



INFORME FINAL

Convenio de Desempeño 2019

Evaluación directa de merluza común, 2019

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Julio 2020



INFORME FINAL

Convenio de Desempeño 2019
Evaluación directa de merluza común, 2019

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Julio 2020

REQUIRENTE
SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y
EMPRESAS DE MENOR TAMAÑO

Subsecretario de Economía y EMT
Esteban Carrasco Zambrano

EJECUTOR
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Director Ejecutivo
Luis Parot Donoso

Jefe (I) División Investigación Pesquera
Sergio Lillo Vega

JEFE DE PROYECTO
Esteban Molina Guerrero



SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Julio 2020

AUTORES

Objetivo específico 1

Esteban Molina Guerrero

Objetivo específico 2

Juan Olivares Cayul
Esteban Molina Guerrero

Objetivo específico 3

Eduardo Díaz Ramos

Objetivo específico 4

Esteban Molina Guerrero
Manuel Rojas García

Objetivo específico 5

Francisca Osorio Zúñiga
Jessica Bonicelli Proaño
Samuel Hormazábal Fritz
Tomás Berger Muñoz
Marcela Cornejo D'Otone
Alejandro Murillo
Nelson Silva
Joaquim Bento
Miguel Fernández Díaz
Paula Muñoz
Erika Sagardia
Josseline Fernández
David Donoso Quezada

Objetivo específico 6

Bernardo Leiva Pérez



ÍNDICE

ÍNDICE.....	i
ÍNDICE FIGURAS.....	v
ÍNDICE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN EJECUTIVO.....	xvii
SUMMARY.....	xix
1. OBJETIVO GENERAL.....	1
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
3. ANTECEDENTES.....	2
4. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	5
4.1. Aspectos generales.....	5
4.2. Objetivo específico 1. <i>Estimar el tamaño del stock de merluza común y su distribución espacial en el área y período de estudio.</i>	5
4.2.1 Equipos.....	5
4.2.2 Muestreo acústico.....	6
4.2.3 Estimación del tamaño del stock.....	9
4.2.4 Distribución espacial de la merluza común.....	13
4.3. Objetivo Específico 2. <i>Caracterizar la composición demográfica del stock evaluado mediante indicadores biológicos analizados en un contexto espacial.</i>	14
4.3.1 Muestreos.....	14
4.3.2 Distribuciones de longitud por zona y estrato de profundidad.....	15
4.3.3 Determinación de la edad en la merluza común mediante lectura de otolitos.....	15
4.3.4 Clave edad - talla.....	16



4.3.5	Estimación de la abundancia por grupo de edad.....	17
4.3.6	Peso medio a la edad.....	18
4.4	Objetivo Específico 3. <i>Caracterizar la actividad reproductiva del stock evaluado de merluza común partir de los datos obtenidos en los lances de investigación.....</i>	18
4.4.1	Muestreo a bordo	18
4.4.2	Análisis de laboratorio	19
4.5	Objetivo Específico 4. <i>Caracterizar la fauna acompañante en la pesca dirigida a merluza común en el área y período de estudio, con especial énfasis en la jibia (Dosidicus gigas).</i>	23
4.5.1	Muestreo de fauna acompañante	23
4.5.2	Procesamiento de los datos	23
4.5.3	Análisis de la fauna acompañante.....	24
4.5.4	Presencia de jibia en los lances de identificación.....	26
4.6	Objetivo específico 5. <i>Caracterizar la distribución espacial y batimétrica del ictioplancton, huevos y larvas de merluza común y determinar las condiciones bio-oceanográficas presentes en el área y período de estudio.</i>	26
4.6.1	Condiciones oceanográficas asociadas a la distribución espacial y batimétrica de la merluza común.....	26
4.6.2	Características de las propiedades químicas de la columna de agua (oxígeno disuelto y nutrientes) y fluorescencia.....	30
4.6.3	Determinar la relación entre los remolinos de mesoescala y la distribución espacial y batimétrica de la merluza común.....	31
4.6.4	Determinar una asociación entre la distribución espacial y batimétrica de la merluza común y las condiciones oceanográficas presentes en el área y período de estudio	32
4.6.5	Análisis histórico de los resultados de las relaciones entre el recurso y su hábitat físico	32
4.6.6	Análisis y distribución de zooplancton, huevos y larvas de merluza común	34
4.7	Objetivo específico 6. <i>Caracterizar y analizar las agregaciones de merluza común en el área y período de estudio.....</i>	39



5.	RESULTADOS	42
5.1	Objetivo específico 1. <i>Estimar el tamaño del stock de merluza común y su distribución espacial en el área y período de estudio.</i>	42
5.1.1	Biomasa y abundancia de merluza común	42
5.1.2	Distribución espacial y batimétrica del stock de merluza común	42
5.2	Objetivo específico 2. <i>Caracterizar la composición demográfica del stock evaluado mediante indicadores biológicos analizados en un contexto espacial.</i>	43
5.2.1	Muestreos	43
5.2.2	Proporción sexual	44
5.2.3	Relación longitud - peso	44
5.2.4	Frecuencias de longitud de merluza común	44
5.2.5	Estructuras de tallas de la merluza común	45
5.2.6	Estructura demográfica del stock	46
5.3	Objetivo específico 3. <i>Caracterizar la actividad reproductiva del stock evaluado de merluza común partir de los datos obtenidos en los lances de investigación.</i>	47
5.3.1	Índice gonadosomático (IGS)	47
5.3.2	Estadios de madurez sexual (EMS)	48
5.3.3	Variable índice gonadosomático con relación al EMS microscópico	50
5.3.4	Ojiva de madurez	50
5.3.5	Fecundidad	51
5.4	Objetivo específico 4. <i>Caracterizar la fauna acompañante en la pesca dirigida a merluza común en el área y período de estudio, con especial énfasis en la jibia (<i>Dosidicus gigas</i>).</i>	51
5.4.1	Principales taxa presentes en la captura	51
5.4.2	Importancia relativa de los grupos taxonómicos	52
5.4.3	Análisis comunitarios	52
5.4.4	Análisis comunitarios para los lances de identificación efectuados durante 2019.	54



