados de fecundidad, en términos relativos, se considera que la fecundidad media del total de la muestra es de mayor representatividad, ya que se incluye un número mayor de observaciones y en general, un rango mayor de tallas. Respecto a los resultados obtenidos en el presente estudio, se debe considerar, en el caso



de merluza del sur, aunque la disponibilidad de muestras para el análisis de este parámetro fue menor, las estimaciones fueron bastante similares a lo obtenido en años anteriores.

#### **5.4 Objetivo específico 2.4.**

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

Durante el crucero fueron capturadas e identificadas un total de 11 especies. La fauna presente en la zona de estudio está compuesta, principalmente, por dos especies: merluza del sur y merluza de cola. Ambas representaron aproximadamente el 99% de la captura obtenida en la zona, seguidas en importancia por merluza de tres aletas y reineta. Otras especies estuvieron presentes en muy baja proporción, representando menos del 1% de la captura total obtenida durante el crucero (**Tabla 22 y Figura 31**). La fauna acompañante de merluza del sur, durante el crucero, estuvo compuesta en 98,5% por merluza de cola (**Figura 32 y Tabla 23**), las restantes especies estuvieron representadas en proporciones inferiores a 1% (**Figura 31 y Tabla 24**).

Según la división del área de estudio, merluza del sur y merluza de cola, son las principales especies presentes en cada una de las subzonas. Por otro lado, merluza de tres aletas estuvo escasamente representada en las subzonas 1 y 2, mientras que en la subzona 3 esta especie aumentó su presencia, principalmente, al sur de 46°S (**Figura 33a**). En cuanto la fauna acompañante, se observa una situación similar, con merluza de cola como principal componente de la fauna con aportes superiores a 90% en todas las subzonas (**Figura 33b**). Otras especies presentes en las subzonas tuvieron escasa representación, aportes inferiores a 1%, con la excepción de merluza de tres aletas en la subzona 3 (Taitao) (**Figura 33b**).

En la zona de estudio, la profundidad media de distribución estuvo en torno a 360 m. El rango de distribución batimétrico varió entre 430 m y 270 m. Merluza del sur se localizó a una profundidad media de 355 m, mientras que su fauna acompañante tuvo como profundidad media de distribución los 370 m (**Figura 34**). La distribución latitudinal de merluza del sur está asociada a toda la zona de estudio, aumentando su presencia a partir de los 44° de latitud sur, condición que también se hace presente en merluza de cola (**Figura 35**). Otras especies como congrio dorado, reineta, cojinobas (Fam. Centrolophidae) y jibia también tienden a una distribución homogénea en toda la zona de estudio, mientras que otras especies recurrentes de la fauna como: merluza de tres aletas y brótula, presentan un patrón de distribución latitudinal que las localiza, preferentemente, al sur de la latitud 45°S (**Figura 35**).



#### 5.4.1. Parámetros comunitarios

La identificación de asociaciones faunísticas en la zona se llevó a cabo por medio de técnicas multivariadas, a saber: análisis de clasificación por conglomerados (*cluster analysis*) y de ordenación (NMDs). Ambas técnicas trabajan sobre una matriz de abundancia relativa de las especies más representativas, en términos de la ocurrencia de éstas en los cruceros efectuados desde el año 2000 al 2017 (**Tabla 24**). En los análisis las especies se agruparon por: cruceros, cruceros-subzonas y cruceros- veril de profundidad.

##### a) Cruceros

El análisis de clasificación identifica tres grupos con niveles de similitud superiores a 60% (**Figura 36**). El grupo 1 está formado por los cruceros realizados durante los años 2004-2005, 2008 a 2011 y 2013 a 2017. El grupo 2 contiene los cruceros realizados en los años 2000 a 2002 y los efectuados en 2007 y 2012, mientras que el grupo 3 contiene solo el crucero realizado durante el año 2003 (**Figura 36**). El análisis de ordenación muestra concordancia en la formación de estos grupos, al mismo tiempo, que se observa el alto grado de similitud que existe entre cada una de las diferentes entidades (**Figura 37a**). Desde el punto de vista de la fauna asociada a los conglomerados, se observa que los conglomerados principales, 1 y 2, están caracterizados por peces. Merluza del sur y merluza de cola tienen presencia significativa en el grupo 2, mientras que en el grupo 1 toma importancia la presencia de otros peces como la reineta y jurel, además, de la presencia de jibia. En el grupo 3 estas especies están presentes, sin embargo, no tuvieron una presencia significativa (**Figura 37b**).

##### b) Cruceros-Subzonas

El resultado gráfico del análisis por clasificación identifica tres grupos con niveles de similitud superiores a 60%. Los grupos 2 y 3 son similares respecto de su distribución espacial, ya que latitudinalmente se localizan en toda la zona de estudio desde 43°30'S hasta 47°00'S (**Figura 38**), mientras que el grupo 3, el de menor tamaño, presenta una distribución espacial restringida y acotada al extremo sur del área de estudio entre 45°30'S a 47°00'S, lo que espacialmente corresponde con la subzona de Taitao (**Figura 38**). El análisis de ordenación muestra la equivalencia que existe en la formación de los tres conglomerados, en cuanto su, continuidad espacial y niveles de similitud (**Figura 39a**). La fauna que integra los conglomerados 1 y 2 está caracterizada por tener incidencia significativa de especies como reineta, congrio dorado, cojinobas y jibia, mientras que en el grupo 3 la presencia de merluza del sur y merluza de cola es significativa, respecto de las otras especies (**Figura 39b**).

##### c) Cruceros-Veril

El análisis de clasificación discrimina tres grupos con similitudes superiores a 50%. La distribución batimétrica indica que los grupos 1 y 2 se localizan entre los 200 m hasta profundidades mayores de 400 m, mientras que el grupo 3 se ubica a profundidades mayores de 400 m, preferentemente (**Figura**





40). El análisis de ordenación da una mejor visión del nivel de similitud que existe entre los conglomerados (**Figura 41a**). La fauna que caracteriza los conglomerados, indica que las especies se distribuyen en todo el rango de profundidad. Sin embargo, es posible diferenciar dos grupos de especies, uno que se localiza con mayor frecuencia a profundidades mayores de 200 m, como: merluza del sur, merluza de cola, congrio dorado y brótula, y un segundo grupo que lo componen especies que se asocian más a profundidades que están en torno a los 200 m e inferiores, destacan: reineta y la jibia (**Figura 41b**).

### 5.5 Objetivo específico 2.5.

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

#### a) Muestreo

De los 245 estómagos estudiados, 235 presentaron algún tipo de contenido, y solo 10 se observaron vacíos. La merluza del sur presentó una buena distribución estómagos con contenido (96%) (**Figura 42**).

#### b) Alimentación de *Merluccius australis*

Merluza del sur presentó una dieta basada en 15 especies presas, basada casi exclusivamente en *Macruronus magellanicus*, con un 87,68% de PSIRI (**Figura 43**). Las especies de camarones le siguen en orden de importancia con 5,45% PSIRI y merluzas de tres aletas y peces mictófidios con un 2,55% y 2,9% PSIRI, respectivamente. En términos de Número, Peso y Frecuencia, la merluza de cola es la presa de mayor importancia para la merluza del sur, superando el >80%. Los tamaños presentes de merluza de cola en merluza del sur fueron desde los 14 cm hasta los 72 cm, en tanto la biomasa consumida por merluza del sur fue de aproximadamente 43 kilos.

Al comparar los distintos grupos de tallas de merluza del sur, no se encontró diferencias entre los tamaños de las presas de merluza de cola (**Figura 44**). Sin embargo, al relacionar los pesos de merluza de cola se encontró diferencias entre los grupos de merluza del sur, donde merluzas del G1, consumen presas de menor peso en comparación a las aquellas consumidas por los grupos de tamaños G2 y G3 (**Figura 45**).

#### c) Isotopos estables (SIA)

En relación a las concentraciones de la estabilidad isotópica de los predadores estudiados en este proyecto, mostró que la merluza del sur presentó valores de  $\delta^{13}\text{C}$   $-16,92 \pm 3,24$  y de  $\delta^{15}\text{N}$   $18,96 \pm 1,36$ . En tanto la merluza de cola  $\delta^{13}\text{C}$   $-15,10 \pm 1,07$  y de  $\delta^{15}\text{N}$   $17,31 \pm 1,61$  y la merluza de tres aletas  $\delta^{13}\text{C}$   $-17,84 \pm 2,46$  y de  $\delta^{15}\text{N}$   $14,35 \pm 3,23$ . La **Figura 46** muestra cómo se distribuyeron todas las



presas y predadores para el ecosistema de aguas exteriores, así se diferencia a la merluza del sur (MAU) como el depredador de este ecosistema, que puede alimentarse en toda la columna de agua. En tanto la merluza de cola (MCO) se presentó como un predador que se alimenta principalmente en aguas meso pelágicas y superficiales. Por otro lado, la merluza de tres aletas (MTA) da cuenta que es un predador que se alimenta en la superficie y también meso pelágicamente. En cuanto al hábitat inferido por SIA, el “biplot” (**Figura 46**), mostró que la merluza de tres aletas presenta una conducta bento-pelagica, debido a la amplitud de  $\delta^{13}\text{C}$  (~17 – 20), en tanto la merluza de cola y del sur presentaron un tipo de comportamiento bento-demersal. Los sexos de las tres especies no presentaron ningún tipo de diferenciación isotópica ( $p > 0,05$ ), por lo que se infiere una alimentación similar.

#### d) **Dieta y análisis vertebral de *Merluccius australis***

Según la estabilidad isotópica (IC 95%), la merluza del sur se alimentó de un 89,3% de merluza de cola (MG). En todos los grupos de tallas (**Figura 47**) MG fue quien contribuyó en mayor proporción a la dieta de merluza del sur, superando el 60%, confirmando la gran importancia que tiene MG en la dieta de merluza del sur. Por otro lado, el canibalismo es presentado por merluza del sur menor a un 1%, indicando que este comportamiento alimenticio es accidental. Cercanos al 5%, se encontró como presas secundarias a MTA y a MYC, siendo concordantes con los contenidos estomacales. El análisis vertebral indicó que la merluza del sur no presenta una diferenciación ontogenia (**Figura 48**), ya que el análisis de PERMANOVA indicó que la alimentación de la merluza del sur se basa en merluza de cola ( $F=3,042$ ;  $P=0,0713$ ).

## **5.6 Objetivo específico 2.6.**

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

### **5.6.1 Resultados generales descriptivos**

Se procesó y analizó un total de 310 agregaciones de merluza de cola y merluza del sur en su conjunto. Esta información proviene de las transectas de prospección acústica del crucero de agosto de 2017. La **Tabla 25** entrega los estadísticos estimados de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones registradas durante el crucero.

#### **5.6.1.1 Descriptores morfológicos**

Los resultados de los descriptores de forma de las agregaciones registradas en el área de estudio (**Tabla 25**) muestran una fuerte variabilidad que se expresa en coeficientes de variación superiores al 1% en todos los descriptores con la excepción de la dimensión fractal que presenta la menor



variabilidad con un 0,1%, situación que se ha venido observando en los últimos años. El largo medio de las agregaciones fue de 1.580 m comprendido en el rango 15 a 17.285 m (CV = 1,37) y una altura media de 18,23 m con un CV = 1,33%, lo que se ve reflejado en un valor de área media de 51.181 m<sup>2</sup> (CV = 3,6%)

### 5.6.1.2 Descriptores batimétricos

La profundidad media en que se ubicaron las agregaciones fue de 240 m (CV = 0,37), distribuyéndose en la columna de agua entre los 95 y 482 m de profundidad. La profundidad del fondo varió entre 112 y 996 m, con promedio en 363 m (CV= 0,48). El descriptor Índice de altura, que permite ubicar las agregaciones con respecto al fondo registró en promedio un 27,4% (CV = 0,73), variando la distancia de las agregaciones al fondo entre un 0,2% y 86,2% de la profundidad del fondo, siendo los valores más altos asociados a los mayores rangos batimétricos (**Tabla 25**).

### 5.6.1.3 Descriptores de energía

Estos indicadores presentan una alta variabilidad expresados en coeficientes de variación superiores a 1. Los valores de NASC de las agregaciones fluctuaron entre 100 y 108.722 m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup> con un valor medio de 2.569 m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup> (CV=3,42), mientras que la densidad acústica obtenida como una medida de estandarización de la energía retrodispersada de las agregaciones respecto a su área, varió entre 1,5 y 140,7 con un promedio de 10,7 NASC\*100/m<sup>2</sup> (CV=1,53) (**Tabla 25**).

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

### 5.6.2.1 Zona de cañones

Los resultados de los valores promedios, máximos, mínimos y CV de los descriptores para las 310 agregaciones detectadas y separadas por "zona dentro de cañones" y "zona fuera de cañones" se entrega en la **tabla 27**. En la **figura 49** se entregan el valor promedio y desviación estándar de los estimadores. Los valores medios de los descriptores morfológicos son todos mayores en la zona dentro de cañones a excepción del alto de las agregaciones. Los batimétricos mantienen este comportamiento de ser mayores en zona dentro de cañones excepto el índice de altura, mientras que el NASC es mayor en esta zona y la densidad es mayor en la zona fuera de cañones.

La **tabla 27** entrega los resultados de la Andeva al desagregar las agregaciones según su ubicación en "zona dentro de cañones" y "zona fuera de cañones". Dentro de los descriptores morfológicos las variables alto, perímetro y dimensión fractal presentan diferencias significativas dentro y fuera de los cañones rechazando la hipótesis de igualdad. En el caso de los batimétricos la profundidad de la agregación y la del fondo rechazan la hipótesis de igualdad, mientras que el descriptor índice de altura



acepta  $H_0$ . Por otro lado, ambos descriptores de energía aceptan  $H_0$ , lo que significa que no presentan diferencias significativas dentro y fuera de los cañones. El valor promedio de energía retrodispersada fue mayor en la zona dentro de cañones (4.134 vs 1.959 NASC), no obstante el test indicó la aceptación de la  $H_0$  lo que se explica debido a la alta variabilidad en los valores registrados (**Figura 49**).

Los resultados obtenidos al analizar las agregaciones registradas en los cañones 1, 2 y 3, respectivamente, se presentan en la **tabla 28** y **figura 50**. La resultante de comparar los valores por cañón se entrega en la **tabla 29** de ésta se desprende que todos los descriptores morfológicos no presentan diferencias significativas entre cañones, mientras que las variables batimétricas sí presentan diferencias significativas, ubicándose las agregaciones a mayor profundidad promedio en el cañón 2. La mayor profundidad del cañón 1 y el hecho que las agregaciones tienden a mantenerse dentro de un rango batimétrico, hace que el índice de altura alcance en este cañón su mayor valor (**figura 50**). En relación a los descriptores de energía ambos aceptan la hipótesis de igualdad, lo que significa que entre cañones no hay diferencias significativas de estos descriptores. No obstante lo anterior el mayor número de agregaciones se observa en el cañón 1, lugar donde se registran los mayores valores medios de los descriptores a excepción de la profundidad de la agregación y la densidad (mayores en el cañón 2).

## 2.2 Sub-división latitudinal

El análisis latitudinal aplicado históricamente en el área de estudio consta de tres subzonas y en cada una de ellas se encuentra un cañón, siendo respectivos en la numeración.

Zona	Límite latitudinal
1	42°00' S - 44°29' S
2	44°30' S - 45°29' S
3	45°30' S - 47°29' S

Los resultados de los valores promedios, máximos, mínimos y CV de los descriptores para las agregaciones detectadas y separadas por zonas se entregan en la **tabla 30** y **figura 51**, destacando la alta variabilidad observada en cada una de las zonas, principalmente en los descriptores perímetro, área y NASC. El análisis de ANDEVA estableció que solo la variable área acepta la hipótesis de igualdad lo que indica que este descriptor no presenta diferencias significativas entre zonas (**Tabla 31**).

### 5.6.2.2 Sub-división según profundidad del fondo

La **tabla 32** entrega los resultados de los valores promedios, máximos, mínimos y CV de los descriptores para las agregaciones detectadas según rango de fondo. El resultado del análisis de varianza (**Tabla 33**) muestra que los descriptores perímetro, dimensión fractal, profundidad de la



agregación, fondo, índice de altura y densidad presentaron diferencias significativas entre rangos de fondo, aunque se debe indicar que aquellas estadísticamente similares como el largo, área y NASC, presentan una alta variabilidad que las convierte en poco informativas (**Figura 52**).

### 5.6.3 Análisis de componentes principales (ACP)

Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, para determinar el grado de asociación entre los distintos descriptores. La matriz de correlaciones entre las variables originales se entrega en la **tabla 34** en donde se aprecia que las asociaciones más fuertes se presentan entre las variables área-NASC ( $r=0,798$ ), largo-área ( $r=0,792$ ), largo-NASC ( $r=0,754$ ), fondo-índice altura ( $r=0,698$ ) y alto-área ( $r=0,685$ ).

Luego de una aplicación exploratoria del ACP, donde se combinaron diferentes variables originales como activas, se logró una combinación que califica como meritoria según la medida de suficiencia de muestreo (MSA) y con una buena explicación de la varianza. Esto se logró con la exclusión de las variables elongación y densidad, las cuales no presentaron buenas correlaciones con el resto de los descriptores, ya que su mayor asociación fue con dimensión fractal ( $r=-0,46$ ) y elongación ( $r=-0,232$ ), respectivamente. La nueva combinación alcanzó un valor del índice de Kaiser ( $KMO = 0,53$ ) y un 75,9% de explicación de la variabilidad.

De acuerdo al criterio de selección de Kaiser, el cual califica a los componentes principales cuyo valor propio es mayor al valor propio promedio de todos los componentes (Vivanco, 1999), se seleccionaron los tres primeros componentes que cumplen tal condición, los cuales explicaron en conjunto el 75,9% de la variabilidad total. La **tabla 35** entrega los valores propios y la proporción de la variabilidad explicada, total y acumulada por cada uno de los nueve componentes. La **tabla 36** entrega los valores de las correlaciones de las variables originales con los componentes principales.

El primer componente, denominado morfométrico, presenta un valor propio de 3,528 que explica el 39,2% de la variabilidad total y que asocia principalmente ( $>0,75$ ) a las agregaciones de mayor tamaño con valores mayores de área, NASC, largo y alto. El segundo componente principal con valor propio igual a 2,126 el cual explica el 23,6% de la variabilidad, denominado componente energético, asocia con mejor correlación ( $> 0,56$ ) al descriptor profundidad del fondo con profundidad de agregación, índice de altura y dimensión fractal. El tercer componente principal con valor propio 1,175 y el 13,1% de explicación de la variabilidad total, presenta una baja correlación en casi todos los descriptores ( $< 0,6$ ) siendo el descriptor batimétrico índice de altura el de mayor correlación ( $-0,634$ ).



En la **figura 53** se muestra la representación gráfica de los dos componentes principales, apreciándose que las agregaciones asociadas al componente 1 presentan la característica de tener un valor alto de área, asociado a valores mayores del largo, de la energía retrodispersada (NASC) y del alto y que se ubican en sectores poco profundos y relativamente cercanos a este. El segundo componente presenta como característica agrupaciones con contorno suave ubicadas en zonas de mayor profundidad y más alejadas del fondo, con niveles de área menores y bajo valores de NASC.

#### 5.7.4 Resultados serie 2007-2017

Al comparar los resultados históricos de las características de las agregaciones de estas especies, se observa, en el periodo considerado que el largo alcanza el máximo histórico el 2008, disminuyendo posteriormente hasta el 2011 año en el que se registra el valor promedio mínimo para volver a subir el año 2012, a partir de este año y hasta el 2015 se observa un descenso gradual de este descriptor situación que se ha revertido levemente en los dos últimos años. El descriptor alto de las agregaciones presenta dos máximos que ocurren en los años 2008 y 2013, para posterior a este año registrarse una disminución en el valor de este descriptor hasta alcanzar el mínimo de la serie el 2016, seguido de un leve aumento en el 2017. La elongación tiene aumentos y disminuciones entre 2007 y 2013, para luego observarse una tendencia al aumento en su valor medio hasta alcanzar el máximo en 2016 seguida de una disminución en el 2017. El perímetro de las agregaciones registra igual comportamiento irregular año tras año con aumento y disminución de sus valores promedios. El descriptor área registra su nivel máximo el 2008, para disminuir su valor hasta el 2011 y posterior a esto experimentar un aumento en su valor hasta el 2013, luego la tendencia en los últimos años es a disminuir registrando el menor valor de la serie el 2016, seguido de un aumento el 2017. En el caso de la dimensión fractal se observa que a partir del 2009 los valores promedios tienden a aumentar año tras año, alcanzando un máximo el 2016 seguida de una leve disminución el 2017. En general este último año los valores promedios de los descriptores largo, alto y área fueron superiores a los observados el año anterior, mientras que los descriptores; elongación, perímetro y dimensión fractal fueron inferiores (**Figura 54**).

En la **figura 54** se observa que la profundidad de las agregaciones presentó una tendencia al aumento desde el 2009 hasta alcanzar el máximo registrado en 2014 (327 m), valor que disminuye en los últimos años en donde alcanza el mínimo de la serie en 2017 (240 m). Los fondos en que fueron detectadas las agregaciones disminuyeron hasta el 2009 (menor valor promedio del periodo) para luego aumentar el 2010, posterior a este año los fondos se han mantenido por sobre los 440 m en promedio alcanzando un máximo el 2014 (511 m), valor que disminuye en los últimos años hasta un mínimo en 2017 (363 m). El índice de altura cuyo valor promedio máximo se registró en 2007, disminuye hasta el 2009 evidenciando una tendencia de las agregaciones a ubicarse más cercanas al fondo, posteriormente aumenta el 2010 y a partir de este año sus valores promedios se mantienen en un nivel similar hasta el año 2015 en que disminuye al menor valor promedio de la serie (22,2%), para registrar en los últimos años un aumento en su valor medio. En general los descriptores batimétricos disminuyeron el 2017 con relación a lo observado el año anterior, exceptuando el índice de altura.



El valor promedio de la energía retrodispersada de las agregaciones alcanzó un máximo el año 2008, lo que corresponde con el hecho de que en ese año se detectaran las agregaciones de mayor tamaño de la serie, posteriormente este descriptor presenta una tendencia a la disminución para alcanzar el año 2011 el valor más bajo de la serie ( $1.267 \text{ m}^2/\text{mn}^2$ ), aumentando el 2012 a  $2.601 \text{ m}^2/\text{mn}^2$  y disminuyendo nuevamente el 2013 a  $1.793 \text{ m}^2/\text{mn}^2$ , año a partir del cual se observa un leve aumento en el valor promedio hasta el 2015, seguido de una leve disminución el 2016 y un posterior aumento al año siguiente. La densidad relativa registra dos máximos en el periodo el 2010 y el 2015 para posteriormente disminuir el 2016, observándose un leve aumento en el 2017. En relación a los descriptores de energía se observa un leve aumento del NASC y de la densidad relativa el año 2017 en relación al año anterior (**Figura 54**).



## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los valores históricos de la biomasa de merluza del sur muestra en sus primeros años los menores estimados (1992, 1994 y 1996). Seguido en 2000 y 2001 en donde se registran los mayores valores de la serie (133.845 t y 100.362 t). De aquí en adelante, hasta el año 2015, los estimados se estabilizan en alrededor de 56.000 t en promedio mostrando variaciones que no alcanzan a ser superiores a las 12.000 t, en el último periodo, la biomasa ha mostrado un aumento del 90% respecto del 2015; así durante el presente estudio, realizado en agosto del 2017, muestra un aumento de 42,8% en relación al año 2016, valores similares a las estimaciones realizadas el 2001 (Lillo et al., 2016) siendo el mayor valor de la última década de evaluación (**Tabla 1**).

Respecto de la abundancia la serie histórica de evaluación presenta su mayor valor en el año 2000 (35 millones de individuos), para mantenerse relativamente estable hasta el año 2015, con un promedio entre el 2001 y 2015 de 16 millones de individuos, ya para el periodo 2016 presentó un aumento de 59,7% respecto del 2015. Para el presente periodo y en relación al 2015 presenta un aumento de 146% y para el periodo inmediatamente anterior un aumento de 54,3% (**Tabla 1**).

En lo referente a su distribución espacial, merluza del sur estuvo presente en toda el área de estudio con mayores concentraciones localizadas en sectores de Guafo, Guamblín y a la cuadra de la península de Skyring, con predominio de sectores de baja densidad. La posición media o centro de gravedad de la distribución del stock evaluado de la merluza del sur se localizó en la latitud 45°01'S y una inercia de 0,82°, manteniéndose en el rango de los valores observados en estudios previos, donde se han estimado centros de gravedad entre los 44°55'S y 45°25'S.

El área de estudio mantiene con una condición estable de la estructura de las comunidades presentes en la zona. La alta presencia y continua de merluza del sur y merluza de cola en el área, caracteriza la estructura de estas comunidades. Otras especies como reineta, congrio dorado, cojinobas (Fam. Centrolophidae), merluza de tres aletas y jibia, mantienen una recurrencia temporal y espacial en la zona, aunque en la mayoría de los casos tienen baja representación en términos de aporte a la captura. La distribución espacial histórica de estas especies muestra un patrón de distribución latitudinal continuo (43°S a 47°S) y batimétrico (desde 200 m hasta profundidades mayores de 400 m). Esto mantiene una condición de estabilidad respecto de la composición de fauna en la zona, lo cual ya ha sido reportado en evaluaciones anteriores.

Los resultados obtenidos a partir de los análisis de clasificación y ordenación, muestran que en la zona de estudio no hay cambios importantes, respecto de la estructura de fauna. Esto, tendría como sustento los valores de similitud que se obtienen a partir de estos análisis. Estos valores de similitud, están determinados por el dominio de algunas especies en la zona, en especial, merluza de cola y merluza del sur, y la recurrencia de otras especies. Esto se ha mantenido casi sin alteración en la zona de estudio, situación que también se observa en otras zonas como la Atlántico sur occidental y Chatham rise y zona oeste de la isla sur de Nueva Zelanda. Por otro lado, los altos valores de similitud,





junto al dominio casi exclusivo de dos especies, dan pie al hecho de que la fauna presente en la zona se podría considerar como monoespecífica, lo que ha sido reportado para otros estudios similares dentro de la zona (Queirolo *et al.*, 2008).

La estructura de tallas del crucero, correspondió a una estructura adulta, similar a la registrada en cruceros entre el 2001 y 2016, condición de la composición de tallas de merluza del sur característico para el área de estudio y descrito para el período de principal desove en la especie (Aguayo, 1994 y Céspedes *et al.*, 1996), en donde la estructura adulta corresponde a una distribución con moda principal de ejemplares adultos entre 70 y 99 cm. Esta descripción de la composición de tallas de merluza del sur, durante la concentración reproductiva, para el período y área de desove respondería a un desplazamiento migratorio de la fracción adulta de la especie, desde zonas localizadas al norte y sur del área de estudio en aguas exteriores, como también de aguas interiores, patrón migratorio descrito por Aguayo, 1994 y Céspedes *et al.*, 1996.

Históricamente la distribución de tallas de la fracción adulta (entre 70-99 cm) no ha registrado fuertes cambios al observar la serie de años 2001 a 2017, a pesar de la reducción en la biomasa del stock (Quiroz *et al.*, 2013; Quiroz, 2017). No obstante, en el año 2016 y 2017 se registró un importante aporte de ejemplares juveniles con una moda entre los 30-49 cm y 35-59 cm, aporte principalmente de machos por sobre hembras. Esta presencia de juveniles ha sido observada en los cruceros de investigación de los años 2007, 2008 y 2013, es decir en un período de 10 años de estudio (2007 a 2017) se ha registrado presencia de modas juveniles, una probable explicación podría ser respuesta al uso del espacio, considerando la posibilidad que un período de años reciente el recurso en el área de desove ha estado en una condición de reducción de la fracción desovante (adultos) del recurso (Quiroz, 2017).

En particular, la mayor presencia de juveniles en el año 2017 fue observada en el Cañón Taitao, a diferencias de años anteriores (2007, 2008, 2013 y 2016), donde la mayor presencia de juveniles ha estado asociada al Cañón Guablín y Cañón Taitao, ambas áreas correspondientes a la parte central y sur del área de estudio (Lillo *et al.*, 2008, 2009, 2014 y 2017), pareciera formar parte de la dinámica espacial de la merluza del sur. Sin embargo, la reiteración de presencia de esta fracción del stock juveniles en el área de estudio podría ser parte de un estudio que permita levantar índices de abundancias de juveniles en merluza del sur y su permanencia temporal en la zona de concentración reproductiva corresponde a reclutamiento o a posibles variaciones del reclutamiento o una respuesta a variaciones de la presencia de adultos en el período de desove.

Entre los años 2007 y 2017 se ha registrado un incremento y predominio importante de las hembras respecto de los machos; pasando de 48% en el 2007 a 79% en el año 2017, incremento que también fue observado en las estructuras de sus capturas en la pesquería demersal austral (Céspedes *et al.*, 2010, 2014 y 2016). Este predominio de las hembras podría tener diversos factores que podrían estar conjugándose. Por ejemplo, entre los posibles factores sería una respuesta a la delicada condición de la población, como también a una diferenciación en el crecimiento que favorezca a las hembras, a



patrones ambientales, alimentarios, diferenciación de la mortalidad en el transcurso del ciclo de vida a favor de las hembras, y otras. En este sentido, la veda reproductiva establecida durante el mes de agosto en el recurso permite una ventana de protección para que las hembras adultas que llegan al área emprendan el desove, pero esta concentración reproductiva en el área de estudio comprende un período mayor de tiempo, entre julio y septiembre (Aguayo, 1994), aspecto que caracteriza el predominio de ejemplares adultos en dicha zona.

La alimentación de la merluza del sur (*Merluccius australis*) para la época y zona estudiada no es diferente de los estudios publicados para aguas interiores de Chiloé por Bahamonde, 1953; y también con los informes finales de otros proyectos (Lillo et al., 1996; Céspedes et al., 1996; Pool et al., 1997; Lillo et al., 1997; Lillo et al., 2001; Lillo et al., 2002; Lillo et al., 2003; Lillo et al., 2004; Lillo et al., 2005; Lillo et al., 2006 y Córdova et al., 2006, entre otros), también no es diferente de los estudios realizados en aguas exteriores frente a la X y XI regiones de Chile (Ojeda 1981 y Payá 1992) en donde el teleósteo gadiformes *Macruronus magellanicus* (merluza de cola) es la especie presa principal en los contenidos estomacales estudiados. En términos del PSIRI, el análisis de la alimentación de *M. australis* en toda el área estudiada, demostró que *M. magellanicus* es el alimento más importante, reflejando su dependencia de ella. Los análisis isotópicos confirman que no existe una diferenciación ontogenética en la merluza del sur, reafirmando su dependencia en merluza de cola. En cuanto a los análisis vertebrales, se identifica como una aproximación válida, toda vez que el hueso permite identificar la historia de vida del individuo. Así, las vértebras de la parte interior evidencian que la merluza del sur no cambia de hábitat y por lo tanto su alimento a medida que crece, revelando así el alto grado de especialización alimenticio.

En el presente estudio los descriptores morfológicos largo, alto y área presentaron una leve tendencia al aumento de sus valores medios, lo que resulta en agregaciones más largas, más altas y de mayor área., opuestamente disminuyeron levemente los valores promedios de la elongación, del perímetro y de la dimensión fractal no obstante, estos valores definen agregaciones del tipo elípticas y con contorno desigual y complejo.

En relación a los descriptores batimétricos se observa una fuerte disminución en la profundidad media de las agregaciones desde 304 m (2016) a 240 m (2017) lo que coincide con la disminución de la profundidad media del fondo (450 a 363 m) donde se registraron las agregaciones, de esta forma las agregaciones se ubicaron más lejos del fondo con respecto al 2016. La energía retrodispersada mantiene una tendencia al aumento que se observó en el 2016, lo que se refleja de mejor forma en el aumento de la densidad relativa de las agregaciones.

Las agregaciones observadas en el último año mantienen la tendencia de agruparse en cardúmenes alargados, de bajo valor medio de alto, remontando en la cobertura de área, ubicándose a menor profundidad en fondos más someros y con tendencia a ubicarse más lejos del fondo y manifestando un pequeño aumento en la energía retrodispersada.



En este estudio, el muestreo zooplanctónico efectuado con la red multinet fue realizado de día, por lo cual las distribuciones de las mayores abundancias de copépodos y eufáusidos en la columna de agua, entre los 100 a 300 m, concuerdan con lo esperado para el periodo según distintos autores (Boltovsky 1981, Verheye & Field 1992, Linacre & Palma 2004, Riquelme-Bugueño et al. 2012). Estos autores señalan que tanto los eufáusidos como los copépodos son capaces de realizar migraciones verticales durante el ciclo día-noche, ubicándose durante el día a mayores profundidades producto de la utilización de alimento, ingiriendo materia orgánica y para evitar depredadores, mientras que de noche se distribuyen en las aguas superficiales, donde se alimentan de microplancton.

En relación a la distribución vertical de las larvas de eufáusidos (furcilia y caliptopis), las abundancias se concentraron en el estrato superficial (0-50 m), profundidades similares a las descritas por otros autores para larvas de distintas especies de eufáusidos, señalando que en estas también existen migraciones verticales diurnas, las cuales estarían limitadas por barreras físicas (Williams & Lindley 1982, Hirota et al. 1984).

La composición de especies de ictioplancton registrada durante agosto en la zona austral estuvo compuesta principalmente por huevos del pez mesopelágico *Maurolicus parvipinnis* y estadios tempranos de la familia Myctophidae, los cuales coinciden con los taxa descritos para aguas exteriores de la misma zona y periodo de estudio, durante los años 2013 y 2014 (Osorio-Zúñiga et al. 2018). En cuanto a los huevos de especies recurso se observaron huevos de cojinoba moteada (*Seriolella punctata*), huevos de merluza austral, además de huevos y larvas de individuos de la familia Macrouridae, los que podrían pertenecer al género *Caelorinchus* (pejerrata), todos los cuales se ha reportado su presencia en la zona de la patagonia chilena (Osorio-Zúñiga et al. 2018).

La distribución de los focos principales de abundancia y biomasa de zooplancton, compuesto por más del 70% de copépodos en todas las profundidades analizadas se ubicaron en torno a la península de Taitao, coincidiendo espacialmente con las mayores abundancias de huevos de *Maurolicus parvipinnis* y merluza austral. En la vertical, los máximos de abundancias de copépodos calanoideos y de huevos de *Maurolicus parvipinnis* se encontraron en la misma profundidad (200-300 m). Lo anterior posiblemente debido a que, tanto para el desove de estos huevos como el desarrollo de las larvas, juveniles y adultos de esta especie, requiere alimentarse de estadios tempranos (huevos, nauplii y copepoditos) (Landaeta et al. 2011) y adultos de copépodos.

Con respecto al foco de abundancia de huevos de merluza austral ubicado al norte de la península de Taitao (47°S), se han señalado abundancias similares hacia el oeste y sur de esta zona, durante el mismo periodo en aguas exteriores de la zona austral (Osorio-Zúñiga et al. 2018). En la columna de agua, los huevos de esta especie se registraron en el estrato de 300-400 m, coincidiendo con las profundidades en las que los adultos desovan (Bustos et al. 2007), lo cual es respaldado por el estadio temprano de desarrollo embrionario observado en los huevos, por el presente estudio. Por otra parte, en la zona principal de desove de merluza austral, ubicada entre las islas Guafo y Guablín (43°30'S-45°S) (Bustos et al. 2007), no se registraron huevos ni larvas.



La zona donde se encontraron los huevos de merluza austral se caracterizó por la presencia de partículas pequeñas, debido a la participación y abundancia de organismos pequeños, principalmente larvas de eufáusidos y ostrácodos. Durante el periodo de estudio, se evidenció un acople de los procesos reproductivos de merluza austral y de los eufáusidos, debido a la abundancia de las larvas de este grupo en la zona, no obstante, a diferentes profundidades de la columna de agua.



## 7. CONCLUSIONES

---

- a. La biomasa de merluza del sur se estimó en 96.082 t ( $LC\alpha=5\%= 88.998 - 103.165$ ), valor 42,87% superior al estimado durante el crucero efectuado en agosto del 2016. Por el estimador de bootstrap, la biomasa alcanzó a 79.900 t con un intervalo de confianza entre 74.033 y 85.767 t. Los valores calculados por el estimador geoestadístico son los mayores valores calculados dentro de la última década de evaluación, comparables con valores calculados en el año 2001.
- b. La abundancia se estimó en 33.988.081 individuos de los cuales 10.733.023 (32%) fueron machos y 23.215.058 (7%) hembras con el método geoestadístico y 28.263.852 individuos con el estimador de bootstrap. El estimado de abundancia fue 54,4% superior al estimado el 2016. Siendo el mayor valor calculado en la última década de evaluación, similar al calculado en el año 2000.
- c. La posición media o centro de gravedad de la distribución del stock evaluado de la merluza del sur se localizó en la latitud 45°01'S e Inercia de 0,82; manteniéndose en el rango de los valores observados en estudios previos, donde se han estimado centros de gravedad entre los 44°55'S y 45°25'S.
- d. La estructura de talla de merluza del sur en el año 2017 registró una moda principal de adultos entre 70 y 99 cm, y una moda secundaria de ejemplares juveniles entre 35-59 cm, en donde la presencia de juveniles fue de 32% (menores a 70 cm).
- e. La estructura de talla de merluza del sur entre el 2007 y 2017 ha registrado un gradual incremento de la presencia de hembras entre el 48% y 79%.
- f. La abundancia separada por sexos deja en evidencia una estructura etaria de machos, con moda principal totalmente juvenalizada, en donde el 41% de la estructura la representan los GEIV a GEVII con moda principal en GEV. Peces mayores que conforman una moda de menor intensidad están constituidos por los GE IX a GEXII (39%).
- g. Se presentó ejemplares maduros sexualmente en un 50% en el GE XII para machos y en el GE XIV para hembras. El stock parental (maduros) estuvo constituido en un 24% de machos maduros ( $\geq$  GE XII) y 51% de hembras maduras ( $\geq$  GE XIV).
- h. Las hembras en proceso de desove activo (EMS 4 y 5) alcanzaron a un 13% En el grupo de 70-79 cm LT se encontraron individuos inmaduros junto a otros en diferentes estadios de maduración gonadal, lo que indica que en ese rango de longitudes se ubicaría la talla media de madurez sexual.



- i. El IGS de la merluza del sur presentó un valor promedio de 2,9 con valores individuales extremos de 0,02 y 18,76. Los peces con gónadas inmaduras (EMS 1 y 2) presentaron un IGS promedio de 0,7 mientras que en las hembras maduras (EMS 5) fue de 13,04.
- j. La talla media de madurez en merluza del sur estimada mediante el método de máxima verosimilitud con un ajuste no lineal fue de 74,9 cm LT. No se observa una tendencia de disminución o aumento temporal en este parámetro. La edad media de madurez (grupo de edad) se estimó en 11,3 años.
- k. La captura obtenida en los lances de pesca de identificación estuvo compuesta por 11 especies. La merluza de cola y la merluza del sur contribuyeron con el 99%. La fauna acompañante de los recursos merluza del sur y merluza de cola, representa en conjunto el 1% de la captura total del crucero, con merluza de tres aletas y reineta como las principales especies recurrentes.
- l. La zona de estudio no presenta fuertes alteraciones respecto de su estructura y composición de fauna. Esto se manifiesta a través de los altos valores de similitud. Estos valores, están ligados al dominio de la merluza del sur y merluza de cola y a la alta recurrencia de algunas especies que son la base de las comunidades presentes en la zona.
- m. La alimentación de merluza austral se basó principalmente por la merluza de cola, mostrando una conducta trófica estenófaga y sin diferencias de la alimentación a través de los distintos tamaños estudiados, evidencia un canibalismo reducido, el que se puede catalogar como accidental. El análisis de isotopos estables confirma que la merluza austral es un depredador altamente especialista y que se alimenta bento-demersalmente, y el análisis de vertebras confirma su dependencia en la merluza de cola.



## 8. REFERENCIAS

---

- Aguayo, M., R. Céspedes, L. Arias, I. Payá, E. Figueroa, V. Ojeda, L. Adasme y L. Muñoz. 1994. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales "peces" zona sur austral - 1993. Estado de situación y perspectivas del recurso. Corporación de Fomento de la Producción (SGI IFOP 94/3). Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 50 p.
- Arancibia, H., Neira S., Barros M., Gatica C., Zúñiga M. J., Alarcón R., Acuña E. 2010. Formulación e implementación de un enfoque multiespecífico de evaluación de stock en recursos demersales de la zona sur austral – Fase I. Informe Final Proyecto FIP 2008-23. Universidad de Concepción / Instituto de Investigación Pesquera VIII Región S.A., 301 p. + Anexos
- Balbontín, F. y W. Fischer. 1981. Ciclo sexual y fecundidad de la merluza, *Merluccius gayi gayi*, en la costa de Chile Revista de Biología Marina, Valparaíso 17(3): 285-334.
- Balbontín, F. y R. Bravo. 1993. Fecundidad, talla de la primera madurez sexual y datos biométricos en la merluza del sur *Merluccius australis*. Rev. Biol. Mar., Valparaíso 28:111-132.
- Balbontín, F. 2006. Ictioplancton de los canales y fiordos australes, Chile. In Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas. Puerto Montt a Cabo de Hornos. N. Silva y S. Palma. eds. Comité Oceanográfico Nacional. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 115-120 pp.
- Bernal, R., Balbontín F. 1999. Ictioplancton de los fiordos entre el golfo de Penas y el estrecho de Magallanes, y factores ambientales asociados. Cienc. Tecnol. Mar, 22: 155- 164. Bernal, M., Balbontín F. 2003. Distribución y abundancia de las larvas de peces desde el Estrecho de Magallanes hasta el Cabo de Hornos. Cienc. Tecnol. Mar, 26 (1): 85-92
- Bodholt, H. 1991. Fish density derived from echo-integration and in situ target strength measurements. ICES. C: M. 1990/B:21.
- Brickle P, Schuchert PC, Arkhipkin AI, Reid MR, Randhawa HS (2016) Otolith Trace Elemental Analyses of South American Austral Hake, *Merluccius australis* (Hutton, 1872) Indicates Complex Salinity Structuring on their Spawning/Larval Grounds. PLoS ONE 11(1): e0145479. doi:10.1371/journal.pone.0145479.
- Bradu, D., y Y. Mundlak. 1970. Estimation in lognormal linear models. J. Am. Stat. Assoc. 65(329): 198-211.
- Bray, J.R., y J.T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecol. Monogr. 27:325-349.



- Clarke, K. R. y R. M. Warwick. 1994. Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 144 p.
- Céspedes, R., L. Adasme, H. Reyes, M. Braun, E. Figueroa, V. Valenzuela, V. Ojeda y R. Roa. 1996. Identificación de áreas de reclutamiento de merluza austral en la zona sur-austral. Informe final FIP 1993-20. 328 p.
- Clifford, H.T. y W. Stephenson. 1975. An introduction to numerical classification. Academic Press, Inc., London, 229 p.
- Cohen, D. M., T. Inada, T. Iwamoto y N. Scialabba. 1990. Gadiform fishes of the world (order Gadiformes). An annotated and illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other gadiform fishes known to date. FAO species catalogue. Vol. 10. FAO Fish. Synop. No. 125, v. 10: i-x + 1-442.
- Córdova, J., R. Céspedes, V. Ojeda, F. Balbontín, P. Rojas, A. Saavedra. M. Barbieri y J. Saavedra. 2006. Evaluación del Stock desovante de merluza del sur y merluza de cola. Zona Sur Austral, 2005. Informe proyecto FIP 2005-04. <http://www.fip.cl/proyectos.html>.
- Cortes, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 726-738.
- Cressie, N. A. C. 1991. Statistics for spatial data. John Wiley and Sons, New York. 900 p.
- Chong, J. 1991. Ciclo reproductivo y fecundidad de la merluza del sur, *Merluccius australis*, en la pesquería sur - austral. Estudio complementario captura total permisible del recurso merluza del sur en aguas interiores. 1991. Informe Técnico IFOP- SUBPESCA.
- De Robertis, A., y K. Williams. 2008. Weight-length relationships in fisheries studies: the standard allometric model should be applied with caution. Trans. Am. Fish. Soc. 137:707-719.
- Demer, D.A., Berger, L., Bernasconi, M., Bethke, E., Boswell, K., Chu, D., Domokos, R., et al. 2015. Calibration of acoustic instruments. ICES Cooperative Research Report No.326. 133 pp.
- Dunford, A. 2005. Correcting echo-integration data for transducer motion (L), J Acoust. Soc. Am. 118 (4) 2121-2123
- 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.
- Gayanilo, F. C., M. Soriano y D. Pauly. 1988. A draft guide to the COMPLEAT ELEFAN. International Center for Living Aquatic Resources Management. ICLARM contribution 435, 65 p.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tathan, R. L. y W. C. Black (1999). Análisis Multivariante. Madrid. Prentice Hall. (5º edición).





- Hayes, D. B., J. K. T. Brodziak, y J. B. O'Gorman. 1995. Efficiency and bias of estimators and sampling designs for determining length-weight relationships of fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 84 - 92.
- Hunter, J.R., N.H. Lo y R. Leong. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. En: R. Lasker (Ed) *An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, Engraulis mordax*. NOAA Technical Report, NMFS 36: 67-77.
- Hussey, N. E., Mac Neil, M. A. y Fisk, A. T. 2010. The requirement for accurate diet-tissue discrimination factors for interpreting stable isotopes in sharks. *Hydrobiologia*, 654(1), 1-5.
- Hyslop, E. 1980. Stomach contents analysis – A review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 17: 411-429.
- Kalikhman, I. 2002. Patchy distribution fields: sampling distance unit and reconstruction adequacy. *ICES Journal of Mar. Science*, 58: 1184-1194.
- Kimura, D. 1977. Statistical assessment of the age - length key. *J. Fish. Res. Board of Can.* 34 : 317 - 324.
- Kim S, Casper D, Galvan-Magaña F, Ochoa-Diaz, Hernandez-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
- Landaeta M., Castro L.R. 2006. Variabilidad estacional en los patrones espaciales de las asociaciones ictioplanctónicas de la zona de Fiordos de Chile Austral. *Cienc. Tecnol. Mar*, 29 (2): 107-127.
- Lai,H-L. 1987. Optimun allocation for estimating age composition using age-length key. *Fish. Bull.* Vol 85, N 2.
- Lai,H-L. 1993. Optimal sampling design for using the age - length key to estimate age composition of a fish population. *Fish. Bull.* 9 (2).
- Landaeta M., Castillo G., Bustos C., 2018. "Effects of Salinity Gradients on Larval Growth and Otolith Asymmetry of Austral Hake *Merluccius Australis*." *Latin American Journal of Aquatic Research* 46 (1): 212–18
- Lillo, S., J. Córdova y A. Paillamán. 1996. Target strength measurements of hake and jack mackerel. *ICES. J. of Mar. Sci.* 53(2): 267-271
- Lillo, S, M. Espejo, M. Rojas, M.A. Barbieri, J. Castillo, V. Ojeda, F. Cerna, R. Céspedes, L. Adasme, H. Miranda, C. Bravo, F. Balbontín, M. Acevedo, L Rodríguez, M. Braun, V. Valenzuela,



- H. Miles, J.L. Blanco, J. Letelier y J. Osses. 1997. Evaluación directa del stock desovante de merluza del sur en la zona sur-austral. Informe final FIP 1996-38. 203 pags.
- Lillo, S., R. Céspedes, V. Ojeda & R. Vega. 2000. Evaluación directa de merluza de cola en la zona centrosur, 1999. Inf. Téc. FIP-IT/99-06: 55 pp.
- Lillo, S., R. Céspedes, V. Ojeda, F. Balbontín, L. Adasme, M. Aguayo y A. Saavedra. 2001. Evaluación acústica del stock desovante de merluza del sur en aguas exteriores. Informe Final (FIP 2000-14), IFOP, 64 p. (+ figuras, tablas y anexos)
- Lillo, S., V. Ojeda, R. Céspedes, F. Balbontín, A. Saavedra, R. Bravo, L. Adasme y M. Rojas. 2002. Evaluación hidroacústica de merluza del sur y merluza de cola, 2001. Proyecto FIP 2001-19. Informe. 86 p + figs y anexos.
- Lillo, S., V. Ojeda, R. Céspedes, F. Balbontín, A. Saavedra, R. Bravo, C. Vera, L. Adasme, y M. Rojas. 2003. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur austral, 2002. Pre-Informe Final (FIP 2002-19), IFOP, 81 p. (+ figuras, tablas y anexos)
- Lillo, S., R. Céspedes, F. Balbontín, V. Ojeda, y A. Saavedra. 2004. Evaluación hidroacústica de merluza del sur y merluza de cola, 2003. Proyecto FIP 2003-09. 103 p + figs y anexos. <http://www.fip.cl/proyectos.html>.
- Lillo, S., M. A. Barbieri, M. Espejo, J. Castillo, H. Miranda, J. Córdova, A. Saavedra, M. Rojas, C. Cancino, F. Flores, H. Reyes. 2005a. Estimaciones in situ de la fuerza de blanco (TS) de merluza del sur y merluza de cola. Informe IFOP/FIP 2003-34 <http://www.fip.cl/proyectos.html>.
- Lillo, S., R. Céspedes, V. Ojeda, F. Balbontín, R. Bravo, A. Saavedra, M Barbieri y C. Vera. 2005b. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola, en la zona sur austral, año 2004. Proyecto FIP 2004-07. Informe Final. <http://www.fip.cl/proyectos.html>.
- Lillo, S., E. Molina, V. Ojeda, R. Céspedes, L. Adasme, F. Balbontín, M. Rojas y A. Saavedra. 2008. Evaluación del stock desovante de merluza de cola en aguas exteriores, año 2007. Informe FIP 2007-13. <http://www.fip.cl/proyectos.html>.
- Lillo, S., E. Molina, V. Ojeda, R. Céspedes, L. Muñoz, H. Hidalgo, F. Balbontín, R. Bravo, E. Molina, R. Meléndez y A. Saavedra. 2009. Evaluación del stock desovante de merluza del sur en aguas exteriores, año 2008. Informe FIP 2008-11. <http://www.fip.cl/proyectos.html>.
- Lillo S., E. Molina, V. Ojeda, R. Céspedes, L. Muñoz, H. Hidalgo, K. Hunt, L. Adasme, M. San Martín, F. Balbontín, R. Bravo, R. Meléndez y A. Saavedra. 2010. Evaluación del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur-austral, año 2009. Informe Final



Corregido. FIP 2009-10. Ejecutor IFOP Requirente SUBPESCA.  
<http://www.fip.cl/proyectos.html>.

- Lillo S., E. Molina, V. Ojeda, R. Céspedes, L. Muñoz, K. Hunt; H. Hidalgo, F. Balbontín, R. Bravo, R. Meléndez. 2011. Evaluación del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur - austral, año 2010. Informe Final Pesca de Investigación. Ejecutor IFOP Requirente SUBPESCA. Ejecutor IFOP Requirente SUBPESCA.
- Lillo S., E. Molina, V. Ojeda, R. Céspedes, L. Muñoz, H. Hidalgo, K. Hunt, A. Villalón, F. Balbontín, R. Bravo, R. Meléndez, A. Saavedra. 2012. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur-austral, año 2011. Informe Final FIP N° 2011-04. Ejecutor IFOP Requirente: SUBPESCA.
- Lillo S., E. Molina, V. Ojeda, R. Céspedes, L. Muñoz, H. Hidalgo, K. Hunt, A. Villalón, F. Balbontín, R. Bravo, G. Herrera, R. Meléndez, A. Saavedra. 2013. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur-austral, año 2012. Informe Final FIP N° 2012-07. Ejecutor IFOP Requirente: SUBPESCA.
- Lillo S., V. Ojeda, R. Céspedes, L. Muñoz, H. Hidalgo, K. Hunt, A. Villalón, F. Balbontín, R. Bravo, G. Herrera, E. Molina, R. Meléndez y A. Saavedra. 2014. Evaluación directa de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, año 2013. Informe Final. FIP 2013-13 Capítulo I – Merluza del sur. Capítulo II– Merluza de cola.
- Lillo S., V. Ojeda, R. Céspedes, L. Muñoz, H. Hidalgo, K. Hunt, A. Villalón, F. Balbontín, R. Bravo, G. Herrera, S. López y A. Saavedra. 2015. 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 I: Merluza del sur. SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT. Informe Final. Convenio de Desempeño 2014 Ejecutor: IFOP.
- Lillo S., J. Legua, V. Ojeda, R. Céspedes, L. Muñoz, H. Hidalgo, K. Hunt, A. Villalón, F. Balbontín, R. Bravo, G. Herrera, E. Molina, S. López y B. Leiva. 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 I: Merluza del sur. SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT. Informe Final. Convenio de Desempeño 2015 Ejecutor: IFOP.
- Lillo S., J. Legua, V. Ojeda, R. Céspedes, L. Muñoz, H. Hidalgo, K. Hunt, A. Villalón, F. Balbontín, R. Bravo, G. Herrera, E. Molina, S. López y B. Leiva. 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 I: Merluza del sur. SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT. Informe Final. Convenio de Desempeño 2016 Ejecutor: IFOP.



- Matheron, G. 1971. The theory of regionalized variables and its applications. Technical reports C-5, École Nationale Supérieure des Mines de Paris, Centre de Geoestatistique et de Morphologie Mathématique, Fontaine bleam (F). 211 p.
- Medina, G. 2013 Uso de biomarcadores lipídicos en el estudio de la dinámica espacial de la Merluza austral (*Merluccius australis*) en la patagonia chilena. Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias Mención Pesquerías. Universidad de Concepción. 63 pp.
- McCullagh, P. and J. A. Nelder. 1989. Generalized Linear Models. London: Chapman and Hall, 511 págs.
- Mitson, R.B. (Ed.), 1995. Underwater Noise of Research Vessels: Review and Recommendations. ICES Coop. Res. Rep. No. 209, 61.
- Neira S., Arancibia H., Alarcón R., Castro L., Cubillos L., Lillo S, Barros M. 2015. Informe Final Proyecto FIP 2013-27 "Estimación de índices de reclutamiento para merluza del sur y merluza de cola en la zona sur y austral de Chile". Universidad de Concepción, 241 pp.
- Newsome SD, del Rio Frontiers in Ecology CM, 2007 A niche for isotopic ecology. Wiley Online Library DOI: 10.1890/060150.01
- Ojeda, F.P. 1981. Estructura comunitaria de peces demersales en el extremo austral de Chile: Explicación ecológica de patrones latitudinales, batimétricos y de simpatria. Tesis. Universidad de Chile. 91 págs.
- Ojeda V y M Aguayo. 1986. Edad y crecimiento de merluza del sur (*Merluccius australis*) (Gadiformes-Merlucciidae). Investigaciones Pesqueras (Chile) 33: 47-59.
- Ojeda V., L. Muñoz, A. Villalón, K. Hunt, M. Miranda, L. Cid y L. Vidal. 2014. Estructuras de edad en las capturas de los recursos: Merluza del sur, Congrio dorado, Merluza de tres aletas. En: Proyecto Asesoría Integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura, 2013. Actividad Demersal. Reg. 2014-I-11. SEC- IFOP.
- Parnell A & Jackson A. 2011. siar. Stable Isotope Analysis in R. R package version 4.1.1. Available at: <http://CRAN.R-project.org/package=siar>.
- Parnell A, Inger R, Bearhop S & Jackson A. 2012. Source partitioning using stable isotopes: coping with too much variation. PLoS ONE 5: e9672
- Payá, I. 1992. The diet of patagonian hake *Merluccius australis* polylepis and its daily ration of patagonian grenadier *Macrouronus megellanicus*. In: Benguela Trophic Functioning. Payne, A. I. L., Brink, K. H., Mann, K. H. and R. Hilborn (Eds.). South African Journal of Marine Sciences, 12:753-760.



- Payá, I. 2017. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2017: Merluza del sur, 2017. Documento consolidado. Convenio de Desempeño 2016. 109 pp..
- 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. Estimation variance. A geostatistical software for structure characterization and variance computation.
- Picquelle, S. y G. Stauffer. 1985. Parameter estimation for an egg production method of Northern anchovy biomass assessment. NOAA Tech. Rep. NMFS 36.
- Pienaar L. y W. Ricker, 1968. Estimating mean weight from length statistic. J. Fish. Res. Board of Can. 25: 2743 - 2747.
- Pinkas, L. M. S. Oliphian y L. K. Iverson, 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California Waters . Fis Bull. Calif. 152:105 p.
- Pool, H., F. Balbontín, C. Montenegro, N. Cortés y M. Arriaza. 1997. Interacciones tróficas en recursos demersales en la zona sur. Informe final FIP 1994-32. 131 p.
- Quiroz, J. C., R. Wiff y L. Chong. 2013. Informe Final Convenio "Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, Año 2013". Merluza del Sur, 2013. Ejecutor: IFOP - Requirente: SUBPESCA
- Quiroz, J. C. 2017. Merluza del sur, 2017. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, 2017. Documento consolidado. Convenio de desempeño 2017. IFOP - Requirente: Subsecretaría de Economía y EMT. Informe Final, IFOP: 109 p.
- Queirolo D., V. Zamora, C. Hurtado, I. Montenegro, T. Melo, J. Merino, E. Gaete, y R. Escobar. 2008. Caracterización de agregaciones de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en la zona centro-sur de Chile. LAJAR, 36 (2), 259-269.
- R Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- 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 p.



- Retamal, M. 2000. Catálogo multimedia de los crustáceos decápodos de Chile. World Biodiversity Data Base ETI series.
- Ricker W., 1958. Handbook of computations for biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Bd. Can., N° 119.
- Rivoirard, J. Simmonds, K. Foote, P. Fernandes y N. Bez. 2000. Geostatistics for estimating fish abundance. Ed. Blackwell. 345 p.
- Roa, R., B. Ernst & F. Tapia. 1999. Estimation of size at sexual maturity: an evaluation of analytical and resampling procedures. Fishery Bulletin 97: 570–580.
- Rossi, R. E., Mulla, D. J., Journel, A. G. y Franz, E. H. 1992. Geostatistical tools for modelling and interpreting ecological spatial dependence. Ecological Monographs 62: 277-314.
- Robotham, H. y J. Castillo. 1990. The bootstrap method; an alternative for estimating confidence intervals of resources surveyed by hydroacustics techniques. Rapp. P.-v. Reún. Cons. Int. Explor. Mer, 189:421-424.
- Scalabrin, C., y J. Masse. 1993. Acoustic detection of spatial and temporal distribution of fish shoals in the Bay of Biscay. Aquat. Living Resour. 6:269-283.
- Scalabrin, C. 1997. Identification acoustique des especies pelagiques à partir d'atributs discriminants des bancs de poissons monospecificues. Thèse. Ecole doctorale des sciences de la mer. 235 p.
- Simmonds, J., y D. MacLennan. 2005. Fisheries acoustic. Chapman y Hall, 548 p.
- Simrad. 2003. Simrad EK60. Scientific Echo Sounder. Instruction Manual, 165 pp SIMRAD. 2003. Simrad EK60. Scientific Echo Sounder. Instruction Manual, 165 pp
- Takeda M. 1986. Crustacea Decapoda. In: Nakamura I (ed.). Important fishes trawled off Patagonia, pp. 318-343. Japan Marine Fishery Resource Research Center, Tokyo
- Thompson, S.K. 1992. Sampling. John Wiley & Sons, New York, 343 pp.
- Tortora, R.D. A Note on Sample Size Estimation for Multinomial Populations. The American Statistician Vol. 32, No. 3, pp. 100-103. 1978
- Vivanco, M. 1999. Análisis Estadístico multivariable. Editorial Universitaria, Chile. 233 p.
- Welch, D. y R. P. Foucher. 1988. A maximum likelihood methodology for estimating length-at-maturity with application to pacific cod (*Gadus macrocephalus*) populations dynamics. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45:333-343.
- Wolter, K. M. 1985. Introduction to Variance Estimation XII, 428 page, 1985



- Wisner, R. 1976. The taxonomy and distribution of Lantern fishes (Family Myctophidae) of the Eastern Pacific Ocean. NORDA Report 3: i-vii + 1-220.
- Wuillez, M., Poulard, J.-C., Rivoirard, J., Petitgas, P. y Bez, N. 2007. Indices for capturing spatial patterns and their evolution in time, with application to European hake (*Merluccius merluccius*) in the Bay of Biscay. ICES Journal of Marine Science, 64: 537–550.
- Zar, J. 1999. Biostatistical analysis. 3rd edn. Prentice hall, Princeton, NJ, USA, 663 pp.

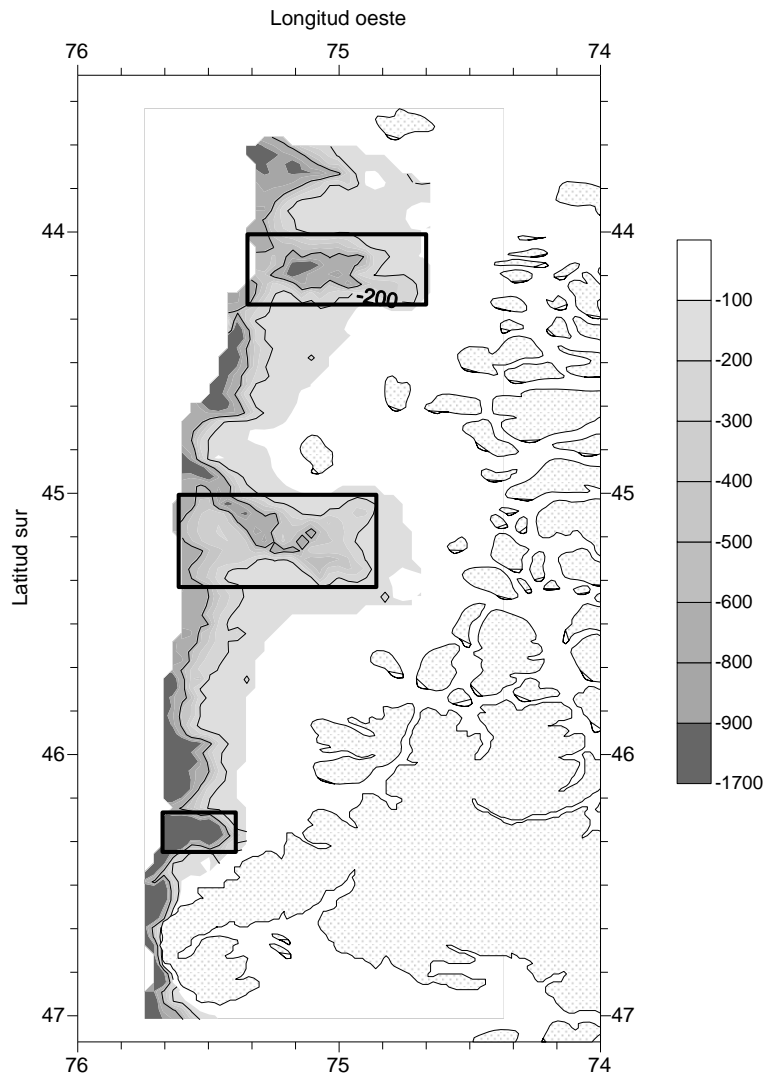


# FIGURAS

---

---

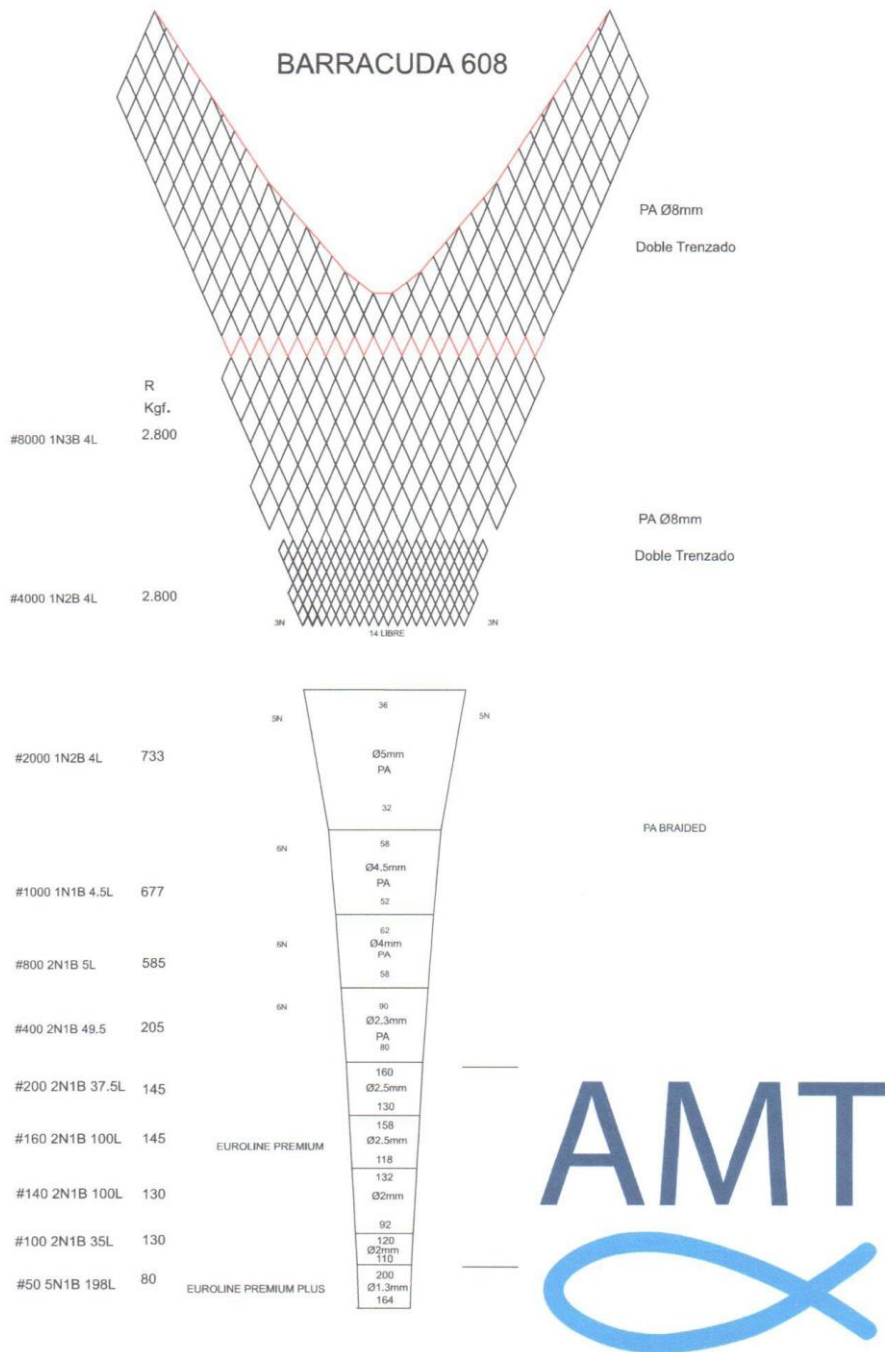




**Figura 1.** rea de estudio. Se señalan las isolíneas de los veriles de 100 y 600 metros de profundidad y las zonas asociadas a los cañones de profundidad presentes en la zona de estudio.



**Figura 2.** Buque cient3fico AGS 61 “Cabo de Hornos”, en el cual se desarroll3 el crucero de evaluaci3n.



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

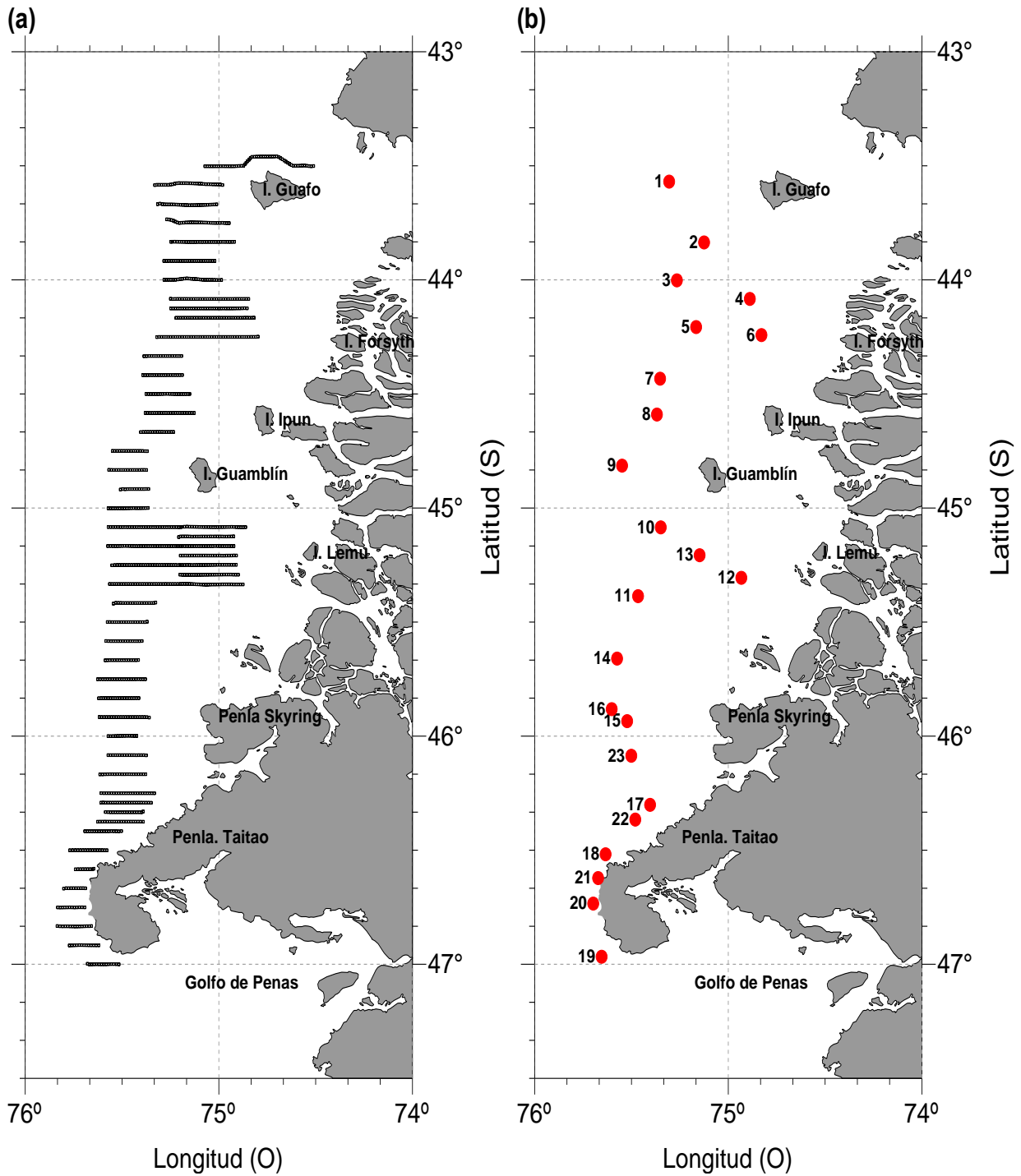
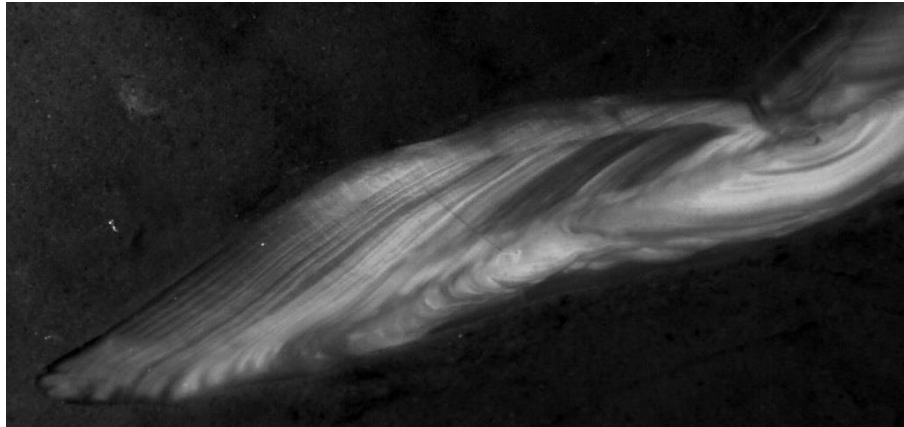
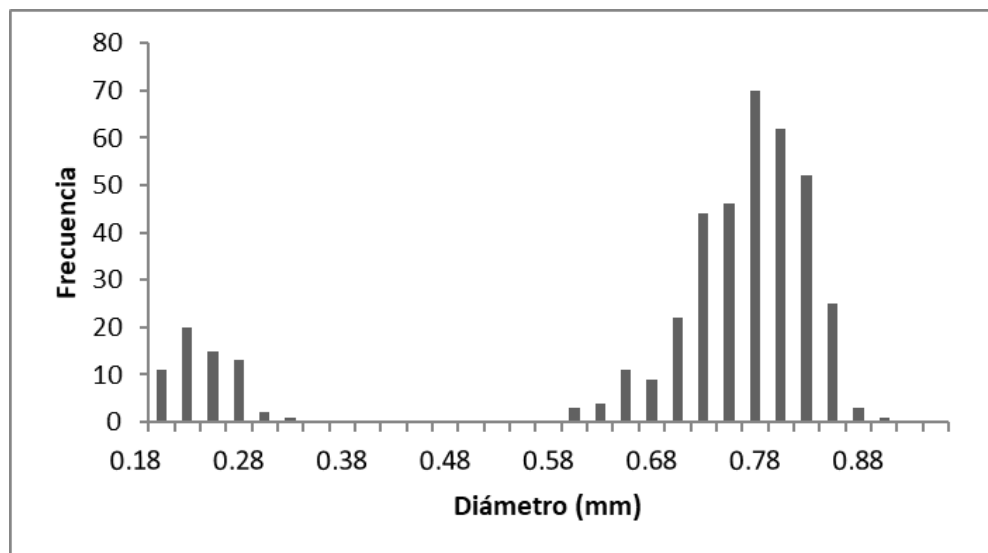


Figura 4. Localizaci3n de (a) transectas de muestreo acústico y (b) lances de pesca de identificaci3n.



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



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

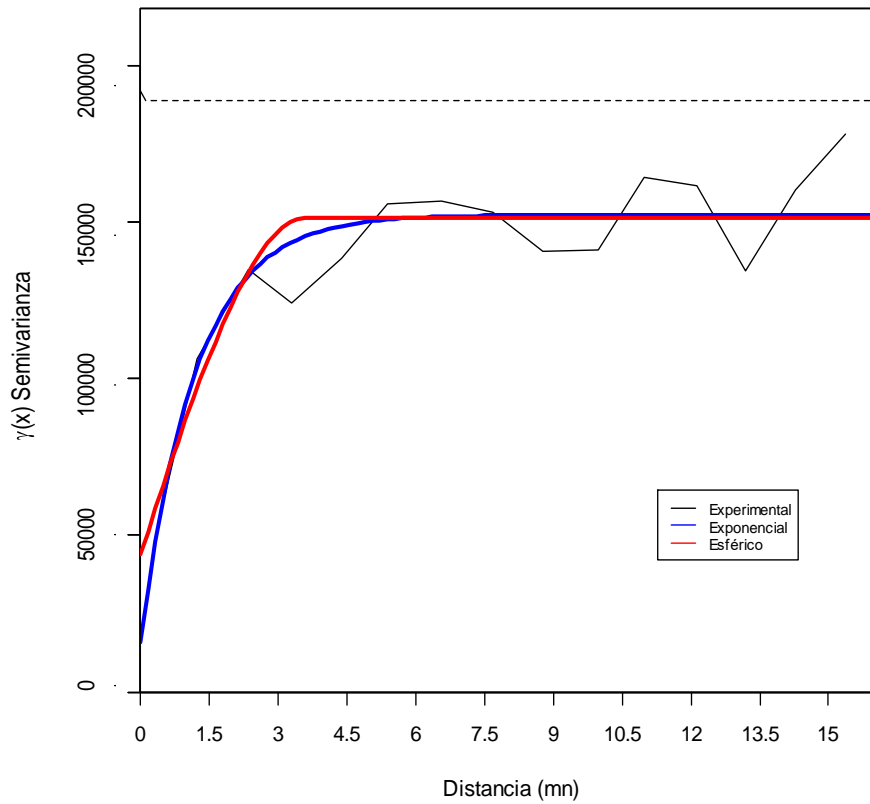
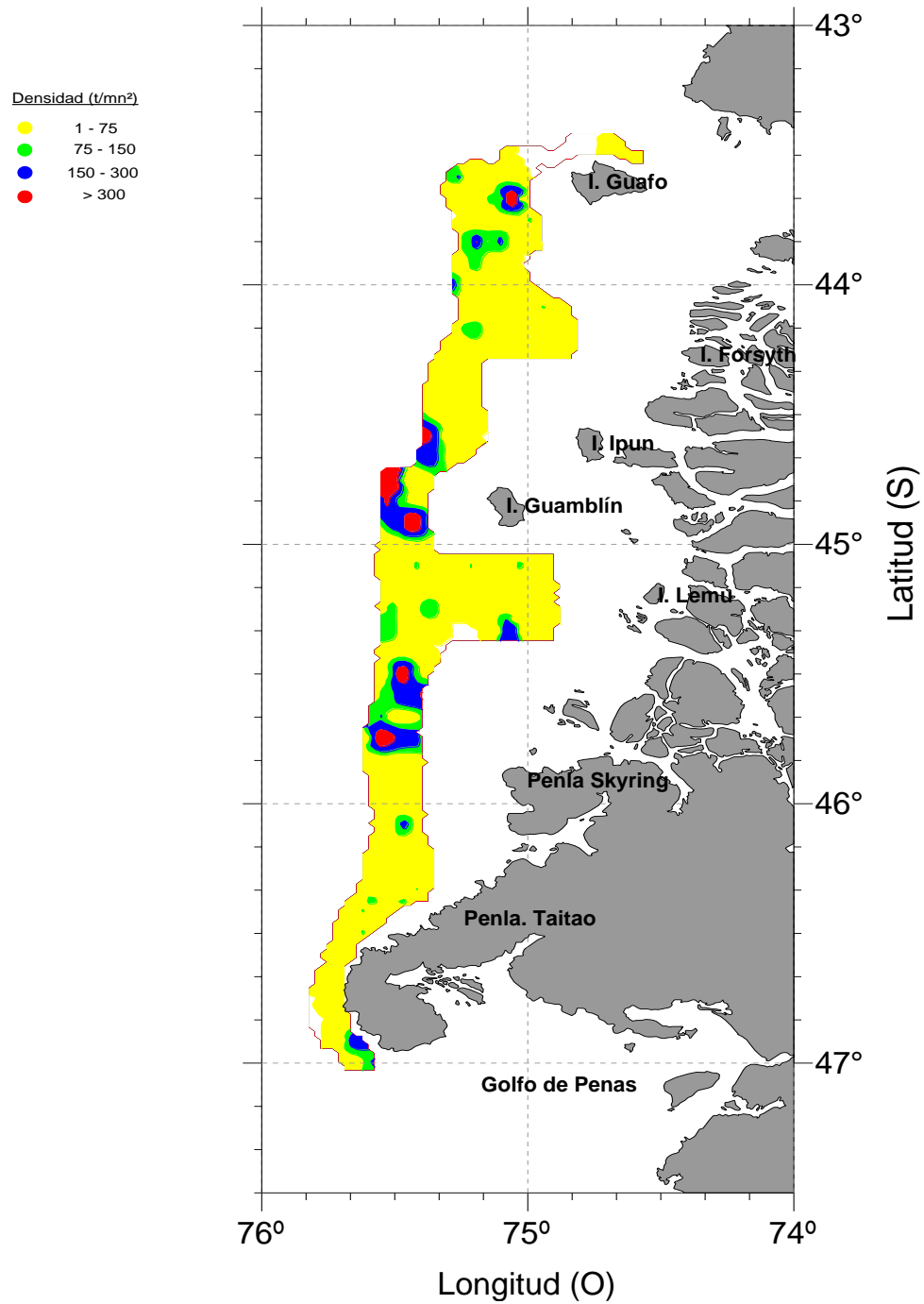


Figura 7. Semivariograma para merluza del sur. dirección omnidireccional. Zona total de estudio.



**Figura 8.** Distribuci3n espacial de la biomasa de merluza del sur Agosto 2017. La escala de colores corresponde a toneladas por milla nautica cuadrada.

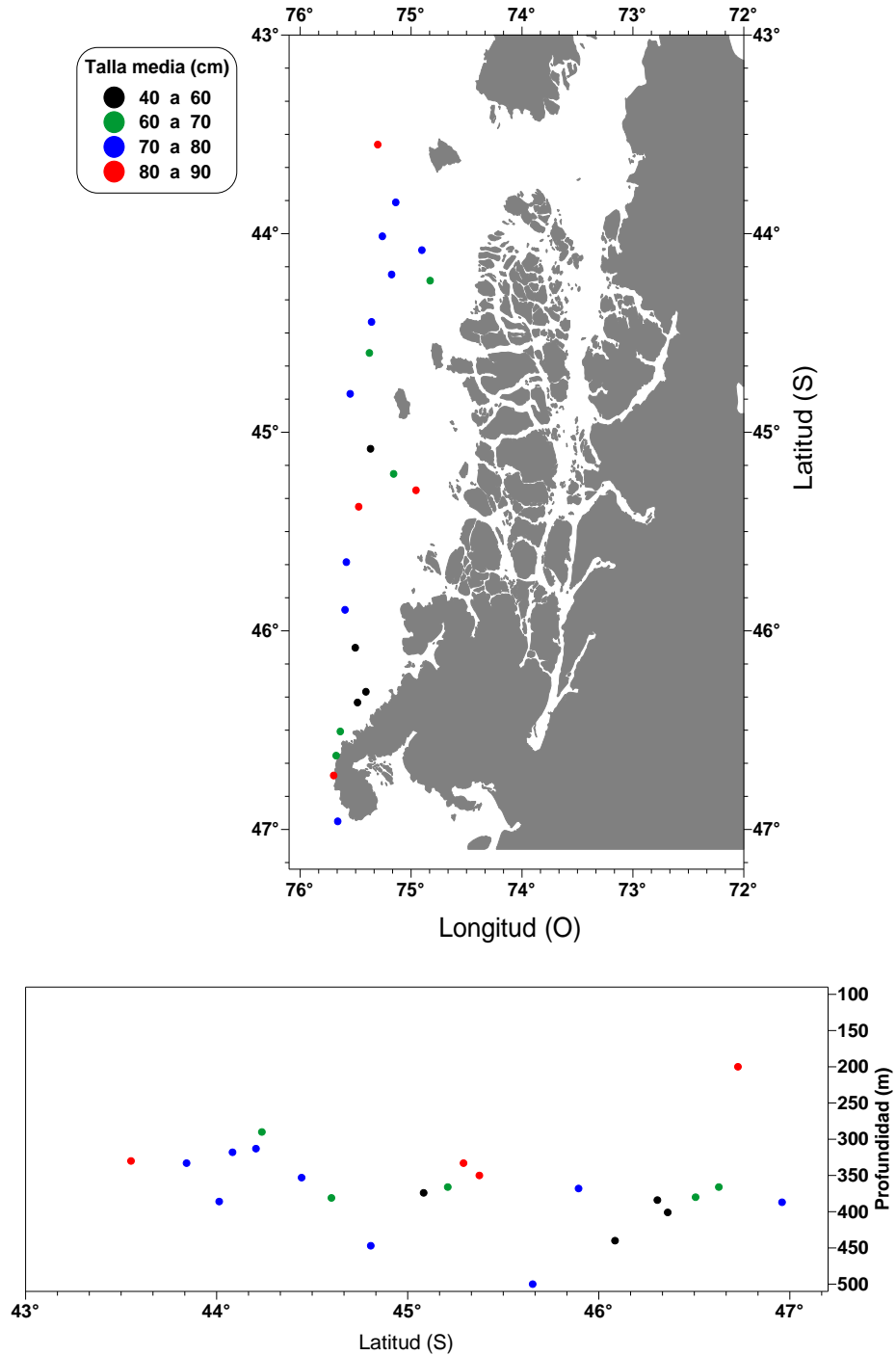
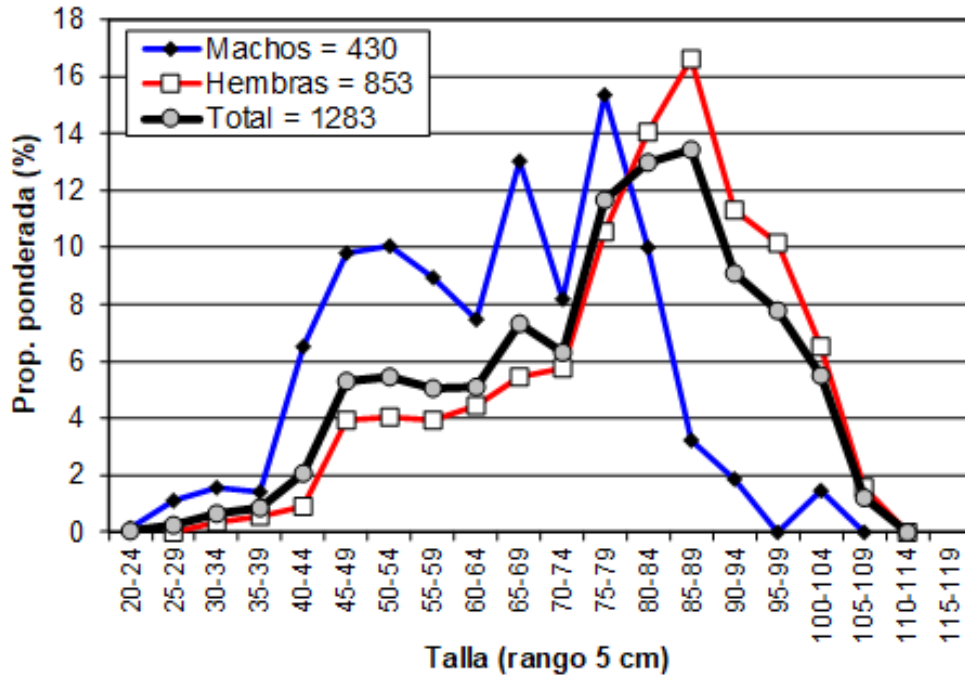


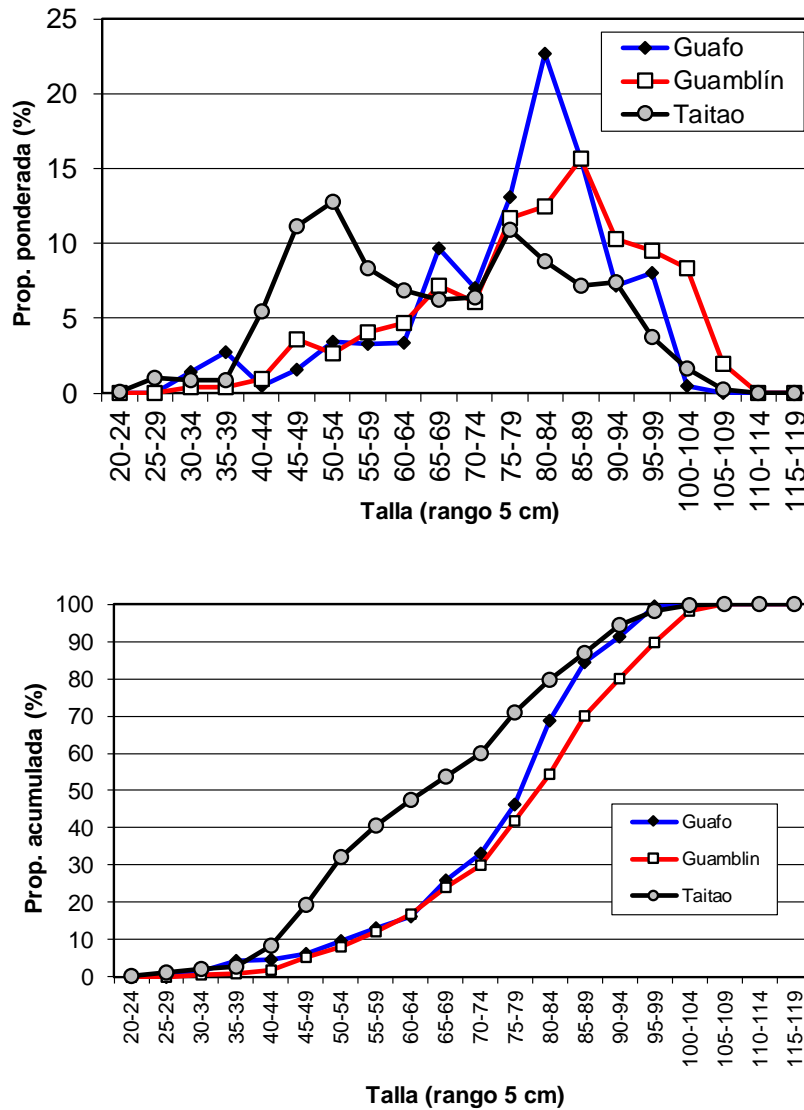
Figura 9. Distribución latitudinal y batimétrica de la talla media de merluza del sur. Agosto 2017.





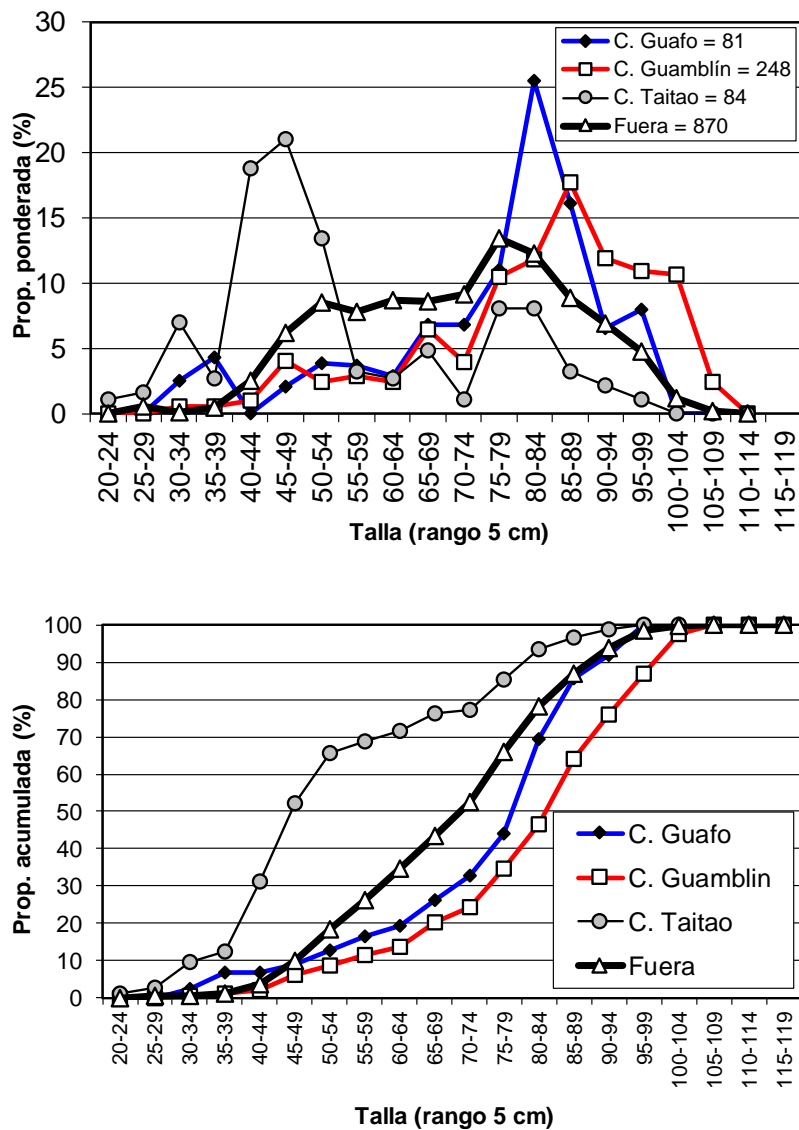
Indicador	Macho	Hembra	Total
n	430	853	1283
Mín. (cm)	24	31	24
Máx. (cm)	101	108	108
Prom. (cm)	64,1	80,1	76,4
D. est. (cm)	4,7	4,1	3,5
% < 70 cm	60,0	23,6	32,1
Pr. Sex. (%)	21	79	100

**Figura 10.** Distribución de talla de merluza del sur por sexo para el área de estudio. AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto 2017).



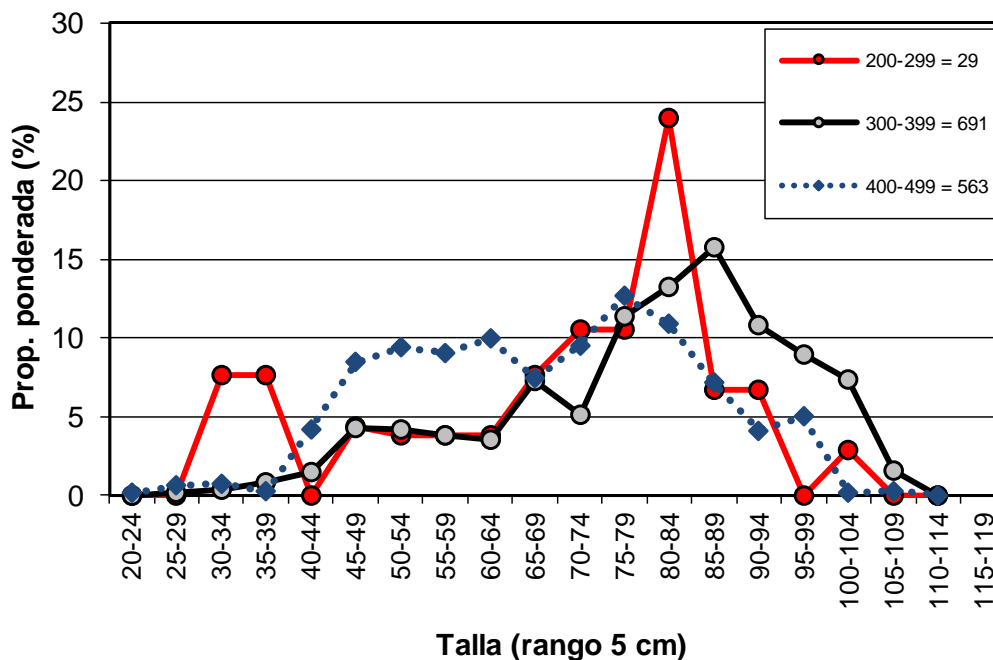
Indicador	Guafo	Guablín	Taitao
n	180	481	622
Mín. (cm)	30	31	24
Máx. (cm)	100	108	108
Prom. (cm)	76,8	80,4	67,1
D. est. (cm)	5,7	5,1	2,8
% < 70 cm	25,9	24,0	53,7
Macho (%)	24	21	33
Hembra (%)	76	79	67

Figura 11. Distribución de talla de merluza del sur por área. AGS 61 "Cabo de Hornos" (agosto, 2017).



Indicador	C. Guafo	C. Guablín	C. Taitao	Fuera
n	81	248	84	870
Prom. (cm)	76	82	55	71
D. est. (cm)	7,5	5,5	3,9	2,4
% < 70 cm	26	20	76	43
Macho (%)	17	18	51	32
Hembra (%)	83	82	49	68

Figura 12. Distribución de talla de merluza del sur por cañón y fuera de los cañones. AGS 61 “Cabo de Hornos” (agosto 2017).



Indicador	Profundidad (m)		
	200-299	300-399	400-499
n	29	691	563
Prom. (cm)	69,1	79,2	68,4
D. est. (cm)	8,6	4,5	2,7
% < 70 cm	38,7	25,8	50,3
Macho (%)	15,3	20,9	37,1
Hembra (%)	84,7	79,1	62,9

**Figura 13.** Distribuci3n de talla de merluza del sur por rango de profundidad (seg3n profundidad de relinga superior). AGS 61 "Cabo de Hornos" (agosto 2017).

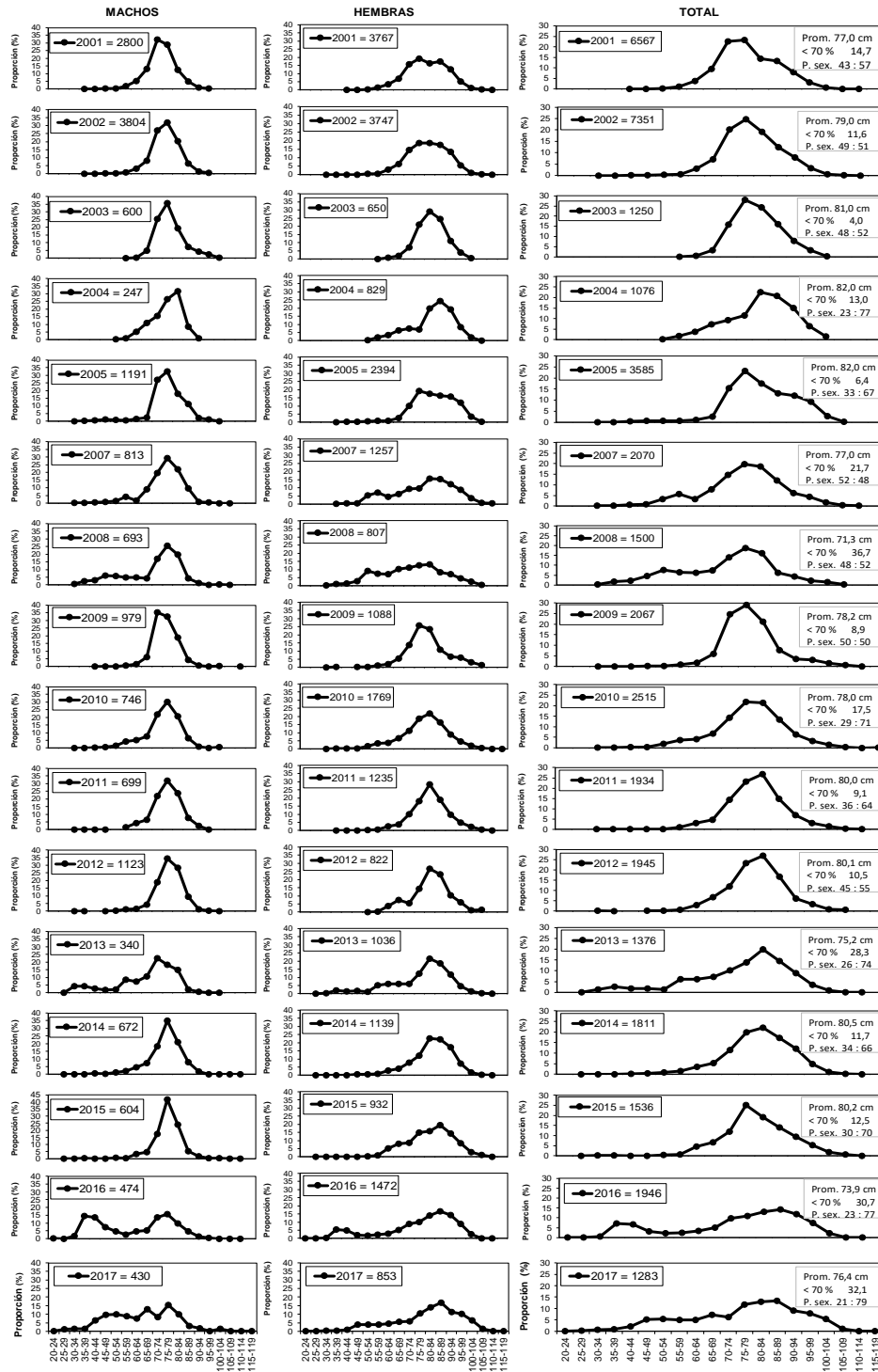


Figura 14. Distribución relativa de la talla de merluza del sur por sexo para los cruceros hidroacústicos 2001-2017.

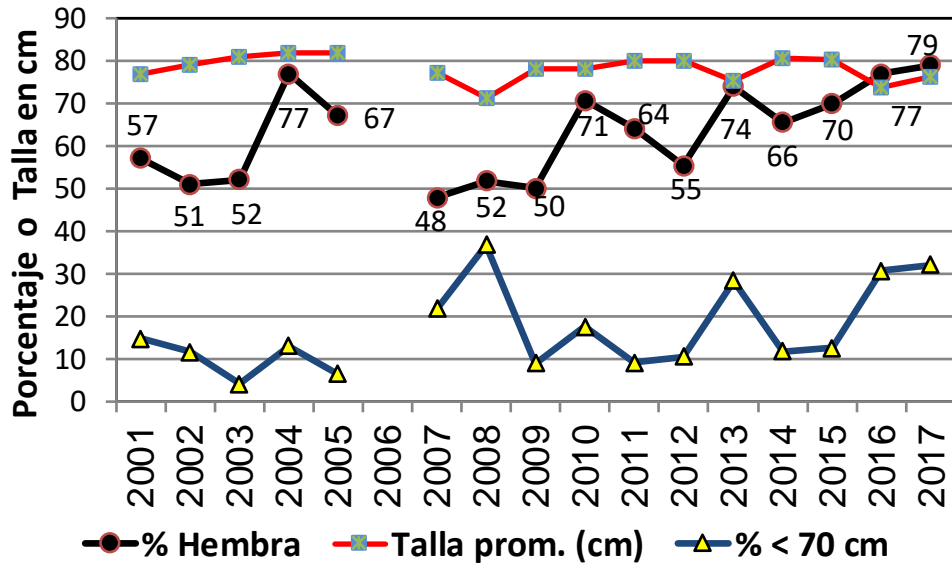
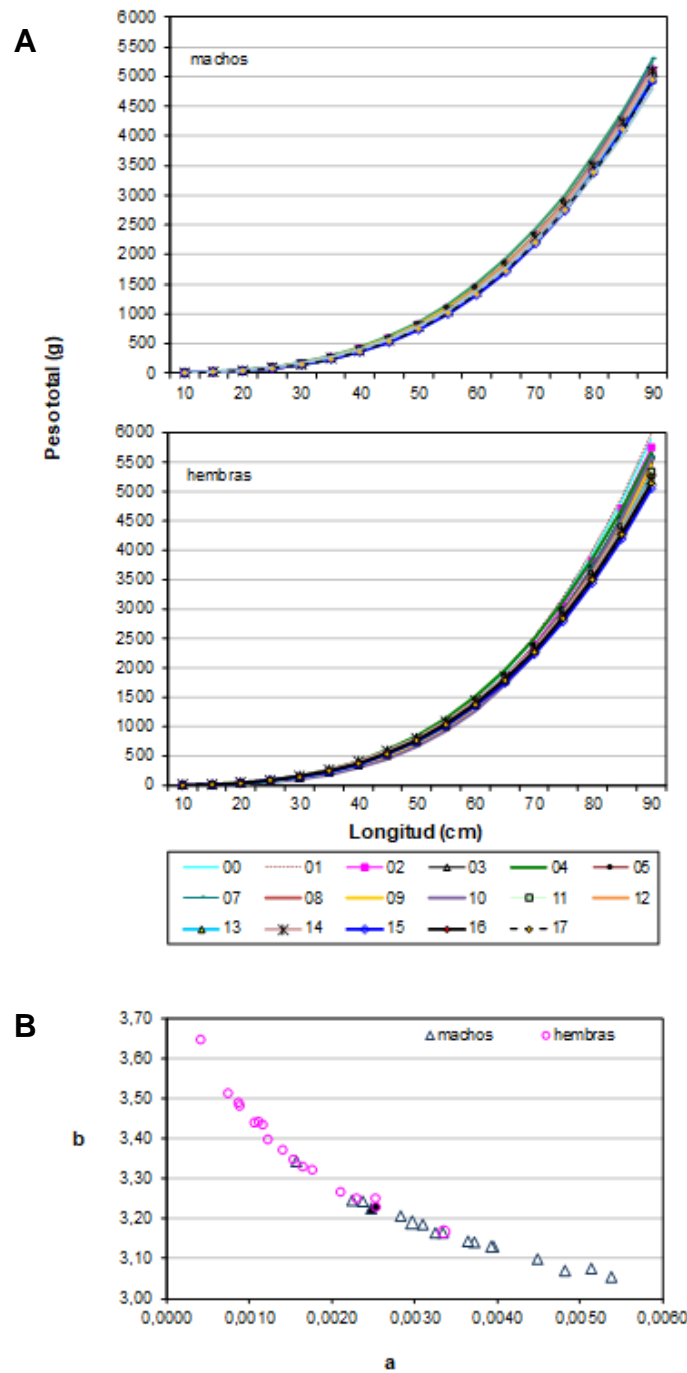


Figura 15. Distribuci3n de los estadísticos hist3ricos de la talla de merluza del sur para los cruceros hidroacústicos 2001 - 2017.



**Figura 16.** Comparación de la funciones peso- longitud estimadas para merluza del sur por sexo (A) y representación de los parámetros “a” (intercepto) y “b” (pendiente) de esta relación en el período 2000 – 2017 (B).

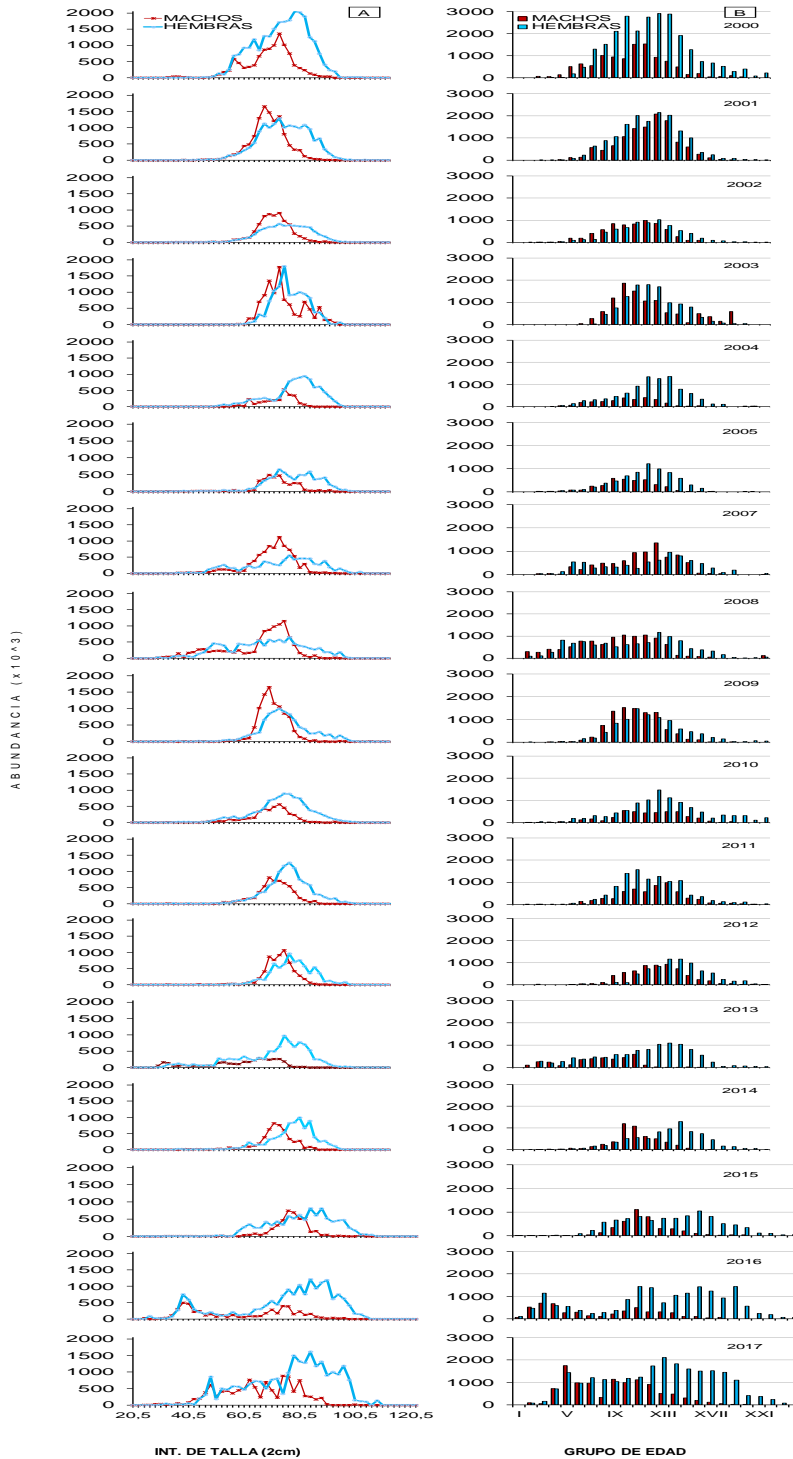
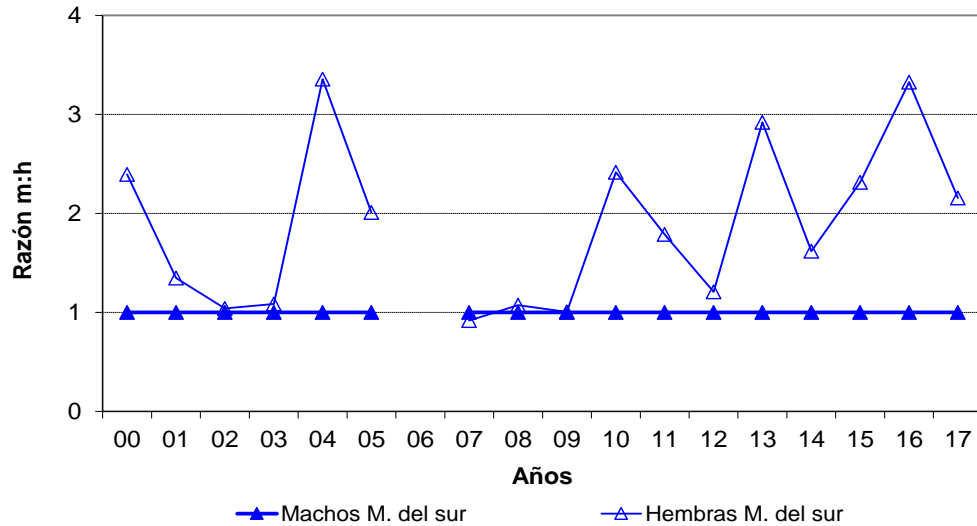
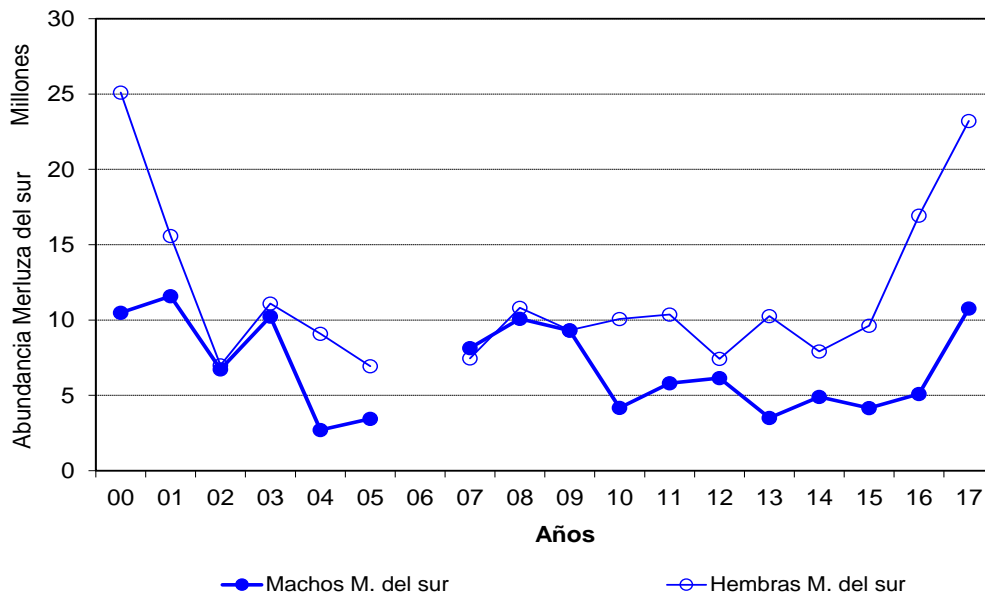


Figura 17. Abundancia por clase de talla (A) y grupos de edad (B) de merluza del sur, por sexo, en las evaluaciones directas efectuadas en el período 2000 - 2017.