5.4.5	Caracterización de la jibia de la jibia durante el período 2004 a 2018.....	55
5.5	Objetivo específico 5. <i>Caracterizar la distribución espacial y batimétrica del ictioplancton, huevos y larvas de merluza común y determinar las condiciones bio-oceanográficas presentes en el área y período de estudio.</i>	56
5.5.1	Análisis hidrográfico.....	56
5.5.2	Distribución zonal vertical.....	58
5.5.3	Distribución meridional	59
5.5.4	Masas de agua	62
5.5.5	Análisis oceanográfico satelital.....	66
5.5.6	Análisis de datos meteorológicos	67
5.5.7	Análisis de las propiedades químicas de la columna de agua.....	69
5.5.8	Determinar una asociación entre la distribución espacial y batimétrica de la merluza común y las condiciones oceanográficas presentes en el área y período de estudio.....	70
5.5.9	Análisis histórico de los resultados de las relaciones entre el recurso y su hábitat físico	71
5.5.10	Abundancia relativa y distribución espacial de huevos y larvas de merluza común	76
5.5.11	Caracterización del zooplancton.....	77
5.6	Objetivo específico 6. <i>Caracterizar y analizar las agregaciones de merluza común en el área y período de estudio.</i>	78
5.6.1	Descriptores morfométricos, batimétricos y de energía en el área de estudio.....	78
5.6.2	Descriptores según subzona de estudio.....	79
5.6.3	Descriptores de las agregaciones por rango batimétrico.....	79
5.6.4	Resultados análisis componentes principales	80
6.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	82
7	CONCLUSIONES.....	92
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93



ÍNDICE FIGURAS

- Figura 1.** Area de estudio. Se señala la zona de reserva artesanal, isóbata de 500 metros y distancia de 60 millas náuticas de la costa.
- Figura 2.** Desembarques de *M. gayi* entre 1940 y 2019 (Fuente: Aguayo, 1996; SemaPesca, 2019).
- Figura 3.** Red de arrastre utilizada por el B/C "Abate Molina".
- Figura 4.** Localización de: a) transectas de muestreo acústico y b) estaciones bio-oceanográficas.
- Figura 5.** Localización de los lances de pesca de identificación a) total y b) por profundidad menor y mayor de 200 m.
- Figura 6.** Frecuencia de tamaños de ovocitos por estadio de madurez sexual microscópica (EMS 4: Vitelogénesis tardía; EMS 5-a: Próximo hidratación temprana; EMS 5-b: Próximo hidratación tardía; EMS 6: Hidratadas).
- Figura 7.** Descriptores morfológicos y batimétricos de una agregación.
- Figura 8.** Semivariogramas omnidireccionales, subzonas 1 a 4. Crucero de evaluación directa de merluza común (julio-agosto 2019).
- Figura 9** a) Distribución espacial de la biomasa de merluza común durante el crucero de evaluación directa de merluza común (julio - agosto 2019) y b) distribución espacial histórica de los centros de gravedad del stock de merluza común.
- Figura 10.** Distribución espacial de la densidad local (kg/30min de arrastre) de merluza común estimada a partir de los lances de identificación por: a) latitud y b) profundidad. Crucero de evaluación directa de merluza común (julio-agosto 2019).
- Figura 11.** A) Proporción sexual de merluza común total, subzona y veril de profundidad y B) dispersión de la variable peso total (gr) y longitud total (cm), de merluza común para el área total de estudio, julio-agosto de 2019.
- Figura 12.** Distribución de la estructura de tallas de merluza común por rango de talla (cm), rango batimétrico (m) y zona total de estudio. Crucero de evaluación directa de merluza común, julio - agosto de 2019.
- Figura 13.** Distribución de la estructura de tallas de merluza común por rango de talla (cm), sexo y subzona de estudio. Profundidades menores a 200 m. Crucero de evaluación hidroacústica de merluza común, julio - agosto de 2019.
- Figura 14.** Distribución de la estructura de tallas de merluza común por rango de talla (cm), sexo y subzona de estudio. Profundidades mayores a 200 m. Crucero de evaluación hidroacústica de merluza común, julio - agosto de 2019.
- Figura 15.** Distribución de la talla media de merluza común estimada a partir de los lances de pesca de identificación por: a) latitud y b) profundidad (julio-agosto 2019).
- Figura 16.** Composición de las estructuras de talla históricas de merluza común. Cruceros 1993 a 2019.