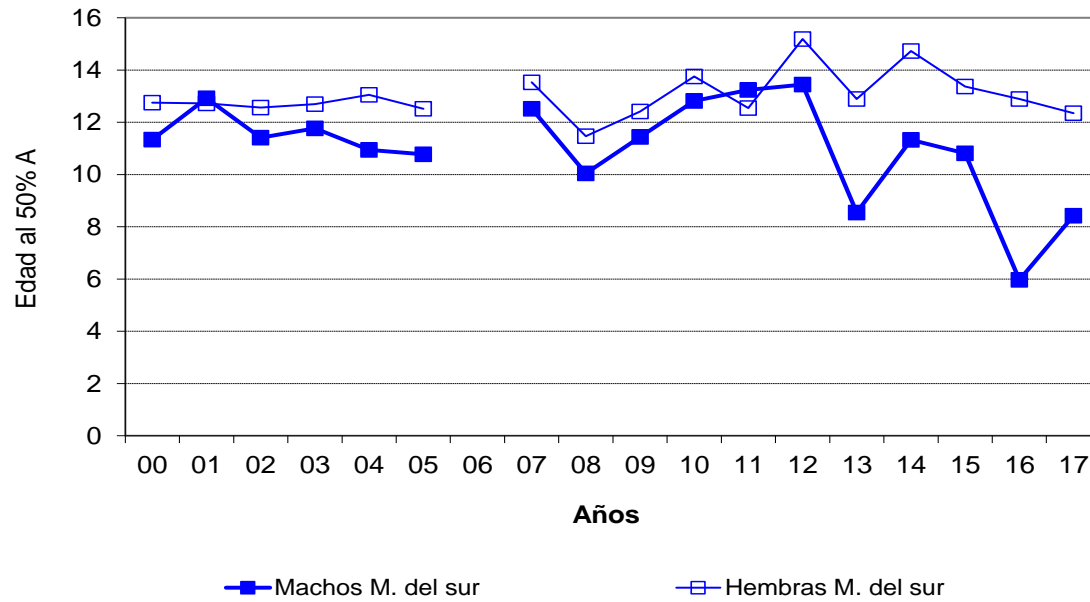




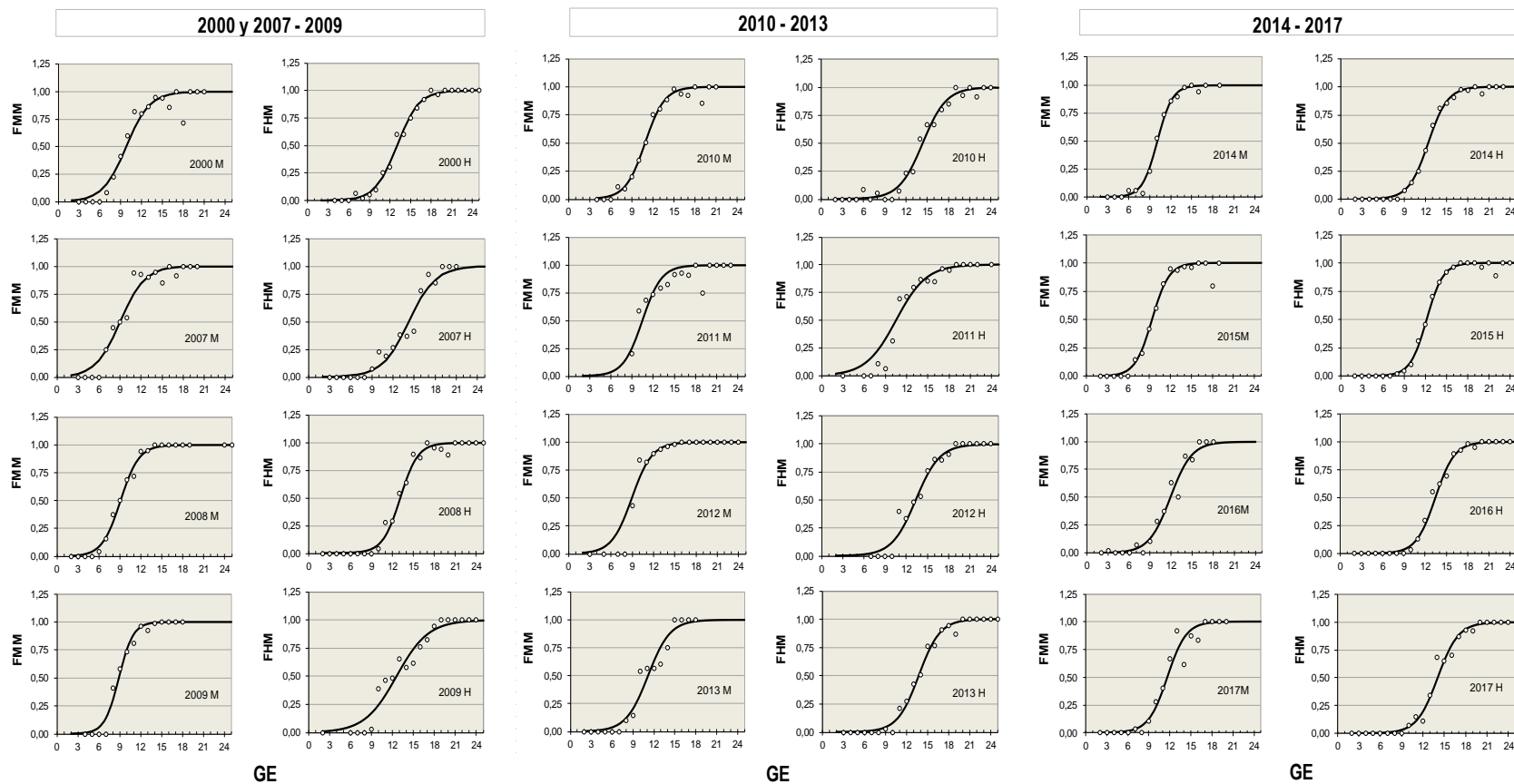
**Figura 18** Proporci3n sexual de merluza del sur, presente en la abundancia en el per3odo de desove, seg3n a3o, per3odo 2000 - 2017.



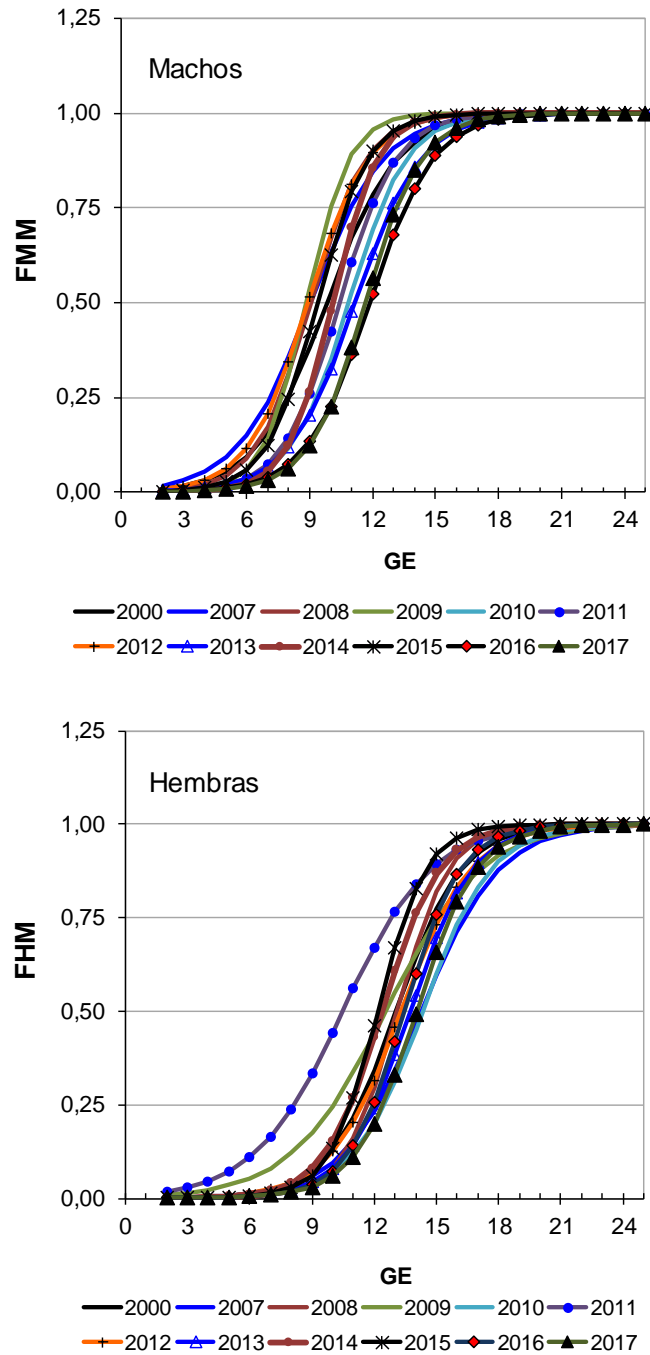
**Figura 19** Abundancia de merluza del sur, por sexo, en los cruceros de evaluaci3n del stock desovante, per3odo 2000 - 2017.



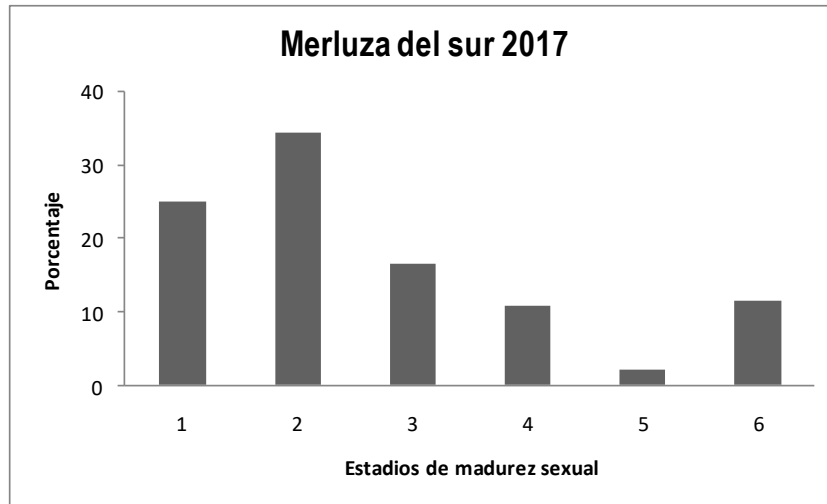
**Figura 20** Edades medianas de merluza del sur, por sexo, presente en los cruceros de evaluaci3n del stock desovante, per3odo 2000 - 2017.



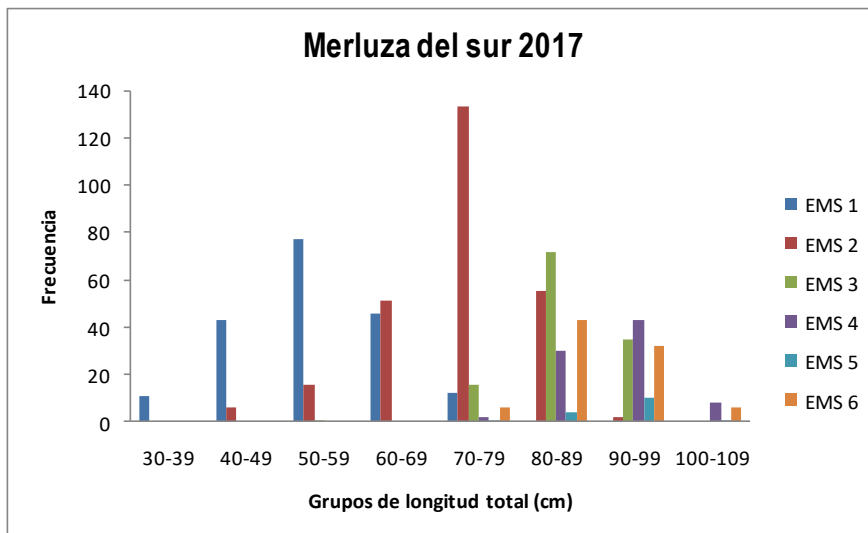
**Figura 21** Fracci3n de merluza del sur (machos y hembras) maduros, segun grupos de edad, en los cruceros de evaluaci3n aros 2000 y 2007 a 2017. FMM: fracci3n de machos maduros, FHM: fracci3n de hembras maduras.



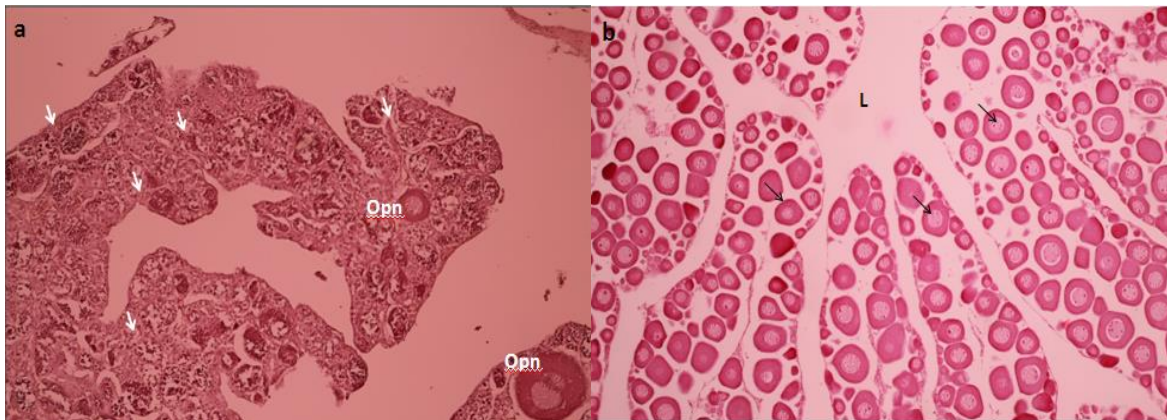
**Figura 22** Curvas de madurez estimadas para merluza del sur (machos y hembras), segun grupos de edad, en los cruceros de evaluaci3n aros 2000 y 2007 a 2017. FMM: fracci3n de machos maduros, FHM: fracci3n de hembras maduras.



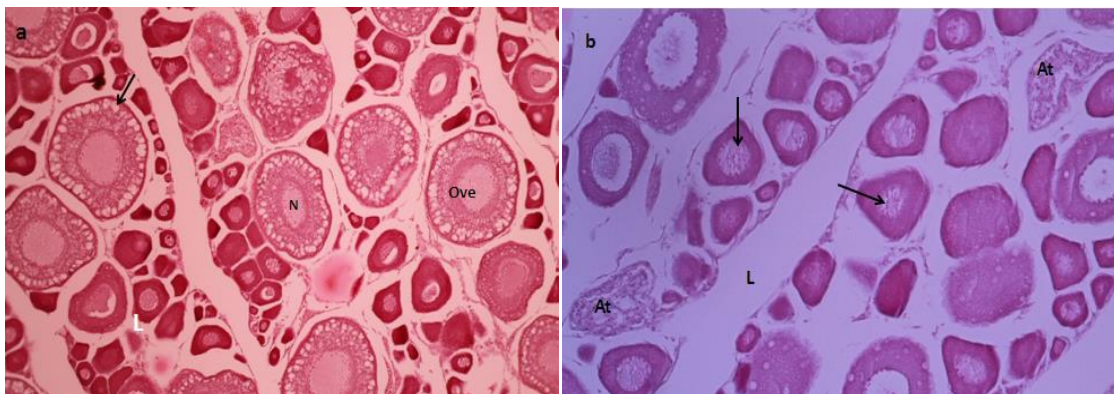
**Figura 23.** Distribuci3n de frecuencia de los estadios de madurez sexual en la merluza del sur *Merluccius australis* en agosto de 2017.



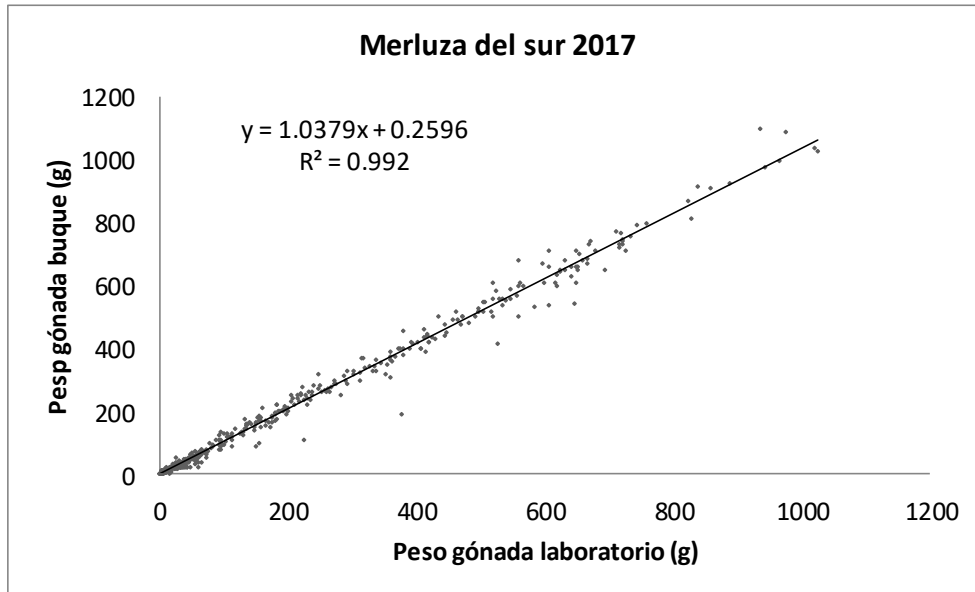
**Figura 24.** Distribuci3n de frecuencia de los estadios de madurez sexual en la merluza del sur *Merluccius australis*, de acuerdo a grupos arbitrarios de longitud total, en agosto de 2017.



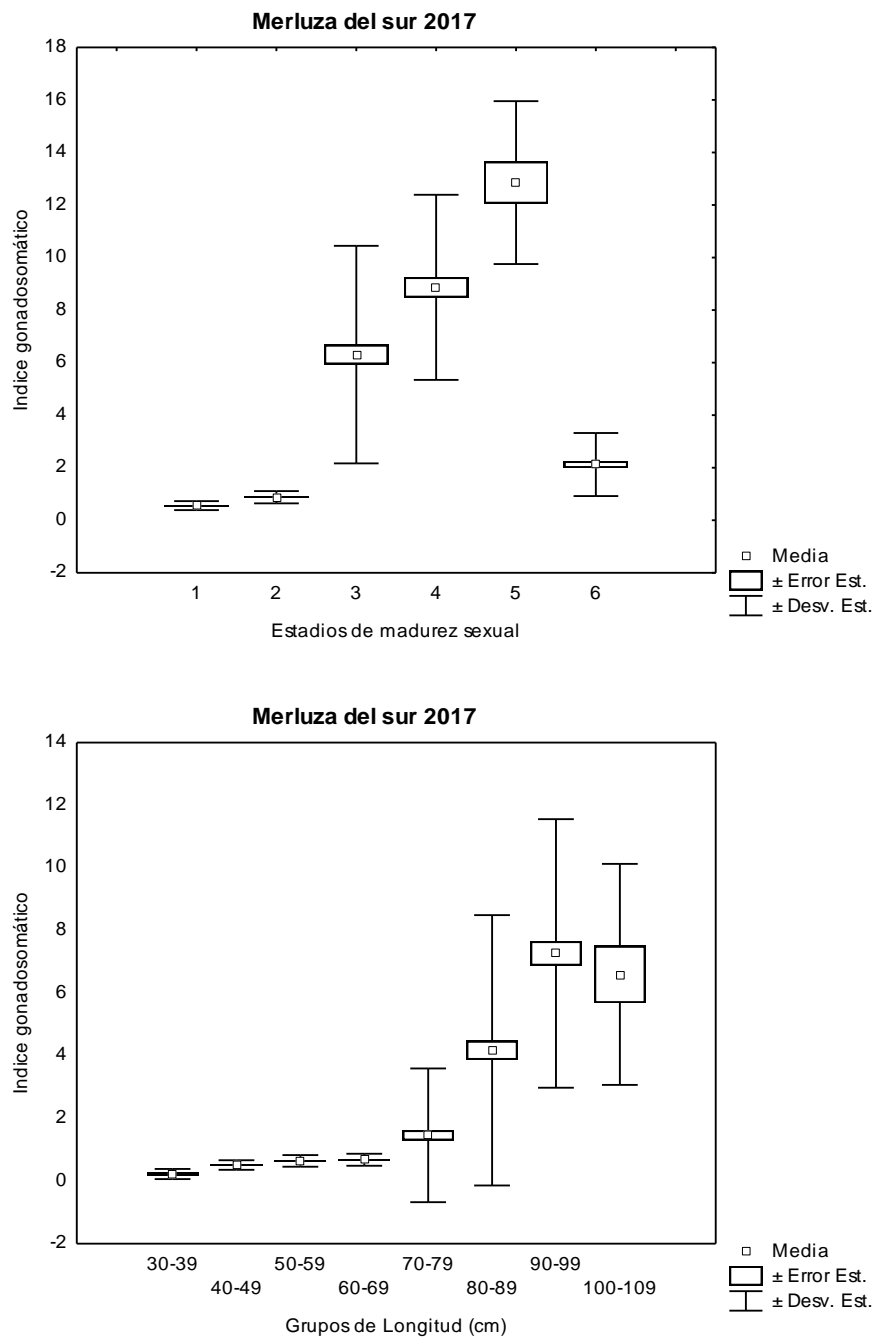
**Figura 25.** Ovarios de merluza del sur en estadios iniciales de desarrollo. a) Ms 429. Estadio Virginal; aumento 5x. Opn: Ovocito Perinucleolar; Flechas: Nidos de células germinales en crecimiento primario (profase I) fase CN y Multinucleolar. b) Ms 597. Estadio inmaduro; aumento 10x. Lamelas ovígeras con ovocitos no vitelados. L: lumen; Flecha: Ovocito previtelados.



**Figura 26.** Ovarios de merluza del sur en estadio intermedio y final de desarrollo. a) Ms 458. Estadio Alveolo Cortical; aumento 10x. Ove: Ovocito vitelogénico endógeno; Flecha: granulo cortical; N: núcleo; L: lamela. b) Ms 768. Estadio Post Desove; aumento 20x. Flecha: Ovocito previtelogénico; At: atresia; L: lumen.

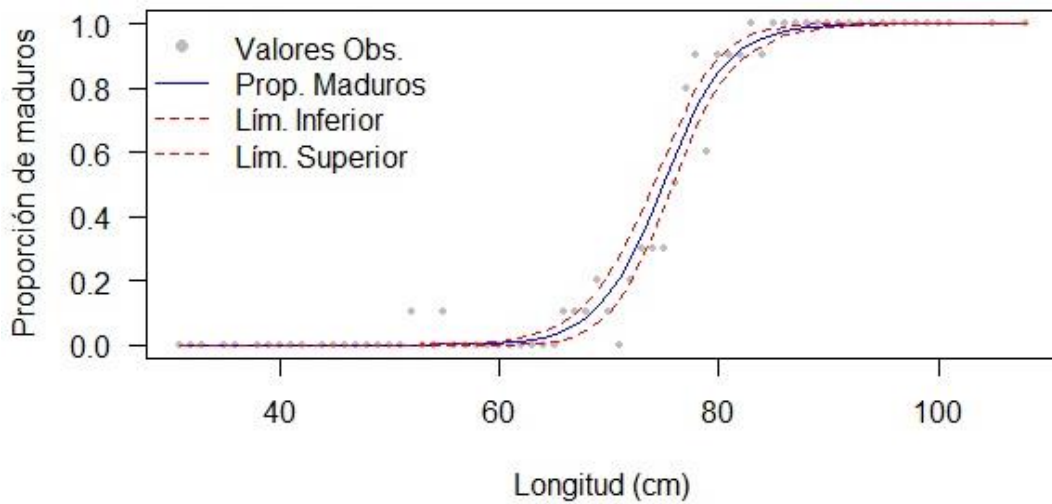


**Figura 27.** Relación entre el peso de la gónada obtenido a bordo del buque y la registrada en el laboratorio en ejemplares de merluza del sur *Merluccius australis*.

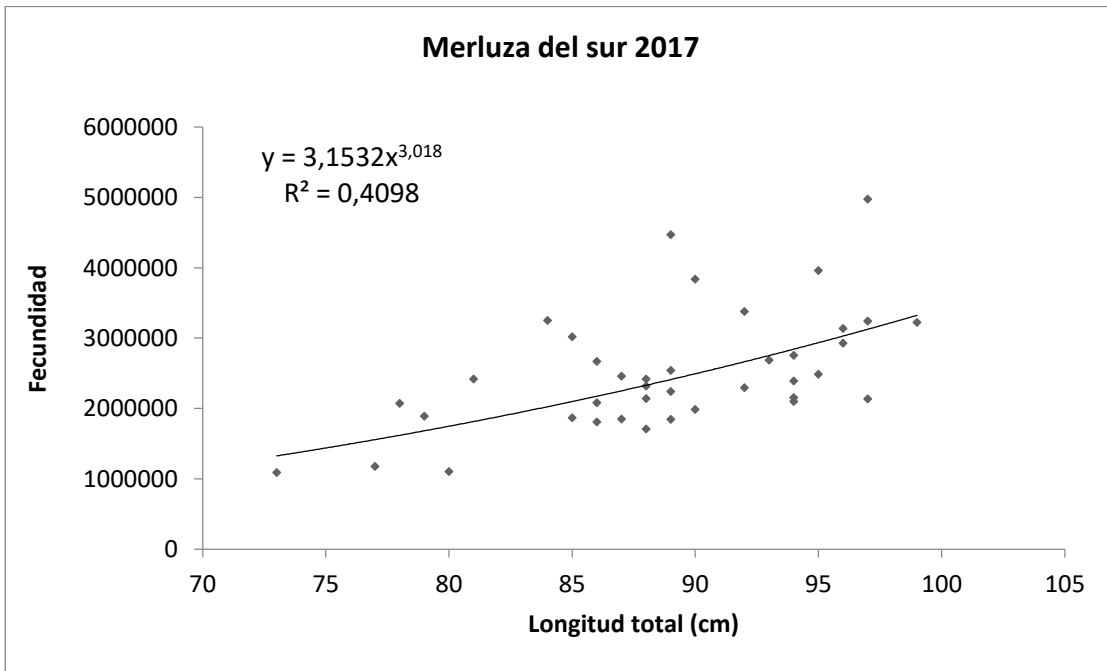
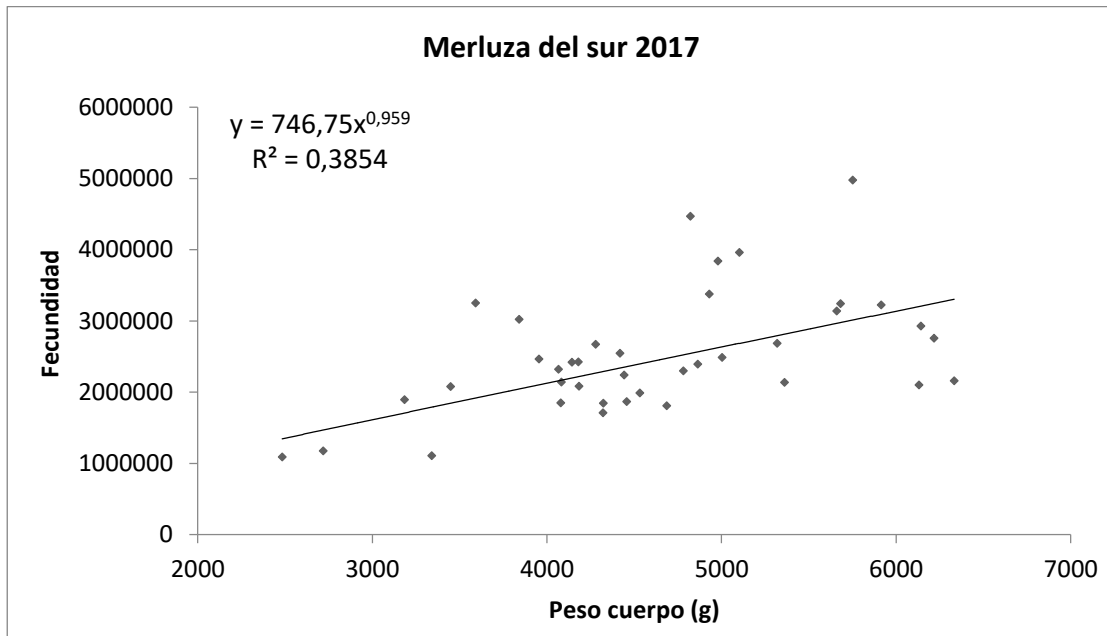


**Figura 28.** Valor promedio del índice gonadosomático (IGS)  $\pm$  la desviación estándar y el error estándar, para cada uno de los estadios de madurez sexual y rango de tallas de la merluza del sur *Merluccius australis*, en agosto de 2017.

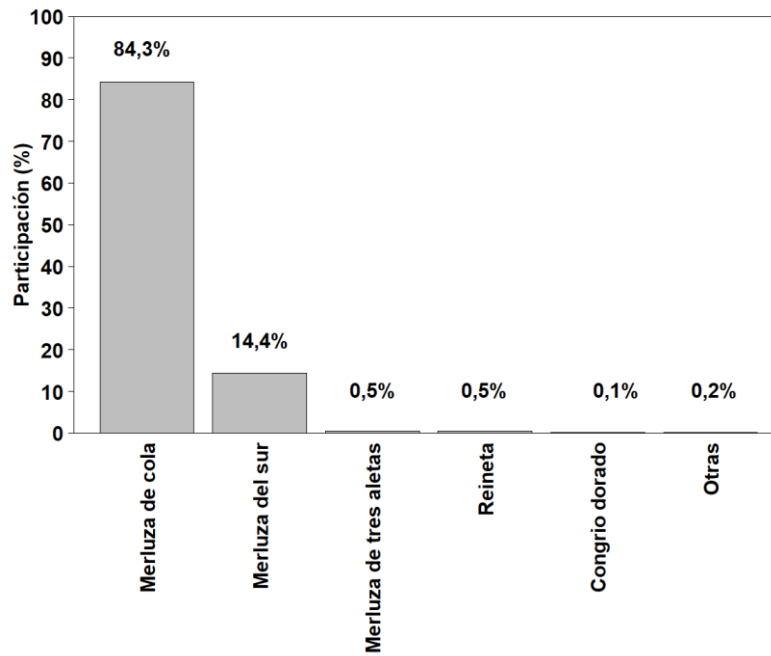




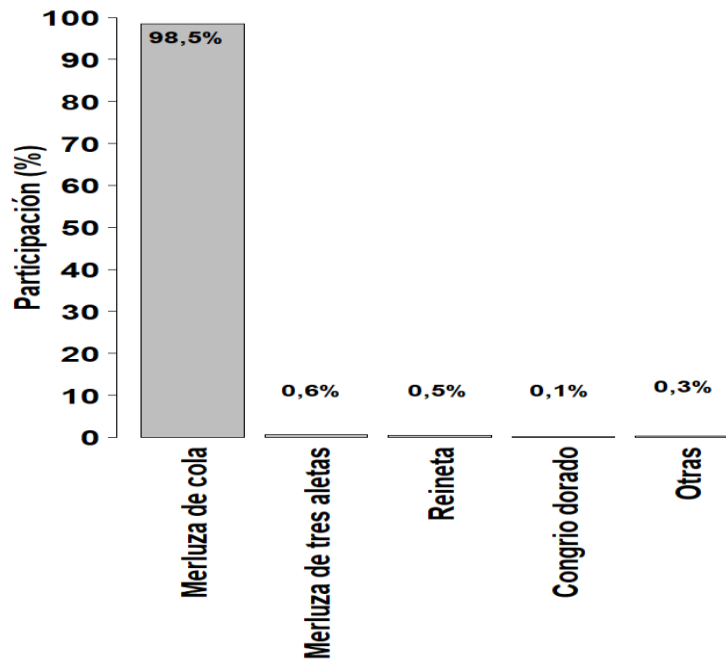
**Figura 29.** Ojiva de madurez sexual de la merluza del sur *Merluccius australis* en agosto de 2017, con límites de confianza del 95%. Ajuste de los datos a un modelo lineal generalizado.



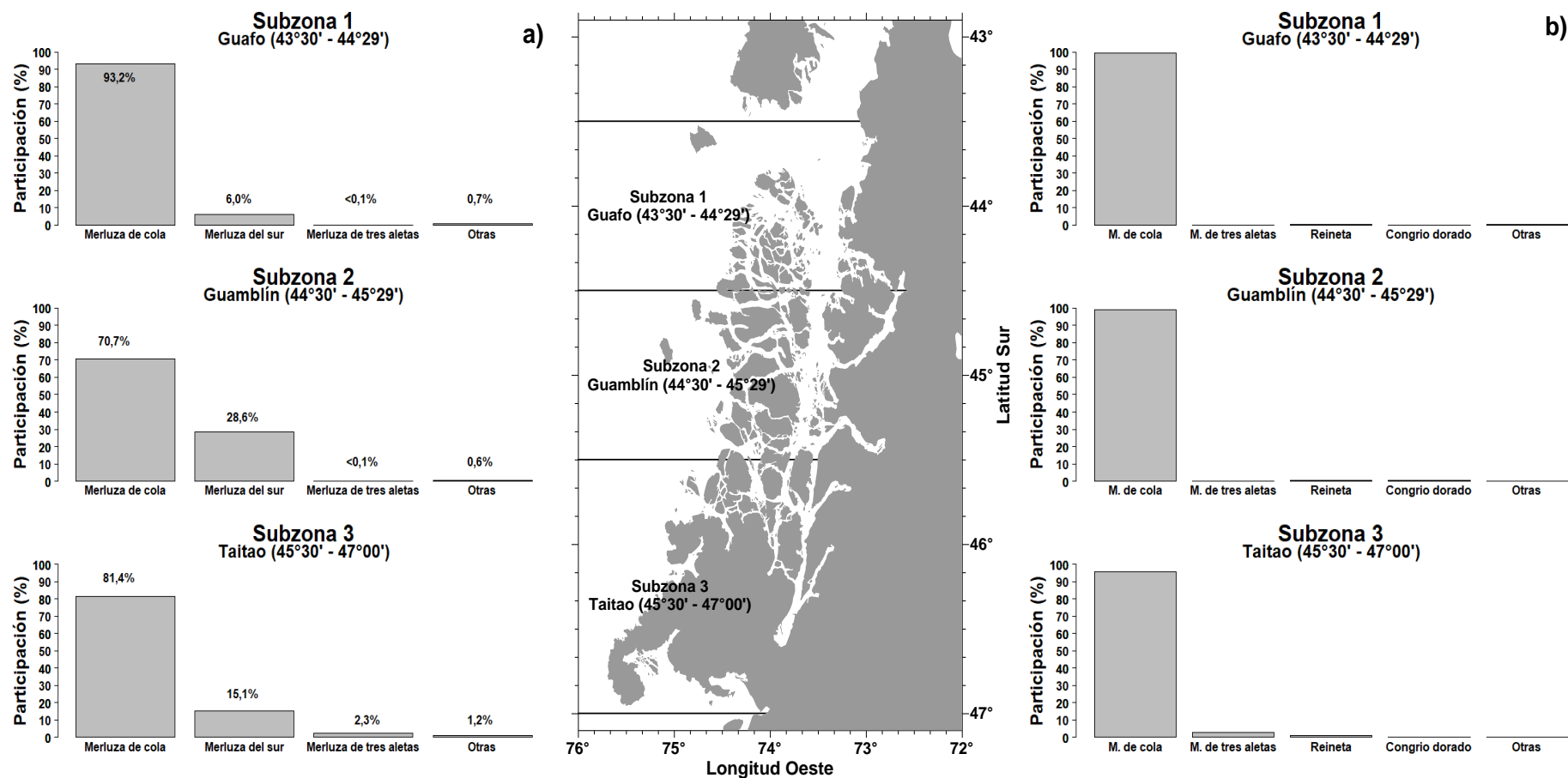
**Figura 30.** Relaci3n entre la fecundidad modal con a) el peso del cuerpo menos el peso de la g3nada y b) la longitud total. Merluza del sur *Merluccius australis*, en agosto de 2017.



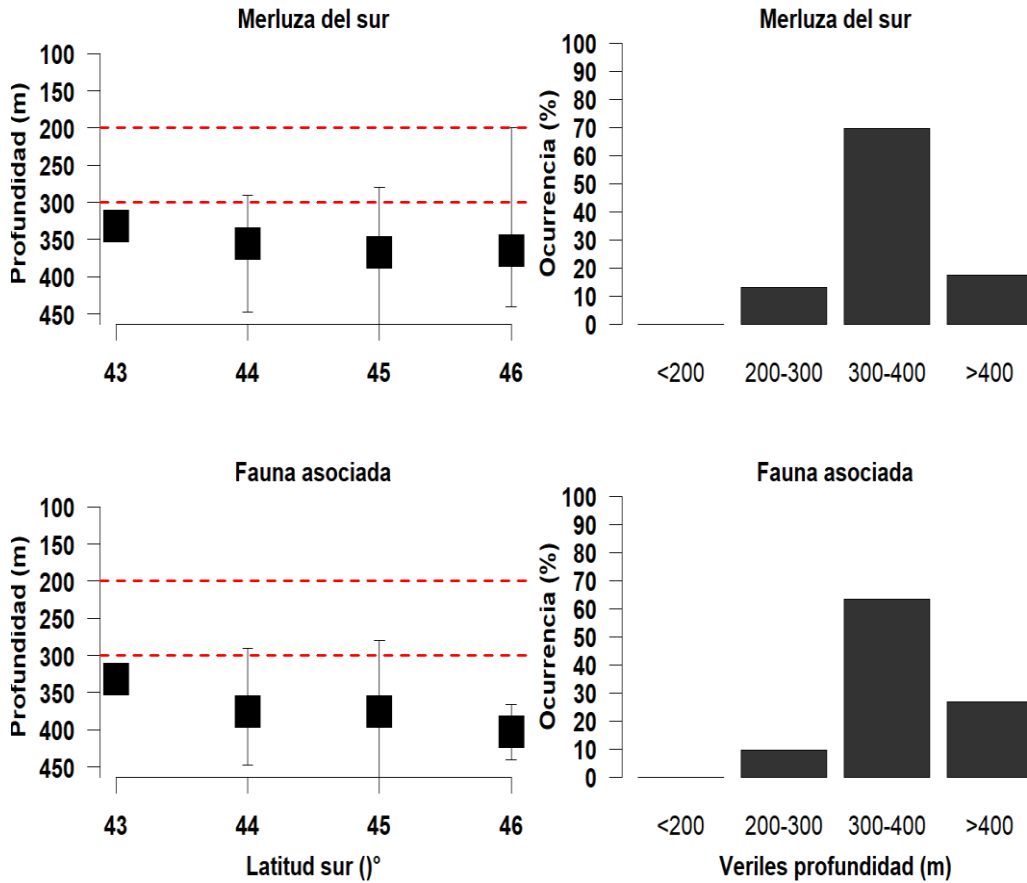
**Figura 31.** Participaci3n de las principales especies capturadas, respecto captura total estandarizada crucero. A3o 2017.



**Figura 32.** Participaci3n de la fauna acompa3ante de merluza del sur. A3o 2017.



**Figura 33.** Participación (%) respecto de la captura total estandarizada por subzona de: **a)** principales especies capturadas durante el crucero; **b)** fauna acompañante de merluza del sur. Año 2017.



**Figura 34.** Distribución y frecuencia de ocurrencia por veril de profundidad de merluza del sur y su fauna acompañante. Año 2017.

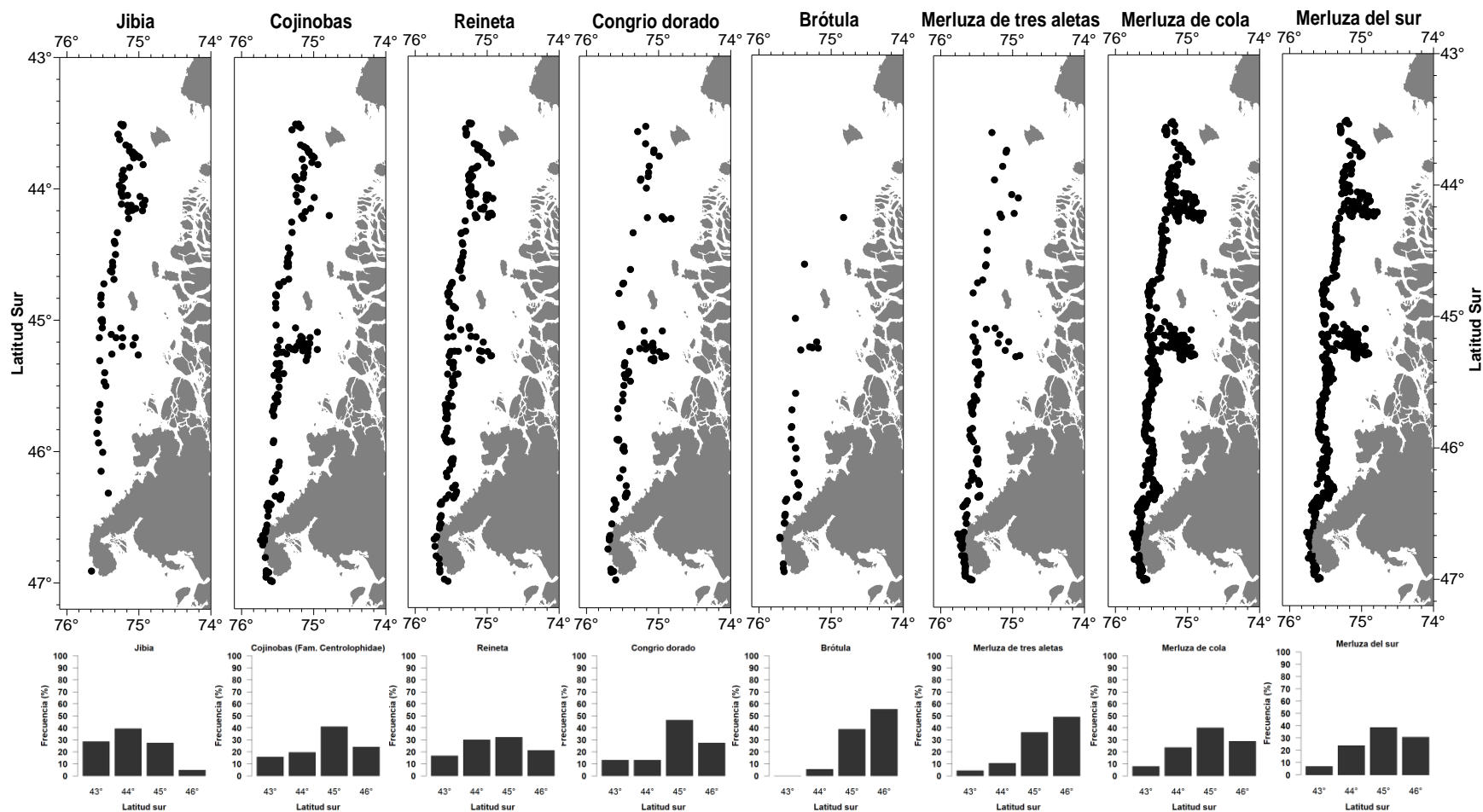
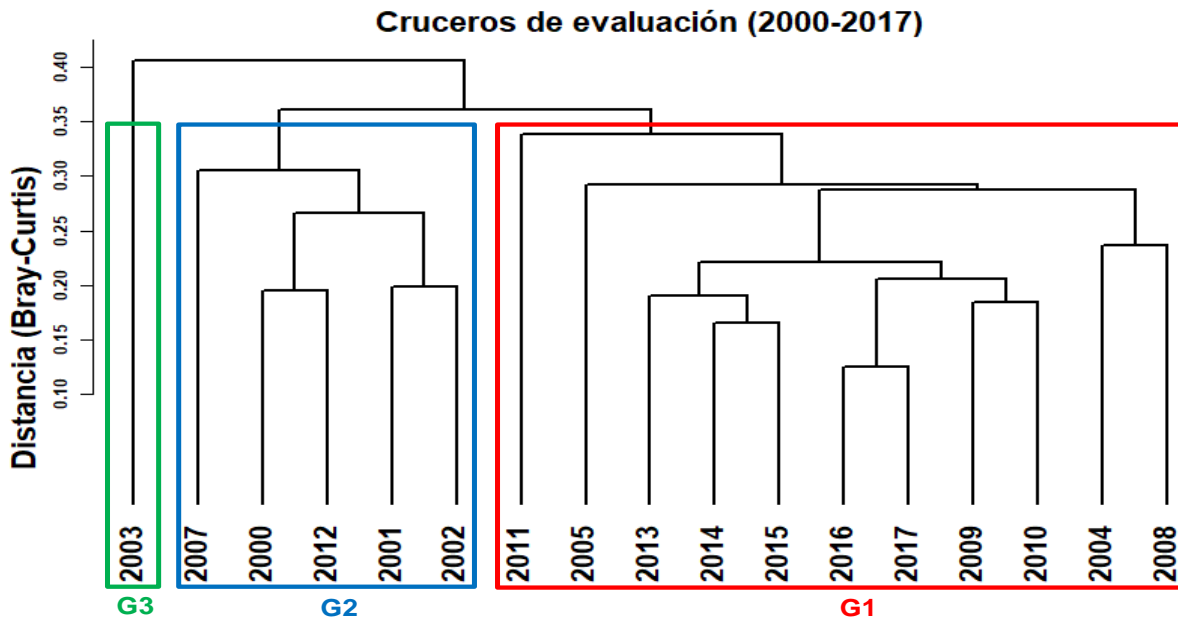
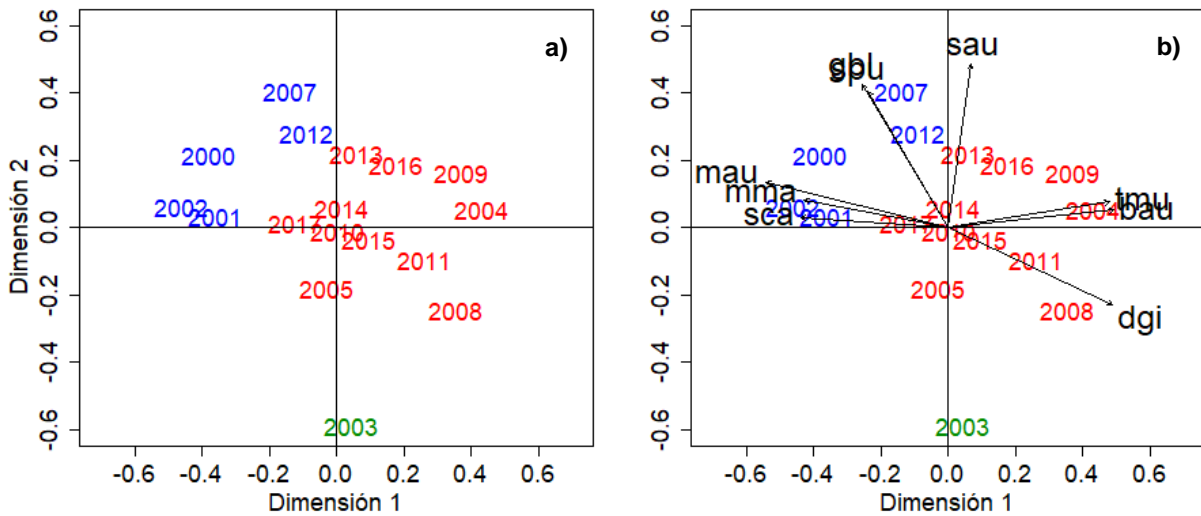


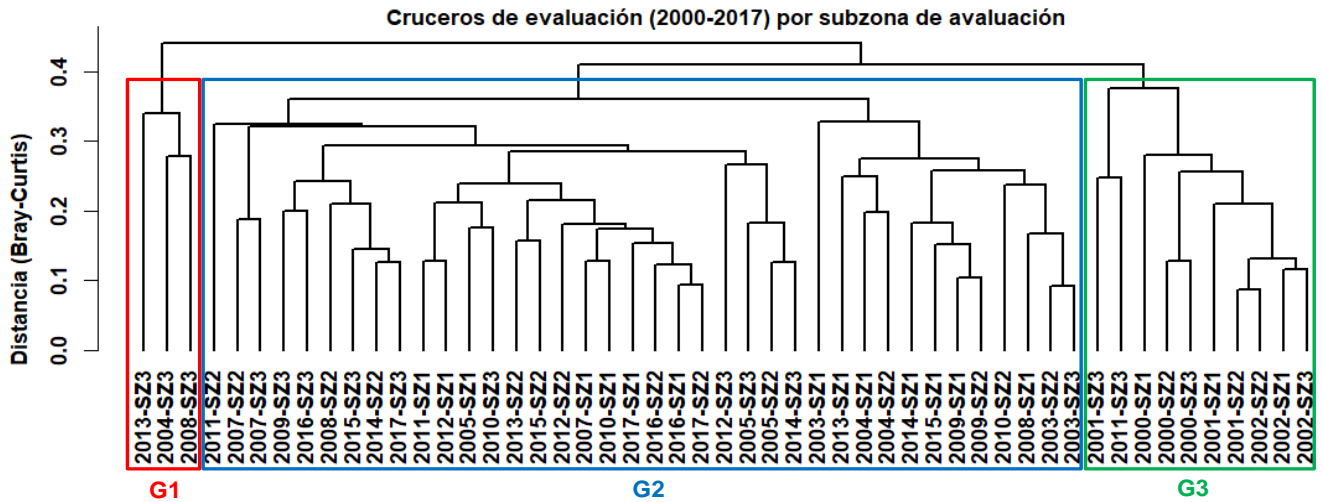
Figura 35. Distribuci3n latitudinal hist3rica de las especies con mayor recurrencia en las capturas de los cruceros de evaluaci3n directa.



**Figura 36.** Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceros de evaluación directa. Evaluaciones 2000 a 2017.

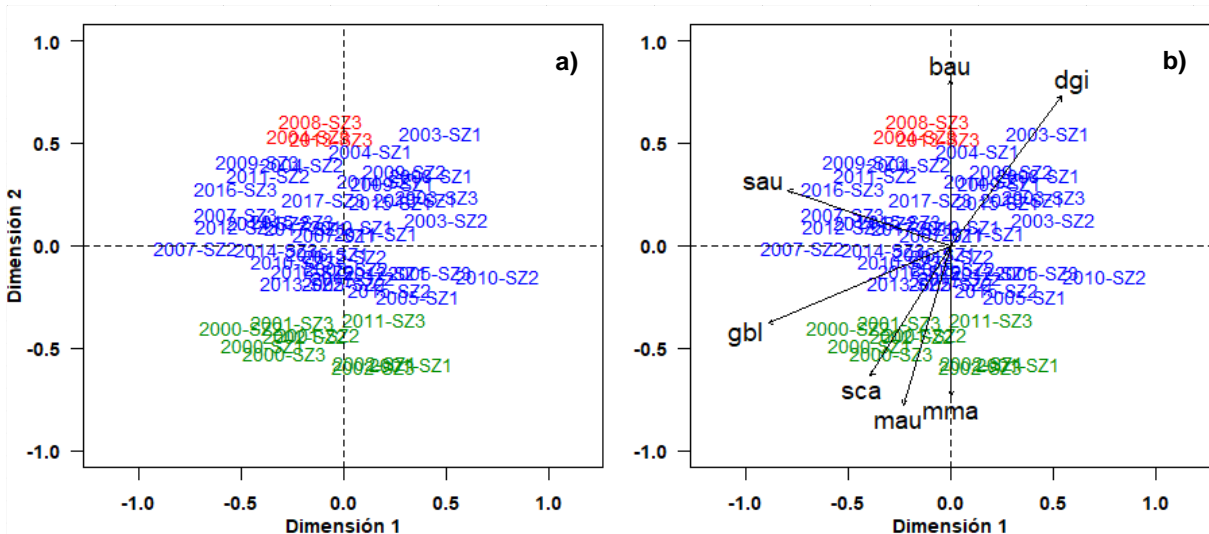


**Figura 37.** Resultado gráfico del análisis de ordenación (NMDS) de los cruceros de evaluación directa. Evaluaciones 2000 a 2017 (Simbología ver tabla 24).



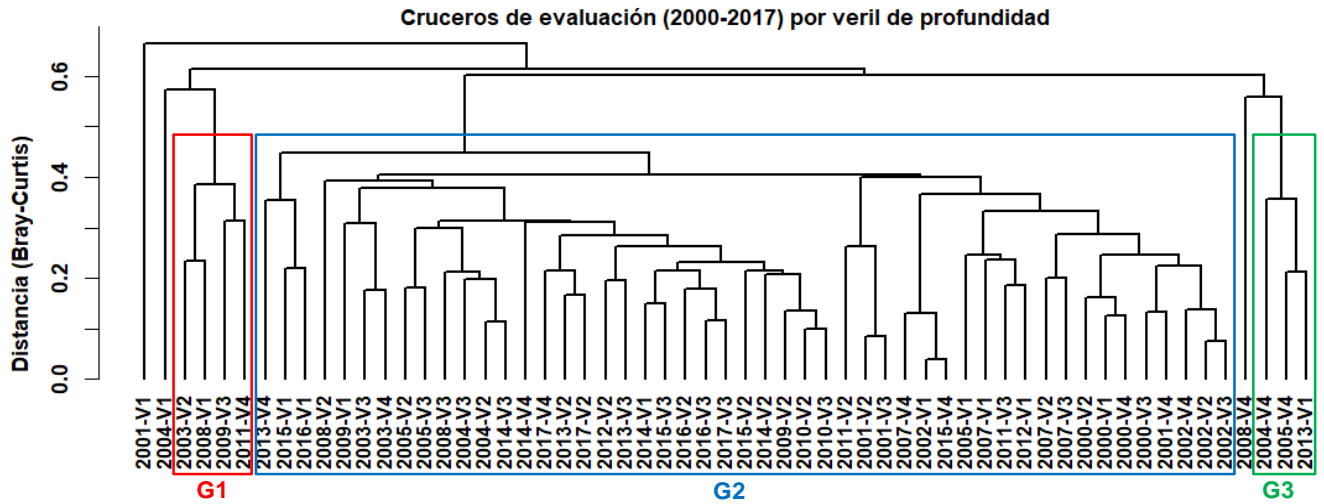
SZ 1=Guafó (43°30'-44°29'); SZ 2=Guamblín (44°30'-45°29'); SZ 3= Taitao (45°30'-47°00')

**Figura 38.** Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceros agrupados por subzona de evaluación. Evaluaciones 2000 a 2017.



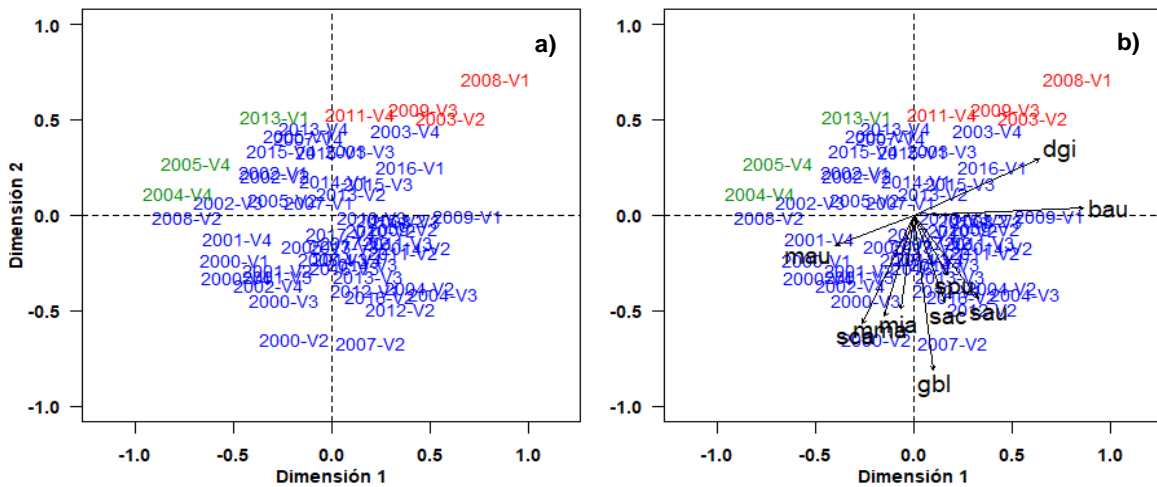
**Figura 39.** Resultado gráfico del análisis de ordenación (NMDS) de los cruceros agrupados por subzona de evaluación. Evaluaciones 2000 a 2017 (Simbología ver tabla 24).





V1 = < 200 m; V2 = 200 m – 300 m; V3 = 300 m – 400 m; V4 = > 400 m

**Figura 40.** Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceos agrupados por veril de profundidad. Evaluaciones 2000 a 2017.



**Figura 41.** Resultado gráfico del análisis de ordenación (NMDS) de los cruceos agrupados por veril de profundidad. Evaluaciones 2000 a 2017 (Simbología ver tabla 24).

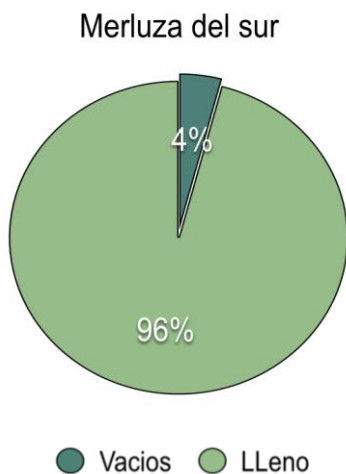


Figura 42. Proporción de est3magos llenos y vacíos de merluza del sur.

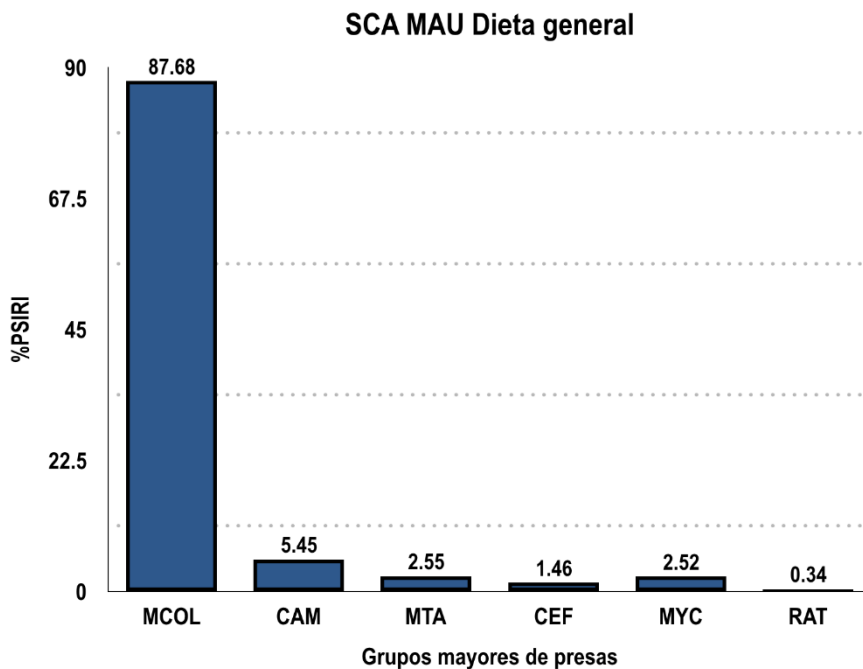
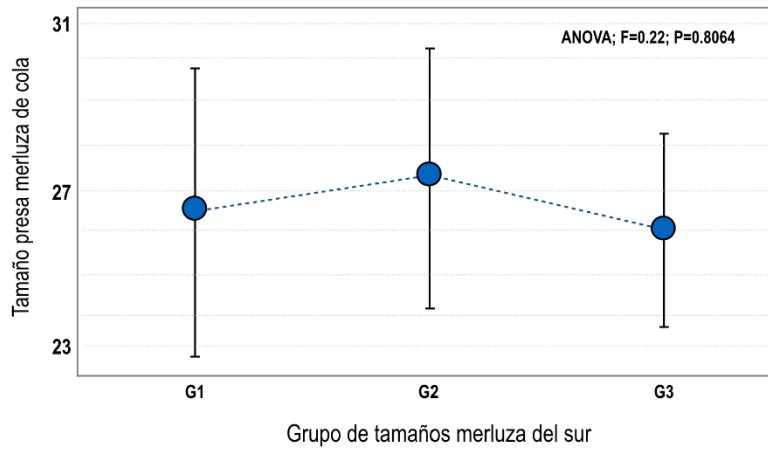
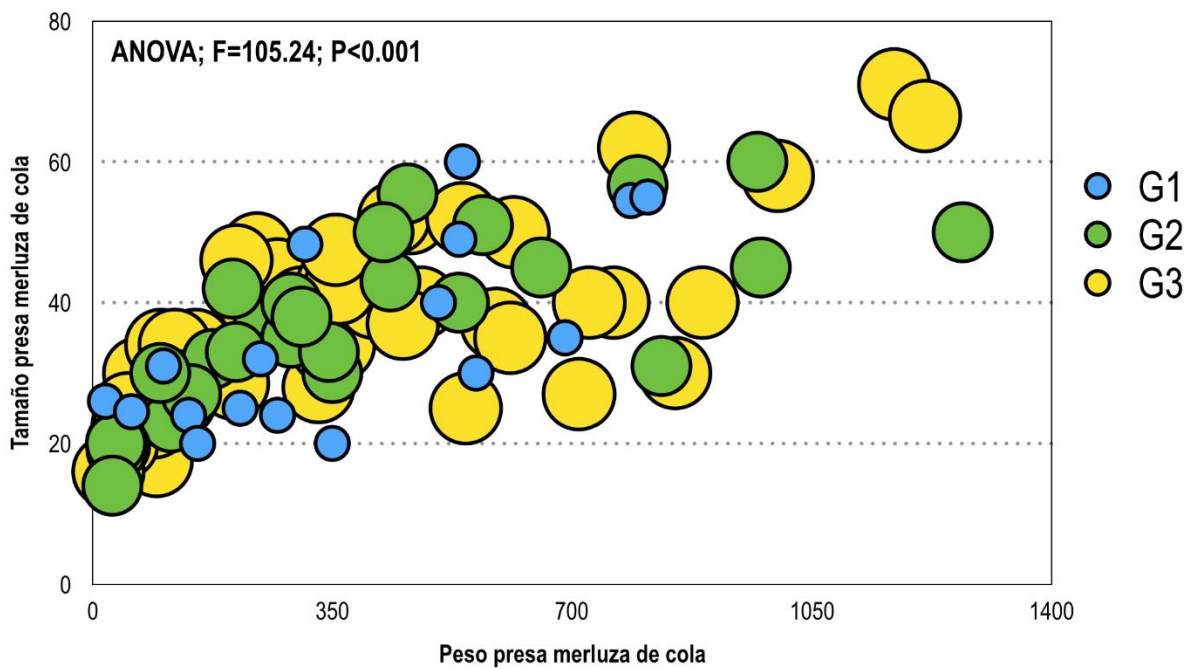


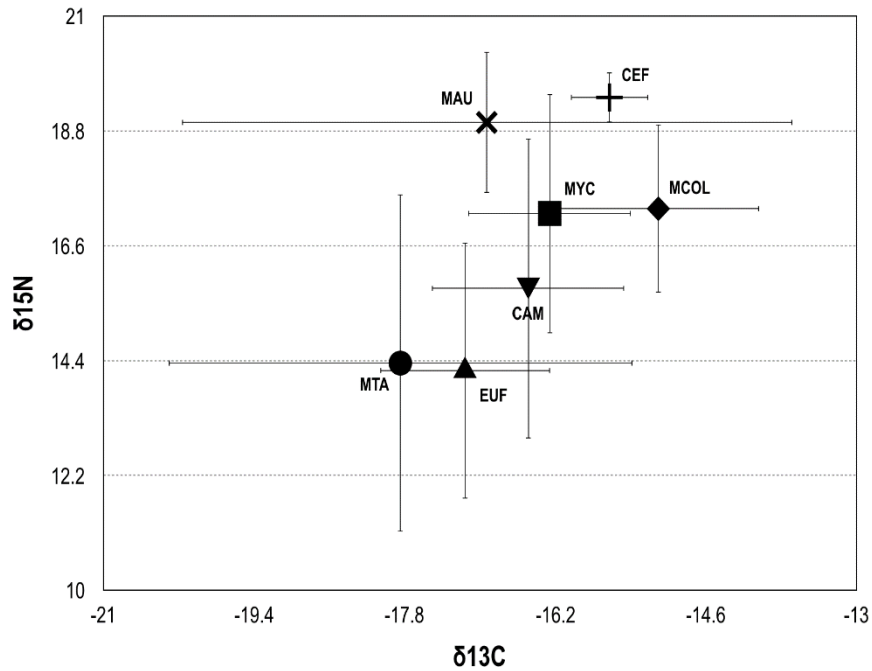
Figura 43. Dieta general de Merluza del sur para la zona y tiempo estudiado, temporada de pesca 2017. %PSIRI; indice estandarizado de IRI. MCOL; merluza de cola, CAM; camarones, MTA; merluza de tres aletas, CEF; cefalopodos, MYC; mictofidos, RAT; pejeratas.



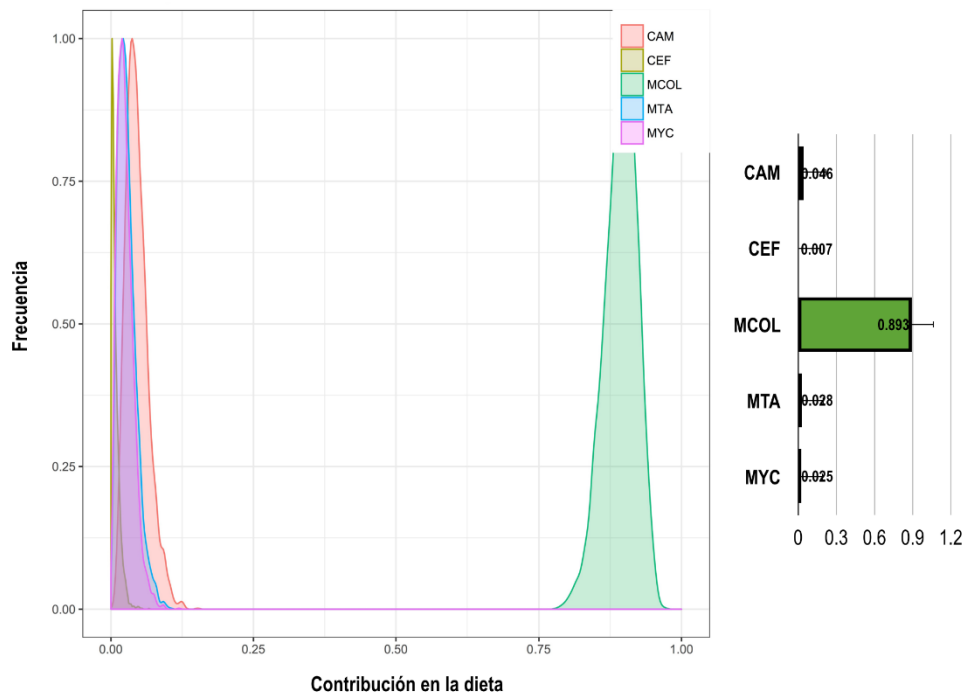
**Figura 44.** Comparaci3n entre los grupos de tamaños de Merluza del sur y las tallas promedio de presas de merluza de cola, temporada de pesca 2017.



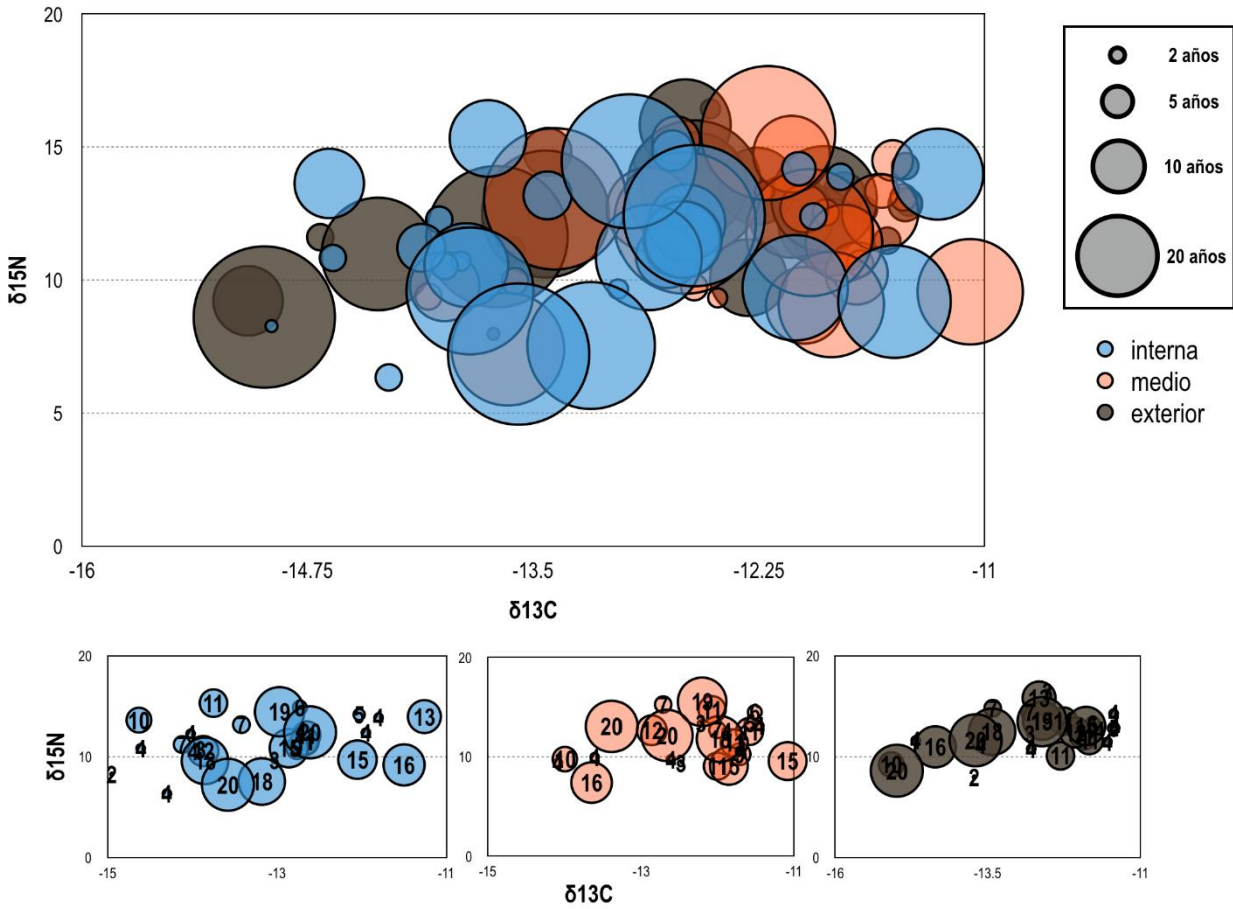
**Figura 45.** Relaci3n entre el peso y la longitud de las presas de merluza de cola en est3magos de merluza del sur, temporada de pesca 2017.



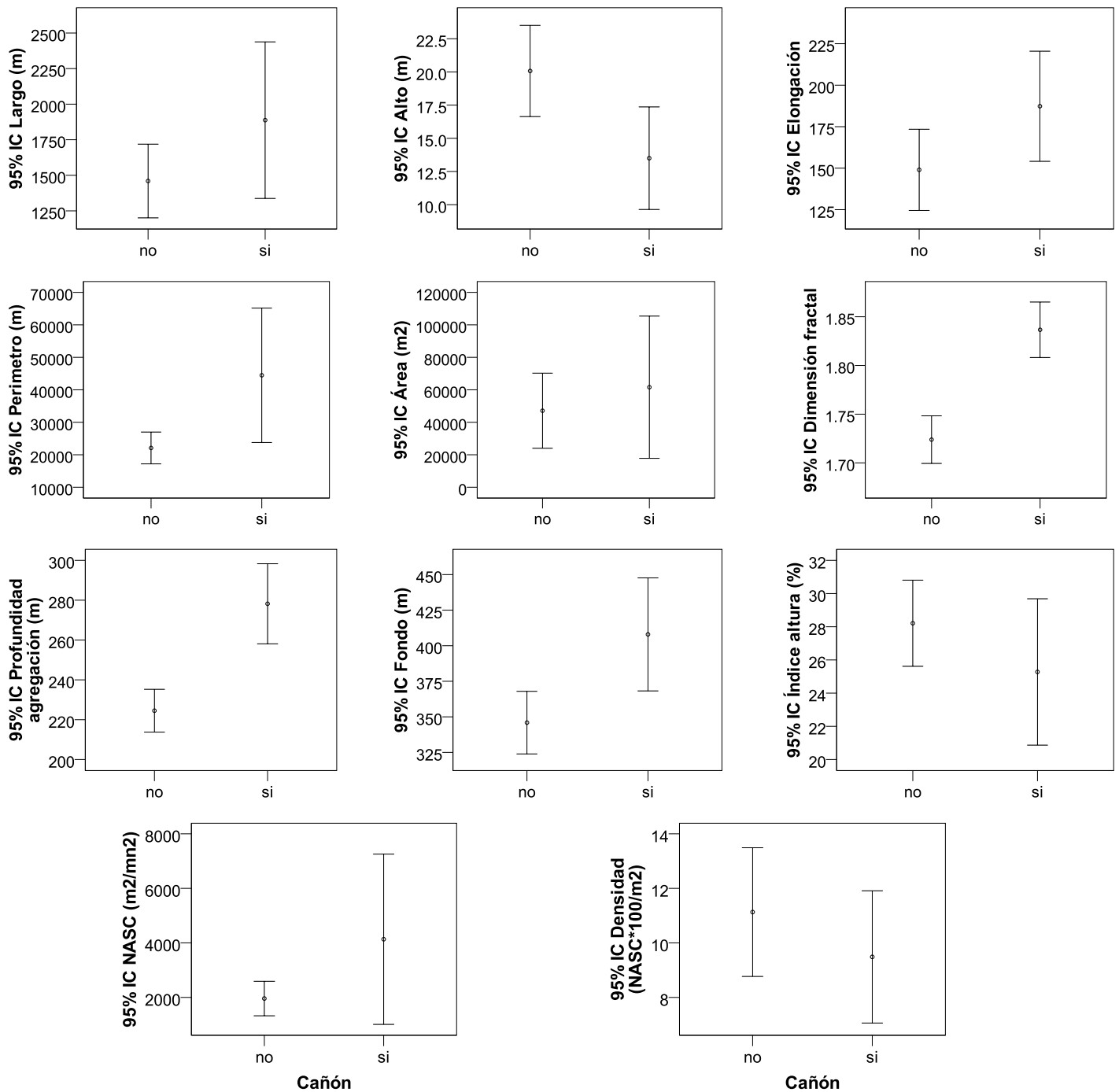
**Figura 46.** Biplot de nitr3geno y carbono para la zona estudiada. MAU; merluza austral, MTA; merluza de tres aletas, MCOL; merluza de cola, EUF; Eufausidos, CAM; Camarones, MYC; mictofidos, CEF; cefalopodos.



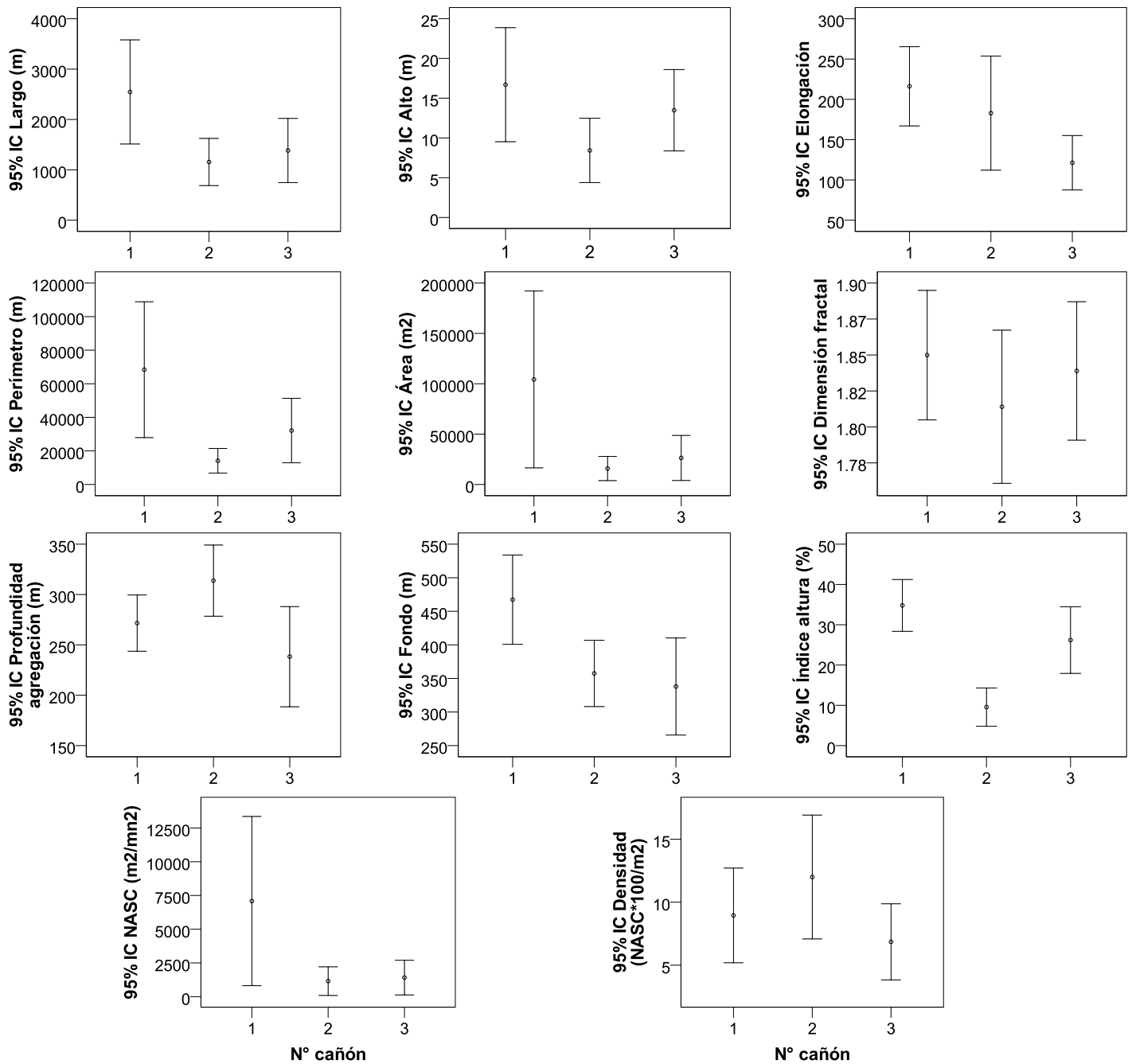
**Figura 47.** Proporciones dietarias inferidas por is3topos estables para *Merluccius australis* durante el 2017



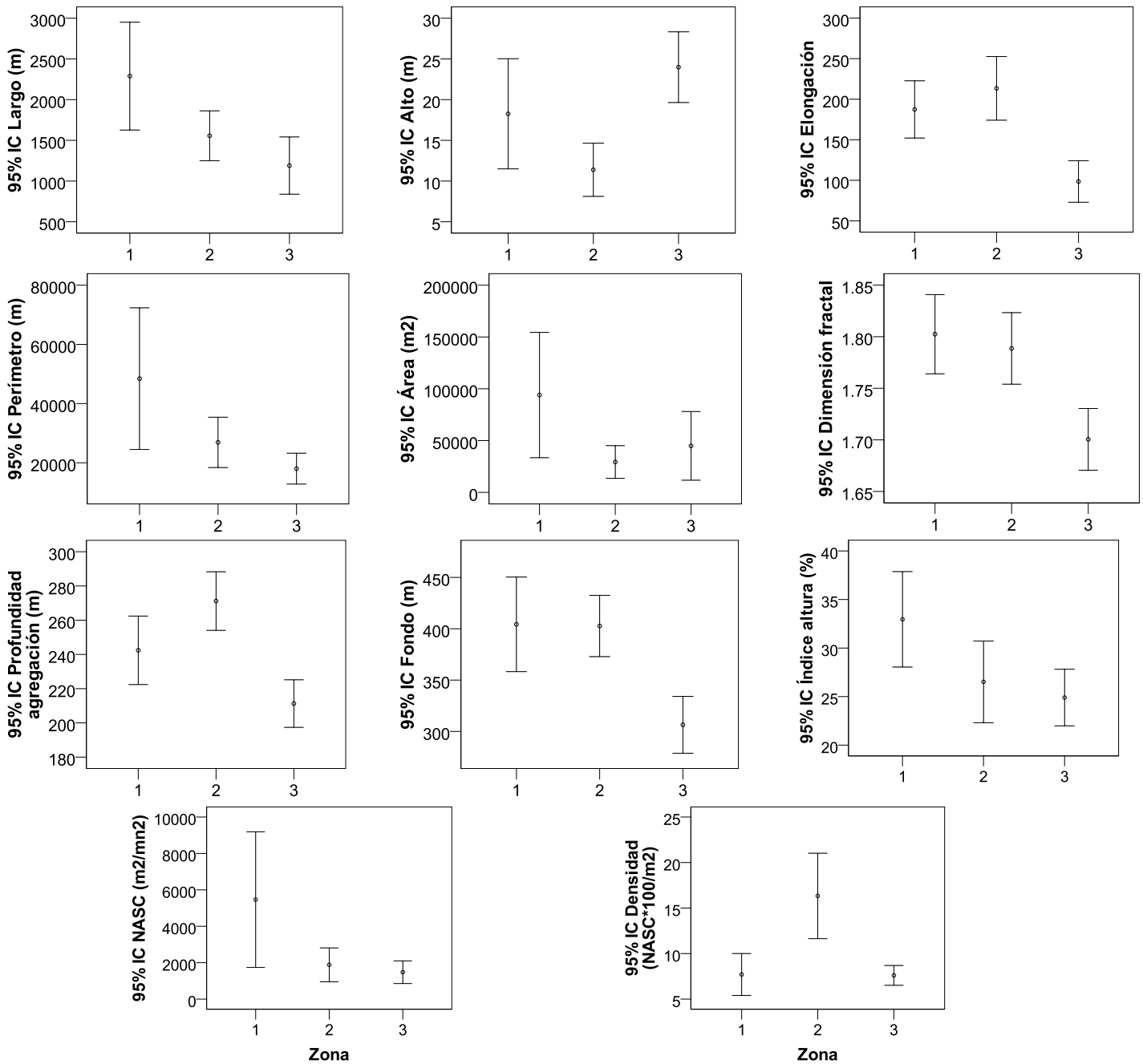
**Figura 48.** Análisis de las vértebras de merluza del sur. Los años fueron calculados a través de la clave talla - edad de Ojeda & Aguayo (1986).



**Figura 49.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores: morfol3gicos largo, alto y elongaci3n, perímetro, área y dimensi3n fractal; descriptores batim3tricos profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e índice de altura; descriptores de energía retrodispersada (NASC) y densidad acústica (NASC\*100/m<sup>2</sup>). Dentro del ca3n3n (si) y fuera del ca3n3n (no). Agosto 2017.

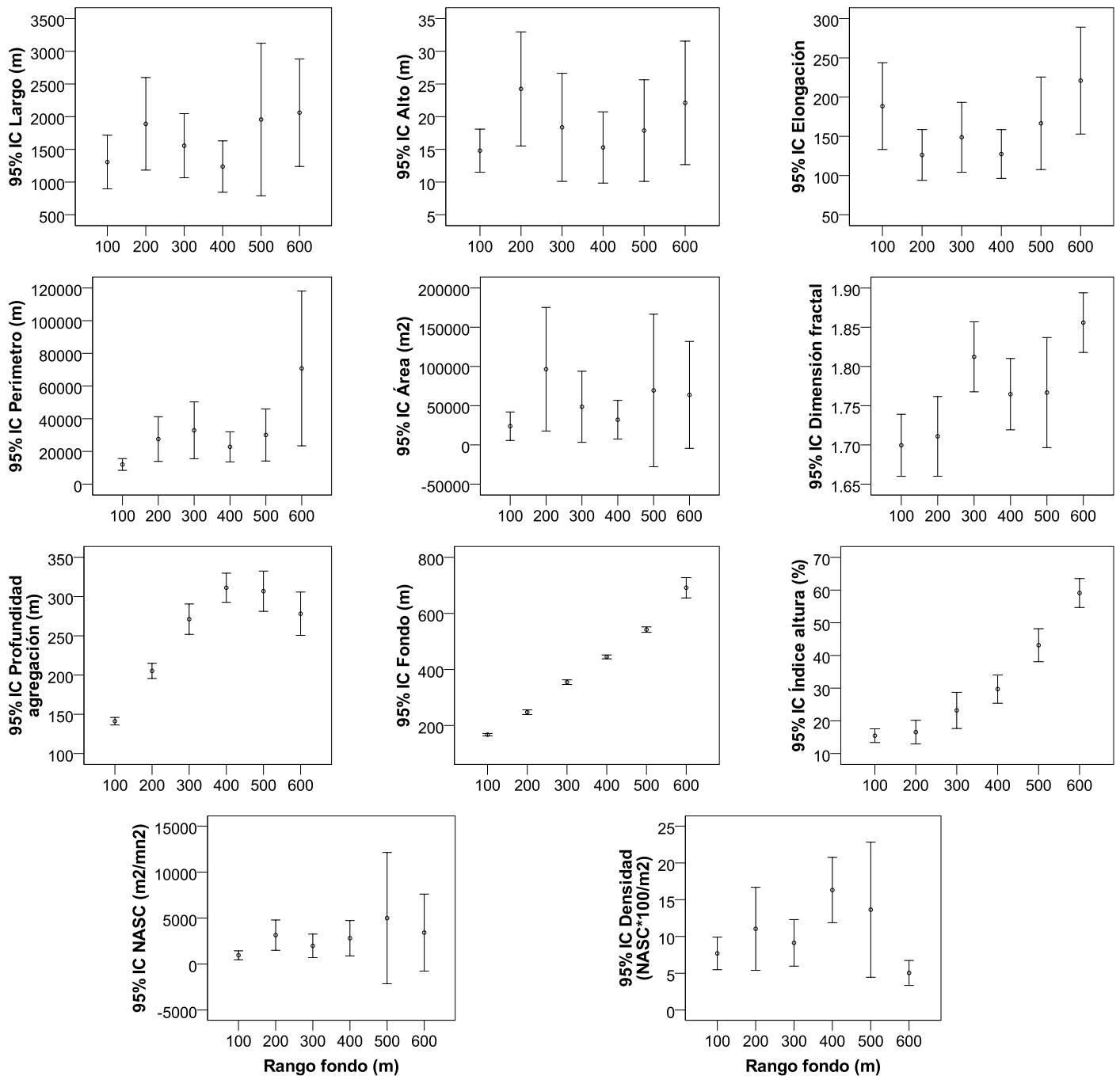


**Figura 50.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfol3gicos de largo, alto, elongaci3n, per3metro, 3rea y dimensi3n fractal; descriptores batim3tricos de profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e 3ndice de altura; descriptores de energ3a retrodispersada (NASC) y densidad ac3stica (NASC\*100/m<sup>2</sup>). Seg3n cañ3n. Agosto 2017.



**Figura 51.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfol3gicos de largo, alto, elongaci3n, permetro, 3rea y dimensi3n fractal; descriptores batim3tricos de profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e 3ndice de altura; descriptores de energa retrodispersada (NASC) y densidad ac3stica (NASC\*100/m<sup>2</sup>). Seg3n zona. Agosto 2017.





**Figura 52.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfol3gicos de largo, alto, elongaci3n, perimetro, 1rea y dimensi3n fractal; descriptores batim3tricos de profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e 1ndice de altura; descriptores de energ1a retrodispersada (NASC) y densidad ac1stica (NASC\*100/m<sup>2</sup>). Seg1n rango de fondo. Agosto 2017.

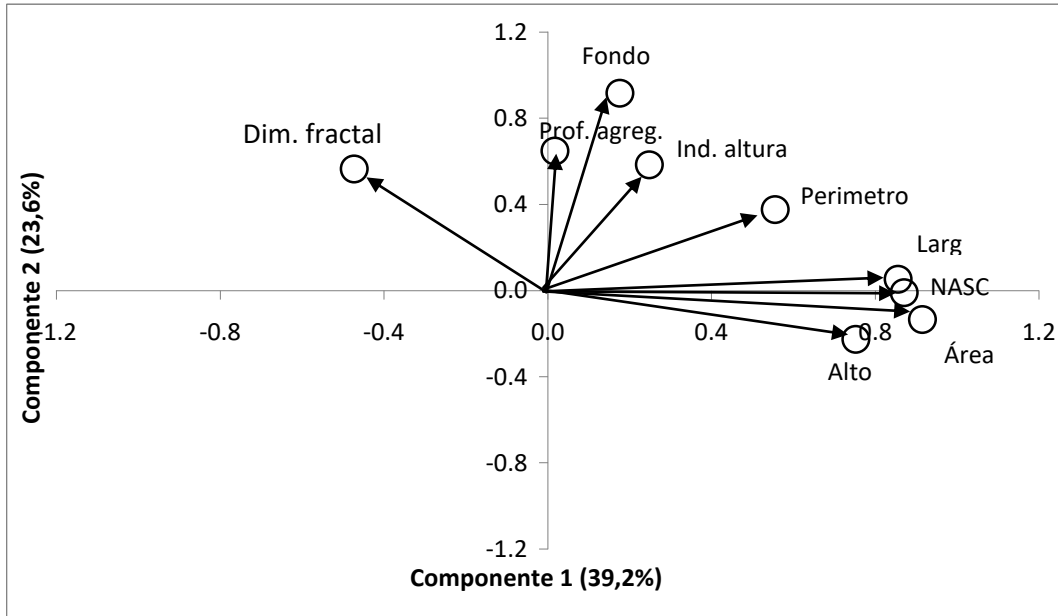
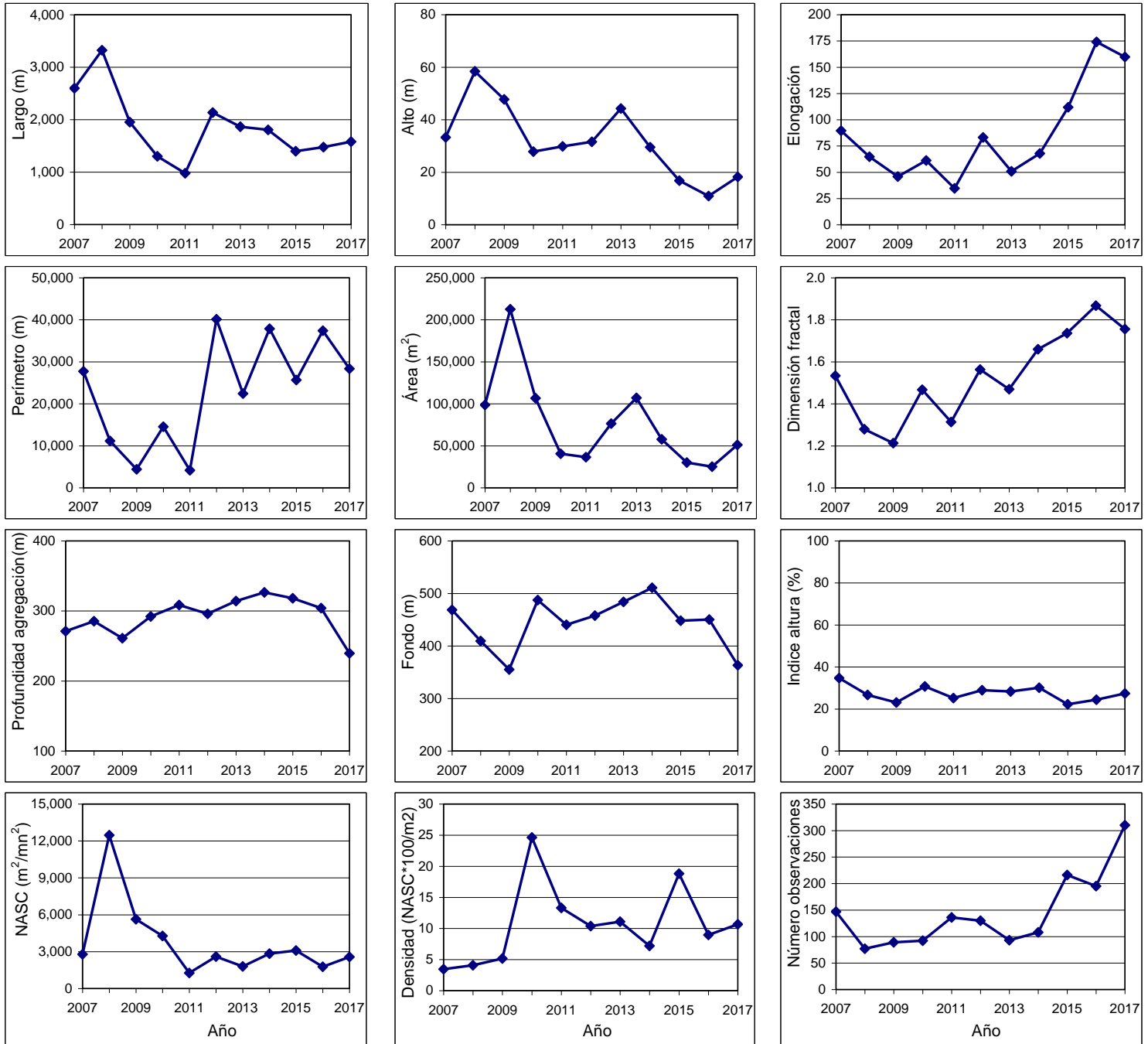


Figura 53. Correlaci3n de las variables originales con los dos primeros componentes. Agosto 2017.



**Figura 54.** Valores promedio de descriptores morfológicos (largo, alto, elongación, perímetro, área y dimensión fractal), batimétricos (profundidad agregación, profundidad fondo e índice de altura) y de energía (NASC y densidad). Años 2007-2017.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

---

# **T A B L A S**

---

**Tabla 1**

Estimaciones de biomasa y abundancia de merluza del sur. Valores obtenidos en estudios de prospección acústica realizados en el período 1992-2016.

<b>Año</b>	<b>Proyecto</b>	<b>Especie</b>	<b>Biomasa (t)</b>	<b>Abundancia (N°)</b>
1992	FIP 92-02	Merluza del sur	31.250	-
1994	FIP 93-04	Merluza del sur	23.123	7.650.000
1996	FIP 96-38	Merluza del sur	40.301	17.065.132
2000	FIP 2000-14	Merluza del sur	133.845	35.585.682
2001	FIP 2001-19	Merluza del sur	100.362	26.800.000
2002	FIP 2002-19	Merluza del sur	50.356	13.700.000
2003	FIP 2003-09	Merluza del sur	84.268	21.300.000
2004	FIP 2004-07	Merluza del sur	53.200	11.789.000
2005	FIP 2005-04	Merluza del sur	43.763	10.764.418
2007	FIP 2007-12	Merluza del sur	55.632	14.959.059
2008	FIP 2008 11	Merluza del sur	59.102	20.890.709
2009	FIP 2009-09	Merluza del sur	65.337	18.616.730
2010	Pesca Investigación	Merluza del sur	51.451	14.265.269
2011	FIP 2011-04	Merluza del sur	60.394	16.169.746
2012	FIP 2012-07	Merluza del sur	51.271	13.562.492
2013	FIP 2013-13	Merluza del sur	41.251	13.085.421
2014	ASIPA 2014	Merluza del sur	49.254	12.819.885
2015	ASIPA 2015	Merluza del sur	50.319	13.781.425
2016	ASIPA 2016	Merluza del sur	67.264	22.016.685



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

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

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

Lugar	Valparaíso	
Fecha	31/07/2017	
Buque	AGS 61 - Cabo de Hornos	
Ecosonda	Simrad ER 60	
Transductor	ES38B	
Profundidad esfera	23 m	
Profundidad fondo	42 m	
Frecuencia	38 kHz	
Ganancia (TS gain)	26,94 dB	
TS esfera (Tungsteno)	-42,04 dB	
Corrección $s_A$	-0,67 dB	
Ancho de banda	2,43 KHz	
Intervalo de muestreo	0,192 m	
Coefficiente de absorción	9,6 dB/km	
Velocidad del sonido	1495,6 m/s	
2-way beam angle	-20,6 dB	
	<u>Alongship</u>	<u>Athwartships</u>
Sensibilidad del ángulo	21,9	21,9
Ancho del haz	7,07°	7,11°
Desplazamiento del ángulo	-0,03°	-0,02°



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

Lance	Fecha	Calado		Virado		Profundidad red (m)	Duración (hora)	Rumbo	Velocidad (nudos)	Distancia (mn)	Captura (kg)				Captura (kg) total lance	Proporción (%) lance						
		Hora	Latitud	Longitud	Hora						Latitud	Longitud	Merluza del sur	Merluza de cola		Merluza tres aletas	Otras	Merluza del sur	Merluza de cola	Merluza tres aletas	Otras	
1	07-08-2017	0032	43°33,7'	75°18,7'	0100	43°32,5'	75°17,4'	330	0,5	030	3,8	1,5	83	88		70	241	34,6	36,4		29,0	
2	07-08-2017	0433	43°50,1'	75°07,3'	0503	43°51'	75°09,3'	333	0,5	243	4,0	1,7	111	223	0,3	2	335	33,0	66,3	0,1	0,5	
3	07-08-2017	1831	43°59,9'	75°16,3'	1911	44°01,7'	75°14,8'	386	0,7	001	3,6	2,1	63	90		23	176	35,8	50,9		13,3	
4	07-08-2017	2210	44°05'	74°53,6'	2225	44°05'	74°54,7'	318	0,3	274	3,0	0,8	192	4.805		3	5.000	3,8	96,1		0,1	
5	10-08-2017	1988	44°12,5'	75°09,5'	2026	44°12,2'	75°11,6'	313	0,5	271	3,4	1,5	123	677	0,4	0	800	15,3	84,6	0,1	0,0	
6	11-08-2017	0052	44°14,8'	74°49,5'	0114	44°13,6'	74°49,9'	290	0,4	359	3,6	1,2	104	3.878		18	4.000	2,6	96,9		0,4	
7	11-08-2017	0820	44°25,8'	75°20,6'	0900	44°27,6'	75°22,2'	353	0,7	231	3,4	2,2	79	341		2	422	18,8	80,8		0,4	
8	11-08-2017	1366	44°35,2'	75°21,5'	1442	44°36,9'	75°23,6'	381	0,8	200	3,3	2,3	73	166	0,2	4	244	30,0	68,2	0,1	1,8	
9	11-08-2017	2100	44°49,6'	75°33,1'	2146	44°47,2'	75°32,8'	447	0,8	000	3,4	2,4	586	180	3	7	777	75,5	23,2	0,4	0,9	
10	12-08-2017	0445	45°05'	75°20,5'	0524	45°05'	75°23,4'	374	0,7	285	3,2	2,0	155	310	1	3	469	33,1	66,1	0,1	0,7	
11	12-08-2017	1822	45°22,6'	75°28,3'	1825	45°22,4'	75°28,4'	350	0,1	345	3,0	0,2	26			27	53	48,8			51,2	
12	13-08-2017	1711	45°18,1'	74°56,3'	1744	45°16,9'	74°58,4'	333	0,6	301	3,1	1,9	2.096	413	1	35	2.544	82,4	16,2	0,0	1,4	
13	14-08-2017	0836	45°12,4'	75°09,1'	0849	45°12,8'	75°09,8'	366	0,2	227	3,6	0,7	191	2.809		0	3.000	6,4	93,6		0,0	
14	14-08-2017	2015	45°39,9'	75°34,3'	2046	45°38,6'	75°35,7'	500	0,5	335	3,3	1,6	196	116	6	8	326	60,2	35,4	1,9	2,5	
15	15-08-2017	0451	45°56,4'	75°32,7'	0510	45°56,4'	75°32,7'	280	0,3	246	3,5	0,0	1	5	0,4	5	12	6,2	44,4	3,7	45,7	
16	15-08-2017	1520	45°52,3'	75°36,1'	1606	45°55'	75°35,4'	368	0,8	195	3,0	2,7	5	106	12	52	176	2,9	60,6	6,9	29,7	
17	16-08-2017	0109	46°17,7'	75°23,6'	0145	46°19,1'	75°25,3'	384	0,6	227	3,1	1,8	43	2.957		0	3.000	1,4	98,6		0,0	
18	16-08-2017	0817	46°31,2'	75°37,8'	0850	46°29,6'	75°38,8'	380	0,6	341	3,0	1,7	237	1.460		0	1.696	14,0	86,0		0,0	
19	16-08-2017	1915	46°58,2'	75°39,1'	1945	46°56,9'	75°40,3'	387	0,5	320	3,3	1,5	281	173	116	15	585	48,0	29,6	19,8	2,6	
20	17-08-2017	0210	46°45,2'	75°41,5'	0301	46°42,2'	75°42,3'	200	0,9	345	4,1	3,0	32	666		0	698	4,5	95,5		0,0	
21	17-08-2017	0831	46°36,7'	75°39,7'	0914	46°38,7'	75°41,4'	366	0,7	197	3,4	2,3	105	726	17	9	856	12,2	84,8	1,9	1,0	
22	17-08-2017	1555	46°22,3'	75°28,4'	1625	46°21'	75°29,6'	401	0,5	349	2,7	1,5	107	535	11	2	655	16,3	81,7	1,7	0,3	
23	17-08-2017	2128	46°06,4'	75°30,4'	2224	46°03,8'	75°30'	440	0,9	033	2,9	2,6	379	139	45	13	577	65,8	24,1	7,8	2,3	
											<b>Captura (kg) total</b>				<b>26.642</b>							
											<b>Proporción (%)</b>				<b>19,8%</b>	<b>78,3%</b>	<b>0,8%</b>	<b>1,1%</b>				



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

Lance	Fecha	Capturas (kg)											Total
		Merluza del sur	Merluza de cola	Merluza de tres aletas	Cojinoba Moteada	Brótula	Reineta	Mictófidós	Calamar	Tollo sargento	Congrio dorado	Otros	
1	07-08-2017	83	88		3		60	8					241
2	07-08-2017	111	223	0,3						2		0,0	335
3	07-08-2017	63	90				10	0,5	1	11		1	176
4	07-08-2017	192	4.805							3			5.000
5	10-08-2017	123	677	0,4									800
6	11-08-2017	104	3.878			1					4	12	4.000
7	11-08-2017	79	341					0,4		1		0	422
8	11-08-2017	73	166	0,2			4		0,2				244
9	11-08-2017	586	180	3			3			2	2	0,4	777
10	12-08-2017	155	310	1			3					0,3	469
11	12-08-2017	26					27						53
12	13-08-2017	2.096	413	1						4	31		2.544
13	14-08-2017	191	2.809										3.000
14	14-08-2017	196	116	6			3					5	326
15	15-08-2017	1	5	0,4			5						12
16	15-08-2017	5	106	12			52		0,3				176
17	16-08-2017	43	2.957										3.000
18	16-08-2017	237	1.460										1.696
19	16-08-2017	281	173	116	15								585
20	17-08-2017	32	666										698
21	17-08-2017	105	726	17								9	856
22	17-08-2017	107	535	11		1						0,4	655
23	17-08-2017	379	139	45			11					2	577
<b>Captura total</b>		5.268	20.862	212	18	3	179	8	2	24	37	29	26.642
<b>Proporción (%)</b>		19,8%	78,3%	0,8%	0,1%	<0,1%	0,7%	<0,1%	<0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	





**Tabla 6.**

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

<p>1(1) <b>Virginal:</b> ovarios pequeños, filiformes; sexo difícilmente discernible de manera macroscópica. El examen microscópico muestra la presencia de células germinales. En un estadio más avanzado son de color rosado claro, de sección tubular y con un diámetro máximo de los ovocitos menor que 0,18 mm.</p>
<p>2(2) <b>Inmaduro:</b> ovarios claramente diferenciados, con paredes firmes, gruesas; color rosado claro o amarillo ocre. Ovocitos no visibles al ojo desnudo, de aspecto opaco, en vitelogénesis incipiente; diámetro máximo de los ovocitos inferior a 0,38 mm.</p>
<p>3(3) <b>En maduración:</b> ovarios turgentes, con escasa vascularización; color amarillo pálido; alcanzan un gran volumen. Ovocitos visibles a simple vista, en un amplio rango de tamaños, en vitelogénesis avanzada; diámetro máximo de los ovocitos inferior a 0.85 mm.</p>
<p>4(3A) <b>En maduración, desove parcial reciente:</b> ovario similar al estadio 3, turgentes o ligeramente flácidos; color amarillo pálido u oscuro. Diámetro de los ovocitos similar al estadio 3, pero además se distingue un número reducido de ovocitos hidratados con gota oleosa que corresponden al remanente de un desove parcial reciente. Estos ovarios pasan nuevamente al estadio 5.</p>
<p>5(4) <b>Maduro:</b> ovarios turgentes, a menudo con zonas translúcidas; color amarillo a anaranjado pálido; en una fase avanzada, los ovocitos fluyen del ovario al presionar el abdomen. Ovocitos visibles al ojo desnudo, con el proceso de hidratación iniciándose; con o sin gota oleosa; diámetro de los ovocitos más diferenciados igual o mayor que 0,85 mm.</p>
<p>6(5) <b>En regresión:</b> ovario flácido, con lumen grande; color rojizo; al final de este estadio las paredes se tornan gruesas y el color pasa a rosado amarillento. Sin ovocitos visibles a simple vista o bien ovocitos en número reducido en proceso de reabsorción. Estos ovarios pasan al estadio 2.</p>



**Tabla 7**

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

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



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

Recurso	Subzona	Dirección	Modelo ajustado	Parámetros ajustados				Bondad ajuste sse	Predicción espacial	
				Psill	total sill	Rango	Nugget		Media Kriging	Varianza geo
Merluza del sur	Zona total	Omnidirección	Exponencial	1,37E+05	1,52E+05	1,2	0	15,87	174,7852	2,52E+02
			Esférico	1,51E+05	1,07E+05	3,6	0	15,89	169,9147	2,52E+02

**Tabla 9.**  
Estimado total de biomasa, límites de confianza y densidad de merluza del sur.

Método	Área (mn <sup>2</sup> )	Biomasa (t)	Densidad (t*mn <sup>-2</sup> )
Razón	1.816	79.900 [74.033 – 85.767]	43,99
Geoestadístico	1.816	96.082 [88.998 – 103.165]	52,9

**Tabla 10.**  
Estimados de abundancia de merluza del sur y participación por sexo.

Sexo	Abundancia (N°)	Participación (%)
Machos	10.733.023	32
Hembras	23.215.058	68
Total	33.988.081	100



**Tabla 11**

Parámetros de la relación peso - longitud de merluza del sur, crucero de evaluación agosto del 2017.

Sexo	Parámetros	Merluza del sur
<b>Machos</b>	<b>a</b>	0,002473031
	intervalo	0,0021062      0,0029038
	<b>b</b>	3,224082416
	intervalo	3,1849650      3,2631998
	<b>N</b>	372
	<b>r<sup>2</sup></b>	0,986109687
<b>Hembras</b>	<b>a</b>	0,002304333
	intervalo	0,0020076      0,0026449
	<b>b</b>	3,248305989
	intervalo	3,2162436      3,2803684
	<b>N</b>	821
	<b>r<sup>2</sup></b>	0,979710162
<b>Ambos</b>	<b>a</b>	0,002169956
	intervalo	0,0019638      0,0023978
	<b>b</b>	3,260393417
	intervalo	3,2368446      3,2839422
	<b>N</b>	1193
	<b>r<sup>2</sup></b>	0,984115377

**Tabla 12**

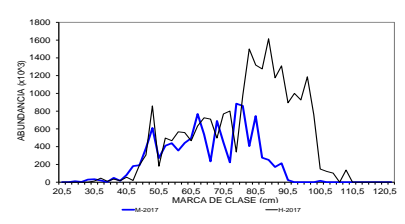
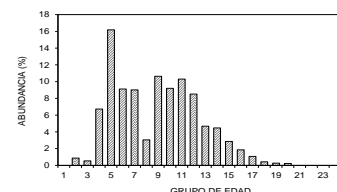
Estimaciones del tamaño del stock, peso promedio y proporción sexual, cruceros de merluza del sur 2000-2017.

Merluza del sur																	
Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
B (x103)	133,8	100,4	50,4	84,3	53,2	42,5	55,6	59,7	65,3	51,5	60,4	51,3	42,8	49,3	50,3	67,3	96,1
A (x106)	36	27	14	21	12	10	16	21	19	14	16	14	14	13	14	22	34
wprom (g)	3.761	3.696	3.673	3.952	4.512	4.091	3.566	2.857	3.510	3.614	3.735	3.780	3.108	3.842	3.651	3.055	2.827
Proporción (%) M:H en número	30 : 71	43 : 57	49 : 51	48 : 52	23 : 77	33 : 67	52 : 48	48 : 52	50 : 50	29 : 71	36 : 64	45 : 55	26 : 74	38 : 62	30 : 70	23 : 77	32 : 68
Proporción (%) M:H en peso	23 : 77	33 : 67	41 : 59	44 : 56	17 : 83	26 : 74	45 : 55	44 : 56	43 : 57	24 : 76	30 : 70	45 : 55	16 : 84	31 : 69	25 : 75	13 : 87	21 : 79
<p style="text-align: center;">B=biomasa (t)      A=Abundancia (nº de ejemplares)      wprom= (B/A)</p>																	



**Tabla 13**  
Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza del sur, machos. Crucero de evaluación 2017.  
(Abundancia Total= 33.988.081 ejemplares; Machos= 10.773.023; Hembras= 23.215.058).