- Figura 17.** Composición de las estructuras de talla históricas de merluza común por sexo. Cruceros 1993 a 2019.
- Figura 18.** Abundancia por grupos de edad de merluza común, cruceros de evaluación, período 2002 – 2004 y 2016 - 2019.
- Figura 19.** Abundancia de merluza común por grupos de edad, diferenciado por sexo y subzona. Crucero de evaluación, julio-agosto de 2019.
- Figura 20.** Valor medio del Índice Gonadosomático para todos los ejemplares y por grupos de tamaños.
- Figura 21.** Valor medio del Índice Gonadosomático en ejemplares por zonas y grupos de tamaños.
- Figura 22.** Valor medio del Índice Gonadosomático para hembras \geq a 34 cm LT, en toda el área y por zonas.
- Figura 23.** Distribución de los valores medios de IGS de hembras \geq a 34 cm LT por grado de latitud y estrato de profundidad.
- Figura 24.** Frecuencia porcentual de fases macroscópicas de madurez gonadal en merluza común muestreadas en julio-agosto 2019.
- Figura 25.** Incidencia porcentual de fases microscópicas de madurez gonadal en merluza común en el área de estudio y por zonas.
- Figura 26.** Valor medio del índice gonadosomático de hembras mayores a 34 cm y la incidencia microscópica de hembras sexualmente activas, de la serie de cruceros de evaluación entre 2004 y 2019.
- Figura 27.** Incidencia de fases microscópicas de madurez gonadal por grupo de tamaños de los ejemplares en el área de estudio.
- Figura 28.** Incidencia de fases microscópicas de madurez gonadal por grupos de tamaños de los ejemplares por subzona.
- Figura 29.** Distribución de las fases ováricas de madurez microscópica por profundidad media y grado de latitud.
- Figura 30.** Distribución del IGS medio en relación a la fase microscópica de madurez gonadal.
- Figura 31.** Ojiva de madurez sexual para hembras en el área de estudio.
- Figura 32.** Estimados del parámetro de talla media de madurez sexual ($L_{50\%}$) en hembras efectuados en evaluaciones directas entre el 2001 y 2019.
- Figura 33.** Distribución de la fecundidad parcial en función del peso corporal de las hembras.
- Figura 34.** Distribución de la fecundidad parcial de las hembras en función de la longitud total.



- Figura 35.** Importancia relativa, respecto captura total estandarizada, de los principales grupos taxonómicos capturados durante el crucero de evaluación directa de merluza común, invierno 2019.
- Figura 36.** Importancia relativa principales grupos taxonómicos presentes por subzona, respecto captura total estandarizada por subzona: a) total fauna (todas las especies) y b) total fauna acompañante (excluye merluza común). Crucero de evaluación directa de merluza común, invierno 2019.
- Figura 37.** Resultado del análisis de clasificación de la abundancia relativa de la fauna presente en los cruceros de evaluación directa de merluza común realizados entre 1993 y 2019.
- Figura 38.** Resultado del análisis de ordenación de la abundancia relativa de la fauna presente en los cruceros de evaluación directa de merluza común realizados entre 1993 y 2019.
- Figura 39.** Resultado del análisis de clasificación de la abundancia relativa de la fauna presente por subzona durante los cruceros de evaluación directa de merluza común realizados entre 1993 y 2019.
- Figura 40.** Resultado del análisis de ordenación de la abundancia relativa de la fauna presente por subzona durante los cruceros de evaluación directa de merluza común realizados entre 1993 y 2019.
- Figura 41.** Resultado del análisis de clasificación de la abundancia relativa de la fauna presente por veril de profundidad durante los cruceros de evaluación directa de merluza común realizados entre 1993 y 2019.
- Figura 42.** Resultado del análisis de ordenación de la abundancia relativa de la fauna presente por veril de profundidad durante los cruceros de evaluación directa de merluza común realizados entre 1993 y 2019.
- Figura 43.** Resultado del análisis de clasificación de la abundancia relativa de las principales especies capturada por lance de identificación durante el crucero de evaluación directa de merluza común, invierno 2019.
- Figura 44.** Resultado del análisis de ordenación de la abundancia relativa de las principales especies capturadas por lance de identificación durante el crucero de evaluación directa de merluza común, invierno 2019.
- Figura 45.** Curvas de k-dominancia para la abundancia numérica y relativa (CPUA) de la fauna capturada en los lances de identificación realizados en el crucero de evaluación directa de merluza común, invierno 2019.
- Figura 46.** Participación (%) de jibia, respecto de la captura total por crucero de evaluación de merluza común, realizados durante los períodos de invierno.
- Figura 47.** Captura por unidad de área (CPUA [t/mn^2]) de jibia registrada durante los cruceros de evaluación de merluza común, realizados durante los períodos de invierno.
- Figura 48.** Participación (%) de jibia respecto de la captura total obtenida por subzona. Cruceros de evaluación de merluza común, inviernos de 1993 a 2019.