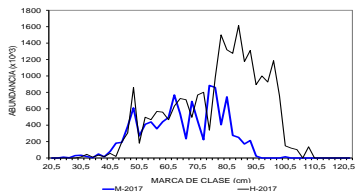
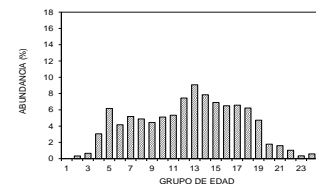
TALLAS (cm)	FREC.	GRUPOS DE EDAD																										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24+			
20 - 21																												
22 - 23																												
24 - 25	10.838	10.838																										
26 - 27	2.996	2.996																										
28 - 29	29.298	29.298																										
30 - 31	33.491	16.746	16.746																									
32 - 33	18.933	9.467	9.467																									
34 - 35	2.996	2.996																										
36 - 37	48.816	24.408	12.204	12.204																								
38 - 39	15.385			15.385																								
40 - 41	81.308		16.262	65.046																								
42 - 43	181.229			151.024	30.205																							
44 - 45	190.938			52.074	138.864																							
46 - 47	384.014			106.671	256.009	21.334																						
48 - 49	610.909			152.727	458.181																							
50 - 51	270.747			77.356	174.052	19.339																						
52 - 53	410.901			43.253	259.516	108.132																						
54 - 55	439.278			48.809	195.235	170.830	24.404																					
56 - 57	356.535				127.334	25.467	203.734																					
58 - 59	441.499				103.882	181.794	103.882	25.971	25.971																			
60 - 61	494.551					176.625	176.625	70.650	70.650																			
62 - 63	768.049					90.359	316.256	135.538	180.717	45.179																		
64 - 65	539.070					154.020	77.010		231.030	77.010																		
66 - 67	234.472							33.496	167.480		33.496																	
68 - 69	689.568						34.478	68.957	34.478	275.827	103.435	103.435	68.957															
70 - 71	448.807									128.231	256.461	64.115																
72 - 73	223.540								27.943				27.943															
74 - 75	884.026								38.436	269.052	384.359	153.744		38.436														
76 - 77	860.006									184.287	368.574	122.858																
78 - 79	405.848									173.935	57.978	57.978	57.978	28.989	28.989													
80 - 81	745.101									82.789	165.578	82.789	124.184	248.367														
82 - 83	275.598										45.933	137.799	45.933															
84 - 85	251.054											41.842	125.527															
86 - 87	171.075												28.513	57.025	28.513													
88 - 89	212.910													60.831	60.831	30.416	30.416											
90 - 91	23.665																											
92 - 93																												
94 - 95																												
96 - 97																												
98 - 99																												
100 - 101																												
102 - 103		15.570																										
104 - 105																												
106 - 107																												
108 - 109																												
110 - 111																												
112 - 113																												
114 - 115																												
116 - 117																												
118 - 119																												
120 - 121																												
122 - 123																												
TOTAL	10.773.023	93.753	57.674	724.549	1.743.279	982.378	970.869	328.076	1.146.284	991.309	1.110.244	917.219	504.098	481.402	307.772	200.115	115.840	45.985	28.513	23.665								
PORCENTAJE		0,87	0,54	6,73	16,18	9,12	9,01	3,05	10,64	9,20	10,31	8,51	4,68	4,47	2,86	1,86	1,08	0,43	0,26	0,22								
TALLA PROM. (cm)		30,8	35,1	46,4	50,4	58,7	60,8	63,6	66,3	71,8	74,7	76,9	81,1	82,4	81,1	84,8	82,8	92,6	86,5	90,5								
VARIANZA		15,60	15,91	18,90	16,20	22,54	11,70	14,75	12,72	15,77	12,32	13,86	14,10	14,59	6,34	8,69	5,29	32,25										
PESO PROM (g)		165,2	248,9	601,7	781,0	1.274,5	1.413,6	1.637,9	1.860,1	2.408,5	2.734,2	3.000,9	3.565,0	3.743,9	3.544,9	4.097,8	3.782,7	5.482,6	4.348,4	5.030,7								





**Tabla 14**  
Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza del sur, hembras. Crucero de evaluación 2017.  
(Abundancia Total= 33.988.081 ejemplares; Machos= 10.773.023; Hembras= 23.215.058).

TALLAS (cm)	FREC.	GRUPOS DE EDAD																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24+
20 - 21																									
22 - 23																									
24 - 25																									
26 - 27																									
28 - 29																									
30 - 31	12.765	6.383	6.383																						
32 - 33	45.190	45.190																							
34 - 35	10.812		7.208	3.604																					
36 - 37	33.984		33.984																						
38 - 39	16.485	10.990	5.495																						
40 - 41	56.215	14.054		42.161																					
42 - 43	19.468			19.468																					
44 - 45	194.639		55.611	111.222	27.806																				
46 - 47	306.151		43.736	131.208	109.340	21.868																			
48 - 49	858.844			322.066	536.777																				
50 - 51	180.542			10.030	110.331	50.151	10.030																		
52 - 53	497.233			45.203	271.218	135.609	45.203																		
54 - 55	467.155			24.587	73.761	245.871	122.936																		
56 - 57	567.193				128.907	180.470	232.033		25.781																
58 - 59	558.944				174.670	209.604	34.934	104.802	34.934																
60 - 61	466.932					122.877	122.877	147.452	49.151	24.575															
62 - 63	633.046						316.523	180.870	135.653																
64 - 65	725.253						80.584	322.334	322.334																
66 - 67	710.189						186.892	299.027	149.513	74.757															
68 - 69	496.163						52.230	78.345	235.034	104.460	26.115														
70 - 71	788.523								439.156	137.236	54.895	54.895													
72 - 73	801.480								320.592	352.651	128.237														
74 - 75	339.666								53.632	125.140	160.895														
76 - 77	978.847								83.901	195.769	503.407	167.802	27.967												
78 - 79	1.500.597								26.326	342.241	631.830	210.610	157.958	52.653	52.653	26.326									
80 - 81	1.319.231								29.983	59.965	149.913	509.703	149.913	239.860	179.896										
82 - 83	1.275.666									29.667	59.333	534.000	356.000	178.000	89.000	29.667									
84 - 85	1.614.695										41.402	414.024	414.024	496.829	124.207	82.805					41.402				
86 - 87	1.175.023											142.427	391.674	320.461	142.427	106.820					71.214				
88 - 89	1.310.447											72.803	291.210	145.605	182.007	218.408	291.210	72.803			72.803			36.401	
90 - 91	893.695													61.634	369.805	92.451	215.719	30.817	92.451		30.817			30.817	
92 - 93	999.776													39.991	159.964	279.937	279.937	119.973	119.973		119.973			33.075	33.075
94 - 95	926.106													66.150	99.226	264.602	231.527	99.226	33.075		33.075			103.157	103.157
96 - 97	1.186.301													103.157	309.470	257.892	361.048	40.003	80.006		80.006			80.006	80.006
98 - 99	760.055													40.003	280.020	24.683	120.009	61.707	37.024		24.683			24.683	24.683
100 - 101	148.096																				120.904				
102 - 103	120.904																					102.168			
104 - 105	102.168																								
106 - 107																									
108 - 109	136.558																								136.558
110 - 111																									
112 - 113																									
114 - 115																									
116 - 117																									
118 - 119																									
120 - 121																									
122 - 123																									
TOTAL	23.215.058	76.617	152.416	709.550	1.432.811	966.450	1.204.241	1.132.831	1.034.743	1.187.048	1.239.118	1.729.912	2.106.264	1.821.822	1.601.184	1.509.268	1.525.130	1.445.260	1.098.482	413.360	371.069	240.920	80.006	136.558	
PORCENTAJE		0,33	0,66	3,06	6,17	4,16	5,19	4,88	4,46	5,11	5,34	7,45	9,07	7,85	6,90	6,50	6,57	6,23	4,73	1,78	1,60	1,04	0,34	0,59	
TALLA PROM. (cm)		34,7	42,0	47,3	51,4	55,8	60,7	63,9	65,3	71,7	75,1	77,3	81,7	84,4	85,1	88,3	92,6	92,5	95,4	94,3	98,1	97,3	98,5	108,5	
VARIANZA		12,56	23,48	9,88	15,18	9,85	20,53	7,87	10,50	13,78	10,13	7,67	11,66	11,42	13,05	26,18	23,97	11,27	16,39	11,63	27,23	2,88	0,00		
PESO PROM (g)		240,3	453,3	644,8	851,2	1.101,5	1.461,1	1.700,6	1.829,2	2.482,2	2.867,6	3.147,6	3.773,2	4.190,0	4.307,3	4.887,9	5.681,5	5.636,2	6.239,0	6.005,3	6.857,1	6.622,4	6.883,9	9.424,2	





**Tabla 15**  
Abundancia por grupo de edad y desviación estándar por sexo y proporción por grupo de edad.  
Crucero agosto 2017.

GE	Machos		Hembras		Ambos	
	Número	s.d.	Número	s.d.	Número	%
I	0	0	0	0	0	0,0
II	93.753	20.012	76.617	16.763	170.369	0,5
III	57.674	24.547	152.416	47.981	210.091	0,6
IV	724.549	110.713	709.550	133.458	1.434.099	4,2
V	1.743.279	158.684	1.432.811	174.996	3.176.090	9,3
VI	982.378	173.934	966.450	137.183	1.948.828	5,7
VII	970.869	169.283	1.204.241	177.061	2.175.110	6,4
VIII	328.076	107.899	1.132.831	176.543	1.460.906	4,3
IX	1.146.284	193.962	1.034.743	168.357	2.181.027	6,4
X	991.309	188.445	1.187.048	160.997	2.178.357	6,4
XI	1.110.244	187.604	1.239.118	169.374	2.349.362	6,9
XII	917.219	184.369	1.729.912	193.903	2.647.130	7,8
XIII	504.098	139.134	2.106.264	243.641	2.610.362	7,7
XIV	481.402	125.154	1.821.822	236.590	2.303.223	6,8
XV	307.772	95.988	1.601.184	226.284	1.908.955	5,6
XVI	200.115	77.095	1.509.268	224.182	1.709.382	5,0
XVII	115.840	68.234	1.525.130	232.915	1.640.970	4,8
XVIII	45.985	30.459	1.445.260	219.904	1.491.245	4,4
XIX	28.513	28.513	1.098.482	189.785	1.126.995	3,3
XX	23.665	1.117	413.360	111.897	437.025	1,3
XXI	0	0	371.069	98.547	371.069	1,1
XXII	0	0	240.920	97.881	240.920	0,7
XXIII	0	0	80.006	55.047	80.006	0,2
XXIV+	0	0	136.558	6.447	136.558	0,4
1 Tot	10.773.023	508.604	23.215.058	1.096.003	33.988.081	100



**Tabla 16**

Estimaciones de Grupo de Edad (GE) al 50% de madurez para merluza del sur, Intervalo de confianza (IC), Límites (LI: límite inferior, LS: límite superior) y número de muestras analizadas (n), por sexo, para años que forman parte de la serie histórica de cruceros de evaluación.

		Merluza del sur											
Sexo	Parámetro	2000	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Machos	GE <sub>50%</sub>	9,8	9,0	9,1	8,9	10,8	10,5	8,9	11,2	10,1	9,4	11,9	11,7
	IC LI	9,2	8,1	8,8	8,6	10,5	9,7	7,7	10,1	9,8	9,2	11,4	11,1
	IC LS	10,6	9,9	9,8	9,4	11,2	11,3	10,0	11,8	10,6	9,8	12,6	12,3
	n	491	230	405	477	461	418	647	232	563	408	359	340
Hembras	GE <sub>50%</sub>	13,1	14,3	13,1	12,5	14,3	10,5	13,3	13,7	12,4	12,2	13,5	14,0
	IC LI	12,6	13,5	12,6	11,7	13,9	9,2	12,8	13,4	12,2	12,0	13,2	13,6
	IC LS	13,3	15,1	13,6	13,2	14,9	11,6	13,8	14,3	12,6	12,4	13,8	14,6
	n	977	348	607	476	484	589	605	783	936	788	934	740

**Tabla 17**

Índices de la actividad reproductiva de las hembras adultas de la merluza del sur *Merluccius australis*, desde el 7 al 17 de agosto de 2017. LT, longitud promedio; EMS, estadio de madurez sexual; IGS, índice gonadosomático. El cálculo del % de EMS considera peces inmaduros y maduros.

Período	N	N Hembras	LT Hembras	% EMS	% EMS	% EMS	
Agosto	Lances	maduras	maduras (cm)	3	4+5	6	IGS
7 al 11	9	114	87,60	20,5	17,9	9,2	7,1
12 al 14	5	118	89,20	14,7	19,4	20,3	5,2
15 al 17	9	78	88,90	14,1	4,6	6,9	4,8





**Tabla 18**

Proporción de hembras maduras a la talla y límites de confianza inferior y superior del 95% en la merluza del sur *Merluccius australis* en agosto de 2017, mediante el ajuste a un modelo lineal generalizado.

LT (cm)	Proporción Maduras	Límite Inferior	Límite superior
31	0	0	0
32	0	0	0
33	0	0	0
34	0	0	0
35	0	0	0
36	0	0	0
37	0	0	0
38	0	0	0
39	0	0	0
40	0	0	0
41	0	0	0
42	0	0	0
43	0	0	0
44	0	0	0
45	0	0	0
46	0	0	0
47	0	0	0
48	0	0	0
49	0	0	0
50	0	0	0
51	0	0	0
52	0	0	0
53	0	0	0
54	0	0	0
55	0	0	0
56	0	0	0
57	0	0	0
58	0	0	0,01
59	0	0	0,01
60	0	0	0
61	0	0	0
62	0	0	0
63	0	0	0
64	0	0	0
65	0	0	0
66	0	0	0
67	0	0	0
68	0	0	0
69	0	0	0
70	0,16	0,10	0,22
71	0,21	0,14	0,28
72	0,27	0,20	0,34
73	0,34	0,27	0,42
74	0,42	0,35	0,50
75	0,51	0,43	0,58
76	0,59	0,52	0,66
77	0,67	0,61	0,73
78	0,74	0,68	0,80
79	0,80	0,75	0,85
80	0,85	0,80	0,89
81	0,89	0,85	0,93
82	0,92	0,88	0,95
83	0,94	0,91	0,97
84	0,96	0,93	0,98
85	0,97	0,95	0,99
86	0,98	0,96	0,99
87	0,98	0,97	0,99
88	0,99	0,98	1
89	0,99	0,99	1
90	0,99	0,99	1
91	1	0,99	1
92	1	0,99	1
93	1	1	1
94	1	1	1
95	1	1	1
96	1	1	1
97	1	1	1
98	1	1	1
99	1	1	1
100	1	1	1
101	1	1	1
102	1	1	1
103	1	1	1
104	1	1	1
105	1	1	1
106	1	1	1
107	1	1	1
108	1	1	1



**Tabla 19**

Talla media de madurez sexual estimada por un ajuste de máxima verosimilitud mediante el ajuste a una función logística y posteriormente por un procedimiento no lineal en la merluza del sur *Merluccius australis*, años 1996 a 2017.

Año	Modelo lineal	Modelo no lineal	Fuente	Año
Agosto 2001		74,1	Lillo <i>et al.</i> (2002)	Agosto 2001
Julio-ago 2002		73,3	Lillo <i>et al.</i> (2003)	Julio-ago 2002
Agosto 2003		Sin ajuste	Lillo <i>et al.</i> (2004)	Agosto 2003
Ago-sept. 2004		75,3	Lillo <i>et al.</i> (2005)	Ago-sept. 2004
Agosto 2005		76,7	Córdova <i>et al.</i> (2006)	Agosto 2005
Ago-sept. 2007		71,4	Lillo <i>et al.</i> (2008)	Ago-sept. 2007
Agosto 2008		74,8	Lillo <i>et al.</i> (2009)	Agosto 2008
Agosto 2009		71,1	Lillo <i>et al.</i> (2010)	Agosto 2009
Agosto 2010		71,9	Lillo <i>et al.</i> (2011)	Agosto 2010
Agosto 2011		71,4	Lillo <i>et al.</i> (2012)	Agosto 2011
Agosto 2012	73,5	73,3	Lillo <i>et al.</i> (2013)	Agosto 2012
Agosto 2013	71,3	71,8	Saavedra <i>et al.</i> (2014)	Agosto 2013
Agosto 2014	73,2	73,3	Saavedra <i>et al.</i> (2015)	Agosto 2014
Agosto 2015	75,5	76,1	Saavedra <i>et al.</i> (2016)	Agosto 2015
Agosto 2016	75,5	75,7	Saavedra <i>et al.</i> (2017)	Agosto 2016
Agosto 2017	74,9	75,6	Presente estudio	Agosto 2017



**Tabla 20**

Proporci3n de individuos maduros a la edad en la merluza del sur *Merluccius australis*, en agosto de 2017, mediante el ajuste a un modelo lineal generalizado.

Grupo de Edad	Proporci3n Maduras	L3mite Inferior	L3mite Superior
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0,01
6	0,01	0	0,02
7	0,02	0,01	0,04
8	0,05	0,02	0,08
9	0,12	0,07	0,17
10	0,25	0,18	0,31
11	0,44	0,37	0,51
12	0,66	0,60	0,72
13	0,82	0,77	0,87
14	0,92	0,89	0,95
15	0,96	0,95	0,98
16	0,98	0,97	0,99
17	0,99	0,99	1
18	1	0,99	1
19	1	1	1
20	1	1	1
21	1	1	1
22	1	1	1
23	1	1	1
24	1	1	1
25	1	1	1

**Tabla 21**

Fecundidad promedio y fecundidad del total de las hembras maduras de la muestra calculada en estudios realizados en merluza del sur *Merluccius australis*, años 1996 a 2017.

Año	Fecundidad modal	Fecundidad de muestra total	Fuente
Agosto 1991	1.616.930	Sin datos	Balbotin y Bravo (1993)
Agosto-sept. 1994	709.840	Sin datos	Lillo <i>et al.</i> (1995)
Agosto-sept. 1996	1.320.675	Sin datos	Lillo <i>et al.</i> (1997)
Agosto 2000	2.373.530	Sin datos	Aguayo <i>et al.</i> (2001)
Agosto 2001	1.488.547	Sin datos	Lillo <i>et al.</i> (2002)
Julio-agosoto 2002	2.007.465	Sin datos	Lillo <i>et al.</i> (2003)
Agosto 2003	1.257.123	Sin datos	Lillo <i>et al.</i> (2004)
Agosto-sept. 2004	1.499.355	Sin datos	Lillo <i>et al.</i> (2005)
Agosto 2005	2.123.087	1.872.397	Córdova <i>et al.</i> (2006)
Agosto-sept. 2007	2.475.969	2.363.500	Lillo <i>et al.</i> (2008)
Agosto 2008	2.090.497	2.185.513	Lillo <i>et al.</i> (2009)
Agosto 2009	1.632.482	2.098.111	Lillo <i>et al.</i> (2010)
Agosto 2010	1.726.131	1.708.447	Lillo <i>et al.</i> (2011)
Agosto 2011	2.102.105	2.118.824	Lillo <i>et al.</i> (2012)
Agosto 2012	2.217.147	2.096.196	Lillo <i>et al.</i> (2013)
Agosto 2013	2.415.476	2.215.594	Saavedra <i>et al.</i> (2014)
Agosto 2014	2.528.297	2.182.975	Saavedra <i>et al.</i> (2015)
Agosto 2015	2.495.631	2.463.270	Saavedra <i>et al.</i> (2016)
Agosto 2016	2.429.266	2.339.158	Saavedra <i>et al.</i> (2017)
Agosto 2017	2.516.521	2.488.595	Presente estudio



**Tabla 22**

Listado de las especies capturadas durante la evaluación directa de merluza del sur y merluza de cola, año 2017.  $CT_{est}$  ( $kg \cdot 0,5h^{-1}$ ): Captura total estandarizada. IRCT(%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada.  $CT_{estFA}$  ( $kg \cdot 0,5h^{-1}$ ): Captura total estandarizada fauna acompañante. IRFA(%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada, fauna acompañante.

Nombre común	Nombre científico	CTest	IRCT (%)	Fauna acompañante	
				$CT_{estFA}$	IRFA(%)
<b>Merluza de cola</b>	<i>Macruronus magellanicus</i>	<b>30.353</b>	<b>84,3</b>		
<b>Merluza del sur</b>	<i>Merluccius australis</i>	<b>5.199</b>	<b>14,4</b>		
Merluza de tres aletas	<i>Micromesistius australis</i>	180	0,5	180	38,4
Reineta	<i>Brama australis</i>	167	0,5	167	35,6
Congrio dorado	<i>Genypterus blacodes</i>	36	0,1	36	7,6
No Identificado	No Identificado	29	0,1	29	6,2
Tollo pajarito	<i>Deania calcea</i>	26	0,1	26	5,5
Cojinoba moteada	<i>Seriolella punctata</i>	18	<0,1	18	3,8
Mictófido	<i>Myctophum sp.</i>	9	<0,1	9	1,9
Brótula	<i>Salilota australis</i>	3	<0,1	3	0,7
Calamar	No Identificado	2	<0,1	2	0,4

**Tabla 23**

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

Fauna acompañante Merluza del sur			
Nombre común	Nombre científico	$CT_{est}$	IRFA(%)
Merluza de cola	<i>Macruronus magellanicus</i>	30.353	98,5
Merluza de tres aletas	<i>Micromesistius australis</i>	180	0,6
Reineta	<i>Brama australis</i>	167	0,5
Congrio dorado	<i>Genypterus blacodes</i>	36	0,1
No Identificado	No Identificado	29	0,1
Tollo pajarito	<i>Deania calcea</i>	26	0,1
Cojinoba moteada	<i>Seriolella punctata</i>	18	0,1
Mictófido	<i>Myctophum sp.</i>	9	<0,1
Brótula	<i>Salilota australis</i>	3	<0,1
Calamar	No Identificado	2	<0,1



**Tabla 24**

Listado de las especies más recurrentes capturadas durante los cruceros de evaluación directa de merluza del sur, aguas exteriores, realizados entre los años 2000 y 2017, y su importancia relativa respecto de la captura total estandarizada por crucero.

Nombre común	Nombre científico	Símbolo*	CRUCEROS DE EVALUACIÓN																
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Merluza del sur	<i>Merluccius australis</i>	mau	21,5	25,1	36,1	10,7	11,6	11,8	6,7	7,4	19,9	16,1	9,4	15,4	53,1	31,6	11,9	18,8	14,4
Merluza de tres aletas	<i>Micromesistius australis</i>	mia	<0,1	24,4			26,0	5,0		1,8	<0,1		8,6	1,5	4,8	8,5	0,9	0,4	0,5
Merluza de cola	<i>Macruronus magellanicus</i>	mma	77,8	50,3	63,7	79,6	58,5	83,1	91,5	88,9	71,6	83,5	79,2	82,4	41,2	56,9	85,9	78,4	84,3
Brótula	<i>Sallota australis</i>	sau	<0,1						0,1		0,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Congrio dorado	<i>Genypterus blacodes</i>	gbl	0,2	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	0,3	0,1
Chancharro	<i>Helicolenus lengerichi</i>								<0,1										
Pejegallo	<i>Callorhynchus callorhynchus</i>								<0,1										
Granadero chileno	<i>Coelorhynchus chilensis</i>		<0,1																<0,1
Tollo	<i>Mustelus mento</i>								0,1										
Tollo de cachos	<i>Squalus acanthias</i>		<0,1				<0,1						<0,1	<0,1	<0,1				
Jurel	<i>Trachurus murphyi</i>	sac					0,1			0,1	0,4		<0,1						0,2
Reineta	<i>Brama australis</i>	tmu				0,1	0,5	0,1	0,2	0,4	1,9	0,3	1,3	0,2	0,4	1,1	0,4	0,5	0,5
Cojinoba moteada	<i>Seriolella punctata</i>	bau	<0,1	0,1	0,1		0,4		0,1		0,4	<0,1		<0,1	<0,1	1,6	0,6	1,2	<0,1
Calamar	Cephalopoda	spu												<0,1	0,1				
Jibia	<i>Dosidicus gigas</i>					9,4	2,7		<0,1	1,3	5,7	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3		
Cojinoba azul	<i>Seriolella violacea</i>	dgi											1,4						
Sierra	<i>Thyrssites atun</i>												<0,1	<0,1					0,1
Mictófido	Myctophidae							<0,1											<0,1
Tiburón sardinero	<i>Lamna nasus</i>														0,4	<0,1	<0,1	0,1	<0,1
Cojinoba del sur	<i>Seriolella caerulea</i>		0,4	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	1,1							<0,1			
Calamar illex	<i>Illex sp.</i>	sca														<0,1			<0,1
Anguila espinosa	<i>Notacanthus sexspinis</i>																		<0,1
Willy	<i>Melanostigma gelatinosum</i>																		<0,1
Tollo pajarito	<i>Deania calcea</i>																<0,1	0,1	0,1
No identificado	No identificado			<0,1	<0,1											0,1			0,1

**Tabla 25.**

Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas. Agosto 2017.

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>CV</b>
Largo (m)	310	15,0	17.285	1.580	884,0	2.159	1,37
Alto (m)	310	1,36	164,17	18,23	9,32	24,22	1,33
Elongación	310	0,2	1.100,9	159,7	105,3	178,1	1,11
Perímetro (m)	310	192,0	535.330	28.372	9.969	60.936	2,15
Área (m <sup>2</sup> )	310	104,0	1.912.382	51.181	5.694	184.048	3,60
Dimensión fractal	310	1,1605	2,0566	1,7555	1,7743	0,1791	0,10
Profundidad agregación (m)	310	95,3	482,19	239,58	230,41	88,48	0,37
Fondo (m)	310	111,93	996,15	363,33	348,13	174,37	0,48
Índice altura (%)	310	0,24	86,25	27,39	23,94	19,98	0,73
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	310	100,0	108.722	2.569	341,0	8.784	3,42
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	310	1,519	140,722	10,669	5,544	16,319	1,53



**Tabla 26.**

Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas en zona dentro y fuera de cañones. Agosto 2017.

Dentro cañones	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. tip.	CV
Largo (m)	87	74,0	17.285	1.888	973,0	2.582	1,37
Alto (m)	87	1,49	111,26	13,5	5,73	18,11	1,34
Elongación	87	8,6	823,0	187,3	160,8	155,7	0,83
Perímetro (m)	87	752,0	535.330	44.466	12.717	97.050	2,18
Área (m <sup>2</sup> )	87	291,0	1.486.596	61.590	4.168	205.473	3,34
Dimensión fractal	87	1,2765	2,0566	1,8366	1,852	0,1334	0,07
Profundidad agregación (m)	87	98,9	482,2	278,2	285,3	94,3	0,34
Fondo (m)	87	111,9	996,2	408,0	409,9	186,4	0,46
Índice altura (%)	87	0,24	71,58	25,28	24,04	20,69	0,82
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	87	101,0	108.722	4.134	303,0	14.650	3,54
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	87	1,52	66,02	9,49	5,62	11,38	1,20

Fuera cañones	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. tip	CV
Largo (m)	223	15,0	15.787	1.460	773,0	1.964	1,35
Alto (m)	223	1,36	164,17	20,07	11,33	26,03	1,30
Elongación	223	0,2	1.100,9	149,0	81,9	185,3	1,24
Perímetro (m)	223	192,0	317.560	22.093	9.479	37.128	1,68
Área (m <sup>2</sup> )	223	104,0	1.912.382	47.120	5.799	175.312	3,72
Dimensión fractal	223	1,1605	2,0418	1,7239	1,7377	0,1849	0,11
Profundidad agregación (m)	223	95,3	451,66	224,51	216,58	81,46	0,36
Fondo (m)	223	135,2	794,4	345,9	325,6	166,7	0,48
Índice altura (%)	223	0,35	86,25	28,21	23,94	19,68	0,70
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	223	100,0	32.378	1.959	344,0	4.789	2,44
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	223	1,57	140,72	11,13	5,38	17,88	1,61





**Tabla 27.**

Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores en zona dentro y fuera de cañones. Agosto 2017.

<b>Variable</b>		<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Largo (m)	Inter-grupos	1,15E+07	1	1,15E+07	2,471	0,117
	Intra-grupos	1,43E+09	308	4,64E+06		
	Total	1,44E+09	309			
Alto (m)	Inter-grupos	2,70E+03	1	2,70E+03	4,660	0,032
	Intra-grupos	1,79E+05	308	5,80E+02		
	Total	1,81E+05	309			
Elongación	Inter-grupos	9,20E+04	1	9,20E+04	2,918	0,089
	Intra-grupos	9,71E+06	308	3,15E+04		
	Total	9,80E+06	309			
Perímetro (m)	Inter-grupos	3,13E+10	1	3,13E+10	8,646	0,004
	Intra-grupos	1,12E+12	308	3,62E+09		
	Total	1,15E+12	309			
Área (m <sup>2</sup> )	Inter-grupos	1,31E+10	1	1,31E+10	0,386	0,535
	Intra-grupos	1,05E+13	308	3,39E+10		
	Total	1,05E+13	309			
Dimensión fractal	Inter-grupos	7,95E-01	1	7,95E-01	26,865	3,96E-07
	Intra-grupos	9,12E+00	308	2,96E-02		
	Total	9,91E+00	309			
Profundidad agregación (m)	Inter-grupos	1,80E+05	1	1,80E+05	24,813	1,05E-06
	Intra-grupos	2,24E+06	308	7,27E+03		
	Total	2,42E+06	309			
Fondo (m)	Inter-grupos	2,41E+05	1	2,41E+05	8,103	0,005
	Intra-grupos	9,15E+06	308	2,97E+04		
	Total	9,40E+06	309			
Índice altura (%)	Inter-grupos	5,38E+02	1	5,38E+02	1,350	0,246
	Intra-grupos	1,23E+05	308	3,99E+02		
	Total	1,23E+05	309			
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	Inter-grupos	2,96E+08	1	2,96E+08	3,872	0,050
	Intra-grupos	2,35E+10	308	7,65E+07		
	Total	2,38E+10	309			
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	Inter-grupos	1,69E+02	1	1,69E+02	0,634	0,426
	Intra-grupos	8,21E+04	308	2,67E+02		
	Total	8,23E+04	309			



**Tabla 28.**

Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas en cañones 1, 2, y 3. Agosto 2017.

Cañón 1	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. típ.	CV
Largo (m)	43	91,0	17.285	2.547	1.226	3.362	1,32
Alto (m)	43	1,49	111,26	16,69	7,61	23,29	1,39
Elongación	43	8,6	823,0	216,2	200,8	159,6	0,74
Perímetro (m)	43	1.858	535.330	68.387	14.391	131.538	1,92
Área (m <sup>2</sup> )	43	505,0	1.486.596	104.264	6.779	285.379	2,74
Dimensión fractal	43	1,2765	2,0413	1,8499	1,8857	0,1462	0,08
Profundidad agregación (m)	43	99,9	460,9	271,6	303,1	90,7	0,33
Fondo (m)	43	116,8	996,2	467,3	480,5	216,1	0,46
Índice Altura (%)	43	0,24	71,58	34,8	38,18	20,9	0,60
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	43	105,0	108.722	7.083	378,0	20.371	2,88
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	43	2,76	66,02	8,95	4,84	12,21	1,37

Cañón 2	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. típ.	CV
Largo (m)	27	74,0	3.785	1.155	584,0	1.182	1,02
Alto (m)	27	2,12	46,56	8,43	4,55	10,22	1,21
Elongación	27	15,0	681,5	182,9	131,3	179,1	0,98
Perímetro (m)	27	752,0	65.837	14.136	5.011	18.550	1,31
Área (m <sup>2</sup> )	27	291,0	110.290	15.819	2.338	30.371	1,92
Dimensión fractal	27	1,3706	2,0566	1,814	1,8352	0,1345	0,07
Profundidad agregación (m)	27	174,6	482,2	313,8	302,4	89,2	0,28
Fondo (m)	27	177,1	682,3	357,5	345,0	124,9	0,35
Índice Altura (%)	27	1,06	54,92	9,54	4,25	12,0	1,26
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	27	101,0	12.497	1.149	221,0	2.683	2,34
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	27	1,52	63,95	12,0	8,59	12,44	1,04

Cañón 3	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. típ.	CV
Largo (m)	17	264,0	5.041	1.383	890,0	1.240	0,90
Alto (m)	17	2,29	36,95	13,48	12,46	9,95	0,74
Elongación	17	21,2	250,2	121,3	136,4	65,7	0,54
Perímetro (m)	17	3.177	142.865	32.133	17.605	37.371	1,16
Área (m <sup>2</sup> )	17	846,0	174.698	26.346	10.785	43.561	1,65
Dimensión fractal	17	1,6601	1,9814	1,839	1,8568	0,0936	0,05
Profundidad agregación (m)	17	98,9	466,6	238,3	241,7	96,7	0,41
Fondo (m)	17	111,9	569,6	338,0	360,5	140,6	0,42
Índice Altura (%)	17	5,56	52,91	26,19	29,42	16,07	0,61
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	17	106,0	10.418	1.415	623,0	2.498	1,77
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	17	3,34	25,24	6,85	4,19	5,87	0,86



**Tabla 29.**

Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores entre cañones. Agosto 2017.

<b>Variable</b>		<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Largo (m)	Inter-grupos	3,75E+07	2	1,87E+07	2,940	0,058
	Intra-grupos	5,36E+08	84	6,38E+06		
	Total	5,73E+08	86			
Alto (m)	Inter-grupos	1,13E+03	2	5,67E+02	1,758	0,179
	Intra-grupos	2,71E+04	84	3,22E+02		
	Total	2,82E+04	86			
Elongación	Inter-grupos	1,10E+05	2	5,52E+04	2,351	0,102
	Intra-grupos	1,97E+06	84	2,35E+04		
	Total	2,08E+06	86			
Perímetro (m)	Inter-grupos	5,20E+10	2	2,60E+10	2,883	0,062
	Intra-grupos	7,58E+11	84	9,02E+09		
	Total	8,10E+11	86			
Área (m <sup>2</sup> )	Inter-grupos	1,56E+11	2	7,80E+10	1,885	0,158
	Intra-grupos	3,47E+12	84	4,14E+10		
	Total	3,63E+12	86			
Dimensión fractal	Inter-grupos	2,14E-02	2	1,07E-02	0,597	0,553
	Intra-grupos	1,51E+00	84	1,80E-02		
	Total	1,53E+00	86			
Profundidad agregación (m)	Inter-grupos	6,31E+04	2	3,16E+04	3,775	0,027
	Intra-grupos	7,02E+05	84	8,36E+03		
	Total	7,65E+05	86			
Fondo (m)	Inter-grupos	3,04E+05	2	1,52E+05	4,751	0,011
	Intra-grupos	2,68E+06	84	3,19E+04		
	Total	2,99E+06	86			
Índice altura (%)	Inter-grupos	1,06E+04	2	5,30E+03	16,964	0,000
	Intra-grupos	2,62E+04	84	3,12E+02		
	Total	3,68E+04	86			
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	Inter-grupos	7,40E+08	2	3,70E+08	1,755	0,179
	Intra-grupos	1,77E+10	84	2,11E+08		
	Total	1,85E+10	86			
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	Inter-grupos	3,01E+02	2	1,51E+02	1,166	0,316
	Intra-grupos	1,08E+04	84	1,29E+02		
	Total	1,11E+04	86			



**Tabla 30.**

Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas por zona. Agosto 2017.

Zona 1	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. típ.	CV
Largo (m)	74	91,0	17.285	2.289	1.153	2.857	1,25
Alto (m)	74	1,49	164,17	18,26	8,03	29,2	1,60
Elongación	74	7,6	823,0	187,4	138,0	152,3	0,81
Perímetro (m)	74	1.858	535.330	48.419	13.402	103.235	2,13
Área (m <sup>2</sup> )	74	505,0	1.486.596	93.950	7.524	261.125	2,78
Dimensión fractal	74	1,1616	2,0413	1,8024	1,8104	0,1656	0,09
Profundidad agregación (m)	74	99,9	460,9	242,4	224,2	86,4	0,36
Fondo (m)	74	116,8	996,2	404,3	383,5	198,8	0,49
Índice Altura (%)	74	0,24	71,58	32,96	35,1	21,22	0,64
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	74	105,0	108.722	5.464	379,0	16.074	2,94
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	74	1,67	66,02	7,7	4,47	9,95	1,29

Zona 2	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. típ.	CV
Largo (m)	108	15,0	8.640	1.556	1.044	1.606	1,03
Alto (m)	108	1,36	147,52	11,38	6,81	17,15	1,51
Elongación	108	1,6	949,2	213,3	141,9	205,8	0,96
Perímetro (m)	108	192,0	317.560	26.902	10.079	44.544	1,66
Área (m <sup>2</sup> )	108	104,0	707.757	29.340	4.880	82.629	2,82
Dimensión fractal	108	1,1605	2,0566	1,7886	1,8347	0,1817	0,10
Profundidad agregación (m)	108	102,31	482,19	271,19	259,37	89,8	0,33
Fondo (m)	108	135,2	794,4	402,7	413,6	156,5	0,39
Índice Altura (%)	108	1,06	86,25	26,52	22,03	22,06	0,83
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	108	100,0	32.378	1.882	313,0	4.883	2,60
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	108	1,52	140,72	16,33	5,97	24,61	1,51

Zona 3	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. típ.	CV
Largo (m)	128	17,0	15.787	1.190	484	2008	1,69
Alto (m)	128	1,89	124,16	23,98	14,86	24,83	1,04
Elongación	128	0,2	1.100,9	98,5	42,1	146,6	1,49
Perímetro (m)	128	655,0	169.125	18.022	7106	29878	1,66
Área (m <sup>2</sup> )	128	472,0	1.912.382	44.883	5256	189630	4,23
Dimensión fractal	128	1,1832	2,0184	1.7005	1.7055	0.1709	0,10
Profundidad agregación (m)	128	95,3	466,63	211,28	193,83	79,37	0,38
Fondo (m)	128	111,9	674,0	306,5	229,6	158,3	0,52
Índice Altura (%)	128	0,35	72,96	24,9	21,68	16,65	0,67
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	128	102,0	30.019	1476	327	3558	2,41
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	128	1,57	44,857	7,605	5,957	6,243	0,82



**Tabla 31.**

Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores según zona. Agosto 2017.

		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Largo (m)	Inter-grupos	5,67E+07	2	2,83E+07	6,287	0,002
	Intra-grupos	1,38E+09	307	4,51E+06		
	Total	1,44E+09	309			
Alto (m)	Inter-grupos	9,30E+03	2	4,65E+03	8,299	0,000
	Intra-grupos	1,72E+05	307	5,60E+02		
	Total	1,81E+05	309			
Elongación	Inter-grupos	8,46E+05	2	4,23E+05	14,512	0,000
	Intra-grupos	8,95E+06	307	2,92E+04		
	Total	9,80E+06	309			
Perímetro (m)	Inter-grupos	4,37E+10	2	2,18E+10	6,076	0,003
	Intra-grupos	1,10E+12	307	3,60E+09		
	Total	1,15E+12	309			
Área (m <sup>2</sup> )	Inter-grupos	1,92E+11	2	9,60E+10	2,868	0,058
	Intra-grupos	1,03E+13	307	3,35E+10		
	Total	1,05E+13	309			
Dimensión fractal	Inter-grupos	6,69E-01	2	3,34E-01	11,104	0,000
	Intra-grupos	9,24E+00	307	3,01E-02		
	Total	9,91E+00	309			
Profundidad agregación (m)	Inter-grupos	2,11E+05	2	1,06E+05	14,670	0,000
	Intra-grupos	2,21E+06	307	7,19E+03		
	Total	2,42E+06	309			
Fondo (m)	Inter-grupos	7,05E+05	2	3,53E+05	12,454	0,000
	Intra-grupos	8,69E+06	307	2,83E+04		
	Total	9,40E+06	309			
Índice altura (%)	Inter-grupos	3,17E+03	2	1,58E+03	4,044	0,018
	Intra-grupos	1,20E+05	307	3,91E+02		
	Total	1,23E+05	309			
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	Inter-grupos	8,24E+08	2	4,12E+08	5,494	0,005
	Intra-grupos	2,30E+10	307	7,50E+07		
	Total	2,38E+10	309			
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	Inter-grupos	5,32E+03	2	2,66E+03	10,600	0,000
	Intra-grupos	7,70E+04	307	2,51E+02		
	Total	8,23E+04	309			



**Tabla 32.**

Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas por rango de fondo. Agosto 2017.

100 - 199 m	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. típ.	CV
Largo (m)	78	69,0	8.303	1.306	604,0	1.819	1,39
Alto (m)	78	1,36	93,28	14,8	12,94	14,63	0,99
Elongación	78	1,9	1.100,9	188,4	75,3	245,3	1,30
Perímetro (m)	78	668,0	85.692	12.024	6.430	15.953	1,33
Área (m <sup>2</sup> )	78	201,0	579.558	23.843	4.155	80.415	3,37
Dimensión fractal	78	1,192	2,0142	1,6996	1,7061	0,1756	0,10
Profundidad agregación (m)	78	95,3	190,0	141,2	140,05	21,47	0,15
Fondo (m)	78	111,93	196,86	167,22	170,21	18,23	0,11
Índice Altura (%)	78	1,17	42,97	15,46	13,9	9,31	0,60
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	78	100,0	12.897	952,0	251,0	2.133	2,24
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	78	1,52	89,76	7,7	6,02	9,85	1,28

200 - 299 m	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. típ.	CV
Largo (m)	56	37,0	15.787	1.890	876,0	2.644	1,40
Alto (m)	56	2,15	164,17	24,25	9,26	32,59	1,34
Elongación	56	0,7	681,5	126,2	97,1	120,9	0,96
Perímetro (m)	56	508,0	317.560	27.563	10.106	51.120	1,85
Área (m <sup>2</sup> )	56	345,0	1.912.382	96.517	6.744	294.143	3,05
Dimensión fractal	56	1,1616	1,9562	1,7109	1,7688	0,1898	0,11
Profundidad agregación (m)	56	134,28	285,32	205,28	203,77	36,09	0,18
Fondo (m)	56	200,1	299,89	247,44	245,72	30,66	0,12
Índice Altura (%)	56	0,35	46,25	16,54	12,09	13,54	0,82
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	56	101,0	30.019	3.142	429,0	6.146	1,96
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	56	1,57	140,72	11,04	5,57	21,08	1,91

300 - 399 m	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. típ.	CV
Largo (m)	44	17,0	6.536	1.556	883,0	1.612	1,04
Alto (m)	44	1,99	143,91	18,37	8,91	27,18	1,48
Elongación	44	0,2	729,9	148,7	105,9	146,6	0,99
Perímetro (m)	44	655,0	355.984	32.917	14.861	57.176	1,74
Área (m <sup>2</sup> )	44	301,0	932.378	48.541	8.707	149.000	3,07
Dimensión fractal	44	1,1811	2,0184	1,8123	1,8415	0,1468	0,08
Profundidad agregación (m)	44	143,85	364,48	271,22	285,62	63,67	0,23
Fondo (m)	44	303,99	396,93	354,58	349,05	27,24	0,08
Índice Altura (%)	44	0,24	62,97	23,19	17,23	18,17	0,78
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	44	100,0	20.409	1.979	339,0	4.210	2,13
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	44	1,67	50,24	9,13	4,88	10,42	1,14



**Tabla 32. (cont)**

Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas por rango de fondo. Agosto 2017.

<b>400 - 499 m</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desv. típ.</b>	<b>CV</b>
Largo (m)	67	17,0	9.414	1.237	760,0	1.613	1,30
Alto (m)	67	2,79	147,52	15,29	8,54	22,33	1,46
Elongación	67	0,7	631,4	127,4	94,0	127,4	1,00
Perímetro (m)	67	192,0	190.122	22.798	9.811	37.822	1,66
Área (m <sup>2</sup> )	67	170,0	707.757	32.051	4.062	101.210	3,16
Dimensión fractal	67	1,1605	2,0566	1,7646	1,8079	0,1864	0,11
Profundidad agregación (m)	67	163,01	466,63	311,25	302,6	76,24	0,24
Fondo (m)	67	400,31	496,9	444,93	442,2	28,34	0,06
Índice Altura (%)	67	1,06	66,8	29,71	32,06	17,7	0,60
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	67	102,0	46.322	2.809	347,0	7.873	2,80
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	67	2,62	69,38	16,31	7,83	18,2	1,12

<b>500 - 599 m</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desv. típ.</b>	<b>CV</b>
Largo (m)	31	15	17285	1956	1170	3180	1,63
Alto (m)	31	1.89	86.09	17.87	11.72	21.18	1,19
Elongación	31	1.2	728.2	166.6	131	160.8	0,97
Perímetro (m)	31	286	176037	30045	15426	43377	1,44
Área (m <sup>2</sup> )	31	104	1486596	69369	5203	264997	3,82
Dimensión fractal	31	1.2765	2.0083	1.7667	1.8269	0.1913	0,11
Profundidad agregación (m)	31	165.6	482.2	306.9	303.1	69.9	0,23
Fondo (m)	31	507.67	594.97	542.16	531.25	26.25	0,05
Índice Altura (%)	31	6.24	71.26	43.14	43.04	13.8	0,32
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	31	103	108722	4994	435	19459	3,90
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	31	2.72	130.92	13.64	4.29	25.03	1,84

<b>&gt; 600 m</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desv. típ.</b>	<b>CV</b>
Largo (m)	34	91	9914	2061	1372	2357	1,14
Alto (m)	34	1.49	111.26	22.11	8.31	27.08	1,23
Elongación	34	1.6	646.3	221	199.8	195.3	0,88
Perímetro (m)	34	2296	535330	70782	23193	135679	1,92
Área (m <sup>2</sup> )	34	505	1095589	63756	10798	195338	3,06
Dimensión fractal	34	1.6853	2.0413	1.8559	1.8906	0.1089	0,06
Profundidad agregación (m)	34	109.1	460.9	278.2	270.6	79.2	0,28
Fondo (m)	34	600.6	996.2	691.6	654.8	103.8	0,15
Índice Altura (%)	34	31.24	86.25	59.1	60.33	12.67	0,21
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	34	100	68770	3418	373	12004	3,51
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	34	2.385	27.604	5.044	3.532	4.86	0,96



**Tabla 33.**

Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores según rangos de fondo. Agosto 2017.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Largo (m)	Inter-grupos	3,14E+07	5	6,28E+06	1,355	0,241
	Intra-grupos	1,41E+09	304	4,64E+06		
	Total	1,44E+09	309			
Alto (m)	Inter-grupos	4,04E+03	5	8,08E+02	1,386	0,229
	Intra-grupos	1,77E+05	304	5,83E+02		
	Total	1,81E+05	309			
Elongación	Inter-grupos	3,32E+05	5	6,64E+04	2,130	0,062
	Intra-grupos	9,47E+06	304	3,11E+04		
	Total	9,80E+06	309			
Perímetro (m)	Inter-grupos	8,51E+10	5	1,70E+10	4,872	0,000
	Intra-grupos	1,06E+12	304	3,49E+09		
	Total	1,15E+12	309			
Área (m <sup>2</sup> )	Inter-grupos	2,14E+11	5	4,28E+10	1,268	0,278
	Intra-grupos	1,03E+13	304	3,37E+10		
	Total	1,05E+13	309			
Dimensión fractal	Inter-grupos	8,49E-01	5	1,70E-01	5,697	0,000
	Intra-grupos	9,06E+00	304	2,98E-02		
	Total	9,91E+00	309			
Profundidad agregación (m)	Inter-grupos	1,40E+06	5	2,80E+05	83,567	0,000
	Intra-grupos	1,02E+06	304	3,35E+03		
	Total	2,42E+06	309			
Fondo (m)	Inter-grupos	8,86E+06	5	1,77E+06	1000,089	0,000
	Intra-grupos	5,38E+05	304	1,77E+03		
	Total	9,40E+06	309			
Índice altura (%)	Inter-grupos	6,07E+04	5	1,21E+04	58,931	0,000
	Intra-grupos	6,26E+04	304	2,06E+02		
	Total	1,23E+05	309			
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	Inter-grupos	4,48E+08	5	8,97E+07	1,165	0,326
	Intra-grupos	2,34E+10	304	7,70E+07		
	Total	2,38E+10	309			
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	Inter-grupos	4,28E+03	5	8,56E+02	3,335	0,006
	Intra-grupos	7,80E+04	304	2,57E+02		
	Total	8,23E+04	309			





**Tabla 34.** Matriz de correlaciones entre las variables originales. Agosto 2017.

	Largo	Alto	Elongación	Perímetro	Área	Dimensión fractal	Profundidad agregación	Fondo	Índice altura	NASC	Densidad
Largo	1,000	0,421	0,357	0,585	<b>0,792</b>	-0,189	-0,015	0,097	0,135	<b>0,754</b>	-0,200
Alto	0,421	1,000	-0,310	0,235	<b>0,685</b>	<b>-0,620</b>	-0,057	0,033	0,152	0,517	-0,121
Elongación	0,357	-0,310	1,000	0,136	-0,030	0,460	-0,055	0,033	-0,005	-0,007	-0,232
Perímetro	0,585	0,235	0,136	1,000	0,346	0,118	0,115	0,260	0,203	0,424	-0,141
Área	<b>0,792</b>	<b>0,685</b>	-0,030	0,346	1,000	-0,435	-0,003	0,038	0,091	<b>0,798</b>	-0,097
Dimensión fractal	-0,189	<b>-0,620</b>	0,460	0,118	-0,435	1,000	0,245	0,238	0,032	-0,329	-0,143
Profundidad agregación	-0,015	-0,057	-0,055	0,115	-0,003	0,245	1,000	<b>0,620</b>	-0,054	0,069	0,097
Fondo	0,097	0,033	0,033	0,260	0,038	0,238	<b>0,620</b>	1,000	<b>0,698</b>	0,101	0,024
Índice altura	0,135	0,152	-0,005	0,203	0,091	0,032	-0,054	<b>0,698</b>	1,000	0,110	-0,019
NASC	<b>0,754</b>	0,517	-0,007	0,424	<b>0,798</b>	-0,329	0,069	0,101	0,110	1,000	-0,025
Densidad	-0,200	-0,121	-0,232	-0,141	-0,097	-0,143	0,097	0,024	-0,019	-0,025	1,000



**Tabla 35.**

Valores propios y porcentaje de variabilidad explicada por los componentes. Agosto 2017.

Componente	Valor propio	% Variabilidad	% Acumulado
<b>1</b>	<b>3,528</b>	<b>39,205</b>	<b>39,205</b>
<b>2</b>	<b>2,126</b>	<b>23,623</b>	<b>62,828</b>
<b>3</b>	<b>1,175</b>	<b>13,051</b>	<b>75,879</b>
4	0,999	11,099	
5	0,512	5,686	
6	0,303	3,370	
7	0,219	2,432	
8	0,102	1,131	
9	0,036	0,403	

**Tabla 36.**

Correlaciones de las variables originales con los componentes principales. Agosto 2017.

Variable	Componente		
	1	2	3
Largo	0,857	0,052	0,312
Alto	0,754	-0,227	-0,346
Perímetro	0,557	0,374	0,399
Área	0,917	-0,136	0,056
Dimensión fractal	-0,472	0,563	0,476
Profundidad agregación	0,018	0,647	0,218
Fondo	0,177	0,915	-0,299
Índice altura	0,249	0,583	-0,634
NASC	0,872	-0,011	0,173



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA

---

# **A N E X O S**

---



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

---

# **A N E X O 1**

---

Oceanografía y plancton



# OCEANOGRAFÍA Y PLANCTON DEL AREA DE ESTUDIO

## Sección Oceanografía.

Autores: Paula Muñoz L  
Darinka Pecarević

**Condiciones oceanográficas históricas en las aguas exteriores, entre los 43°30' y 47°00'S.**

## RESUMEN EJECUTIVO

Se procesó y analizó información oceanográfica obtenida durante los cruceros de evaluación hidroacústica de la merluza austral y de cola, en aguas exteriores de la X a XII regiones, desarrollados en agosto de cada año, entre el 2013 y 2017. Para el presente análisis se trabajó con la información de los cruceros, además de información satelital disponible para la zona.

Durante el periodo de estudio el comportamiento característico de las variables fue de un descenso de la temperatura y ascenso de la salinidad y densidad en profundidad. No obstante, en los cruceros de agosto 2016 y 2017, hubo condiciones anómalas, reflejado en el aumento relativo de la temperatura superficial con una termoclina más profunda (~200 m). La concordancia de estas condiciones con la ocurrencia de un evento cálido de El Niño durante el 2016, sugiere su influencia indirecta (teleconexiones) sobre la zona de interés, debido a alteración de los centros de presión y consecuente disminución de los vientos en la zona.

La circulación geostrofica mostró un flujo de corrientes predominante hacia el sur, y la presencia de pequeñas estructuras costeras ciclónicas y anticiclónicas, asociadas a las características batimétricas del sector y/o a las inestabilidades baroclínicas asociadas al aporte de agua dulce desde el sector costero.

Las características del agua en la zona, mostraron influencia de cuatro masas de agua. El Agua Subantártica Modificada (ASAAM), generada de la mezcla de Agua Subantártica (ASAA) con el agua dulce, se ubicó en los primeros 50 m de profundidad y presentó mayor cobertura los años 2015 y 2017. El ASAA se ubicó en los primeros 150 m de profundidad; remanentes de Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS), ubicada entre los 150 y ~300 m; y Agua Intermedia Antártica (AIAA) bajo los 300 m de profundidad



## METODOLOGÍA

### Información de crucero

En este informe se consideró el análisis del área comprendida entre los 43°S y 47°S, correspondiente a la zona de evaluación de la Merluza austral, en donde se obtuvieron con CTD registros continuos de temperatura (°C), salinidad, densidad, oxígeno disuelto (mL/L) y fluorescencia (mg/m<sup>3</sup>), en un total de 92 estaciones, durante los meses de agosto de los años 2013 a 2017 (**Tabla 1**). Las variables: oxígeno disuelto (mL/L) y fluorescencia (mg/m<sup>3</sup>) no fueron incluidas en los resultados finales, debido a la falta de mediciones *in-situ* para realizar el ajuste de los sensores correspondientes. El cálculo de la densidad fue realizado mediante el uso de la “Ecuación Termodinámica del Agua de Mar” (McDougall y Barker, 2011) presentándose como sigma-t ( $\sigma_t$ ; kg/m<sup>3</sup>).

La información hidrográfica de los cruceros, fue obtenida a partir de CTDs SBE, de modelos 19plusV2, 25 y 9plus, cuyas características técnicas se muestran en la **Tabla 1**. En algunas estaciones y si las condiciones meteorológicas lo permitían, el CTD utilizado incluía una roseta oceanográfica para muestreo discreto de agua (**Figuras 2 a 6**). El procesamiento inicial de esta información, se desarrolló con el software *SBE Data Processing (Data conversion)*, utilizando el archivo de configuración de cada equipo (**Tabla 1**). Los siguientes pasos del procesamiento se desarrollaron utilizando *Matlab 2017b*, siguiendo la metodología estándar recomendada por el fabricante (<http://www.seabird.com/training-materials-download>). Finalmente, se obtuvieron datos promediados en cada metro de profundidad, siendo validados para las diferentes variables analizadas.

En la comparación de los resultados se construyeron secciones verticales de las distintas variables, a lo largo de una transecta paralela a la costa, considerando estaciones comunes entre los años de medición (2013 a 2017) (**Figura 1**). Para ello, se tomaron dos estaciones oceanográficas (fijas) de referencia; la ubicada más al norte de todos los cruceros (43°15'S), representada como distancia de 0 mn; y la estación ubicada más al sur (47°S), representada como distancia de 226 mn. Se destaca que, en la campaña del año 2015, se generaron sólo 3 estaciones en común de esta transecta, mientras que los demás años (2013, 2014, 2016 y 2017), se obtuvieron mínimo 6 estaciones (**Figura. 2 a 7**).

Además, para conocer la distribución horizontal de las variables de temperatura (°C), salinidad y densidad (sigma-t) en la zona de estudio (43°S y 47°S), se generaron gráficas horizontales a 6 niveles de profundidad: a 5, 100, 200, 300, 400 y 500 m (**Figuras 10 a 15**). Los distintos niveles fueron graficados interpolando linealmente las brechas entre las estaciones, con la finalidad de crear una grilla de datos que abarcara toda la zona de interés. El año 2015 fue excluido de este tipo de interpretación, ya que la cantidad de estaciones fue insuficiente para realizar esta interpolación.



Posteriormente, para conocer las características de las propiedades del agua, se generaron diagramas de temperatura y salinidad (“diagrama TS”), considerando un perfil vertical promedio para cada crucero (**Figura 16**). En estos diagramas se incluyó la identificación de las masas de agua tipo presentes en la zona, y se evaluó la mezcla relativa del perfil promedio en cada crucero. Las masas de agua consideradas con su par Temperatura-Salinidad (TS) (Sievers y Silva, 2008; Silva y Konow, 1975), fueron: el Agua Subantártica (ASAA; 9,7°C-33,3), el Agua Subantártica Modificada (ASAAM; 9,8°C-32,2), el Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS: 12,5°C-34,9) y el Agua Intermedia Antártica (AIAA; 3°C-34).