- Figura 49.** Participación (%) de jibia respecto de la captura total por veril de profundidad. Cruceros de evaluación de merluza común, inviernos de 1993 a 2019.
- Figura 50.** Rangos de longitud de manto de jibia capturada durante evaluaciones directas de merluza común: a) cruceros 1999 a 2019 y b) subzonas y veril de profundidad.
- Figura 51.** Relación entre longitud del manto y peso total de jibia. Individuos capturados durante los lances de identificación. Crucero de evaluación directa de merluza común realizados entre 2004 a 2019.
- Figura 52.** Proporción sexual de jibia por subzona y veril de profundidad. Crucero de evaluación directa de merluza común realizados entre 2004 a 2019.
- Figura 53.** Distribución espacial del campo de: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) sigma-t ($\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) fluorescencia ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) a 5 m de profundidad.
- Figura 54.** Distribución espacial del campo de: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) sigma-t ($\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) fluorescencia ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) a 25 m de profundidad.
- Figura 55.** Distribución meridional de los parámetros hidrográficos en la sección L01 (transecta oceánica), incluyendo temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), sigma-t ($\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$), oxígeno disuelto (ml/l) y fluorescencia ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$).
- Figura 56.** Distribución meridional de los parámetros hidrográficos en la sección L02 (transecta central), incluyendo temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), sigma-t ($\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$), oxígeno disuelto (ml/l) y fluorescencia ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$).
- Figura 57.** Distribución meridional de los parámetros hidrográficos en la sección L03 (transecta costera), incluyendo temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad, sigma-t ($\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$), oxígeno disuelto (ml/l) y fluorescencia ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$).
- Figura 58.** Diagrama T-S correspondiente todas las estaciones del área de estudio.
- Figura 59.** Distribución meridional de las masas de agua para la sección L01.
- Figura 60.** Distribución meridional de las masas de agua para la sección L02.
- Figura 61.** Distribución meridional de las masas de agua para la sección L03
- Figura 62.** *Spiciness* a lo largo de la costa. Se muestran los mapas con la línea de costa, isobatas de 100, 500 y 1000 m de profundidad y las estaciones oceanográficas y su respectivo diagrama T-S centrado en los estratos subsuperficiales, indicando las isopicnas que delimitaron las aguas dominadas por AESS ($26,2$ y $26,7 \text{ Kg}\cdot\text{m}^{-3}$) y la asociada al núcleo de esta ($26,5 \text{ Kg}\cdot\text{m}^{-3}$), junto a las isolíneas de *spiciness* (líneas rojas) (paneles izquierdos), de las secciones meridionales L01 (a y b), L02 (c y d) y L03 (e y f). La escala de color indica la latitud.



- Figura 63.** Secciones meridionales L01 (a), L02 (b) y L03 (c) de la frecuencia de *Brunt-Väisälä* (N). Cada panel muestra en colores a N, con su respectiva barra de color a la derecha del recuadro, indicando la profundidad (eje vertical a la izquierda), latitud (eje horizontal en la base) y estaciones oceanográficas (eje horizontal en la parte superior). Además, sobre cada mapa de color se muestra la profundidad de la capa de mezcla (línea blanca segmentada), las isolíneas de 1 y 2 ml/l de oxígeno disuelto (líneas negras), las isopicnas de 26,2; 26,5 y 26,7 Kg·m⁻³ (líneas blancas).
- Figura 64.** Secciones meridionales L01 (a), L02 (b) y L03 (c) del Ángulo de Turner (Tu). Cada panel muestra en colores los valores de Tu, con su respectiva barra de color a la derecha del recuadro, indicando la profundidad (eje vertical a la izquierda), latitud (eje horizontal en la base) y estaciones oceanográficas (eje horizontal en la parte superior). Además, sobre cada mapa de color se muestra la profundidad de la capa de mezcla (línea negra segmentada), las isolíneas de 1 y 2 ml/l de oxígeno disuelto (líneas verdes) y las isopicnas de 26,2; 26,5 y 26,7 Kg·m⁻³ (líneas grises).
- Figura 65.** Sección L01 del promedio climatológico durante invierno del *spiciness* (a) y las anomalías del *spiciness* durante el año 2019 respecto al invierno climatológico (b). En a) se muestra en colores los valores de *spiciness* y en b) la amplitud de sus anomalías, con su respectiva barra de color a la derecha de cada recuadro. En ambos paneles se indica la profundidad (eje vertical a la izquierda), latitud (eje horizontal en la base) y estaciones oceanográficas (eje horizontal en la parte superior), además se muestran las isolíneas de 1 y 2 mL/L de oxígeno disuelto (líneas blancas), y las isopicnas de 26,2, 26,5 y 26,7 kg/m³ (líneas negras gruesas). En a) se destacan a través de contornos (líneas negras delgadas) los niveles de 0, ±0,1, y ±0,2.
- Figura 66.** Imágenes satelitales de a) esfuerzo del viento, b) anomalía del nivel del mar, c) temperatura superficial del mar y d) concentración de clorofila-a correspondientes al promedio temporal entre el 24 de julio y 4 de septiembre.
- Figura 67.** Rosa de los vientos de la distribución de la velocidad y dirección del viento a 10 m, obtenida desde el barco durante el Crucero de Prospección de la Merluza Común 2019. Se presenta separada de acuerdo al tramo de medición correspondiente; a) tramo Coquimbo-Valparaíso, b) tramo Valparaíso-Talcahuano; c) tramo Talcahuano-Puerto Montt.
- Figura 68.** Diagramas de trazo de la velocidad y dirección del viento a 10 m, obtenida desde el barco durante el Crucero de Prospección de la Merluza Común 2019. Se presenta separada de acuerdo al tramo de medición correspondiente; a) tramo Coquimbo-Valparaíso, b) tramo Valparaíso-Talcahuano; c) tramo Talcahuano-Puerto Montt.
- Figura 69.** Presión atmosférica, a nivel medio del mar, obtenida desde el barco durante el Crucero de Prospección de la Merluza Común 2019. Se presenta separada de acuerdo al tramo de medición correspondiente; a) tramo Coquimbo-Valparaíso, b) tramo Valparaíso-Talcahuano; c) tramo Talcahuano-Puerto Montt.



- Figura 70.** Distribución vertical de oxígeno disuelto (ml/l) en las secciones costera (L03), intermedia (L02) y oceánica (L01).
- Figura 71.** Distribución latitudinal de oxígeno disuelto (ml/l) a 0, 5, 20, 50, 75, 100, 200, 300, 400 y 500 m de profundidad.
- Figura 72.** Distribución vertical de clorofila-a (mg/m^3) en las secciones costera (L03), intermedia (L02) y oceánica (L01)
- Figura 73.** Distribución latitudinal de clorofila-a (mg/m^3) a 0, 5, 20, 50, 75 y 100 m de profundidad.
- Figura 74.** Distribución de la merluza común, durante el crucero de prospección 2019; a) profundidad media de la agregación y; b) densidad acústica total asignada a la merluza común.
- Figura 75.** Diagrama de dispersión entre la batimetría y la profundidad media de las agregaciones merluza común. Se muestran las rectas resultantes del ajuste lineal, y el coeficiente de correlación para cada transecta, L01 en negro, L02 en azul y L03 en rojo.
- Figura 76.** Distribución meridional de las variables hidrográficas y acústicas en la sección oceánica (L01). En orden descendente se muestra la distribución vertical de: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), oxígeno disuelto (ml L^{-1}) y sigma-t. Líneas negras punteadas densidad acústica de la merluza común, líneas continuas profundidad media de la agregación y el área en gris corresponde a la batimetría local registrada por el ecosonda.
- Figura 77.** Distribución meridional de las variables hidrográficas y acústicas en la sección media (L02). En orden descendente se muestra la distribución vertical de: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), oxígeno disuelto (ml L^{-1}) y sigma-t. Líneas negras punteadas densidad acústica de la merluza común, líneas continuas profundidad media de la agregación y el área en gris corresponde a la batimetría local registrada por el ecosonda.
- Figura 78.** Distribución meridional de las variables hidrográficas y acústicas en la sección costera (L03). En orden descendente se muestra la distribución vertical de: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), oxígeno disuelto (ml L^{-1}) y sigma-t. Líneas negras punteadas densidad acústica de la merluza común, líneas continuas profundidad media de la agregación y el área en gris corresponde a la batimetría local registrada por el ecosonda.
- Figura 79.** Diagramas espacio-tiempo, promedio y desviación estándar temporal (líneas negras y rojas delgadas, respectivamente, al costado derecho de los diagramas) de la profundidad media (a) y densidad acústica (b) de las agregaciones de merluza común. Al costado derecho del promedio y desviación estándar temporal se muestra la línea de costa (línea negra gruesa).



- Figura 80.** Diagramas espacio-tiempo, promedio y desviación estándar temporal (líneas negras y rojas delgadas, respectivamente, al costado derecho de los diagramas) de las variables oceanográficas asociadas al recurso merluza común sobre la región externa del talud continental. Se muestran los diagramas a la temperatura, salinidad, anomalía de densidad potencial y oxígeno disuelto en la profundidad media de las agregaciones del recurso (a-d, respectivamente). Al costado derecho del promedio y desviación estándar temporal se muestra la línea de costa (línea gruesa negra).
- Figura 81.** Variabilidad temporal del promedio espacial de las variables asociadas al recurso merluza común. Cada panel presenta el promedio invernal (línea azul) asociado a la profundidad media y densidad acústica de las agregaciones de merluza (a y b, respectivamente), y a la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en dicha profundidad (c-d, respectivamente), junto a su respectiva tendencia de largo plazo (línea segmentada negra) para el período 1993-2019.
- Figura 82.** Fracción de varianza explicada (porcentaje y respectiva barra de error) por los diez primeros modos de variabilidad, obtenidos a través del análisis de Funciones Ortogonales Empíricas de las anomalías estandarizadas de las variables asociadas al recurso merluza común. Aquellos modos que no superponen la barra de error (en rojo) de su porcentaje explicado (círculos azules), son aquellos que, de acuerdo a la regla de North, cumplen con la independencia lineal (ortogonalidad).
- Figura 83.** Reconstrucción (mapa de color), variabilidad temporal (línea gris sobre mapa de color) y estructura espacial (línea delgada negra al costado derecho del mapa de color) del primer modo de variabilidad, estimado mediante el análisis de Funciones Ortogonales Empíricas de las anomalías estandarizadas de las variables asociadas al recurso merluza común. Sobre cada PC y EOF de las anomalías estandarizadas se presenta su señal de baja frecuencia (línea segmentada). Al costado derecho de la estructura espacial se muestra la línea de costa (línea gruesa negra).
- Figura 84.** Reconstrucción (mapa de color), variabilidad temporal (línea gris sobre mapa de color) y estructura espacial (línea delgada negra al costado derecho del mapa de color) del segundo modo de variabilidad, estimado mediante el análisis de Funciones Ortogonales Empíricas de las anomalías estandarizadas de las variables asociadas al recurso merluza común. Sobre cada PC y EOF de las anomalías estandarizadas se presenta su señal de baja frecuencia (línea segmentada). Al costado derecho de la estructura espacial se muestra la línea de costa (línea gruesa negra).
- Figura 85.** Abundancia del recurso proyectada en el plano T-S durante los cruceros de prospección del año 2018 (a-c) y 2019 (d-f). Los diagramas T-S muestran las isolíneas de *spiciness* (líneas negras delgadas), isopicnas (líneas negras gruesas) y triángulos de mezcla de las aguas características del Pacífico Sur Oriental (líneas azules). La abundancia del recurso (NASC-TOT), se muestra en colores, cuyas magnitudes se indican en la barra de color y por el tamaño de los círculos. Los paneles g-i muestran la profundidad del recurso obtenida en el sector externo e interno del talud (g y h) y sobre la plataforma continental (i).