### Información Satelital

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

Las imágenes de circulación geostrófica superficial (velocidad y anomalía del nivel del mar), con resolución espacial de 0,25°, fueron confeccionados con datos de nivel de procesamiento 4 (L4) de los siguientes satélites: “Jason-1 Geodetic Phase, AltiKa, Cryosat-2, OSTM/Jason-2”, y se obtuvieron del repositorio de datos “Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS)” (<http://marine.copernicus.eu>).

Las imágenes del campo superficial de viento (resolución espacial de 0,25°), fueron obtenidos en un nivel de procesamiento 4 (L4), desde el centro de datos “NOAA NESDIS National Climatic Data Center” (<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/rsad/blendedseawinds.html>).

En las diferentes variables satelitales se obtuvieron promedios mensuales, correspondientes al mes de agosto de los años 2002 a 2017, para un área comprendida entre los 47°18' - 43°S y 76 – 74°W. En el caso de las zonas sin información satelital (espacios en blanco), ya sea en el tiempo o en el espacio por presencia de nubes, se realizó una interpolación lineal.

Se realizaron diagramas Hovmöller (tiempo v/s latitud) de la información mensual de TSM y ATSM, entre enero 2013 y noviembre 2017, para una banda paralela a la costa, centrada en los 75°41'W, y entre los 43° y 47°S. La ATSM mensual se calculó a partir de la diferencia entre la imagen mensual observada y la imagen mensual promedio, entre los años 2002 y 2017.



## RESULTADOS

### Distribución vertical de temperatura (°C)

La distribución vertical de la temperatura (**Figura 7**) presentó una estructura con valores máximos del orden de  $\sim 10^{\circ}\text{C}$  en superficie ( $< 100$  m de profundidad), y mínimos ( $< 7^{\circ}\text{C}$ ) a profundidades mayores a 300 m, no observándose una variabilidad entre los años de cruceros comparados (2013 a 2017).

Latitudinalmente, las máximas temperaturas superficiales estuvieron asociadas al sector norte de las transectas, y las mínimas hacia el sector sur de las transectas. Se observó una capa de agua más cálida ( $\sim 10^{\circ}\text{C}$ ), con extensión latitudinal variable, que abarcó los primeros  $\sim 100$  m de profundidad en todos los cruceros (2013 a 2017). Su máxima extensión latitudinal se observó en los años 2016 y 2017, donde cubrió toda la transecta, mientras que la máxima extensión vertical se presentó durante el crucero del año 2017, alcanzando hasta los 200 m de profundidad. Las mínimas temperaturas superficiales ( $\sim 9^{\circ}\text{C}$ ) se presentaron durante las campañas de los años 2013 y 2014, con una extensión latitudinal desde la estación sur de la transecta ( $\sim 47^{\circ}\text{S}$ ), hasta los  $\sim 44^{\circ}2'S$  en el año 2013, y hasta los  $45^{\circ}42'S$  en el año 2014. Durante los años 2016 y 2017 se mantuvo la tendencia de menores temperaturas en el sector sur, sin embargo, éstas registraron valores levemente superiores ( $\geq 10^{\circ}\text{C}$ ) a los de años anteriores ( $\sim 9^{\circ}\text{C}$ ).

### Distribución vertical de salinidad

La distribución vertical de salinidad (**Figura 8**) se caracterizó por presentar una capa de agua menos salina y variable ( $\sim 30$  a  $34$ ) en los primeros 100 m, y una capa de agua más salina y homogénea en profundidad ( $\sim 34$  a  $34,3$ ). Esta capa homogénea ( $> 150$  m) estuvo asociada a la isohalina de 34, y fue más profunda en el sector sur de las transectas ( $> \sim 45^{\circ}36'S$ ), donde la influencia superficial de agua dulce (menos salina) fue mayor.

En general, la capa superficial ( $< 100$  m) de agua menos salina estuvo asociada al sector sur de las transectas ( $45^{\circ}\text{S} - 47^{\circ}\text{S}$ ), exceptuando el año 2014, en que también se ubicó en el sector central de la transecta ( $44^{\circ}30'S - 45^{\circ}42'S$ ). Entre los años de comparación, el crucero del año 2017 presentó valores menos salinos ( $\sim 30,5$  a  $32$ ), en un área menos extensa entre los  $46^{\circ}\text{S}$  y  $47^{\circ}\text{S}$ . En cambio, durante los años 2013, 2014 y 2016, los mínimos salinos fueron relativamente mayores ( $\sim 32$ ), y la extensión latitudinal fue mayor ( $\sim 44^{\circ}30'S$  a  $47^{\circ}\text{S}$ ), exceptuando el año 2016, donde sólo se presentó en los  $\sim 46^{\circ}42'S$ . La capa superficial de agua menos salina ( $\sim 32$ ) durante el año 2014, presentó una cobertura de hasta 70 m de extensión vertical y de  $\sim 70$  mn de extensión latitudinal.





La capa inferior (>150 m) se caracterizó por la presencia de agua más salina (~34 a 34,3), que presentó, comparativamente, menor cobertura espacial durante el año 2017 que en los demás años de crucero.

#### Distribución vertical de densidad ( $\sigma_t$ )

La distribución vertical de densidad presentó mínimos superficiales (<100 m) y máximos en profundidad (> 200 m), asociados a la isopicna de 26,5  $\sigma_t$  (**Figura 9**). La distribución de densidad estuvo principalmente modulada por la salinidad, debido a las características de la zona.

La capa de agua superficial menos densa (<25  $\sigma_t$ ) se presentó en el sector sur de cada transecta (45°S - 47°S), exceptuando el año 2014, en que se ubicó también en el sector central (44,5°S – 45°42'S). Los menores valores se presentaron el año 2017, donde fueron cercanos a 24  $\sigma_t$ . La capa homogénea profunda estuvo delimitada por la isopicna de 26,5  $\sigma_t$ , la cual se situó alrededor de los 200 m de profundidad en todos los cruceros. Durante el año 2014, y al sur de los 45°30'S, se presentó un aumento de densidad en la capa profunda (> 400 m), donde la isopicna de 27  $\sigma_t$  presentó fluctuaciones verticales.

#### Distribución horizontal de temperatura (°C)

La distribución espacial de temperatura (**Figuras 10 y 11**), presentó valores que fluctuaron entre los 4,9°C a los 500 m de profundidad en la península de Taitao (año 2014) y 11,1°C a los 5 m de profundidad Isla Guafo (año 2016). Las menores temperaturas se presentaron durante el año 2013 (<10°C) y las mayores durante los años 2016 y 2017, mostrando un aumento térmico gradual a través de los años, muy marcado entre 2013-2016 y con un grado de estabilidad en el transcurso de los años 2016-2107.

#### Distribución horizontal de salinidad

La distribución espacial de salinidad (**Figuras 12 y 13**), presentó valores que variaron de 30, en la capa más superficial al sur del archipiélago de Chonos (~ 46°30'-47°30'S) (año 2017), a salinidades de 34,38, a los 300 m frente a Isla Guafo (~43°30'-44°30'S) (año 2016). En general, las mayores salinidades se localizaron en el sector norte y próximo al sector más oceánico de la zona de estudio.



### Distribución horizontal de densidad ( $\sigma_t$ )

La distribución espacial de densidad (**Figuras 14 y 15**) en los primeros 300 m de profundidad, reflejó las variaciones de salinidad con un rango de variación que abarcó desde los 23,8  $\sigma_t$  en la capa superficial al sur de la península de Taitao ( $\sim 46^\circ$ - $47^\circ$ S) (año 2017), a un máximo de 27,04  $\sigma_t$  a los 500 metros de profundidad frente al archipiélago de Taitao ( $\sim 45^\circ 30'$ - $47^\circ$ S) (año 2014).

### Diagrama TS

El análisis del diagrama TS (**Figura 16**) permitió identificar la presencia de cuatro masas de agua en la zona. El Agua Subantártica Modificada (ASAAM), se ubicó en una capa superior (<50 m), con valores de salinidad de 31 a 33 y temperaturas en torno a 9,8°C, presentando mayor cobertura durante los años 2015 y 2017. El Agua Subantártica (ASAA) estuvo centrada en los 150 m de profundidad, y presentó salinidades >33 y temperaturas cercanas a 9,7°C. Remanentes de Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS), se presentaron bajo los 150 m y hasta los 300 m de profundidad, con valores de salinidad de  $\sim 33,9$ , y temperaturas de  $\sim 9^\circ$ C. El Agua Intermedia Antártica (AIAA), se ubicó en el sector más profundo (>300 m de profundidad), y se caracterizó por salinidades de  $\sim 34$  y temperaturas de  $\sim 5^\circ$ C.

### Imágenes satelitales

#### Temperatura superficial (TSM) y anomalía de temperatura superficial (ATSM) ( $^\circ$ C)

Las imágenes satelitales del campo de TSM de las aguas exteriores al sur austral de Chile ( $43^\circ$ - $47^\circ 18'$ S) fluctuaron entre  $\sim 7$  y  $12^\circ$ C, durante los meses agosto de 2013 a 2017 (**Figura 17**). Hubo un aumento gradual de la temperatura entre agosto 2013 y agosto 2016, alcanzando un máximo de  $11,6^\circ$ C frente al sector oceánico de la isla de Chiloé ( $\sim 43^\circ$ - $44^\circ$ S). Sin embargo, un mínimo térmico ( $7^\circ$ C) también se presentó durante el año 2014, en las cercanías de punta Gallegos ( $\sim 45^\circ 30'$ - $46^\circ$ S). Durante el año 2017 la temperatura máxima disminuyó levemente a  $11^\circ$ C al norte de isla Guafo ( $\sim 43^\circ 15'$ S) respecto del año anterior.

Las imágenes satelitales del campo de ATSM presentaron valores que fluctuaron principalmente entre  $-1^\circ$ C y  $+1^\circ$ C (Figura 18), con un aumento gradual a través de los años, de agosto 2013 a agosto 2017. En agosto de 2016, las ATSM  $>0,5^\circ$ C dominaron toda la zona de estudio.



### Clorofila-a (mg/m<sup>3</sup>)

Las imágenes satelitales del campo superficial de clorofila-a (**Figura 19**) presentaron concentraciones que fluctuaron entre 0,1 y 91,2 mg/m<sup>3</sup>, mínimas en el sector más oceánico y máximas hacia el sector costero (**Figura 18**). Comparativamente, el año 2014 presentó las menores concentraciones de clorofila-a, mientras que en el año 2016 se observó el máximo absoluto (91,2 mg/m<sup>3</sup>) en la península de Taitao (~45°45'S) y al norte de la isla Ipún (~44°30'S). El año 2015, se caracterizó por presentar concentraciones de clorofila-a comparativamente mayores en el sector oceánico del sur de Chiloé y en la zona del archipiélago Guaitecas (~43°30'-44°15'S). El año 2017 la distribución de valores máximos de clorofila-a fue similares al 2016, aunque presentó mayor extensión latitudinal entre el archipiélago de Chonos y el límite sur. Por último, el año 2013, sólo presentó concentraciones relativamente mayores entre los 45°30'S y 46°S.

### Velocidad geostrofica (cm/s) y Anomalía del Nivel del Mar (ANM, en cm)

El campo superficial de las anomalías del nivel del mar (ANM) y velocidad geostrofica, mostró un flujo dominante hacia el sur y suroeste, con ANM mínimas durante el 2013 y máximas durante el 2017 (**Figura 20**). En general, las velocidades máximas (~10 cm/s) se ubicaron en el extremo sur de la península de Taitao, y la ocurrencia de estructuras rotantes, se presentaron en el sector más costero entre los 43°30' y 45°S. Las estructuras ciclónicas (anticiclónicas) se asociaron a focos de ANM mínimas (máximas), variando de -0,07 y 12 cm.

Durante el año 2013, se midió el menor valor de ANM con la presencia de dos estructuras, un giro ciclónico al oeste de la isla Ipún (~44°30'-44°45'S) y uno anticiclónico de mayor tamaño en la zona de boca del Guafo (~43°30'-44°30'S). Durante el año 2014, los valores de ANM se mantuvieron bajos (< 5 cm), sin embargo, se observó la presencia de un giro anticiclónico en la parte costera del archipiélago de Chonos (~44°30'-45°S). Durante el año 2015 los valores de ANM aumentaron, principalmente en la zona exterior de la isla de Chiloé (~43°-43°30'S) y el extremo sur de la península de Taitao (~46°30'-47°S), con valores de ~13 cm y la presencia de una estructura con giro anticiclónico al norte de la isla Ipún (~44°-44°30'S). En el extremo sur de la península de Taitao, también se observó un giro anticiclónico asociado al aumento relativo de la ANM. Durante el año 2016, los valores de ANM decayeron a valores promedio en torno a los 5 cm, con la presencia de una estructura anticiclónico al norte de la isla Guambelín (~44°-44°30'S). Finalmente, durante el año 2017 los valores de ANM aumentaron, destacando la presencia de un giro anticiclónico en la costa norte del archipiélago de Chonos (~44°30'-45°S), acompañado de un flujo sur intenso (~7 cm/s) en al oeste de los 75°W.



### Vientos: dirección y magnitud (m/s)

Las imágenes satelitales del viento mostraron predominancia del viento oeste y noroeste, con magnitudes entre ~8 y 17 m/s (**Figura 21**). El año 2013, se caracterizó por la dominancia de vientos del noroeste con magnitudes comprablemente menos intensas que en los demás años (rango de 10 a 14 m/s). El año 2014, se caracterizó por vientos intensos del oeste en toda la zona de estudio, con magnitudes de ~16 m/s. El año 2015, también se presentaron vientos predominantes del oeste, aunque éstos fueron menos intensos (rango de 8 a 14 m/s). El 2016, exhibió una franja del noroeste al sureste, con influencia de vientos del oeste más intensos (~16 m/s), afectando el sector costero entre los 44°42'S y 45°42'S. Al norte y sur de esta franja, se presentaron vientos del noroeste con magnitudes relativamente menores (~12 m/s). Finalmente, el año 2017 se caracterizó por la predominancia de vientos más intensos del noroeste, con magnitudes de ~15 m/s en toda la zona de estudio.

### Diagramas Hovmöller

Los diagramas Hovmöller (latitud v/s tiempo) de TSM y ATSM, entre enero 2013 y noviembre 2017, se desarrollaron en una franja centrada en los 75°41'W (**Figuras. 22 y 23**). En la TSM se observó un marcado ciclo estacional, con máximos valores durante los meses de verano (16°C) y mínimos durante los meses de invierno (<9°C), siendo el más frío el mes de agosto. Las mayores TSM se presentaron en los años 2016 y 2017, produciendo el debilitamiento del ciclo anual, en especial en el sector norte de la zona de estudio (43°S - 44°30'S). En estos años, las altas temperaturas se extendieron temporal y espacialmente, destacando valores >13°C a través de toda la franja costera y máximos de hasta 16°C. Este comportamiento también se observó en el año 2013, sin embargo los máximos térmicos fueron <15°C.

La mayor parte de las ATSM, oscilaron entre valores de -2 y +2°C, registrándose anomalías negativas (< -1 °C), durante primavera (septiembre a noviembre) de 2013, al sur de área, parte del primer semestre (febrero a junio) de 2014 y otoño (marzo a mayo) de 2016, mientras que las anomalías positivas (> 1°C), durante verano (diciembre – enero) de 2013/2014, invierno (junio – julio) de 2016 y otoño (marzo a mayo) de 2016. Al observar la ATSM correspondiente al mes de agosto de cada año, la mayor se registró durante 2016.



## DISCUSIÓN

El área de estudio ( $43^{\circ}$  -  $47^{\circ}$ S) se encuentra ubicada en la zona de formación del Sistema de Corrientes de Humboldt (SCH), donde la Corriente de deriva de los vientos del oeste incide en el continente de América del Sur, dividiéndose en una corriente hacia el norte, la corriente de Humboldt, y una corriente hacia el sur, la corriente del Cabo de Hornos (Silva y Neshyba, 1977). El SCH es un sistema complejo de corrientes, compuesto por una serie de flujos y contraflujos que forman parte del giro Subtropical del Océano Pacífico Sur Oriental (Thiel *et al.*, 2007). En términos generales, puede ser descrito como un flujo superficial predominante de aguas de origen antártico, en dirección hacia el Ecuador, y una corriente subsuperficial en sentido contrario, denominada Corriente Subsuperficial Perú-Chile. La Corriente Subsuperficial Perú-Chile es la responsable de transportar Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) hacia el sur, hasta el Golfo de Penas ( $\sim 48^{\circ}$ S) (Silva y Neshyba, 1980).

De acuerdo a los muestreos obtenidos durante los cruceros de Merluza austral, en el mar exterior de la zona sur austral de Chile ( $43^{\circ}$ - $47^{\circ}$ S), la zona se caracterizó por la presencia de: Agua Superficial Antártica (ASAA), ubicada en los primeros 150 m de profundidad; remanentes de Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS), ubicada entre los 150 y  $\sim 300$  m; y Agua Intermedia Antártica (AIAA) bajo los 300 m de profundidad, lo que fue coincidente con lo reportado por Silva *et al.* (2009). Además, considerando que la zona presenta mezcla con agua dulce, provenientes de los deshielos, lluvias y descarga de ríos locales, se incorporó la masa de Agua Subantártica Modificada (ASAAM), la cual se encontró en los primeros metros de la columna de agua ( $\sim 50$  m) en todos los cruceros, aunque con mayor presencia relativa durante los cruceros de los años 2015 y 2017.

La columna de agua presentó una estructura vertical de dos capas: una superficial asociada a la presencia de ASAA y ASAAM ( $<150$  m), en donde se observó la mayor variabilidad; y una capa profunda ( $>150$  m) más homogénea cuyo comportamiento no presentó variaciones notables entre los distintos cruceros. La presencia de mínimos salinos superficiales en el sector centro-sur de las transectas, generó una intensa estratificación vertical, provocada por la descarga de agua dulce desde el continente. Lo anterior, se favorece por las condiciones de invierno desarrolladas durante cada crucero, en donde el mes de agosto se considera como el más lluvioso en la zona centro-sur de Chile (Shneider *et al.*, 2017). Además, el sector sur de la transecta se ubicó en las cercanías del Golfo de Penas, en donde la conexión con aguas continentales podría ser favorable (Strub *et al.*, 1998).

El análisis de los resultados de las variables hidrográficas del crucero y la información satelital, mostraron un calentamiento anómalo en la zona de estudio durante los años 2016 y 2017, sugiriendo



los efectos remotos de una condición cálida del sistema ENOS (El Niño Oscilación del Sur) en esa zona. Diversos estudios en la costa Sudamericana, han revelado los efectos del ENOS a través de la propagación de ondas Kelvin desde el Ecuador hacia los polos, afectando directamente las condiciones oceanográficas hasta los 33°S (Enfield, 1987; Shaffer *et al.*, 1997; Hormazábal *et al.*, 2001). Al sur de esta latitud, no hay antecedentes de los efectos directos de este proceso, sin embargo, su influencia puede expresarse de forma indirecta, a través de teleconexiones atmosféricas, en donde se alteran los centros de presión modificando los vientos predominantes (Garreaud *et al.*, 2008, Garreaud, 2018), lo cual se ve acrecentado por otro evento con consecuencias indirectas sobre la zona de estudio, la denominada “oscilación antártica”, la cual en los últimos años se encuentra en su fase positiva (Garreaud, 2018), influyendo en la variabilidad de las precipitaciones, además de la intensidad de los vientos del oeste en la zona sur de Chile. La OA afecta latitudes medias y altas del hemisferio sur, se caracteriza por gradientes de presión entre la zona antártica y la banda latitudinal de los 40° a 50°S. Durante su fase positiva, se produce un incremento de la presión superficial y altura geopotencial sobre latitudes medias, además de un fortalecimiento y direccionamiento de los vientos del oeste hacia el polo sur (Garreaud *et al.*, 2008).

En este sentido, el invierno más cálido observado durante el año 2016, coincidió con el desarrollo de un evento cálido del ENOS entre los años 2015-16 (Null, 2017), concordante, con los altos valores de ATSM ( $> 1^{\circ}\text{C}$ ) y la fase positiva de la OA. En tanto, estos efectos no lograron observarse durante el crucero 2015, debido a la baja cobertura de estaciones en la zona, sin embargo, las ATSM fueron positivas, a lo largo de toda la zona de estudio ( $> 0,5^{\circ}\text{C}$ ),

La clorofila-*a*, mostró sus mayores concentraciones en la zona costera, especialmente próximo a desembocadura de ríos y canales locales, los cuales a través de sus afluentes transportan agua con altos volúmenes de nutrientes al océano, generando en la zona costera una columna superficial menos salina y con un alto contenido de nutrientes (Silva y Guzmán, 2006). En la zona exterior de Boca del Guafo (profundidad de 250 m), las concentraciones de clorofila-*a* fueron mínimas, dicha zona corresponde a un lugar de conexión entre el océano y la microcuenca de los mares interiores de la zona Austral de Chile, aquí las concentraciones de nutrientes subsuperficiales se acrecientan, y por lo tanto, ocurre *in-situ* el proceso de descomposición de material particulado, aumentando la concentración de nutrientes útil para el fitoplancton, hacia el interior a la microcuenca interior (Silva y Guzmán, 2006).

Por lo tanto, se considera como fundamental para la variabilidad de biomasa fitoplanctónica, el aporte de nutrientes, la temperatura, profundidad de la capa de mezcla (Pizarro, *et al.*, 2000), la exposición a la luz, la turbulencia y las posibles interacciones biológicas (Silva y Guzmán, 2006), por otra parte,



resultados obtenidos por Pizarro, *et al.*, (2000), indicaron que la estabilidad superficial de la columna de agua no necesariamente tiene una relación con la acumulación de clorofila-*a*.

La zona de estudio presentó corrientes con una dirección predominante hacia el sur, con la presencia de meandros y estructuras costeras rotantes de diversa extensión, cuyo tamaño y formación podría estar asociado a las características batimétricas del lugar, fragmentación de estructuras de gran escala por efecto de la fricción de fondo, como también interacción de algún sistema de corrientes con la costa, presencia de algún frente de afloramiento o algún tipo de variabilidad temporal del flujo costero (Pizarro *et al.*, 2002). Estudios numéricos desarrollados en sistemas de corrientes de borde oriental, mostraron que la mayor parte de la variabilidad superficial del océano, es a causa de las inestabilidades baroclínicas, constituyendo un mecanismo fundamental para la generación de meandros y remolinos (Aguirre *et al.*, 2014). La dirección predominante del flujo (hacia el sur) podría relacionarse con la presencia de la Corriente del Cabo de Hornos, la cual abarca desde los 40°-45°S (Chaigneau y Pizarro, 2005). Esta corriente es impulsada por la bifurcación de la deriva del viento del oeste, los cuales se ubican a latitudes medias (30°-60°S).



## CONCLUSIONES

La zona de estudio (43° - 47°S) presentó una estructura vertical de dos capas: una superficial mayormente variable (<150 m) y una capa profunda (>150-200 m) más homogénea. Presencia de mínimos salinos en superficie (sector centro-sur), producto del ingreso de agua dulce, generó una fuerte estratificación vertical.

Calentamiento anómalo superficial durante 2016 y 2017, causado por los efectos remotos de un evento El Niño, evidenciado por los altos valores de ATSM ( $> +1^{\circ}\text{C}$ ), afectando la zona mediante Teleconexiones.

La columna de agua en la zona, fue influenciada por la presencia de cuatro masas de agua: Agua Superficial Antártica (ASAA), ubicada en los primeros 150 m de profundidad; remanentes de Agua Ecuatorial Subsuperficial (AEES), ubicada entre los 150 y ~300 m; y Agua Intermedia Antártica (AIAA) bajo los 300 m de profundidad. La masa de Agua Subantártica Modificada (ASAAM) se encontró en los primeros 50 m.

La variabilidad en la concentración de clorofila-a se vio determinada por el aporte de nutrientes, variaciones en la temperatura, profundidad de la capa de mezcla, exposición a la luz, la turbulencia e interacciones biológicas. Observándose los mayores volúmenes en la zona costera y próximo a desembocaduras de ríos y canales.

La dirección de los flujos geostróficos, presentó una dirección predominante hacia el sur, además de presencia de meandros y estructuras ciclónicas y anticiclónicas a lo largo de toda la zona de estudio. Principalmente como resultado de inestabilidades baroclínicas, la cuales son una de las causas principales de la variabilidad superficial del océano.





## REFERENCIAS

Aceituno, P. 1992. Anomalías de precipitación en Chile central relacionadas con la Oscilación del Sur. P. 1-6 en Extended Abstract: Paleo-ENSO Records International simposium, Lima - Perú, 4-7 Marzo de 1992, 333 pp.

Aceituno, P. 1988. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part I. Surface climate. *Monthly Weather Review* 116: 505-524.

Aguirre, C., R. D. Garreaud, y J. A. Rutllant. 2014. Surface ocean response to synoptic-scale variability in wind stress and heat fluxes off south-central Chile. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*. 65:64–85.

Cerverny RS. 1998. Present climates of South America. In *Climates of the Southern continents: Present, Past and Future*, Hobbs JE, Lindesay JA, Bridgman HA (eds). John Wiley: London; 107 – 135.

Chaigneau, A. y O. Pizarro. 2005. Surface circulation and fronts of the South Pacific Ocean, east of 120°W. *Geophysical Research Letters* 32, L08605.

Enfield, D. B. 1987. The intraseasonal oscillation in eastern Pacific sea levels: How is it forced? *Journal of Physical Oceanography*. 11, 1860–1876.

Garreaud, R., Vuille, M., Compagnucci, R. y J. Marengo. 2008. “Present-day South American Climate”. Curso de climatología sinóptica en la costa oeste de América del Sur. SENAMHI, Perú. En línea, disponible en: ([http://www.dgf.uchile.cl/rene/PUBS/ClimSA\\_paleo3.pdf](http://www.dgf.uchile.cl/rene/PUBS/ClimSA_paleo3.pdf)). Revisado el 10 de febrero de 2018.

Garreaud, R. 2018. “Tres Niños sorprendentes”, Disponible en: (<https://youtu.be/5nQv5u>). Revisado el 26 de febrero de 2018.

Hormazabal, S., G. Shaffer, J. Letelier, and O. Ulloa. 2001. Local and remote forcing of sea surface temperature in the coastal upwelling system off Chile. *Journal of Geophysical Research*. 106, 16,657–16,671.



Iriarte, J.L., Pantoja, S., y Daneri, G. 2014. Oceanographic processes in Chilean fjords of Patagonia: From small to large-scale studies. *Progress in Oceanography*. 129, 1-7.

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

Null, J. 2017. El Niño and La Niña Years and Intensities Based on Oceanic Niño Index (ONI). Disponible en: (<http://ggweather.com/enso/>). Revisado el 10 de enero, 2018.

Pizarro, G., J. L. Iriarte, V. Montecino, J. L. Blanco y L. Guzmán. 2000. Distribución de Biomasa Fitoplanctónica y productividad primaria máxima de Fjordos y Canales Australes en Octubre 1996, *Ciencia y Tecnología del Mar*, 23, 25–48.

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

Rasmusson E.M. y T.H. Carpenter. 1982. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the El Niño-southern oscillation. *Monthly Weather Review* 110 : 354 – 384

Santos, J.L. 2006. The impact of El Niño – Southern Oscillation Events on South America. *Advances in Geosciences*. 6, 221-225.

Shaffer, G., O. Pizarro, L. Djurfeldt, S. Salinas, and J. Rutllant. 1997. Circulation and low-frequency variability near the Chilean coast: Remotely forced fluctuations during the 1991–92 El Niño. *Journal of Physical Oceanography*. 27, 217– 235.

Silva, N. y D. Guzmán. 2006. Condiciones oceanográficas físicas y químicas, entre boca del Guafo y fiordo Aysén (Crucero Cimar 7 Fjordos). *Ciencia y Tecnología del Mar* 29(1): 25-44.

Silva, N., N. Rojas, y A. Fedele. 2009. Water masses in the Humboldt Current System: Properties, distribution, and the nitrate deficit as a chemical water mass tracer for equatorial subsurface water off Chile. *Deep-Sea Research*. II 56:1004–1020.



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

Silva, N., C. Calvete y H. A. Sievers. 1998. Masas de agua y circulación general para algunos canales australes chilenos entre Puerto Montt y laguna San Rafael (Crucero CIMAR-Fiordo 1). Ciencia y Tecnología del Mar, 21: 17-48.

Silva, N. y D. Konow. 1975. Contribución al conocimiento de las Masas de Agua en el Pacífico Sudoriental. Expedición KRILL. Crucero 3-4, julio-agosto 1974. Revista Comisión Permanente del Pacífico Sur 3:63-75.

Silva, N., Neshyba, S., 1980. Masas de agua y circulación geostrofica frente a la costa de Chile Austral. Serie Científica. Instituto Antártico Chileno 25/26, 5–32.

Silva, N. y S. Neshyba. 1977. Corrientes superficiales frente a la costa austral de Chile. Ciencia y Tecnología. Mar, 3: 37-42.

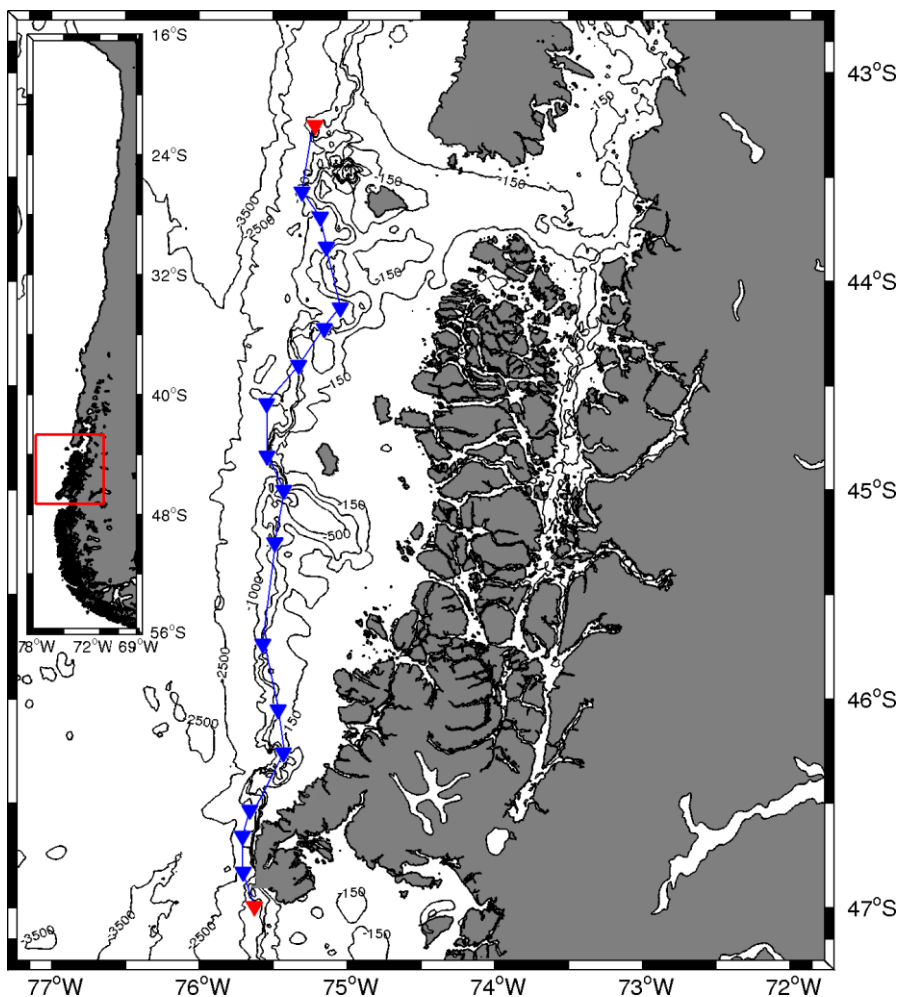
Shneider, W., Donoso, D., Garcés-Vargas, J., y Escribano, R. 2017. Water-column cooling and sea surface salinity increase in the upwelling region off central-south Chile driven by a poleward displacement of the South Pacific High. Progress in Oceanography. 151, 38-48.

Stewart, R. 2008. Introduction to physical oceanography. Disponible en: (<http://hdl.handle.net/1969.1/160216>). Revisado el 16 de febrero de 2018.

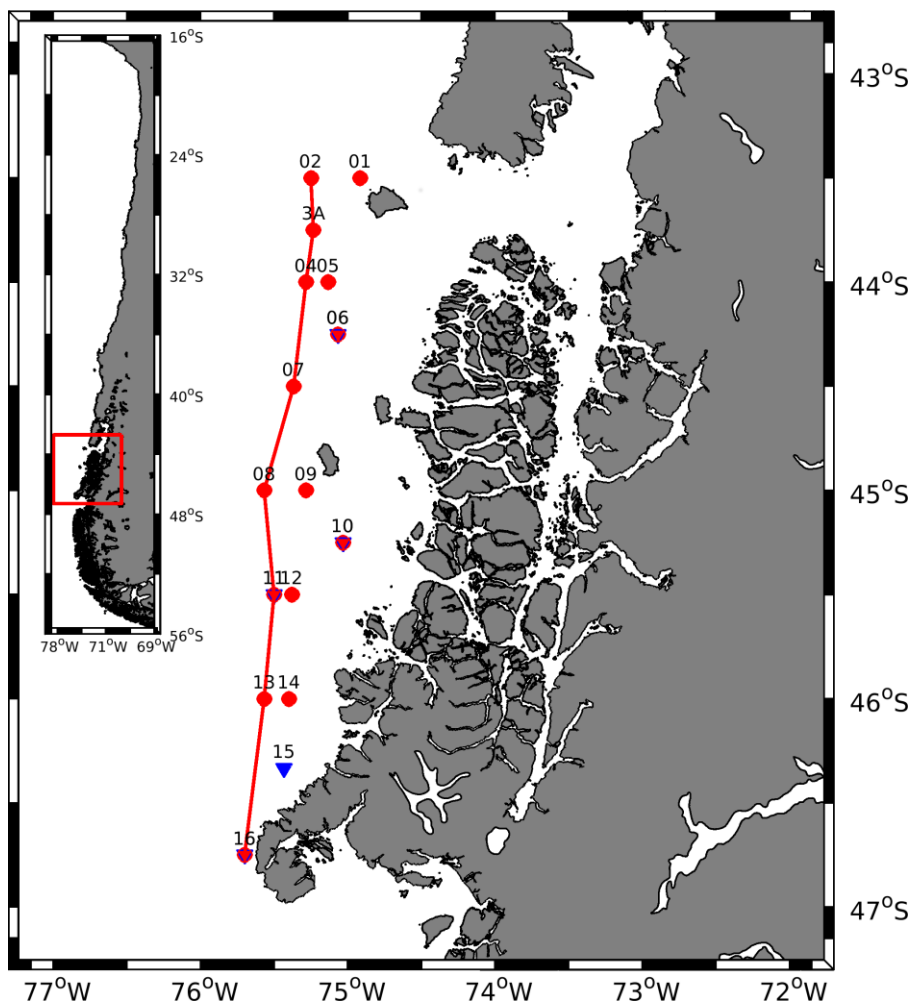
Strub, P.T., Mesias, J.M., Montecino, V., Rutllant, J. y Salinas, S. 1998. Coastal ocean circulation off western South America. A.R. Robinson & K.H. Brink (eds). The Sea, vol 11. Jhon Wiley, New York, pp. 273-313.



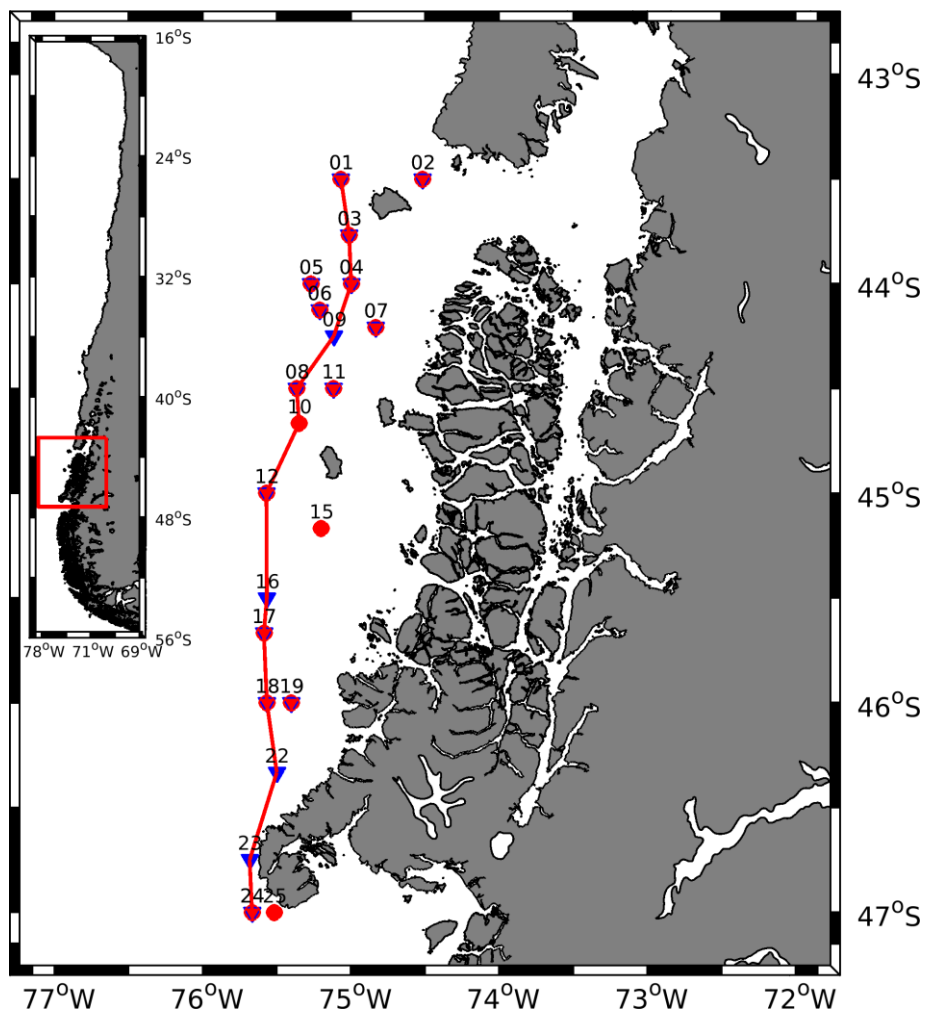
## FIGURAS Y TABLAS



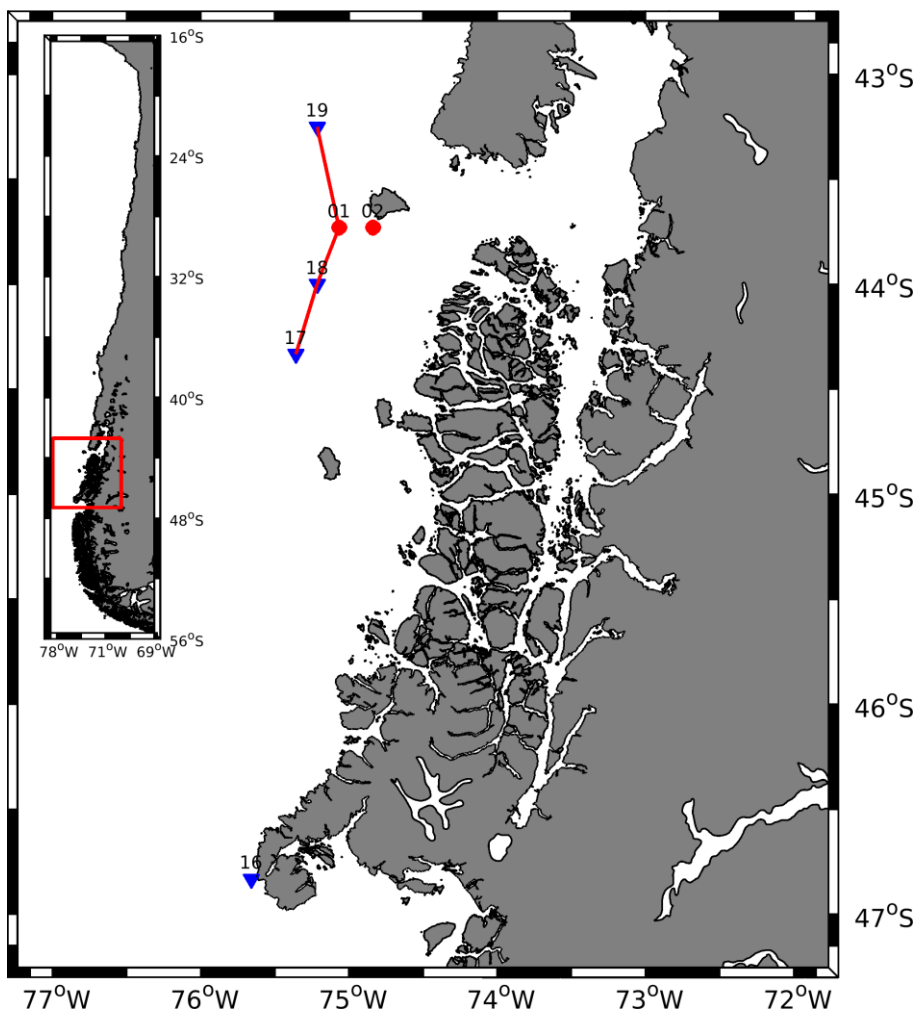
**Figura 1.** Mapa batimétrico de la zona sur austral de Chile (43°-47°S y 72°-77°W). Los triángulos rojos indican la posición de las estaciones fijas de referencia sobre las cuales se realizaron todas las transectas paralelas a la costa (línea azul). Los triángulos azules indican las posiciones de las estaciones oceanográficas correspondientes a la campaña del 2016.



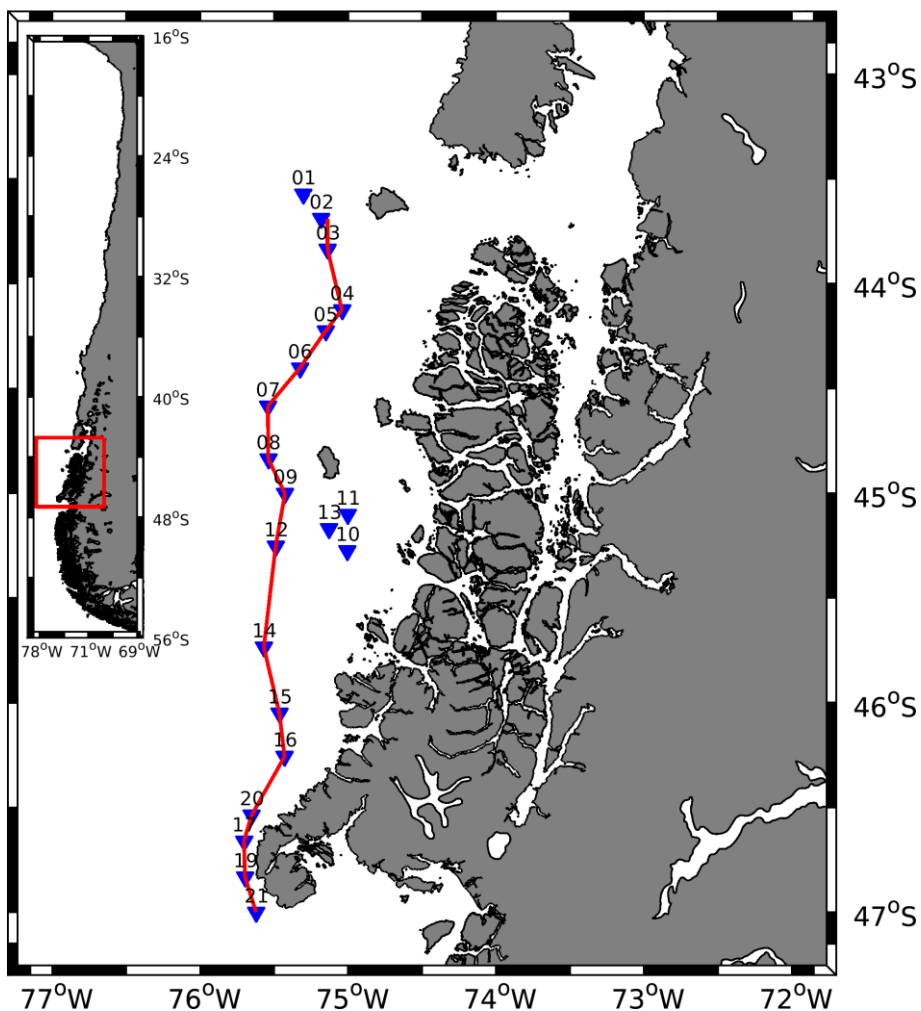
**Figura 2.** Estaciones de muestreo de las estaciones de CTD durante la campaa de medici3n realizada desde el 6 al 18 de agosto de 2013. Los c3rculos rojos indican las estaciones donde se realiz3 lance de roseta oceanogr3fica con CTD y los tri3ngulos azules indican estaciones donde s3lo se realiz3 lance de CTD. La l3nea roja contin3a indica la transecta paralela a la costa.



**Figura 3.** Estaciones de muestreo de las estaciones de CTD durante la campaa de medici3n realizada desde el 7 al 19 de agosto de 2014. Los c3rculos rojos indican las estaciones donde se realiz3 lance de roseta oceanogr3fica con CTD y los tri3ngulos azules indican estaciones donde s3lo se realiz3 lance de CTD. La l3nea roja contin3a indica la transecta paralela a la costa.

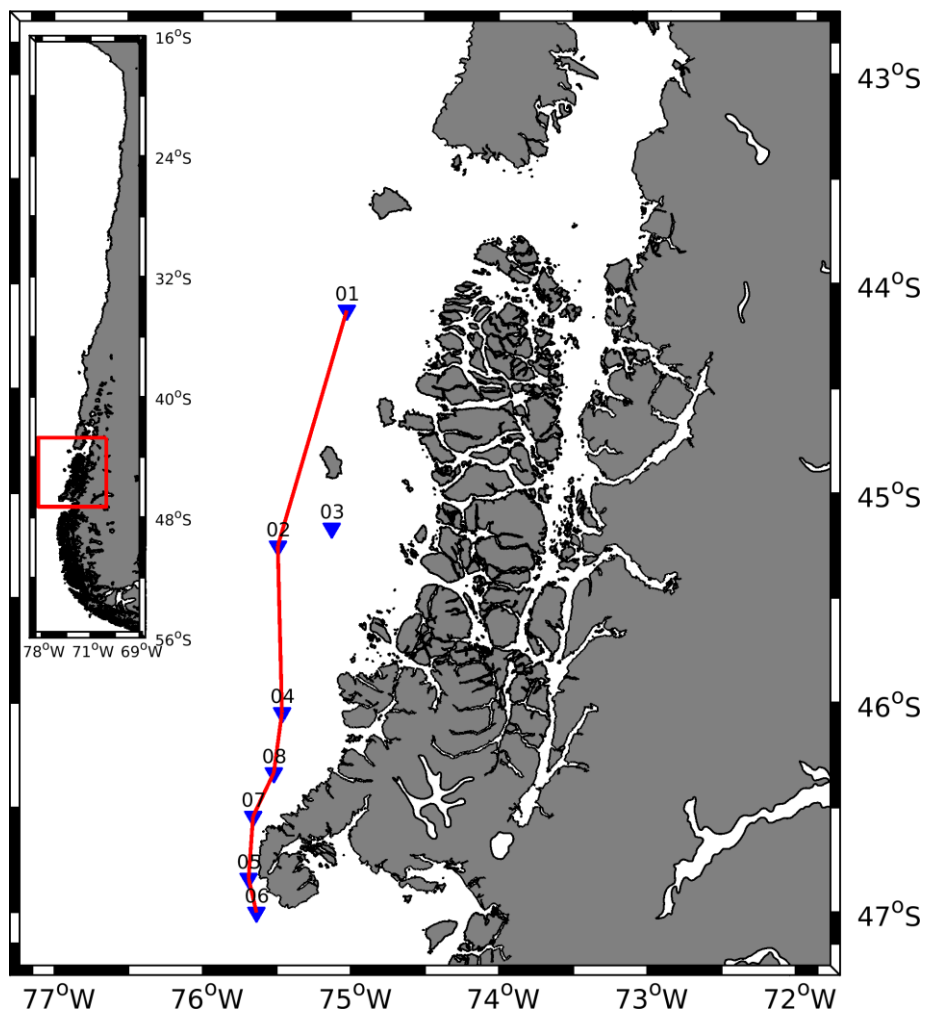


**Figura 4.** Estaciones de muestreo de las estaciones de CTD durante la campaa de medici3n realizada desde el 4 al 6 de agosto de 2015. Los c3rculos rojos indican las estaciones donde se realiz3 lance de roseta oceanogr3fica con CTD y los tri3ngulos azules indican estaciones donde s3lo se realiz3 lance de CTD. La l3nea roja contin3a indica la transecta paralela a la costa.

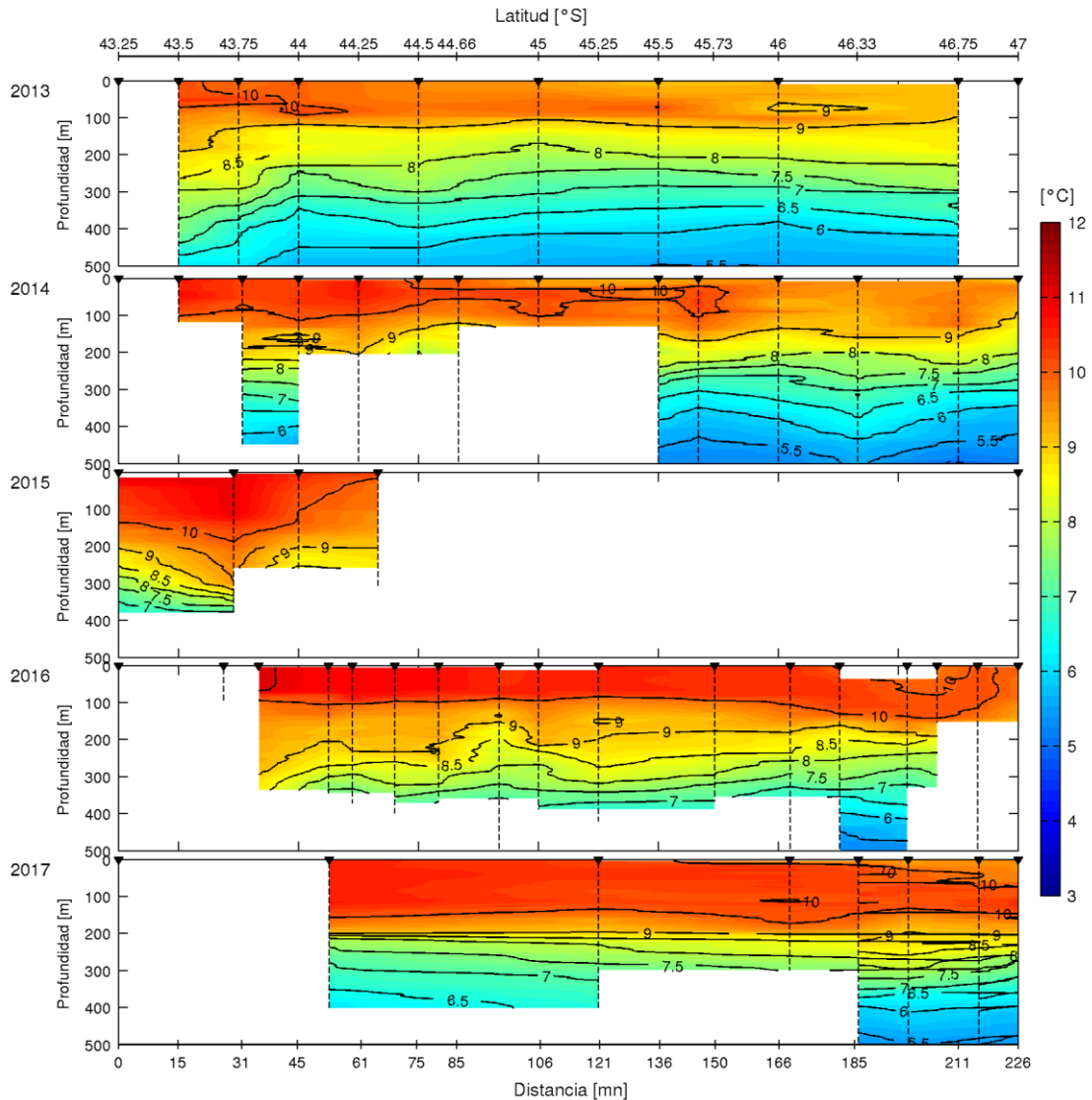


**Figura 5.** Estaciones de muestreo de las estaciones de CTD durante la campaa de medici3n realizada desde el 7 al 17 de agosto de 2016. Los triángulos azules indican estaciones donde se realiz3 lance de CTD. La lnea roja continúa indica la transecta paralela a la costa.