- Figura 86.** Distribución espacial de la abundancia de a) huevos y b) larvas de merluza común durante el crucero de evaluación de julio – agosto 2019.
- Figura 87.** Distribución histórica de los centros de gravedad de huevos y larvas de merluza común.
- Figura 88.** Índice abundancia de huevos y larvas y la biomasa acústica de *M. gayi* 1993-2019. Año 2003 no se realiza crucero de evaluación
- Figura 89.** a) Biomasa zooplanctónica; b) abundancia zooplanctónica y c) densidad media de los principales grupos zooplanctónicos.
- Figura 90.** Distribución espacial de: a) biomasa zooplanctónica [ml zoo/1000cc] y b) abundancia zooplanctónica [individuos/1000m³], zona total de estudio. Año 2019.
- Figura 91.** Distribución espacial de la abundancia de: a) copépodos, b) quetognatos, c) larvas de crustáceos decápodos, d) apendicularias y e) eufáusidos, durante julio-agosto de 2019.
- Figura 92.** 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/m²). Según zona. Merluza común 2019.
- Figura 93.** 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 e índice de altura; descriptores de energía retrodispersada (NASC) y densidad acústica (NASC/100 m²). Según rango de fondo. Merluza común 2019.
- Figura 94.** Correlación de las variables originales con los dos primeros componentes. Merluza común 2019.



ÍNDICE TABLAS

- Tabla 1.** Estimaciones de biomasa (t) y abundancia (N°) de merluza común estimadas en las prospecciones acústicas efectuadas en el período 1993-2018.
- Tabla 2.** Principales características del B/C Abate Molina.
- Tabla 3.** Resumen operacional de los lances de pesca de identificación y capturas realizadas durante el crucero de evaluación directa de merluza común, julio - agosto de 2019.
- Tabla 4.** Escala macroscópica para determinar el estadio de madurez sexual de hembras de *M. gayi* (Balbontín y Fisher, 1981).
- Tabla 5.** Escala microscópica para determinar el estadio de madurez sexual en hembras de *M. gayi* (modificada) (Herrera *et al.*, 1988).
- Tabla 6.** Posición geográfica de las estaciones oceanográficas.
- Tabla 7.** Calibración del sistema de eointegración.
- Tabla 8.** Estimados de biomasa total, límites de confianza y densidad de merluza común Crucero de Evaluación julio – agosto 2019.
- Tabla 9.** Biomasa (t) y abundancia (N°) de merluza común estimada por subzona. Crucero de Evaluación julio – agosto 2019.
- Tabla 10.** Composición porcentual de las estimaciones de biomasa (t) por subzonas, abundancia y peso medio de merluza común. Serie histórica. Cruceros de evaluación 2004 a 2019.
- Tabla 11.** Resumen modelación geoestadística por zona total y subzona de estudio. Crucero julio-agosto 2019.
- Tabla 12.** Número de ejemplares por subzona medidos en los muestreos de frecuencia de longitud y biológicos de merluza común. Crucero de evaluación directa de merluza común, julio - agosto de 2019.
- Tabla 13.** Parámetros de la relación peso total – longitud total de merluza común, crucero julio-agosto 2019.
- Tabla 14.** Clave edad talla de merluza común machos, crucero de evaluación julio-agosto 2019.
- Tabla 15.** Clave edad talla de merluza común hembras, crucero de evaluación julio-agosto 2019.
- Tabla 16.** Abundancia de merluza común (número y %) por grupo de edad y sexo. Crucero julio-agosto 2019.
- Tabla 17.** Composición de la abundancia en número por grupo de edad en merluza común. Machos subzona 1. Crucero julio - agosto 2019.
- Tabla 18.** Composición de la abundancia en número por grupo de edad en merluza común. Machos subzona 2, julio-agosto 2019.
- Tabla 19.** Composición de la abundancia en número por grupo de edad en merluza común. Machos subzona 3, julio-agosto 2019.