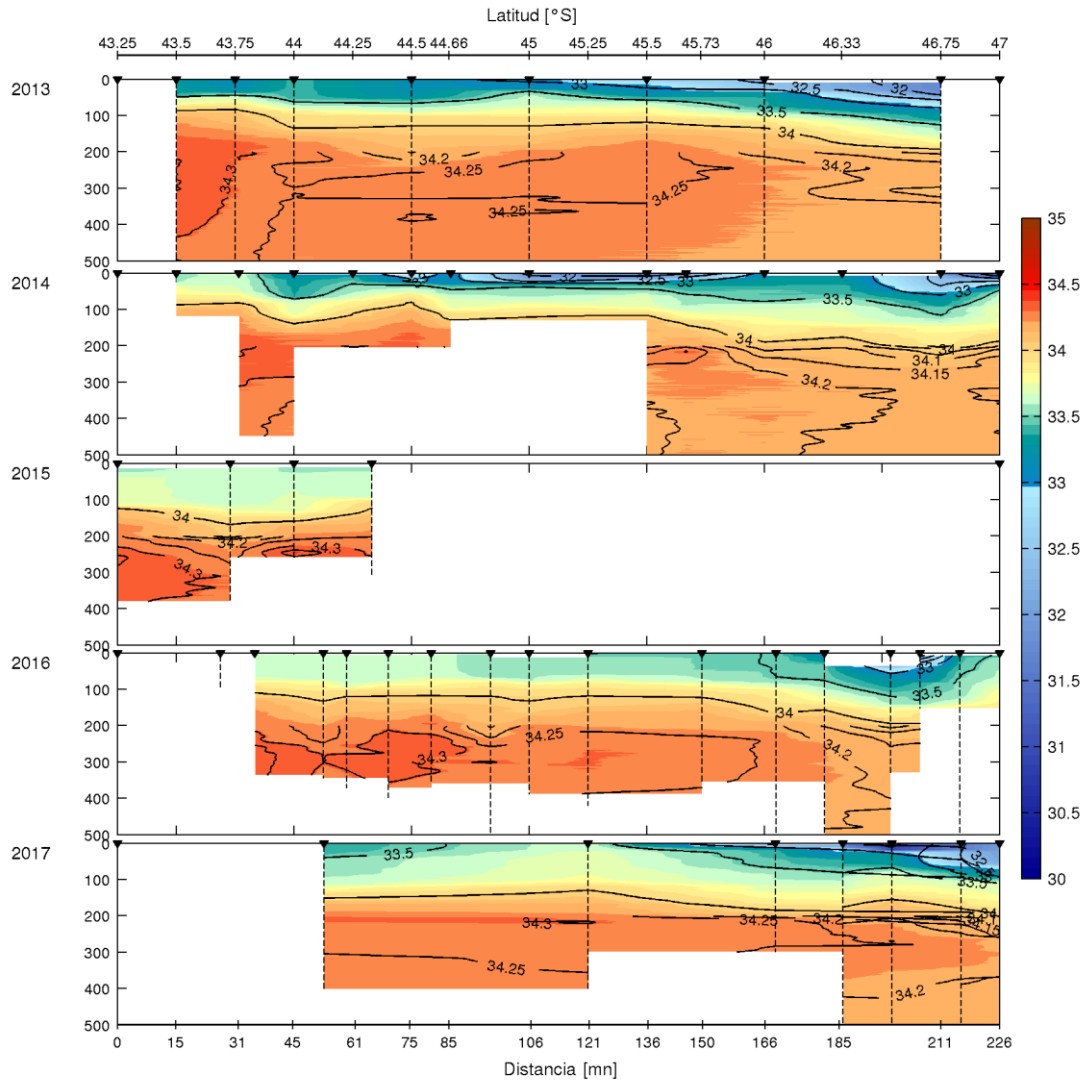




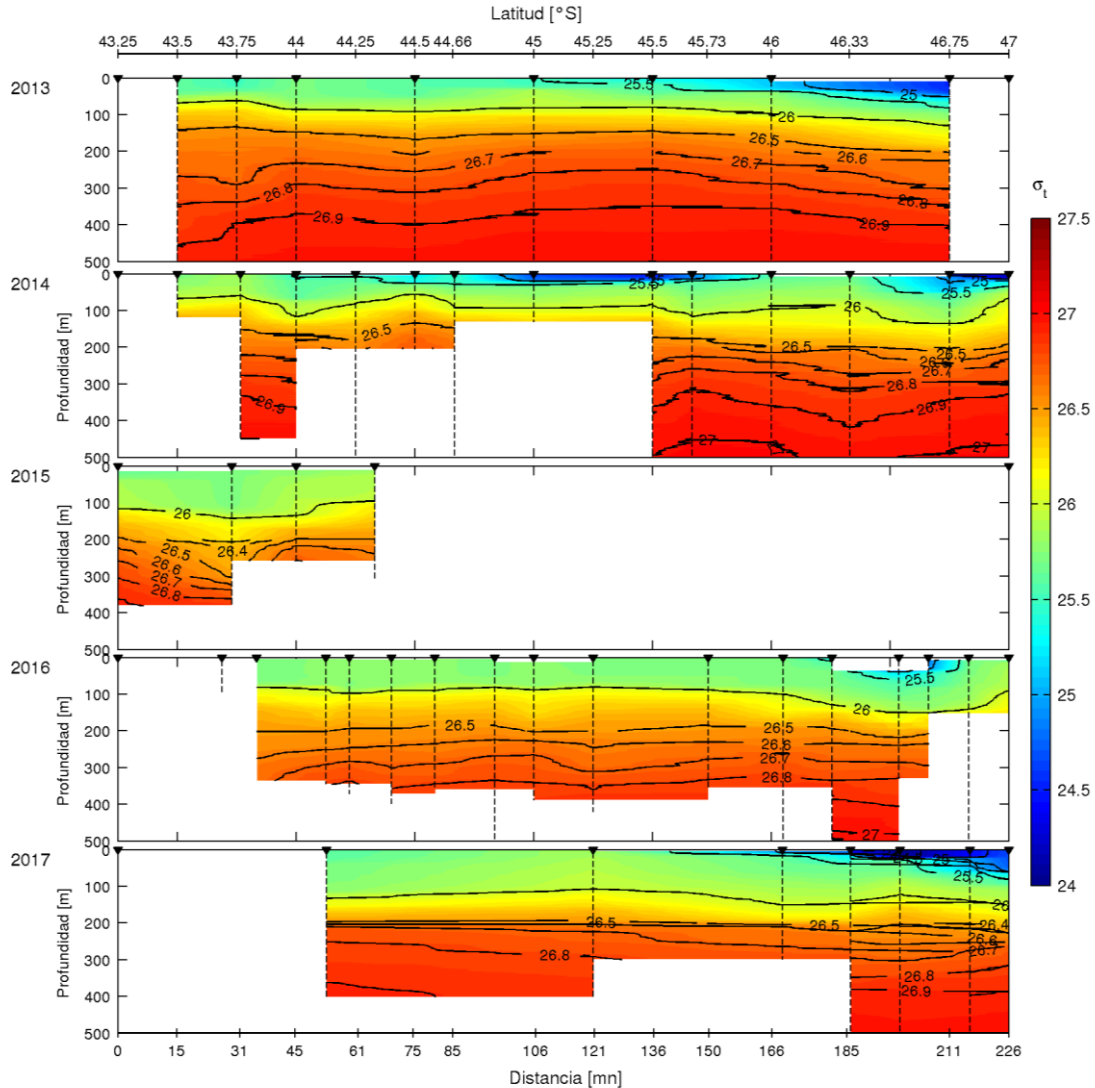
**Figura 6.** Estaciones de muestreo de las estaciones de CTD durante la campaa de medici3n realizada desde el 7 al 17 de agosto de 2017. Los tri3ngulos azules indican estaciones donde se realiz3 lance de CTD. La lnea roja continaa indica la transecta paralela a la costa.



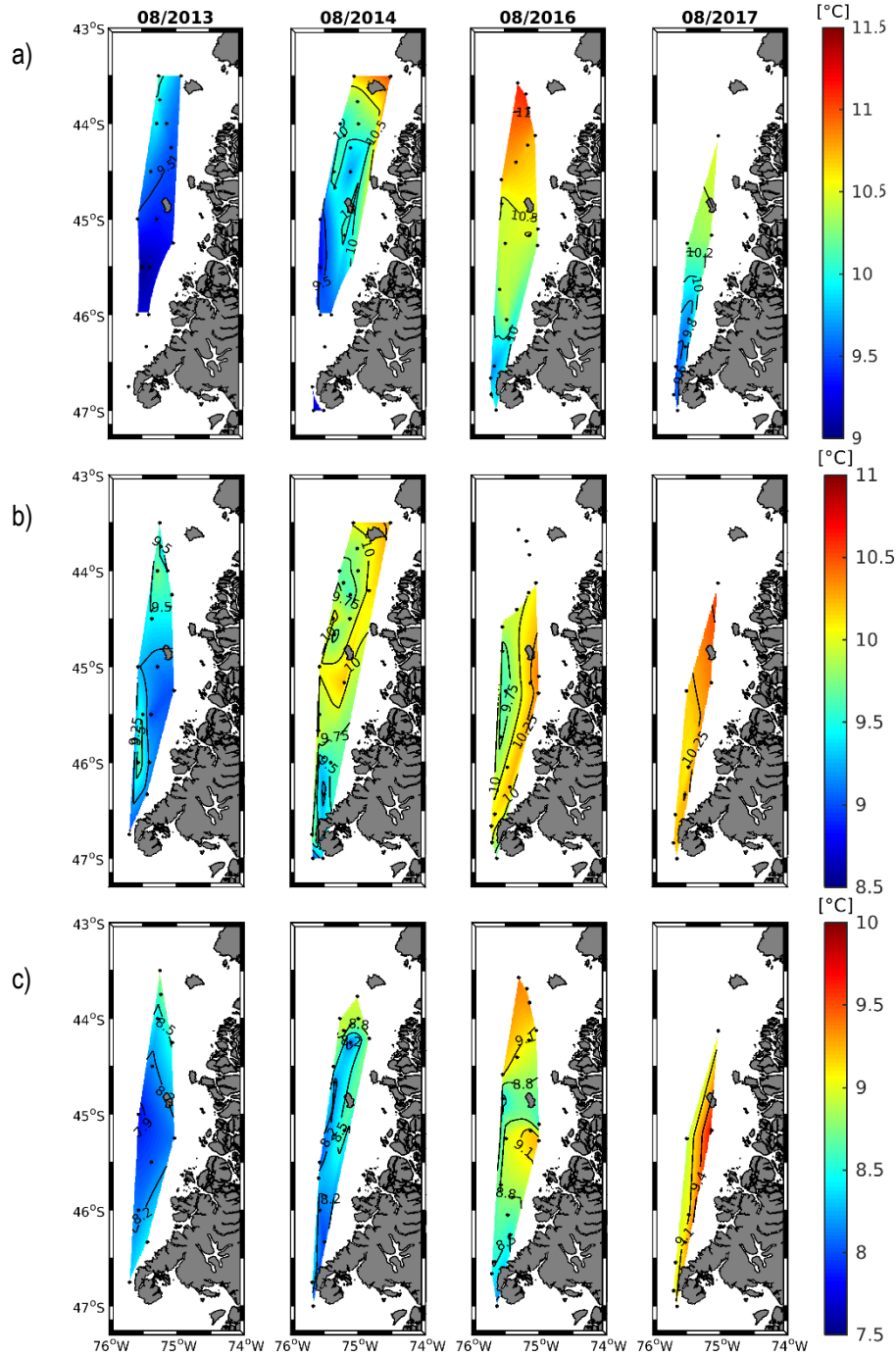
**Figura 7.** Distribuci3n vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) sobre las transectas paralelas a la costa ubicadas entre los  $43,25^{\circ}$  y  $47^{\circ}\text{S}$ , realizados durante agosto del 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017. En el eje superior se indica la latitud ( $^{\circ}$ ) abarcada por las transectas y en el eje inferior la distancia (mn) referida a la estaci3n ubicada m1s al norte ( $43,25^{\circ}\text{S}$ ). Contornos cada  $0,5^{\circ}$ , (0 – 200 m) y cada  $0,1^{\circ}$ , (201 – profundidad m1xima). Los tri1ngulos invertidos indican la posici3n de las estaci3nes oceanogr1ficas abarcadas por cada camp1a y las 1reas en blanco la falta de datos.



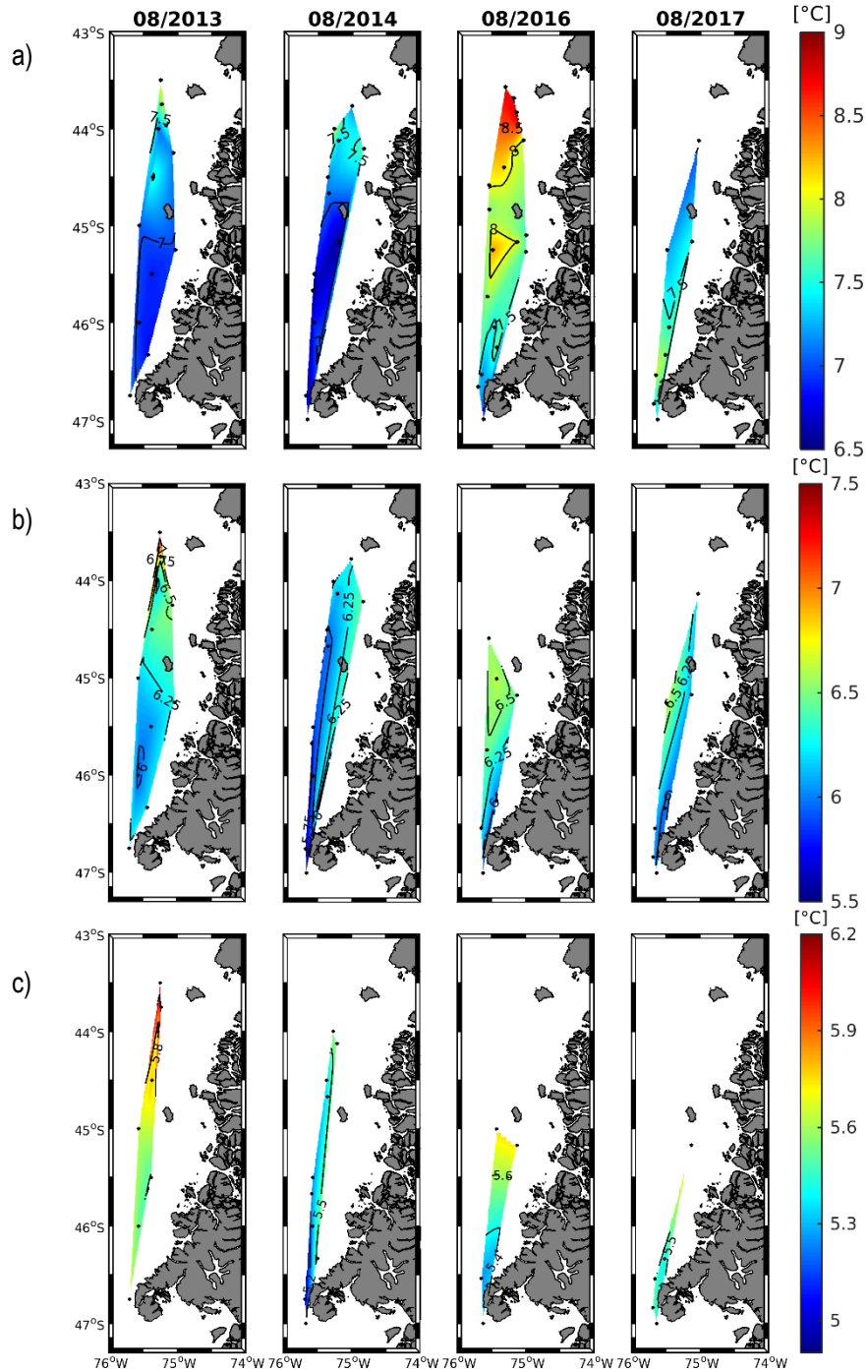
**Figura 8.** Distribuci3n vertical de salinidad sobre las transectas paralelas a la costa ubicadas entre los 43,25° y 47°S, realizados durante agosto del 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017. En el eje superior se indica la latitud (°) abarcada por las transectas y en el eje inferior la distancia (mn) referida a la estaci3n ubicada m1s al norte (43,25°S). Contornos cada 0.5‰, (0 – 200 m) y cada 0.1‰, (201 – profundidad m1xima). Los tri1ngulos invertidos indican la posici3n de las estaci3nes oceanogr1ficas abarcadas por cada camp1a y las 1reas en blanco la falta de datos.



**Figura 9.** Distribuci3n vertical de densidad ( $\sigma_t$ ) sobre las transectas paralelas a la costa ubicadas entre los 43,25° y 47°S, realizadas durante agosto del 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017. En el eje superior se indica la latitud (°) abarcada por las transectas y en el eje inferior la distancia (mn) referida a la estaci3n ubicada m3s al norte (43,25°S). Contornos cada 0,5  $\sigma_t$  (0 – 200 m) y cada 0,1  $\sigma_t$  (201 – profundidad m3xima). Los tri3ngulos invertidos indican la posici3n de las estaci3nes oceanogr3ficas abarcadas por cada campaa y las 3reas en blanco la falta de datos.

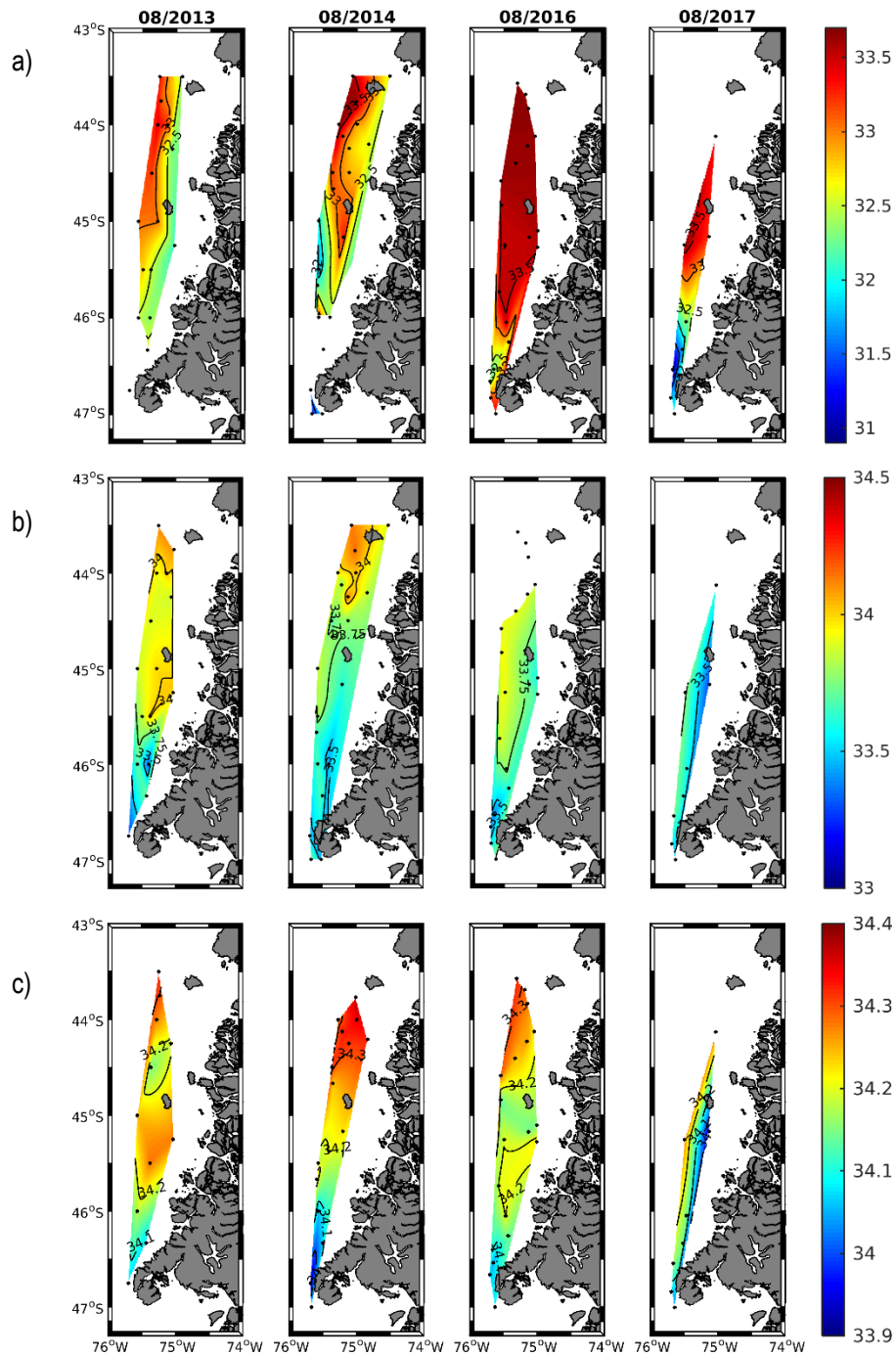


**Figura 10.** Distribuci3n horizontal y temporal de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), realizados durante agosto de 2013, 2014, 2016 y 2017 a diferentes profundidades: a) 5 m, b) 100 m, y c) 200 m.

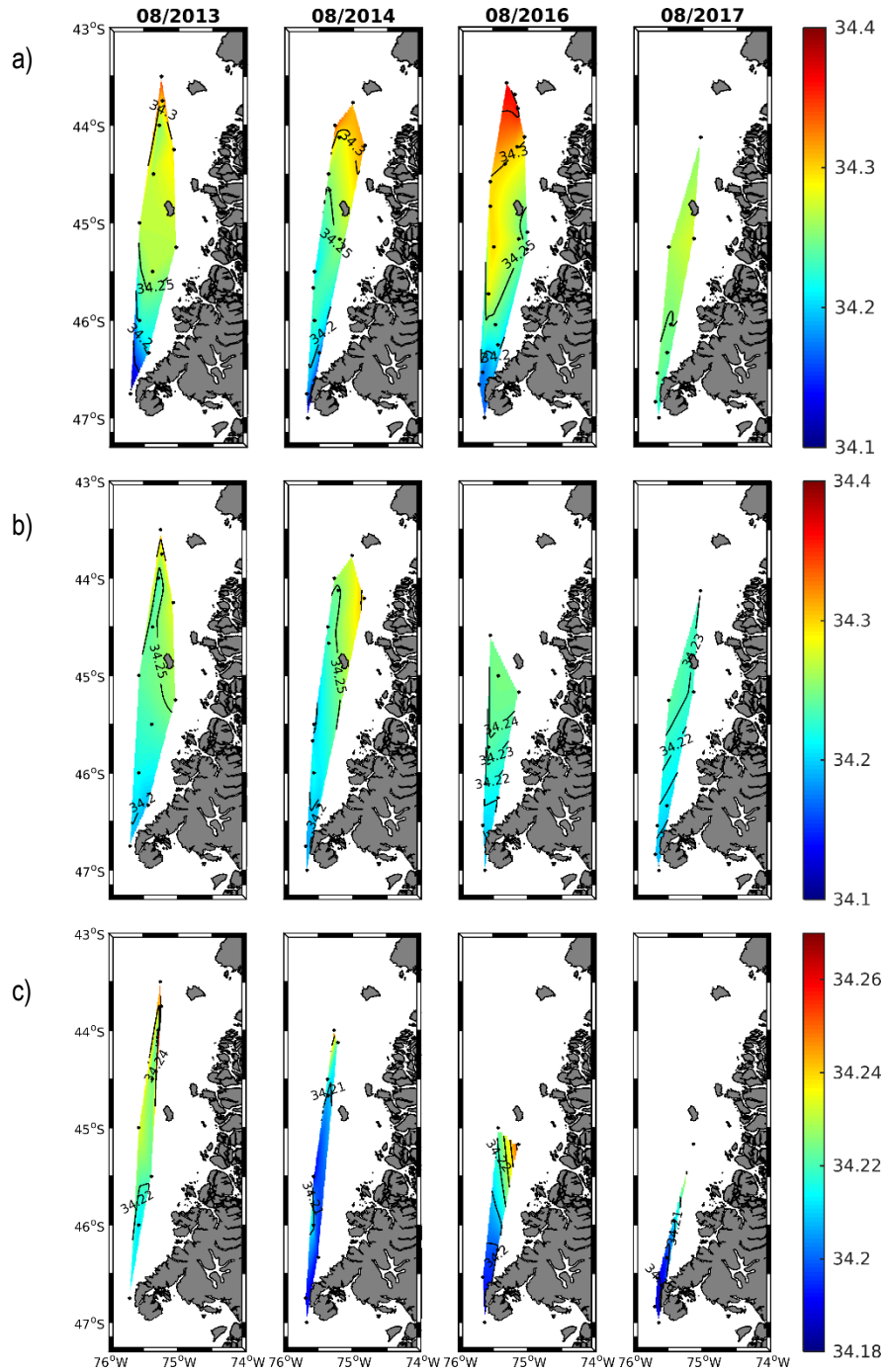


**Figura 11.** Distribuci3n horizontal y temporal de temperatura (°C), realizados durante agosto de 2013, 2014, 2016 y 2017 a diferentes profundidades: a) 300 m, b) 400 m, y c) 500 m.



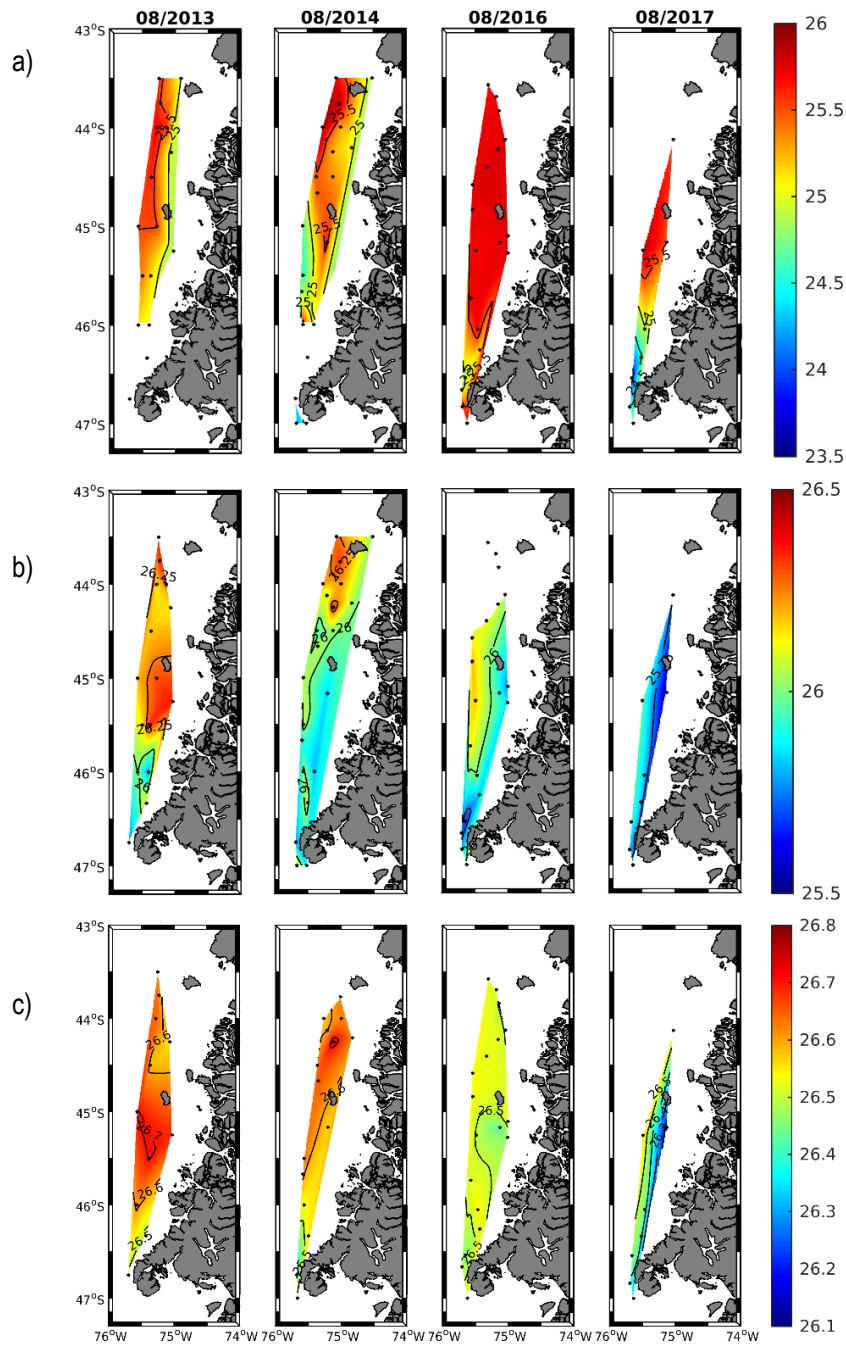


**Figura 12.** Distribución horizontal y temporal de salinidad, realizados durante agosto de 2013, 2014, 2016 y 2017 a diferentes profundidades: a) 5 m, b) 100 m, y c) 200 m.

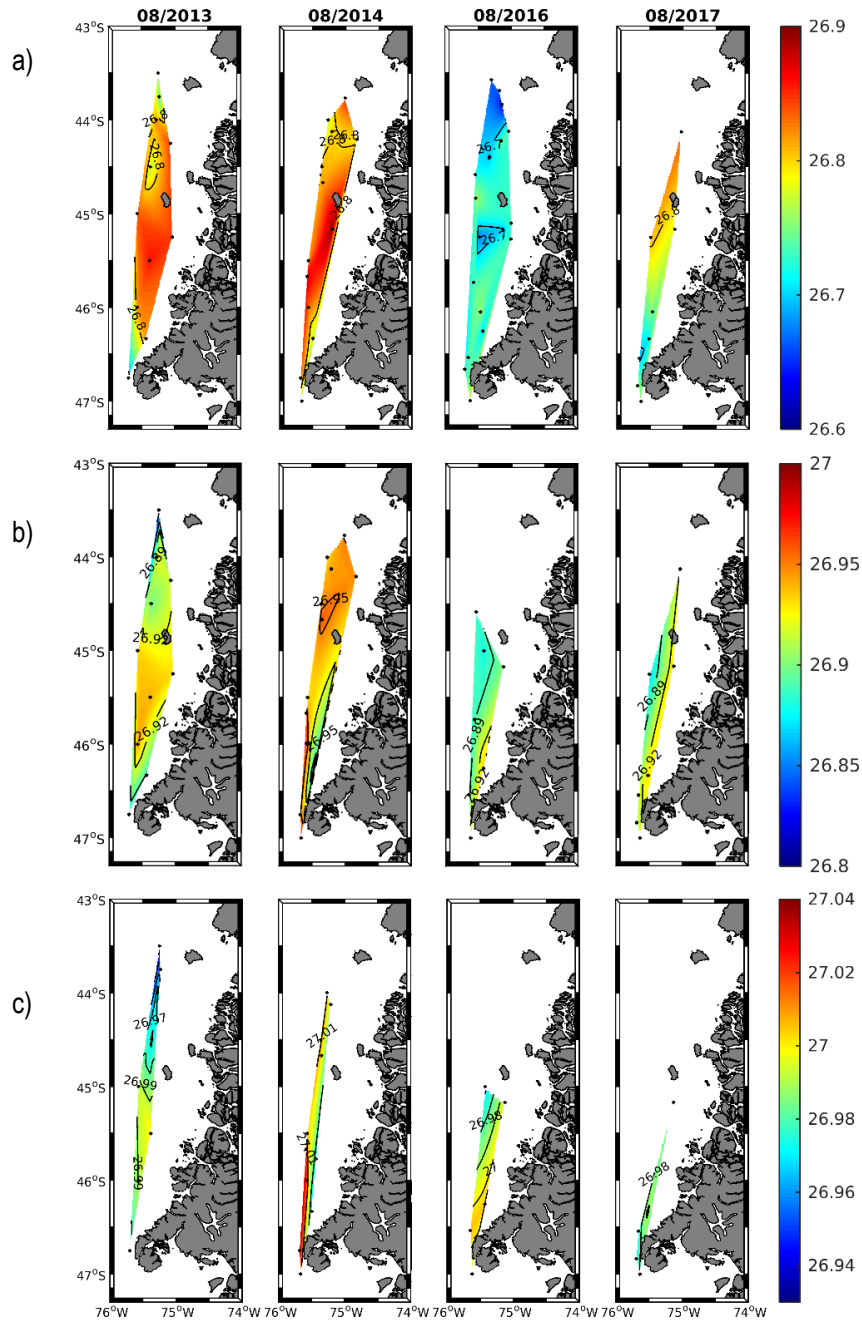


**Figura 13.** Distribuci3n horizontal y temporal de salinidad, realizados durante agosto de 2013, 2014, 2016 y 2017 a diferentes profundidades: a) 300 m, b) 400 m, y c) 500 m.

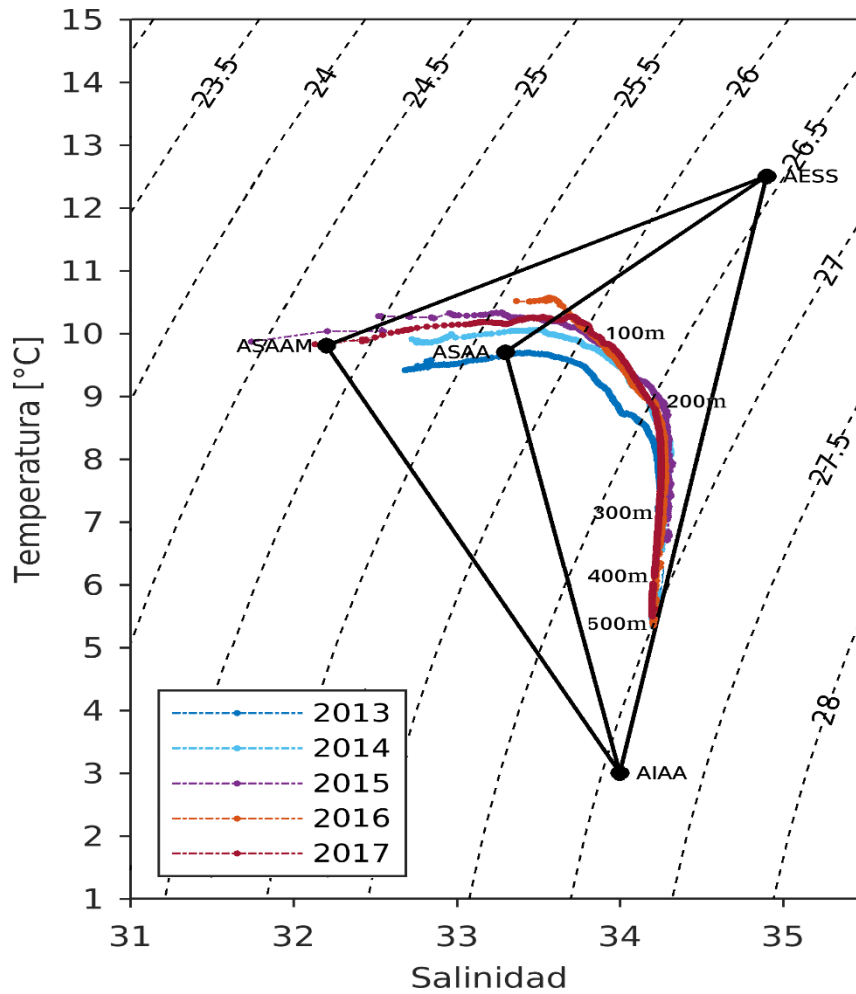




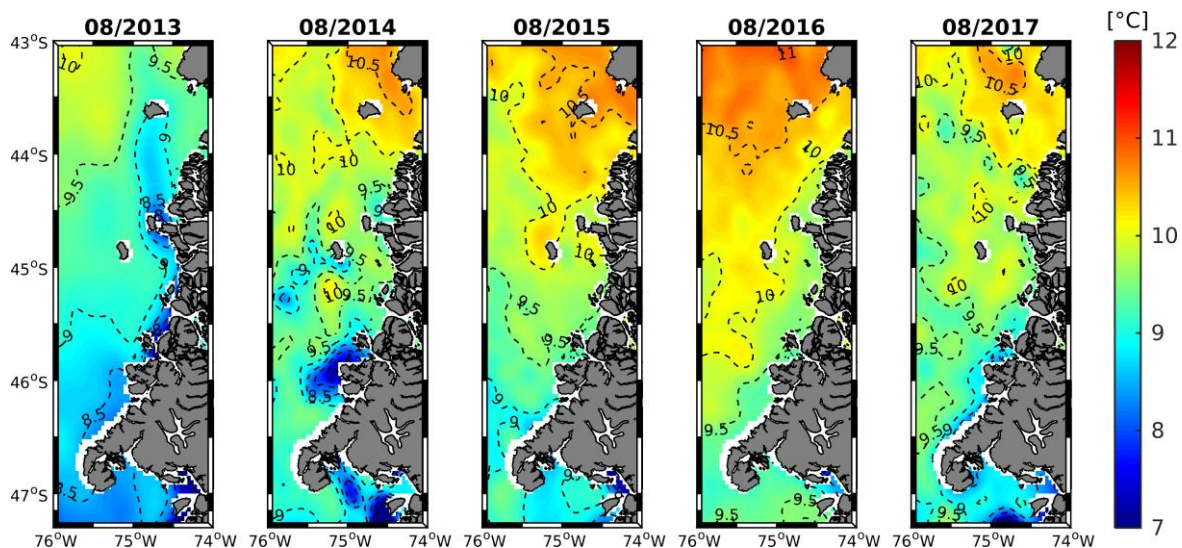
**Figura 14.** Distribuci3n horizontal y temporal de densidad ( $\sigma_t$ ), realizados durante agosto de 2013, 2014, 2016 y 2017 a diferentes profundidades: a) 5 m, b) 100 m, y c) 200 m.



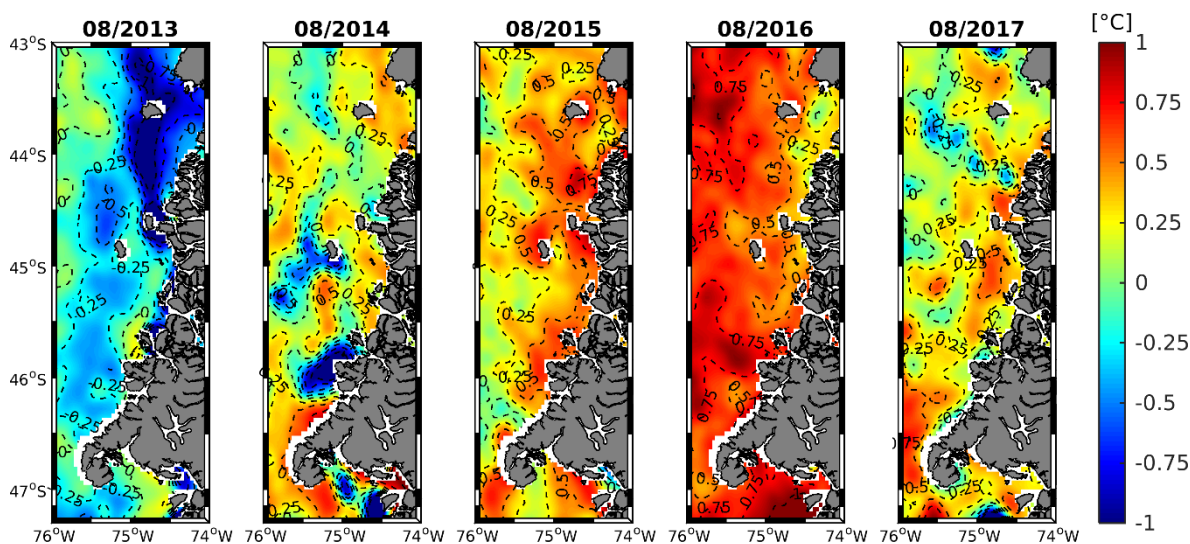
**Figura 15.** Distribuci3n horizontal y temporal de densidad ( $\sigma$ -t), realizados durante agosto de 2013, 2014, 2016 y 2017 a diferentes profundidades: a) 300 m, b) 400 m, y c) 500 m.



**Figura 16.** Diagrama T-S (temperatura (°C) – salinidad) de los diferentes años en estudio (2013-2017). ASAA = Agua Subantártica, AESS = Agua Ecuatorial Subsuperficial y AIAA = Agua Intermedia Antártica.



**Figura 17.** Promedio mensual de agosto del campo de temperatura superficial ( $^{\circ}\text{C}$ ), obtenido de datos satelitales, entre los  $43^{\circ}$  -  $47.3^{\circ}\text{S}$  y  $74^{\circ}$  -  $76^{\circ}\text{W}$ , para los años 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017.



**Figura 18.** Promedio mensual del campo de anomalía de temperatura superficial ( $^{\circ}\text{C}$ ), obtenido de datos satelitales, entre los  $43^{\circ}$  -  $47.3^{\circ}\text{S}$  y  $74^{\circ}$  -  $76^{\circ}\text{W}$ , realizados durante agosto de 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017.



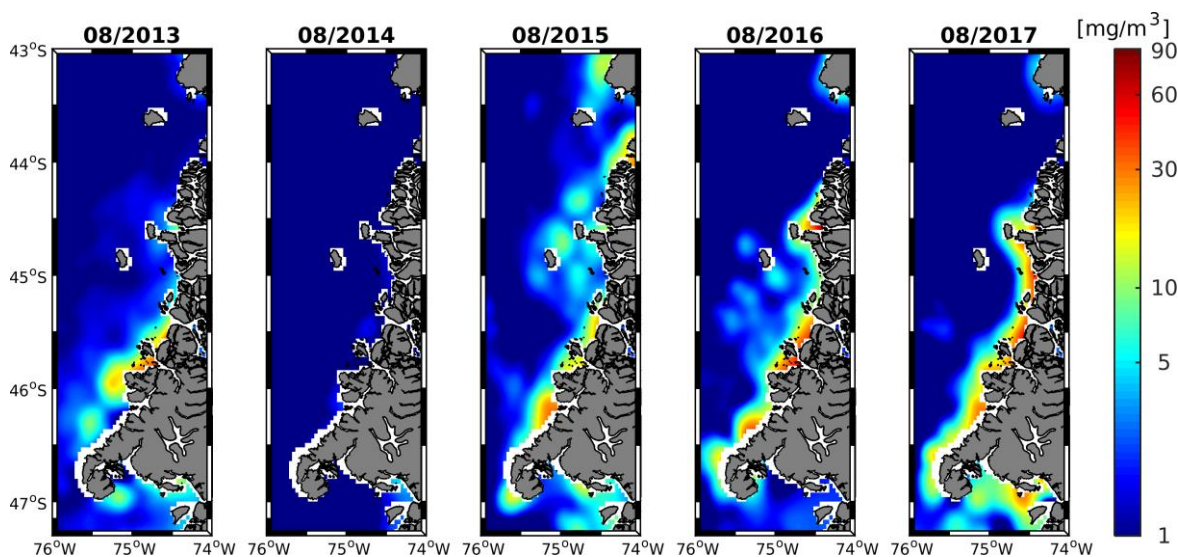


Figura 19. Promedio mensual del campo de clorofila a superficial ( $\log_{10}(\text{mg}/\text{m}^3)$ ), obtenido de datos satelitales, entre los  $43^\circ - 47.3^\circ\text{S}$  y  $74^\circ - 76^\circ\text{W}$ , realizados durante agosto de 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017.

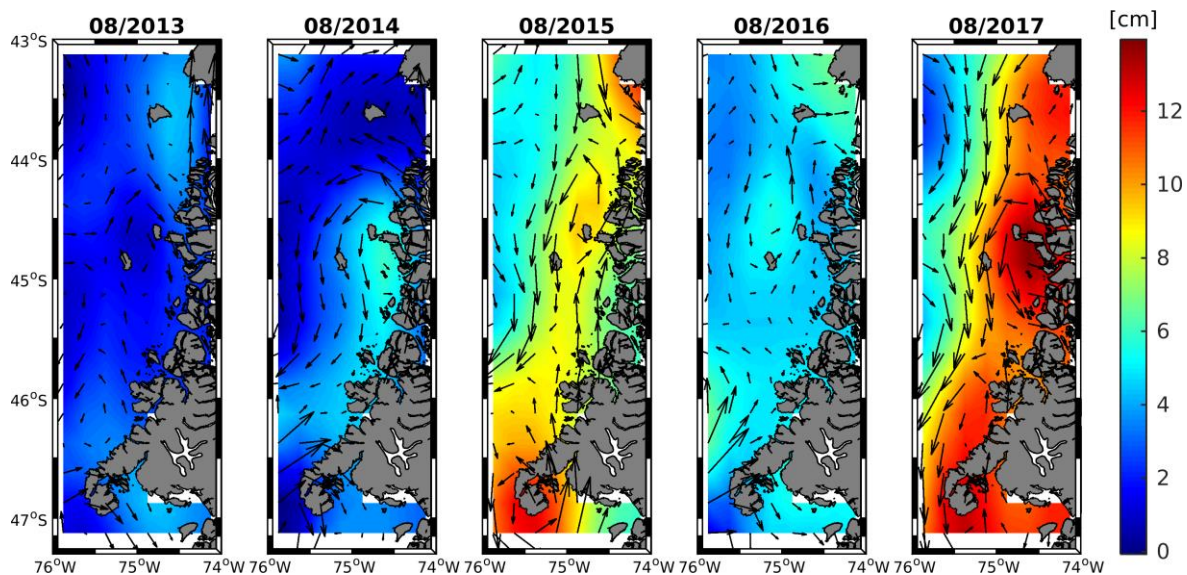
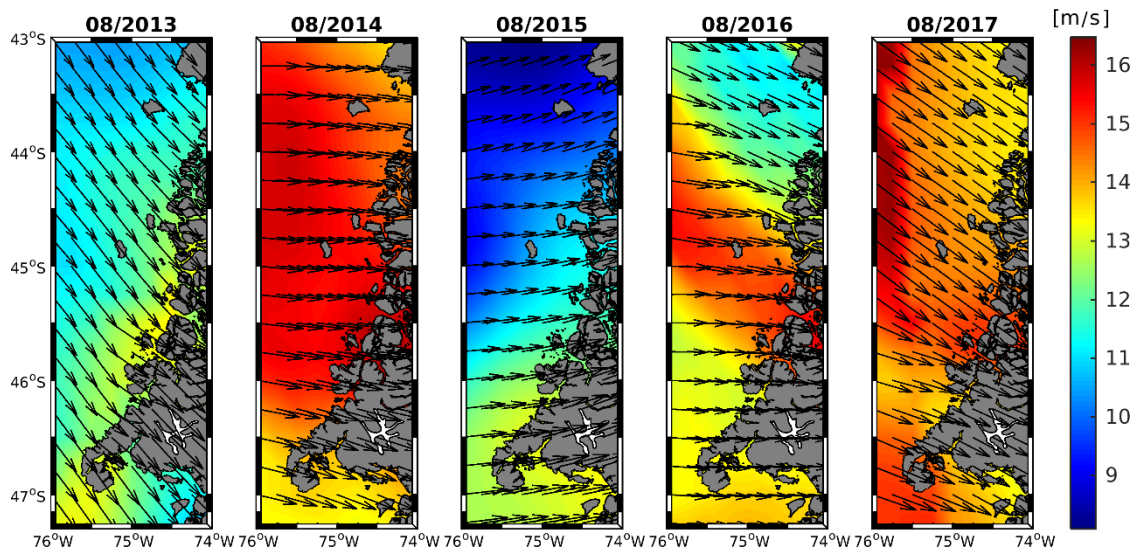
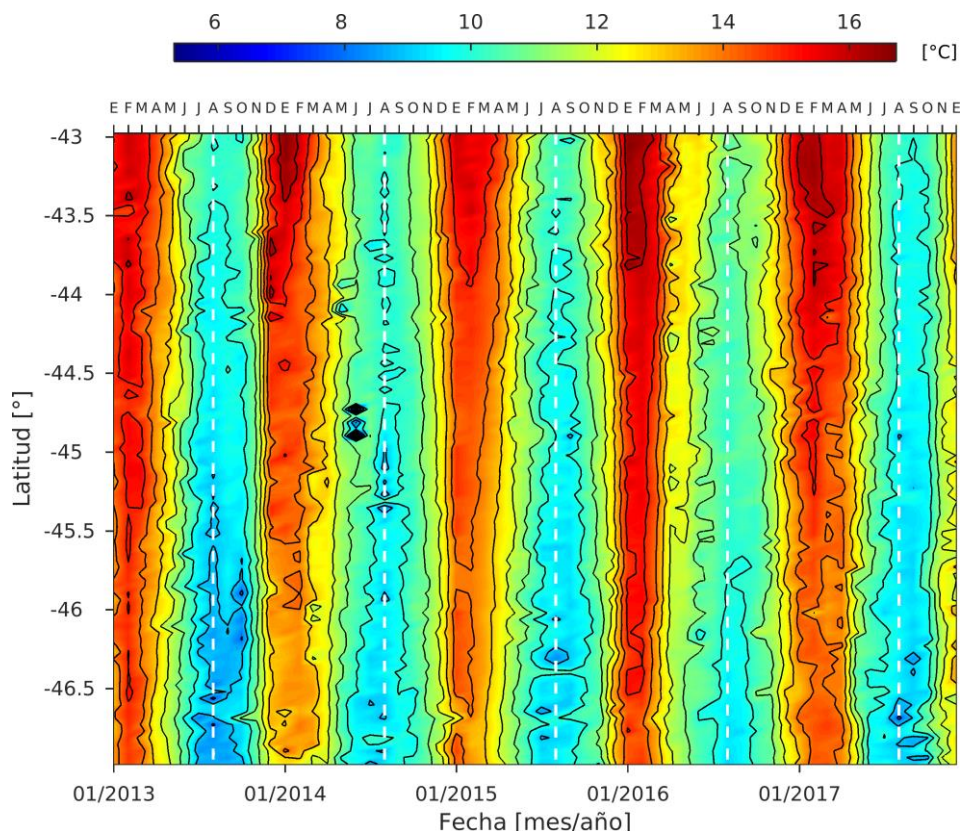


Figura 20. Promedio mensual del campo de corrientes geostróficas superficiales para agosto de 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017 entre los  $43^\circ - 47.3^\circ\text{S}$  y  $74^\circ - 76^\circ\text{W}$ . Las flechas indican la direcci3n de las corrientes y los colores la anomalía de nivel del mar (cm).



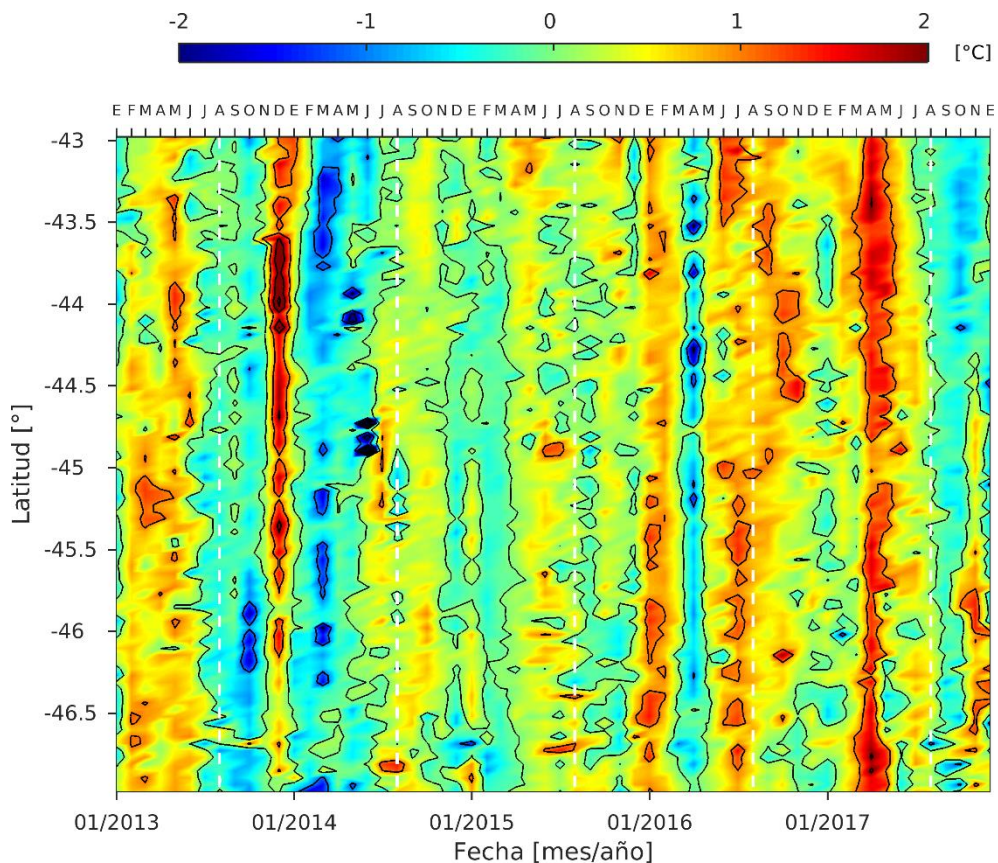
**Figura 21.** Promedio mensual del campo de vientos satelitales para agosto de 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017, entre los 43° - 47.3°S y 74° - 76°. Las flechas indican la direcci3n del viento y los colores la magnitud (m/s).



**Figura 22.** Diagrama Hövmoller (latitud vs tiempo) de los promedios mensuales de TSM (°C) sobre una transecta latitudinal centrada en los 75.69°W, para el período comprendido entre enero del 2013 hasta diciembre de 2017. El eje superior indica los meses de cada año y la línea blanca segmentada indica el mes de agosto; correspondiente a durante el cual se realizaron las campañas.

<





**Figura 23.** Diagrama Hövmoller (latitud vs tiempo) de anomalía mensual de la temperatura superficial del mar (°C) sobre una transecta latitudinal centrada en los 75.69°W, para el periodo comprendido entre enero del 2013 hasta diciembre de 2017. El eje superior indica los meses de cada año y la línea blanca segmentada indica el mes de agosto; correspondiente a durante el cual se realizaron las campañas.



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

Año	Estaciones totales	CTD	NS CTD	NS sensor temperatura	NS sensor salinidad	Última fecha de calibración
2013	15	SBE 19plus V 5.37d	4375	4375	4375	07/05/2010
2013	5	SBE 19plus V 2.2c	6578	6578	6578	07/05/2010
2014	17	SBE 19plus V 5.37d	4375	4375	4375	08/04/2010
2014	18	SBE 19plus 2.2c	6578	6578	6578	07/05/2010
2015	3	SBE 19plus V 7.23.2	4897	4897	4897	09/04/2010
2015	4	SBE 25 CTD V 4.1c	0405	5059	3467	09/12/2011
2016	20	SBE 25 CTD V 4.1c	0405	5059	3467	14/06/2016
2017	8	SBE 11plus V 5.2	1125	5726	4081	

**Tabla 2.** Fecha, estación, ubicación geográfica, profundidad de fondo e instrumental utilizado correspondiente a las estaciones oceanográficas de CTD, realizadas durante la campaña de medición realizada desde el 6 al 18 de agosto de 2013.

Fecha	Estación	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	CTD
06-08-2013	1	-43.500	-74.917	96	Roseta(SBE19p)
06-08-2013	2	-43.500	-75.250	910	Roseta(SBE19p)
06-08-2013	3	-43.750	-75.023	722	Roseta(SBE19p)
07-08-2013	4	-44.000	-75.283	694	Roseta(SBE19p)
08-08-2013	5	-44.000	-75.133	190	Roseta(SBE19p)
08-08-2013	6	-44.250	-75.067	502	Roseta(SBE19p) - SBE19p
10-08-2013	7	-44.500	-75.367	920	Roseta(SBE19p)
11-08-2013	8	-45.000	-75.567	676	Roseta(SBE19p)
11-08-2013	9	-45.000	-75.283	172	Roseta(SBE19p)
12-08-2013	10	-45.250	-75.033	500	Roseta(SBE19p) - SBE19p
13-08-2013	11	-45.500	-75.500	600	Roseta(SBE19p) - SBE19p
13-08-2013	12	-45.500	-75.380	153	Roseta(SBE19p)
16-08-2013	13	-46.000	-75.567	815	Roseta(SBE19p)
16-08-2013	14	-46.000	-75.400	180	Roseta(SBE19p)
17-08-2013	15	-46.333	-75.433	490	SBE19p
18-08-2013	16	-46.750	-75.700	1097	Roseta(SBE19p) - SBE19p



**Tabla 3.** Fecha, estación, ubicación geográfica, profundidad de fondo e instrumental utilizado correspondiente a las estaciones oceanográficas de CTD, realizadas durante la campaña de medición realizada desde el 7 al 19 de agosto de 2014.

Fecha	Estación	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	CTD
07-08-2014	1	-43.500	-75.067	130	Roseta(SBE19p) - SBE19p
07-08-2014	2	-43.500	-74.517	198	Roseta(SBE19p) - SBE19p
08-08-2014	3	-43.767	-75.012	515	Roseta(SBE19p) - SBE19p
08-08-2014	4	-44.000	-74.998	230	Roseta(SBE19p) - SBE19p
08-08-2014	5	-44.000	-75.270	556	Roseta(SBE19p) - SBE19p
09-08-2014	6	-44.125	-75.212	593	Roseta(SBE19p) - SBE19p
09-08-2014	7	-44.208	-74.833	514	Roseta(SBE19p) - SBE19p
10-08-2014	8	-44.500	-75.365	970	Roseta(SBE19p) - SBE19p
10-08-2014	9	-44.250	-75.115	235	SBE19p
11-08-2014	10	-44.667	-75.350	503	Roseta(SBE19p)
11-08-2014	11	-44.500	-75.117	153	Roseta(SBE19p) - SBE19p
12-08-2014	12	-45.000	-75.570	620	Roseta(SBE19p) - SBE19p
13-08-2014	15	-45.167	-75.202	397	Roseta(SBE19p)
14-08-2014	16	-45.500	-75.567	703	SBE19p
15-08-2014	17	-45.667	-75.587	592	Roseta(SBE19p) - SBE19p
16-08-2014	18	-46.000	-75.567	815	Roseta(SBE19p) - SBE19p
16-08-2014	19	-46.000	-75.402	180	Roseta(SBE19p) - SBE19p
17-08-2014	22	-46.333	-75.500	1140	SBE19p
18-08-2014	23	-46.750	-75.683	690	SBE19p
18-08-2014	24	-47.000	-75.667	900	Roseta(SBE19p) - SBE19p
19-08-2013	25	-47.000	-75.517	130	Roseta(SBE19p)

**Tabla 4.** Fecha, estación, ubicación geográfica, profundidad de fondo e instrumental utilizado correspondiente a las estaciones oceanográficas de CTD, realizadas durante la campaña de medición realizada desde el 4 al 6 de agosto de 2015.

Fecha	Estación	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	CTD
4-08-2015	1	-43.730	-75.067	300	Roseta(SBE19p)
5-08-2015	1A	-43.730	-75.067	380	Roseta(SBE19p)
6-08-2015	2	-44.212	-74.837	400	Roseta(SBE19p)
25-08-2015	16	-46.833	-75.658	366	SBE25
28-08-2015	17	-44.333	-75.358	311	SBE25
29-08-2015	18	-44.000	-75.215	259	SBE25
29-08-2015	19	-43.250	-75.200	392	SBE25



**Tabla 5.** Fecha, estación, ubicación geográfica, profundidad de fondo e instrumental utilizado correspondiente a las estaciones oceanográficas de CTD, realizadas durante la campaña de medición realizada desde el 7 al 17 de agosto de 2016.

Fecha	Estación	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	CTD
07-08-2016	1	-43.572	-75.303	550	SBE25
07-08-2016	2	-43.690	-75.182	941	SBE25
08-08-2016	3	-43,835	-75.140	513	SBE25
08-08-2016	4	-44,125	-75.042	525	SBE25
08-08-2016	5	-44,226	-75.153	483	SBE25
09-08-2016	6	-44,403	-75,327	507	SBE25
09-08-2016	7	-44,585	-75.543	530	SBE25
10-08-2016	8	-44.837	-75.540	430	SBE25
10-08-2016	9	-45.002	-75.427	613	SBE25
11-08-2016	10	-45.275	-75.005	524	SBE25
11-08-2016	11	-45.102	-75.002	550	SBE25
12-08-2016	12	-45.252	-75.490	450	SBE25
12-08-2016	13	-45.170	-75.130	770	SBE25
13-08-2016	14	-45.735	-75.570	580	SBE25
13-08-2016	15	-46.050	-75.465	420	SBE25
14-08-2016	16	-46.257	-75.430	680	SBE25
15-08-2016	17	-46.662	-75.705	480	SBE25
16-08-2016	19	-46.833	-75.697	170	SBE25
17-08-2016	20	-46.537	-75.653	830	SBE25
17-08-2016	21	-47.000	-75.623	724	SBE25

**Tabla 6.** Fecha, estación, ubicación geográfica, profundidad de fondo e instrumental utilizado correspondiente a las estaciones oceanográficas de CTD, realizadas durante la campaña de medición realizada desde el 7 al 17 de agosto de 2017.

Fecha	Estación	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	CTD
07-08-2017	1	-44.128	-75.028	700	SBE9 11
12-08-2017	2	-45.252	-75.493	420	SBE9 11
14-08-2017	3	-45.167	-75.130	700	SBE9 11
15-08-2017	4	-46.048	-75.465	380	SBE9 11
16-08-2017	5	-46.838	-75.690	1300	SBE9 11
16-08-2017	6	-47.002	-75.637	930	SBE9 11
17-08-2017	7	-46.543	-75.660	1400	SBE9 11
17-08-2017	8	-46.335	-75.520	1000	SBE9 11



## **Sección Plancton**

Autor: Francisca Osorio Z.

### **Abundancia y distribución espacial-vertical del zooplancton e ictioplancton en las aguas exteriores, entre los 43°30' y 47°S, año 2017.**

#### **RESUMEN**

La abundancia y distribución espacial-vertical del zooplancton e ictioplancton de la zona de aguas exteriores fue analizada entre los paralelos 43°30'S y 47°S. Durante el mes de agosto se realizaron lances verticales estratificados diurnos, con una red multinet en cinco estratos de profundidad. Los resultados indicaron que los focos principales de abundancia y biomasa de zooplancton concordaron espacialmente con las mayores abundancias de huevos de merluza austral y del pez mesopelágico *Maurolicus parvipinnis*, en los alrededores de la península de Taitao (47°S). En la vertical, los huevos de merluza austral se registraron en el estrato de 300-400 m, coincidiendo con las profundidades en las que los adultos desovan. La distribución vertical de las mayores abundancias de copépodos y eufáusidos se observó entre los 100 a 300 m, profundidades acordes al periodo del día de acuerdo a las migraciones nictimerales de estos grupos, mientras que las larvas de eufáusidos se ubicaron en el estrato más superficial. Durante el periodo de estudio, la zona donde se encontraron los huevos de merluza austral (sector norte de la península de Taitao) se caracterizó por la presencia de organismos pequeños, principalmente larvas de eufáusidos y ostrácodos.

#### **METODOLOGÍA**

El área de estudio comprendió las aguas exteriores de la zona austral de Chile, entre las latitudes 43°30'S y 47°00'S. Se realizaron 8 estaciones bio-oceanográficas a bordo del buque AGS-61 Cabo de Hornos, en estas estaciones se realizaron 7 lances de red Multinet (Multiple Plankton Sampler Multinet, modelo midi, fabricada por Hydro-Bios), donde una de ellas fue suspendida por malas condiciones atmosféricas. En cada estación se obtuvieron muestras planctónicas, en cinco estratos de profundidad: 0-50 m, 50-100 m, 100-200 m, 200-300 y 300-400. La red utilizada posee una apertura de boca de 0,25 m<sup>2</sup>, y tamaño de malla de 300 µm, provista de dos flujómetros. Todos los lances fueron realizados de día. Las muestras fueron fijadas en formalina al 5%, neutralizada con bórax y almacenadas en frascos de 250 ml, para luego ser trasladadas al laboratorio de plancton del Instituto de Fomento Pesquero para su análisis.

El procesamiento en laboratorio contempló los análisis de cuantificación e identificación de los diferentes grupos zooplanctónicos presentes en cada muestra, utilizándose en cada una de ellas microscopios estereoscópicos marca Nikon y Zeis con aumento de 8 a 40 veces, y utilizando un submuestreador Folsom (Smith & Richardson, 1979; Boltovskoy, 1981) para realizar subdivisiones cuando las muestras fueron demasiado abundantes, efectuándose posteriormente la extrapolación de



la subdivisión al total de la muestra.

La abundancia relativa del zooplancton cuantificado fue estandarizada y expresada como número de individuos presentes en 1.000 m<sup>3</sup> de agua de mar filtrada y su representación gráfica se realizó según la escala métrica log<sup>2</sup> (Frontier, 1980), que permite determinar clases de abundancia con valores equidistantes, a su vez, la densidad y área geográfica de distribución de los grupos zooplanctónicos numéricamente más importantes, fue graficada en mapas a través del programa Surfer 10.

Los grupos zooplanctónicos se clasificaron en base al ordenamiento sistemático formulado por Bougis (1974) y Barnes (1995), utilizándose como ayuda descriptiva trabajos como los de Newell *et al.*, (1966), Vidal (1968), Arcos (1975), Boltovskoy (1981) y Palma & Kaiser (1993). En su análisis se consideraron indicadores como:

- Constancia numérica o frecuencia de ocurrencia, que corresponde al porcentaje entre el número de estaciones con presencia de cada especie y el número total de estaciones.
- Dominancia numérica de los grupos, que corresponde al porcentaje entre el número total de individuos de cada grupo y el número total de organismos zooplanctónicos capturados en la zona de estudio.
- Abundancia relativa, es el número total de individuos de un mismo grupo encontrados en la totalidad de las estaciones.
- Densidad media, corresponde a la suma de todos los individuos de cada grupo dividido por el número de estaciones.

Con posterioridad a la extracción de los estadios tempranos de peces y para evitar posibles daños a los huevos y larvas que pudieran dificultar su identificación y/o clasificación, se procedió a determinar el volumen de zooplancton como una medida estimativa de su biomasa, mediante el método de desplazamiento de volúmenes húmedos (Postel *et al.*, 2000). El volumen se determinó dos veces para cada muestra y el resultado corresponde al promedio de ambas determinaciones. Se excluyó de la medición sólo a los organismos cuyo volumen individual excedía los 5 ml.

La biomasa zooplanctónica se calculó como:

$$Y = 1000 * \left( \frac{Z_o}{V_F} \right)$$

donde:

- Y = ml de zooplancton en 1.000 m<sup>3</sup>  
Z<sub>o</sub> = ml de zooplancton  
V<sub>F</sub> = volumen de agua filtrada por la red (m<sup>3</sup>)



A partir de los datos de abundancia de los grupos del zooplancton e ictioplancton, se elaboraron gráficos de distribución vertical en los 5 estratos de profundidad, de los grupos más abundantes del zooplancton, además de los huevos y larvas de la especie objetivo del proyecto, incluyendo otras especies que fueran abundantes o dominantes.

En relación al análisis de clases de tamaño del mesozooplancton, los grupos mayores fueron contados, medidos y separados por rangos de tamaño, desde 0,25 mm a 19,85 mm de Diámetro Circular Equivalente (DCE) utilizando el software Zooimage. Para el desarrollo de esta actividad fue necesario teñir previamente una alícuota de la muestra original con Rosa de Bengala al 1%, la que posteriormente fue enjuagada con alcohol etílico al 70% y escaneada a una resolución de 800 dpi mediante un scanner HP modelo Scanjet G3110. Todas las imágenes fueron procesadas mediante software Zoolmage (<http://www.sciviews.org/zooimage/index.html>). Posteriormente, se determinó y graficó la pendiente derivada de la regresión lineal de Log 2 clase de talla (X) sobre el Log 2 de la densidad de partículas zooplanctónicas (Y) y se graficó la distribución por estación.

## RESULTADOS

Los resultados de la componente zooplancton indicaron que las mayores abundancias tanto medias como medianas se encontraron en el estrato de 200-300 m de profundidad (media: 37.731 ind/1000m<sup>3</sup>; med: 32.920 ind/1000m<sup>3</sup>). Seguido de esta profundidad, la media indicó que el segundo estrato más abundante fue el de 100-200 m, mientras que la mediana señaló al estrato más profundo (300-400 m) (**Figura 1a**). Por otra parte, la biomasa media presentó el valor más alto en estrato más superficial (0-50 m), con 51,1 ml/1000m<sup>3</sup> y el más bajo en los 100-200 m, con 24 ml/1000m<sup>3</sup> (**Figura 1b**).

El análisis cualitativo de los grupos mayores del zooplancton indicó que los mayores porcentajes de participación en los cinco estratos de profundidad fueron los copépodos, quetognatos y ostrácodos (**Tablas 1 a 5**). En los copépodos se registró un gradiente en aumento de la dominancia numérica (DN%) desde la superficie hasta el estrato más profundo, encontrándose el valor más bajo en los 0-50 m (66,7%) y el mayor en el estrato de 300-400 m (86,6%). En contraste, los quetognatos presentaron una disminución de su dominancia desde el estrato más superficial al más profundo, variando de 12,2% a 2,6% respectivamente. En los ostrácodos se observó la mayor participación en estrato de 200-300 (6,5%) y la menor en los 0-50 m (2,6%). Los eufáusidos sólo presentaron una dominancia mayor a 1% en los 100-200 m (1,5%) (**Tablas 1 a 5**).

La distribución vertical de los grupos mayores del zooplancton presentó diferencias en los grupos analizados. Los copépodos y eufáusidos registraron las mayores abundancias en los estratos más profundos, principalmente entre los 100 y 300 m (Figura 2a y 2b). En los copépodos calanoídeos se observó una abundancia máxima de 205.840 ind/1000m<sup>3</sup> en el estrato de 200-300 m, mientras que en los eufáusidos el máximo se ubicó en los 100-200 m, con 2960 ind/1000m<sup>3</sup>. Por otra parte, los



quetognatos y las larvas de eufáusidos concentraron las mayores abundancias en los 0-50 m (**Figura 2c y 2d**).

Con respecto a la composición del ictioplancton en la zona de estudio, los huevos identificados correspondieron a 5 taxa: *Maurolicus parvipinnis*, *Merluccius australis*, *Seriollella punctata*, fam. Macrouridae y fam. Myctophidae. Las larvas pertenecieron a 3 taxa: *Lampanyctodes hectoris*, fam. Macrouridae y fam. Myctophidae.

En cuanto a la distribución vertical del ictioplancton en la zona austral, los huevos de *Maurolicus parvipinnis* concentraron su abundancia en los 200-300 m, con 480 huevos/10 m<sup>2</sup> (**Figura 3a**), mientras que los huevos de merluza austral se ubicaron exclusivamente en el estrato de 300-400 m, con 40 huevos/10 m<sup>2</sup> (**Figura 3b**). Las larvas de *Lampanyctodes hectoris* se observaron mayoritariamente en el estrato superficial (0-50 m), con 1040 larvas/10 m<sup>2</sup> (**Figura 3c**).

La distribución espacial de la abundancia total del zooplancton en los cinco estratos de profundidad presentó las mayores abundancias desde los 46°00' S hasta el sur de la península de Taitao (47°00' S) (**Figura 4**). En el estrato superficial se observó el mayor número de estaciones con abundancias entre 11.374 y 62.949 ind/1000 m<sup>3</sup>, las que se ubicaron entre las latitudes 45°00' S y 47°00' S (**Figura 4a**).

En los estratos de 100-200 m y 200-300 m se encontraron focos de abundancia en torno a la península de Taitao, con 70.560 y 105.800 ind/1000 m<sup>3</sup> respectivamente (**Figura 4c y 4d**). En el estrato profundo las abundancias fueron menores a 62.949 ind/1000 m<sup>3</sup> y se encontraron alrededor de la península de Taitao (**Figura 4e**).

La biomasa zooplanctónica presentó los mayores valores (61-80 ml/1000m<sup>3</sup>) entre los 50 a 200 m. En el estrato superficial se registraron tres valores mayores de biomasa al norte y sur de la península de Taitao, con un máximo de 80 ml/1000m<sup>3</sup>, a 4 mn al sur de esta zona (47°S) (**Figura 5a**). En 100-200 m se registró también un foco de biomasa de 68 ml/1000 m<sup>3</sup> a los 47°S (**Figura 5c**). En el resto de los estratos los valores no superaron los 60 ml/1000 m<sup>3</sup> y se ubicaron principalmente en torno a la península de Taitao (**Figura 5b, 5d y 5e**).

La distribución espacial de los huevos de merluza austral se concentró en el estrato profundo (300-400 m), no identificándose huevos de esta especie en el resto de los estratos (**Figura 6**). En el estrato de 300-400 m los huevos se ubicaron en la latitud 46,3°S a 15 mn de la costa, con una abundancia de 40 huevos/10 m<sup>2</sup> (**Figura 6e**).

Los huevos de *Maurolicus parvipinnis* se distribuyeron en todas las profundidades, a excepción del estrato superficial, con focos de mayor abundancia alrededor de la península de Taitao (**Figura 7**). Las mayores abundancias (100-500 huevos/10 m<sup>2</sup>) se ubicaron en la latitud 46,3°S (200 huevos/10 m<sup>2</sup>) a 16 mn de la costa y en 46,5°S (360 huevos/10 m<sup>2</sup>) a 6 mn de la costa, en los estratos de 100-200 m y 200-300 m, respectivamente (**Figura 7c y 7d**).



La pendiente promedio de la relación abundancia-talla de los cinco estratos de profundidad obtenida a partir del análisis de partículas, indicó que las partículas más pequeñas se ubicaron en la estación 8 (Figura 8), en la cual también se registraron los huevos de merluza austral.

## DISCUSIÓN

En este estudio, el muestreo zooplanctónico efectuado con la red multinet fue realizado de día, por lo cual las distribuciones de las mayores abundancias de copépodos y eufausidos en la columna de agua, entre los 100 a 300 m, concuerdan con lo esperado para el periodo según distintos autores (Boltovsky 1981, Verheye & Field 1992, Linacre & Palma 2004, Riquelme-Bugueño *et al.* 2012). Estos autores señalan que tanto los eufausidos como los copépodos son capaces de realizar migraciones verticales durante el ciclo día-noche, ubicándose durante el día a mayores profundidades producto de la utilización de alimento, ingiriendo materia orgánica y para evitación de depredadores, mientras que de noche se distribuyen en las aguas superficiales, donde se alimentan de microplancton.

En relación a la distribución vertical de las larvas de eufausidos (furchia y caliptopis), las abundancias se concentraron en el estrato superficial (0-50 m), profundidades similares a las descritas por otros autores para larvas de distintas especies de eufausidos, señalando que en estas también existen migraciones verticales diurnas, las cuales estarían limitadas por barreras físicas (Williams & Lindley 1982, Hirota *et al.* 1984).

La composición de especies de ictioplancton registrada durante agosto en la zona austral estuvo compuesta principalmente por huevos del pez mesopelágico *Maurolicus parvipinnis* y estadios tempranos de la familia Myctophidae, los cuales coinciden con los taxa descritos para aguas exteriores de la misma zona y periodo de estudio, durante los años 2013 y 2014 (Osorio-Zúñiga *et al.* 2018). En cuanto a los huevos de especies recurso se observaron huevos de cojinoba moteada (*Seriolella punctata*), huevos de merluza austral, además de huevos y larvas de individuos de la familia Macrouridae, los que podrían pertenecer al género *Caelorinchus* (pejerrata), todos los cuales se ha reportado su presencia en la zona de la patagonia chilena (Osorio-Zúñiga *et al.* 2018).

La distribución de los focos principales de abundancia y biomasa de zooplancton, compuesto por más del 70% de copépodos en todas las profundidades analizadas se ubicaron en torno a la península de Taitao, coincidiendo espacialmente con las mayores abundancias de huevos de *Maurolicus parvipinnis* y merluza austral. En la vertical, los máximos de abundancias de copépodos calanoideos y de huevos de *Maurolicus parvipinnis* se encontraron en la misma profundidad (200-300 m). Lo anterior posiblemente debido a que, tanto para el desove de estos huevos como el desarrollo de las larvas, juveniles y adultos de esta especie, requiere alimentarse de estadios tempranos (huevos, nauplii y copepoditos) (Landaeta *et al.* 2011) y adultos de copépodos.

Con respecto al foco de abundancia de huevos de merluza austral ubicado al norte de la península de Taitao (47°S), se han señalado abundancias similares hacia el oeste y sur de esta zona, durante el





mismo periodo en aguas exteriores de la zona austral (Osorio-Zúñiga *et al.* 2018). En la columna de agua, los huevos de esta especie se registraron en el estrato de 300-400 m, coincidiendo con las profundidades en las que los adultos desovan (Bustos *et al.* 2007), lo cual es respaldado por el estadio temprano de desarrollo embrionario observado en los huevos, por el presente estudio. Por otra parte, en la zona principal de desove de merluza austral, ubicada entre las islas Guafo y Guablín (43°30'S-45°S) (Bustos *et al.* 2007), no se registraron huevos ni larvas.

La zona donde se encontraron los huevos de merluza austral se caracterizó por la presencia de partículas pequeñas, debido a la participación y abundancia de organismos pequeños, principalmente larvas de eufausidos y ostrácodos. Durante el periodo de estudio, se evidenció un acople de los procesos reproductivos de merluza austral y de los eufausidos, debido a la abundancia de las larvas de este grupo en la zona, no obstante, a diferentes profundidades de la columna de agua.

## CONCLUSIONES

- Se registraron huevos de tres especies recurso: cojinoba moteada (*Seriolella punctata*), merluza austral, además de huevos y larvas del género *Caelorinchus* (pejerrata), aunque con abundancias bajas (entre 40 a 80 ind/10 m<sup>2</sup>).
- Los huevos de merluza austral se registraron en el estrato de 300-400 m, coincidiendo con las profundidades en las que los adultos de la especie desovan.
- La distribución espacial de los focos principales de abundancia de zooplancton coincidió con las mayores abundancias de huevos de *Maurolicus parvipinnis* y merluza austral, en los alrededores de la península de Taitao.
- La composición de especies de ictioplancton observada durante agosto en la zona austral abarcó principalmente huevos del pez mesopelágico *Maurolicus parvipinnis* y estadios tempranos de la familia Myctophidae.
- La distribución vertical de las mayores abundancias de copépodos y eufausidos se encontró entre los 100 a 300 m de profundidad, concordante con el periodo del día.



## REFERENCIAS

- Arcos D.F. 1975. Copepodos calanoideos de la Bahía de Concepción, Chile. Conocimiento sistemático y variación estacional. *Gayana Zool.* 32,1 – 31.
- Boltovskoy, D. 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino (No. C/592 S6/1981). Mar del Plata, Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero.
- Bustos, C. A., Balbontín, F., & Landaeta, M. F. 2007. Spawning of the southern hake *Merluccius australis* (Pisces: Merlucciidae) in Chilean fjords. *Fisheries Research* 83(1), 23-32.
- Frontier, S. 1980. Métodos de análisis rápido en muestras plácttonicas. *Acta Oceanografica Pacífico*, 1(1): 137 – 145.66. Zooplacton de la región de Nosy-Be I) Programa des recortes et techniques d'etude II) Placton de Surface aux strations 5 et 10 Cah Orstom (oceanogra.), 4(3): 3-37.
- Hirota, Y., Nemoto, T., & Marumo, R. 1984. Vertical distribution of larvae of *Euphausia nana* and *E. similis* (Crustacea: Euphausiacea) in Sagami Bay and Suruga Bay, central Japan. *Marine Biology* 81(2), 131-137.
- Landaeta, M. F., Suárez-Donoso, N., Bustos, C. A., & Balbontín, F. 2011. Feeding habits of larval *Maurolicus parvipinnis* (Pisces: Sternoptychidae) in Patagonian fjords. *Journal of Plankton Research* 33(12), 1813-1824.
- Linacre, L., & Palma, S. 2004. Variabilidad espacio-temporal de los eufáusidos frente a la costa de Concepción, Chile. *Investigaciones marinas* 32(1), 19-32.
- Osorio-Zúñiga F., Landaeta M.F., Angulo-Aros J. & Balbontín F. 2018. Spatio-temporal variability of ichthyoplankton and its relationship with oceanographic conditions at the shelf break off Chilean Patagonia (43°S-51°S). *Marine Biology Research*. DOI: 10.1080/17451000.2017.1406663
- Palma, S. & Kaiser, K. 1993. Plancton marino de aguas chilenas. Ediciones Universitarias de Valparaíso, Valparaíso.
- Postel L, H Fock & W Hagen. 2000. Biomass and abundance. En: Harris RP, PH Wiebe, J Lenz, HR Skjoldal & M Huntley (eds). ICES zooplankton methodology manual, pp. 83-174. Academic Press, San Diego.
- Riquelme-Bugueño, R., Núñez, S., Jorquera, E., Valenzuela, L., Escribano, R., & Hormazábal, S. 2012. The influence of upwelling variation on the spatially-structured euphausiid community off central-southern Chile in 2007–2008. *Progress in Oceanography* 92, 146-165.



Smith P. E. & S. L. Richardson. 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. Documento técnico de pesca 175, FAO, 107 pp.

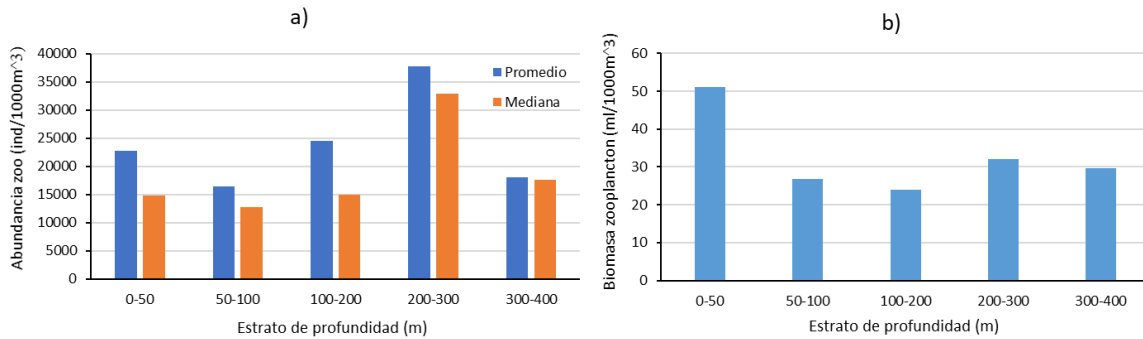
Verheye, H. M., & Field, J. G. 1992. Vertical distribution and diel vertical migration of *Calanoides carinatus* (Krøyer, 1849) developmental stages in the southern Benguela upwelling region. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 158(1), 123-140.

Vidal J. 1968. Copepodos calanoideos epipelagicos de la expedición Marchile II, *Gayana Zool.*, 15,1 – 98.

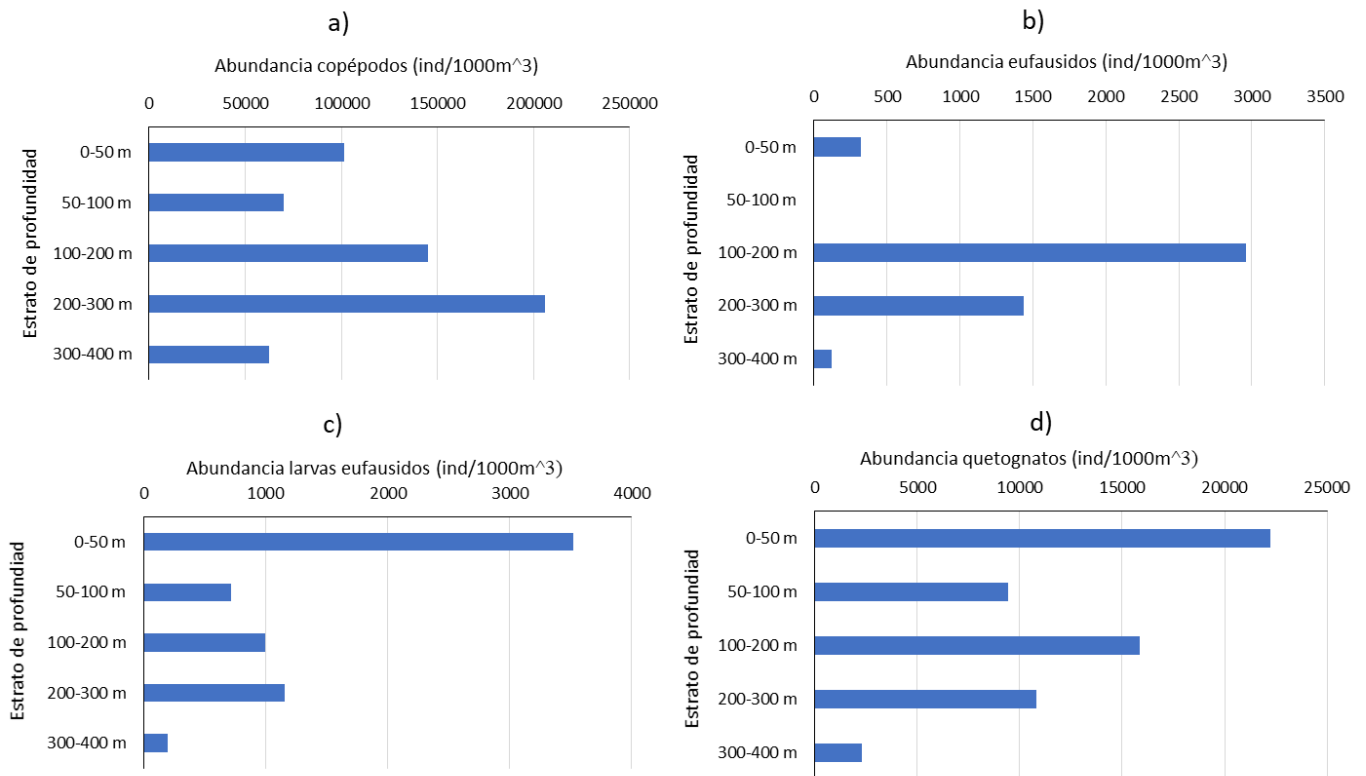
Williams, R., & Lindley, J. A. 1982. Variability in abundance, vertical distribution and ontogenetic migrations of *Thysanoessa longicaudata* (Crustacea: Euphausiacea) in the north-eastern Atlantic Ocean. *Marine Biology* 69(3), 321-330.



## FIGURAS

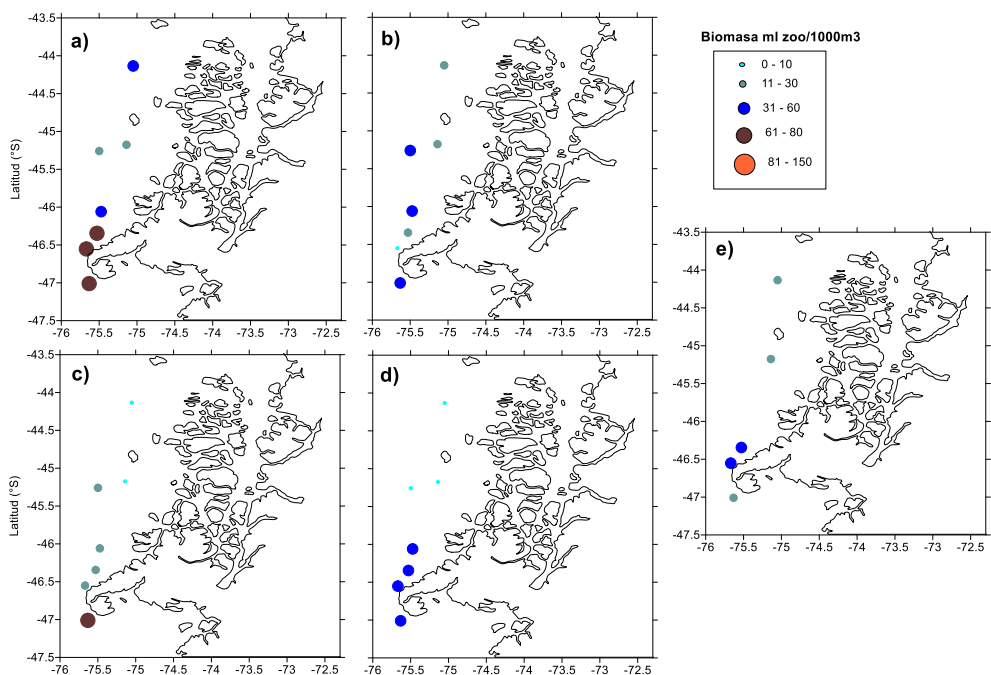


**Figura 1.** Abundancia media y mediana del zooplancton por estrato de profundidad (a) y biomasa media por estrato de profundidad (b), durante agosto de 2017 en la zona austral.

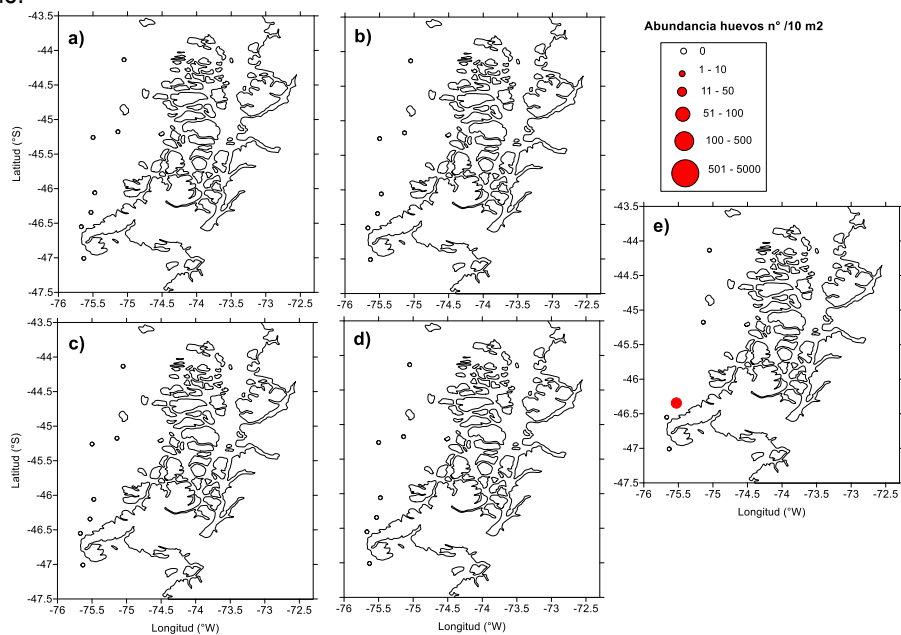


**Figura 2.** Distribuci3n vertical de la abundancia total de copépodos calanoideos (a), eufausidos (b), larvas de eufausidos (c) y quetognatos (d) durante el agosto de 2017, en la zona austral de Chile.

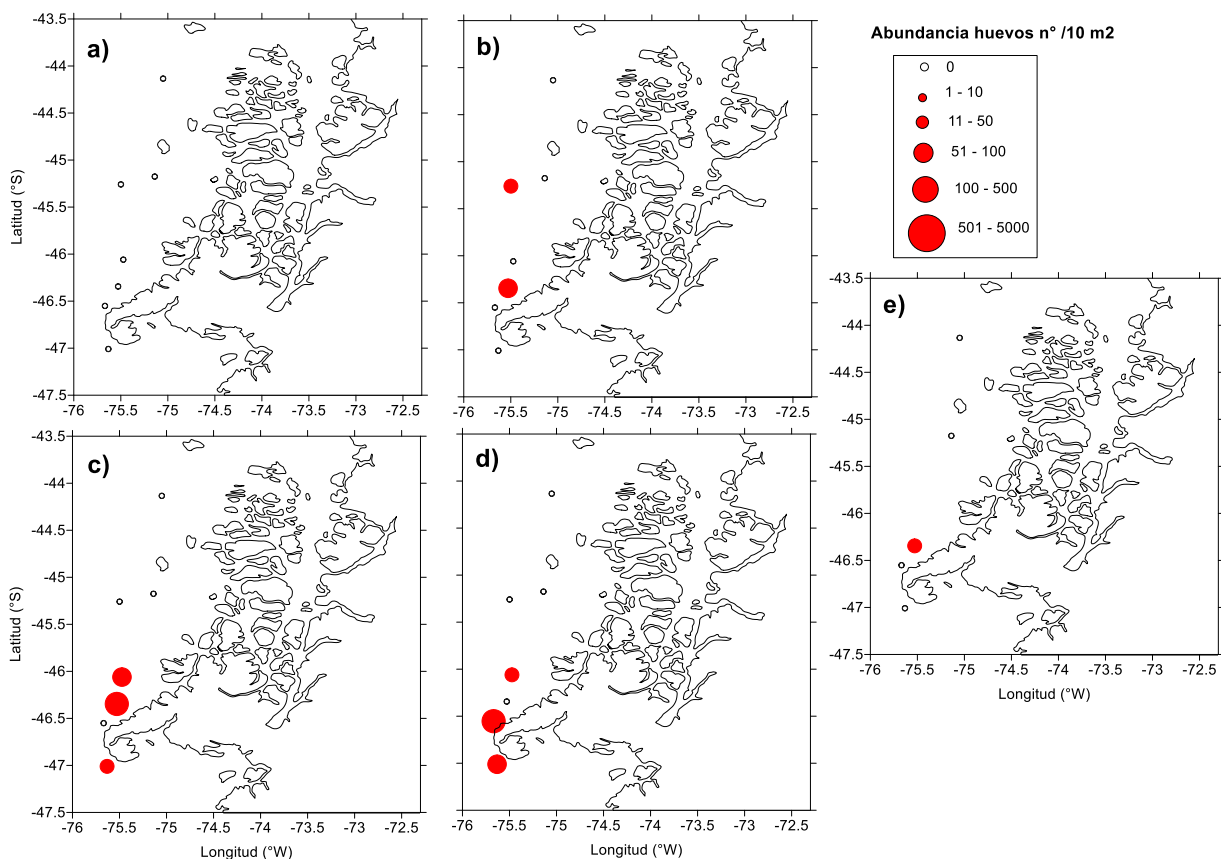




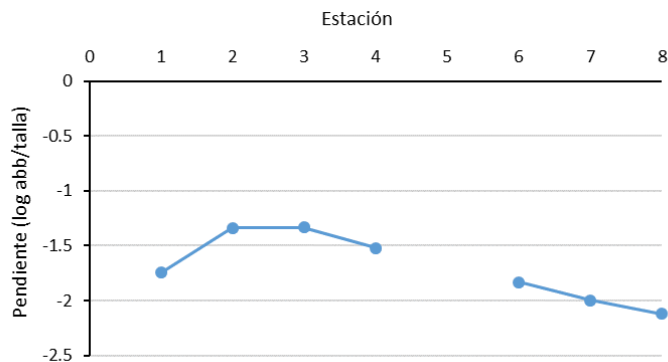
**Figura 5.** Distribuci3n espacial de la biomasa de zooplancton ( $\text{ml}/1000 \text{ m}^3$ ) por estrato de profundidad: a) 0-50 m, b) 50-100 m, c) 100-200 m, d) 200-300 m y e) 300-400 m durante agosto de 2017, en la zona austral de Chile.



**Figura 6.** Distribuci3n espacial de huevos de merluza austral (huevo/ $10 \text{ m}^2$ ) por estrato de profundidad: a) 0-50 m, b) 50-100 m, c) 100-200 m, d) 200-300 m y e) 300-400 m durante agosto de 2017, en la zona austral de Chile.



**Figura 7.** Distribución espacial de huevos de *Maurolicus parvipinnis* (huevos/10 m<sup>2</sup>) por estrato de profundidad: a) 0-50 m, b) 50-100 m, c) 100-200 m, d) 200-300 m y e) 300-400 m durante agosto de 2017, en la zona austral de Chile.



**Figura 8.** Distribución de la pendiente promedio de la relación abundancia-talla linealizada, de los cinco estratos de profundidad por estación de muestreo, en la zona austral.



## TABLAS

**Tabla 1.** Resumen de los parámetros: estaciones positivas, total de estaciones analizadas, abundancia media (ind/1000m<sup>3</sup>), mediana, suma, dominancia numérica (DN%) y frecuencia de ocurrencia (FO%) para los grupos del zooplancton, en el estrato de 0-50 m de profundidad.

Abundancia 0-50 m	Est (+)	Total est	PROM	MED	SUMA	DN %	FO %
Eufáusidos	2	7	40	0	320	0.18	28.57
Furcilia	4	7	210	80	1680	0.92	57.14
Calyptopis	7	7	230	120	1840	1.01	100.00
Copepoda	7	7	3800	120	121600	66.70	100
Nauplii	3	7	17	0	400	0.22	42.86
Ostracoda	6	7	590	200	4720	2.59	85.71
Cladocera	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Anfípodo	1	7	20	0	160	0.09	14.29
Isopoda	3	7	40	0	320	0.18	42.86
Larva cypris	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Estomatopoda	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Larva decapoda	3	7	30	0	240	0.35	42.86
Medusae	6	7	980	720	7840	4.30	85.71
Siphonophora	4	7	280	160	2240	1.23	57.14
Ctenofora	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Quetognatha	7	7	2780	2240	22240	12.20	100.00
Poliqueto	4	7	90	40	720	0.39	57.14
Heteropoda	2	7	30	0	240	0.13	28.57
Pteropoda	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Larvas gasteropoda	2	7	20	0	160	0.09	28.57
Larvas bivalvo	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Salpas	1	7	790	0	6320	3.47	14.29
Doliolida	6	7	280	320	2240	1.23	85.71
Apendicularia	4	7	210	80	1680	0.92	57.14
Radiolaria	4	7	100	40	800	0.44	57.14
Foraminifera	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Larva cifonauta	6	7	590	560	4720	2.59	85.71
Larva brachiopoda	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Larva equinodermo	4	7	180	80	1440	0.79	57.14





**Tabla 2.** Resumen de los parámetros: estaciones positivas, total de estaciones analizadas, abundancia media (ind/1000m<sup>3</sup>), mediana, suma, dominancia numérica (DN%) y frecuencia de ocurrencia (FO%) para los grupos del zooplancton, en el estrato de 50-100 m de profundidad.

Abundancia 50-100 m	Est (+)	Total est	PROM	MED	SUMA	DN %	FO %
Eufáusidos	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Furcilia	1	7	34	0	240	0.21	14.29
Calyptopis	4	7	69	80	480	0.42	57.14
Copopoda	7	7	4152	880	87200	76.12	100.00
Nauplii	3	7	51	0	720	0.63	42.86
Ostracoda	7	7	869	560	6080	5.31	100.00
Cladocera	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Anfípodo	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Isopoda	4	7	46	80	320	0.28	57.14
Larva cypris	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Estomatopoda	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Larva decapoda	2	7	23	0	160	0.14	28.57
Medusae	6	7	160	80	1120	0.98	85.71
Siphonophora	5	7	126	80	880	0.77	71.43
Ctenofora	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Quetognatha	7	7	1349	720	9440	8.24	100.00
Poliqueto	2	7	34	0	240	0.21	28.57
Heteropoda	4	7	91	80	640	0.56	57.14
Pteropoda	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Larvas gasteropoda	1	7	11	0	80	0.07	14.29
Larvas bivalvo	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Salpas	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Doliolida	5	7	389	160	2720	2.37	71.43
Apendicularia	5	7	171	80	1200	1.05	71.43
Radiolaria	2	7	114	0	800	0.70	28.57
Foraminifera	2	7	23	0	160	0.14	28.57
Larva cifonauta	5	7	183	160	1280	1.12	71.43
Larva brachiopoda	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Larva equinodermo	4	7	114	80	800	0.70	57.14



**Tabla 3.** Resumen de los parámetros: estaciones positivas, total de estaciones analizadas, abundancia media (ind/1000m<sup>3</sup>), mediana, suma, dominancia numérica (DN%) y frecuencia de ocurrencia (FO%) para los grupos del zooplancton, en el estrato de 100-200 m de profundidad.

Abundancia 100-200 m	Est (+)	Total est	PROM	MED	SUMA	DN %	FO %
Eufáusidos	5	7	370	80	2960	1.51	71.43
Furcilia	1	7	10	0	80	0.04	14.29
Calyptopis	5	7	115	60	920	0.47	71.43
Copepoda	7	7	6613	440	158760	81.15	100
Nauplii	4	7	10	0	320	0.16	57.14
Ostracoda	7	7	755	480	6040	3.09	100.00
Cladocera	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Anfípodo	2	7	10	0	80	0.04	28.57
Isopoda	3	7	15	0	120	0.06	42.86
Larva cypris	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Estomatopoda	0	7	5	0	40	0.02	0.00
Larva decapoda	2	7	85	0	680	0.37	28.57
Medusae	5	7	100	80	800	0.41	71.43
Siphonophora	4	7	200	60	1600	0.82	57.14
Ctenofora	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Quetognatha	7	7	1980	1480	15840	8.10	100.00
Poliqueto	3	7	55	0	440	0.22	42.86
Heteropoda	2	7	40	0	320	0.16	28.57
Pteropoda	2	7	20	0	160	0.08	28.57
Larvas gasteropoda	3	7	30	0	240	0.12	42.86
Larvas bivalvo	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Salpas	1	7	10	0	80	0.04	14.29
Doliolida	6	7	115	120	920	0.47	85.71
Apendicularia	3	7	90	0	720	0.37	42.86
Radiolaria	7	7	135	140	1080	0.55	100.00
Foraminifera	4	7	40	20	320	0.16	57.14
Larva cifonauta	7	7	355	120	2840	1.45	100.00
Larva brachiopoda	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Larva equinodermo	3	7	30	20	240	0.12	42.86



**Tabla 4.** Resumen de los parámetros: estaciones positivas, total de estaciones analizadas, abundancia media (ind/1000m<sup>3</sup>), mediana, suma, dominancia numérica (DN%) y frecuencia de ocurrencia (FO%) para los grupos del zooplancton, en el estrato de 200-300 m de profundidad.

Abundancia 200-300 m	Est (+)	Total est	PROM	MED	SUMA	DN %	FO %
Eufáusidos	5	7	206	160	1440	0.55	71.43
Furcilia	5	7	34	40	240	0.09	71.43
Calyptopis	4	7	131	40	920	0.35	57.14
Copepoda	7	7	8113	2160	227160	86.01	100.00
Nauplii	2	7	11	0	80	0.03	28.57
Ostracoda	5	7	2451	120	17160	6.50	71.43
Cladocera	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Anfípodo	2	7	11	0	80	0.03	28.57
Isopoda	3	7	29	0	200	0.08	42.86
Larva cypris	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Estomatopoda	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Larva decapoda	4	7	29	0	400	0.18	57.14
Medusae	0	7	137	40	960	0.36	0.00
Siphonophora	5	7	183	160	1280	0.48	71.43
Ctenofora	3	7	0	0	0	0.00	42.86
Quetognatha	0	7	1549	1160	10840	4.10	0.00
Poliqueto	0	7	69	0	480	0.18	0.00
Heteropoda	1	7	0	0	0	0.00	14.29
Pteropoda	1	7	0	0	0	0.00	14.29
Larvas gasteropoda	0	7	6	0	40	0.02	0.00
Larvas bivalvo	3	7	6	0	40	0.02	42.86
Salpas	4	7	0	0	0	0.00	57.14
Doliolida	6	7	29	0	200	0.08	85.71
Apendicularia	2	7	51	40	360	0.14	28.57
Radiolaria	5	7	120	160	840	0.32	71.43
Foraminifera	0	7	51	0	360	0.14	0.00
Larva cifonauta	0	7	149	80	1040	0.39	0.00
Larva brachiopoda	0	7	0	0	0	0.00	0.00
Larva equinodermo	0	7	0	0	0	0.00	0.00



**Tabla 5.** Resumen de los parámetros: estaciones positivas, total de estaciones analizadas, abundancia media (ind/1000m<sup>3</sup>), mediana, suma, dominancia numérica (DN%) y frecuencia de ocurrencia (FO%) para los grupos del zooplancton, en el estrato de 300-400 m de profundidad.

Abundancia 300-400 m	Est (+)	Total est	PROM	MED	SUMA	DN %	FO %
Eufáusidos	3	5	24	40	120	0.13	60.00
Furcilia	1	5	8	0	40	0.04	20.00
Calyptopis	2	5	32	0	160	0.18	40.00
Copepoda	5	5	5216	1760	78240	86.59	100.00
Nauplii	0	5	0	0	0	0.00	0.00
Ostracoda	4	5	880	760	4400	4.87	80.00
Cladocera	0	5	0	0	0	0.00	0.00
Anfípodo	2	5	32	0	160	0.18	40.00
Isopoda	3	5	32	40	160	0.18	60.00
Larva cypris	1	5	16	0	80	0.09	20.00
Estomatopoda	0	5	0	0	0	0.00	0.00
Larva decapoda	0	5	0	0	0	0.00	0.00
Medusae	3	5	104	160	520	0.58	60.00
Siphonophora	2	5	136	0	680	0.75	40.00
Ctenofora	0	5	0	0	0	0.00	0.00
Quetognatha	5	5	464	520	2320	2.57	100.00
Poliqueto	3	5	72	40	360	0.40	60.00
Heteropoda	0	5	0	0	0	0.00	0.00
Pteropoda	0	5	0	0	0	0.00	0.00
Larvas gasteropoda	0	5	0	0	0	0.00	0.00
Larvas bivalvo	0	5	0	0	0	0.00	0.00
Salpas	0	5	0	0	0	0.00	0.00
Doliolida	3	5	40	40	200	0.22	60.00
Apendicularia	1	5	8	0	40	0.04	20.00
Radiolaria	3	5	440	400	2200	2.43	60.00
Foraminifera	2	5	56	0	280	0.31	40.00
Larva cifonauta	4	5	72	40	360	0.40	80.00
Larva brachiopoda	0	5	0	0	0	0.00	0.00
Larva equinodermo	1	5	8	0	40	0.04	20.00

# **A N E X O 2**

---

Talleres



## 1 Taller de Coordinación

De acuerdo a las bases administrativas del proyecto, se realizó el taller de coordinación con la finalidad de presentar el plan de trabajo, metodologías y procedimientos relevantes para fines del estudio. Este taller se realizó el martes 25 de julio de 2017 en instalaciones del Instituto de Fomento Pesquero. La lista de asistentes se presenta a continuación:



Martes 25 julio, 2017.

Lugar: Sala de Reuniones 2do piso IFOP Valparaíso

Nº	Nombre	Institución	Firma
01	Carla Follón Smorandi	Minecon	
02	Francisco Pérez	IFOP	
03	Sergio Lillo	IFOP	
04	Lorenzo Flores	SUBPESCA	
05	Diego Pérez	SSPA	
06	Rene A. Vargas S.	IFOP	
07			
08			
09			



## 2 Taller de Presentación y Discusión de resultados

De acuerdo a las bases administrativas del proyecto se realizó un taller de presentación y discusión de resultados, el que tuvo lugar en Valparaíso en el auditorium “*Marcos Espejo Vidal*” del Instituto de Fomento Pesquero, el día martes 27 de marzo de 2018. La asistencia al taller tuvo una alta concurrencia y estuvo constituida por personas pertenecientes al entorno del sector pesquero industrial, científicos y técnicos relacionados con el tema, integrantes del comité científico de la PDA, profesionales sectorialistas de la contraparte técnica y encargados de la administración de estas pesquerías. El programa que se desarrolló en esa oportunidad, la lista de participantes y las principales observaciones y comentarios se presentan a continuación:

### 2.1.- Programa del Taller de Resultados.



**TALLER DE ENTREGA DE RESULTADOS**  
Evaluación del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en las aguas exteriores entre la X y XII Regiones, año 2017.  
CONVENIO DE DESEMPEÑO 2017 - IFOP/SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT

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

9:00 hrs. Bienvenida a los asistentes, antecedentes del proyecto y del crucero de evaluación.  
*René Vargas, IFOP (10').*

**Sección 1.**  
**BIOMASA Y COMPOSICIÓN DE TALLAS**

09:10 hrs. Biomasa y distribución de merluza de cola y merluza del sur.  
*Javier Legua - René Vargas, IFOP (30').*

09:40 hrs. Biomasa y distribución del stock evaluado de merluza de tres aletas.  
*René Vargas, IFOP (20').*

10:00 hrs. Composición de tallas y proporción sexual de merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas.  
*Renato Céspedes, IFOP (30').*

10:30 hrs. Consultas y discusión resultados Sección 1 (45').

11:15 hrs. Coffee-Break ☕

**Sección 2.**  
**EDAD, ASPECTOS REPRODUCTIVOS E ÍTEMS ALIMENTARIOS**

11:30 hrs. Composición de edad de merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas.  
*Vilma Ojeda, IFOP (30').*

12:00 hrs. Índice gonadosomático, estadios de madurez macroscópicos, ojiva de madurez y fecundidad de merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas:  
• *Erika López, U. Valparaíso (25').*  
• *Marianne Lichtenberg, IFOP (15').*

12:40 hrs. Composición de los principales ítems alimentarios de merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas en el área de estudio.  
*Sebastián Klarian, U. Andrés Bello (20').*

13:00 hrs. Consultas y discusión de resultados Sección 2 (45').

13:45 hrs. Cierre del Taller.

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





2.2. - Listado de participantes al taller:

N°	Nombre	Institución	Correo	Firma
1	Paola Falcon Sarmiento	Minercon	pfalcon@economi.cl	
2	Valeria Canajale	FRIS	valeria.canajale@fris.cl	
3	Sergio Lillo	IFOP	sergio.lillo@ifop.cl	
4	Erika Lopez	U. Valpo	erikalopez@matematica.uchile.cl	
5	Paola Teaucoso	U. Valpo	p.teaucoso.guata@post.uchile.cl	
6	Valma Ojeda	IFOP	valma.ojeda@ifop.cl	
7	Hector Tomvello P	ENDIGES	Htomvello@nissui.cl	
8	ALVARO SAAVEDRA GONZALEZ	IFOP	✓	
9	Geirun Eiriksson	FRISUR	geiriksson@frisur.cl	
10	ANDRES FRANCO	CEPES	afranco@cepes.cl	
11	William Cicero V	FRISUR	wcicero@frisur.cl	
12	Dario Rojas +	SUBPECA	djrojas@subpeca.cl	
13	Esteban Molina	IFOP	esteban.molina@ifop.cl	
14	Janah Hoff	CEPES	shopf@cepes.cl	
15	Marianne Lichtenberg	IFOP	marianne.lichtenberg@ifop.cl	

www.ifop.cl





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



### 2.3. - Resumen de los principales comentarios del taller:

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

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

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

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

Este proceso detectado en la observación macroscópica de gónadas podría corresponder a un estado de reposo o “resting”, una de las categorías del proceso denominado “skipped spawning”



(Rideout *et al.*, 2005), lo que implicaría que algunas hembras estudiadas no desovarían en la temporada de desove en estudio, aunque se hayan encontrado en la zona mientras ocurre este proceso

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

[https://drive.google.com/drive/folders/1Tqjn6Rb-oOJ\\_cEOBmwZuZY8jRizCuZO7?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1Tqjn6Rb-oOJ_cEOBmwZuZY8jRizCuZO7?usp=sharing)



---

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO**

Almte. Manuel Blanco Encalada 839

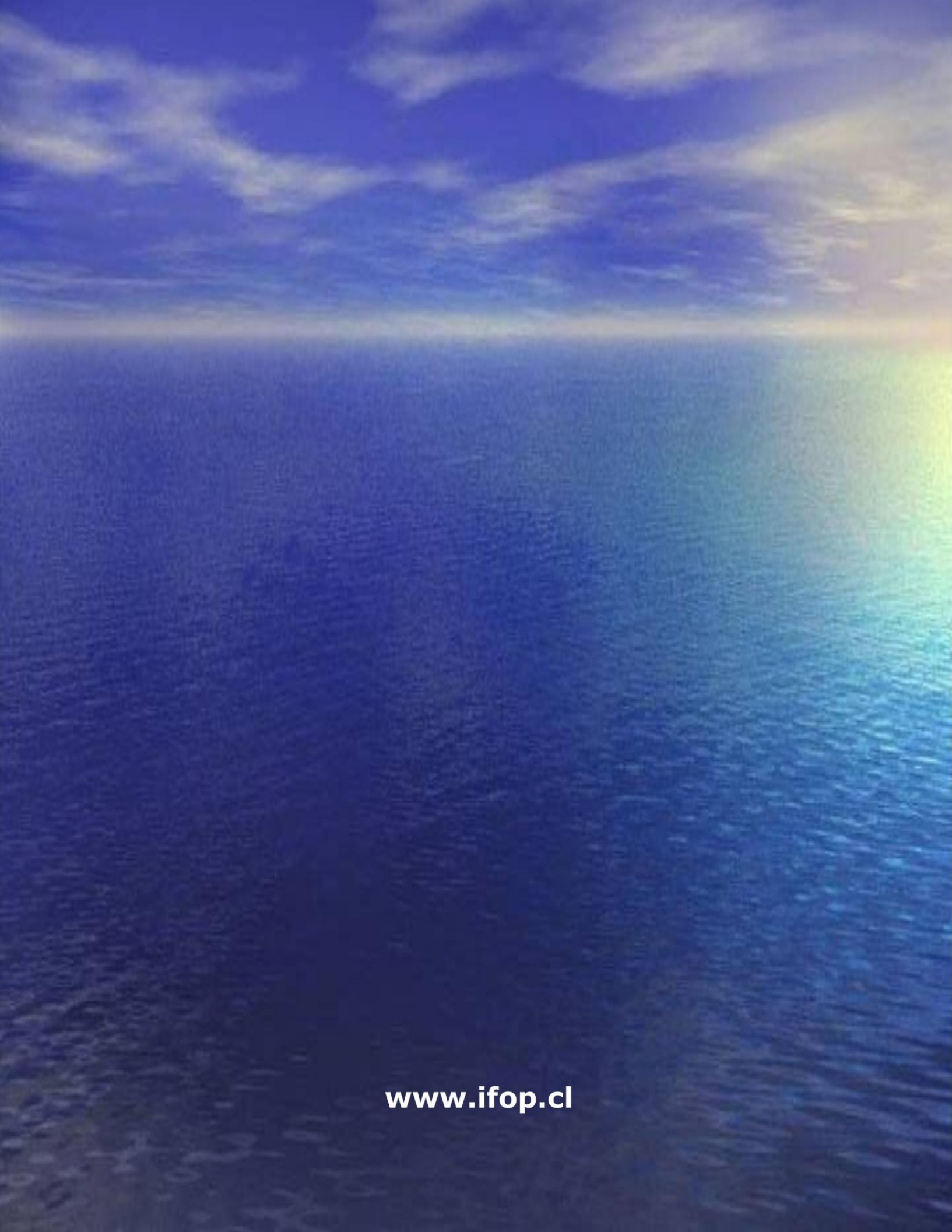
Fono 56-32-2151500

Valparaíso, Chile

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

---





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