- Tabla 20.** Composición de la abundancia en número por grupo de edad en merluza común. Machos subzona 4, julio-agosto 2019.
- Tabla 21.** Composición de la abundancia en número por grupo de edad en merluza común. Hembras subzona 1, julio-agosto 2019.
- Tabla 22.** Composición de la abundancia en número por grupo de edad en merluza común. Hembras subzona 2, julio-agosto 2019.
- Tabla 23.** Composición de la abundancia en número por grupo de edad en merluza común. Hembras subzona 3, julio-agosto 2019.
- Tabla 24.** Composición de la abundancia en número por grupo de edad en merluza común. Hembras subzona 4, julio-agosto 2019.
- Tabla 25.** Valores promedios del Índice gonadosomático en hembras de todas las tallas y mayores a 34 cm. Total área prospectada y por subzonas, julio – agosto 2019.
- Tabla 26.** Valores promedios del Índice gonadosomático por grupos de tamaños de las hembras. Total área prospectada y por subzonas, julio – agosto 2019.
- Tabla 27.** Incidencia de estadios macroscópicos de madurez. Crucero julio-agosto 2019.
- Tabla 28.** Talla media de madurez e intervalos de confianza de hembras de merluza común, para el área global y por subzonas, estimadas en el período 2001 al 2019.
- Tabla 29.** Estimados de fecundidad parcial y relativa de merluza común en el área de prospección a partir de evaluaciones entre 2001 y 2019.
- Tabla 30.** Resultados del ajuste de la fecundidad con el peso corporal y longitud total de ejemplares muestreados en el área de estudio. Crucero julio-agosto del 2019.
- Tabla 31.** Valores promedios de fecundidad de merluza común en el periodo reproductivo principal, de la serie de evaluaciones entre 2004 y 2019.
- Tabla 32.** Especies capturadas durante el crucero de evaluación directa de merluza común, invierno 2019. *CTest* ($kg*0,5h^{-1}$): Captura total estandarizada. *IRCT* (%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada. *IRFA* (%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada, fauna acompañante. *L-P* (%): Lances positivos.
- Tabla 33.** Especies capturadas por grupo taxonómico. Crucero de evaluación directa de merluza común, invierno 2019. *CTest* ($kg*0,5h^{-1}$): Captura total estandarizada. *IRCT* (%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada. *IRFA* (%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada, fauna acompañante. *IRGT* (%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada, grupo taxonómico.
- Tabla 34.** Especies capturadas por subzona y grupo taxonómico. Crucero de evaluación directa de merluza común, invierno 2019. *CTest* ($kg*0,5h^{-1}$): Captura total estandarizada. *IRCTsz* (%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada en la subzona. *IRFAsz* (%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada de la fauna acompañante en la subzona.



- Tabla 35.** Listado de las especies más recurrentes en los cruceros de evaluación directa de merluza común realizados entre 1993 y 2019 y su importancia relativa respecto de la captura total estandarizada por crucero.
- Tabla 36.** Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de *Merluccius gayi*, cruceros de invierno. Período 1993-2019.
- Tabla 37.** Estimaciones del Índice de abundancia de huevos y larvas. Cruceros Invierno 1993 - 2019.
- Tabla 38.** Grupos zooplanctónicos presentes en la zona de estudio, invierno 2019.
- Tabla 39.** Estadísticos descriptivos globales de las variables morfológicas, batimétricas y energía. Agregaciones de merluza común crucero 2019.
- Tabla 40.** Estadísticos descriptivos de las variables morfológicas, batimétricas y energía según zona de estudio. Agregaciones de merluza común crucero 2019.
- Tabla 41.** Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores según zona. Agregaciones de merluza común crucero 2019.
- Tabla 42.** Estadísticos descriptivos de las variables morfológicas, batimétricas y energía según rango de fondo. Agregaciones de merluza común crucero 2019.
- Tabla 43.** Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores según rango de fondo. Agregaciones de merluza común crucero 2019.
- Tabla 44.** Matriz de correlaciones entre las variables originales. Agregaciones de merluza común crucero 2019.
- Tabla 45.** Valores propios y porcentaje de variabilidad explicada por los componentes. Agregaciones de merluza común crucero 2019.
- Tabla 46.** Correlación de las variables originales con los componentes principales. Agregaciones de merluza común crucero 2019.



ÍNDICE ANEXOS

- Anexo 1.** Presentaciones.
- Anexo 2.** Secciones oceanográficas verticales.
- Anexo 3.** Nutrientes (Sobreoferta a la licitación).
- Anexo 4.** Personal participante.
- Anexo 5.** Pesca de investigación.
Autorización para realizar actividades de investigación.



RESUMEN EJECUTIVO

Se entregan los resultados finales correspondientes al estudio “Evaluación directa de merluza común, año 2019”. El objetivo central del estudio fue determinar la distribución y abundancia del stock y determinar las características biológicas, pesqueras y oceanográficas relevantes de la merluza común (*Merluccius gayi gayi*). Este estudio se desarrolló en el marco del Convenio de Desempeño 2019 - 2020 con la Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño.

Para dar cumplimiento a los objetivos del estudio, se realizó un crucero de prospección a bordo del B/C “Abate Molina” en el período comprendido entre el 24 de julio y 04 de septiembre de 2019, crucero que abarcó la plataforma continental comprendida desde la latitud 29°10’S a 41°40’S y entre los veriles de 50 y 500 metros de profundidad. Se realizaron 108 lances de pesca de identificación con red de arrastre de fondo, 76 transectas de muestreo acústico orientadas de Oeste a Este con un espaciamiento de 10 millas náuticas y 76 estaciones bio-oceanográficas.

El estudio abarcó una superficie total de 12.114 mn², de las cuales, merluza común ocupó 8.809 mn². La abundancia, calculada mediante el método geoestadístico, se estimó en 920.892.531 ejemplares, compuesta por 382.011.155 (41,5%) machos y 538.881.375 (58,5%) hembras.

La biomasa se estimó en 356.833 toneladas ($LC_{1-\alpha=0,95} (95\%)$: 328.489 y 385.277; CV = 4,1%) por el método geoestadístico, valor que fue 17% superior al registrado el año 2018. Mientras que por el método *bootstrap* se estimó un valor de 351.906 toneladas ($LC_{1-\alpha=0,95} (95\%)$: 326.457 y 377.350; CV = 3,7%).

La distribución espacial del stock evaluado de merluza común abarcó latitudinalmente toda el área de estudio y estuvo asociado a la plataforma y parte superior del talud continental. El centro de gravedad de la distribución se localizó en la latitud 35°27,8’S.

La estructura edades de la merluza común estuvo compuesto por grupos de edad (GE) 0 a 14+. Los GE I a VI fueron los más importantes, representando el 92% de los casos analizados. Individualmente, lo grupos de edad más importantes fueron los GE II, III y IV con aportes de 22,4%; 33,2% y 16,7%, respectivamente.

La merluza común se encontró mayoritariamente en desarrollo del evento reproductivo, principalmente en fases de maduración ovárica temprana y baja incidencia del desove. La talla media de madurez ($L_{50\%}$) de las hembras en el área de estudio fue 32,5 cm de longitud total (LT), valor que fue similar al reportado en el estudio de 2018. El potencial de fecundidad parcial promedio fue 110.440 ovocitos con un coeficiente de variación (CV) de 85%. La fecundidad relativa promedio fue de 123 ovocitos (CV 38%) por gramo de peso corporal. Este valor representó un aumento de 17%, respecto del estimado en el 2018.



Durante el crucero se observó escasa presencia de huevos y larvas de merluza común, localizándose ambos estadios entre Valparaíso y Talcahuano. La biomasa y abundancia zooplanctónica se mantuvo dentro de los niveles históricos, no obstante, se detectó un descenso en la participación de eufaúsidos en el área de estudio.

Se encontró la presencia de 5 masas de agua en la zona de estudio: Agua Estuarina (AE), Agua Subantártica (ASSA), Agua Subantártica Modificada (ASSAM), Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS), y Agua Intermedia Antártica (AIAA). El análisis de los porcentajes de masas de agua presentes en la zona, se evidenció el ascenso de AESS hacia la superficie desplazando al ASAA en 3 zonas bien delimitadas. Adicionalmente, y en comparación a los resultados obtenidos el año 2018, se evidenció una menor participación de AESS al sur del paralelo 31°S debido al desplazamiento del núcleo principal de esta masa de agua hacia las zonas más someras de la plataforma. No obstante, las agregaciones de merluza común se mantuvieron en las proximidades del fondo, siguiendo el límite inferior de las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales presentes sobre la plataforma.



SUMMARY

This summary contains the final results of the study “Direct assessment of common hake, 2019.” The main objective of the study was to determine stock distribution and abundance and to determine the relevant biological, fishery and oceanographic characteristics of common hake (*Merluccius gayi gayi*). The study was carried out under the framework of the 2019-2020 Performance Agreement with the Undersecretariat of Economy and Small Businesses.

To achieve the study objectives, a prospecting cruise was carried out on board the V/R “Abate Molina” from July 24 to September 04, 2019. The cruise spanned the continental shelf from latitude 29°10'S to 41°40'S and between depths of 50 and 500 meters. Overall, 108 identification fishing sets with bottom trawls, 76 west-east acoustic sampling transects with spacing of 10 nautical miles, and 76 bio-oceanographic stations were carried out.

The study covered a total área of 12.114 nm², of which, common hake occupied 8.809 nm². The abundance, calculated by the geostatistical method, was estimated at 920.892.531 specimens, of which 382.011.155 (41,5%) was males and 538.881.375 (58,5%) was females. While, bootstrap method estimate a abundance value of

Biomass was estimated at 356.833 tons ($LC_{1-\alpha = 0,95} (95\%)$: 328.489 and 385.277; Coefficient of Variation (CV) = 4,1%) by the geostatistical method, a value that was 17% higher than the estimate in 2018. While Bootstrap method, a value of 351.906 tons ($LC_{1-\alpha = 0,95} (95\%)$: 326.457 and 377.350; Coefficient of Variation (CV) = 3,7%).

The spatial distribution of common hake stock, spanned the entire study area latitudinally, and was associated with the shelf and upper part of the continental slope. The center of gravity of the distribution was located at latitude 35 ° 27.8'S.

The age structure of common hake was made up of age groups (AG) 0 to 14+. GE I to VI being the most important, representing 92% of the cases analyzed. Individually, the most important age groups were AG II, III and IV with contributions of 22,4%, 33,2%, and 16,7%, respectively.

The common hake was found mainly in development of the reproductive event, mainly in early ovarian maturation phases and low incidence of spawning. The mean length of maturity ($L_{50\%}$) of the females in the study area was 32,5 cm of total length (TL), a value that was similar to that reported in the 2018 study. The average partial fertility potential was 110.440 oocytes with a coefficient of variation (CV) of 85%. The average relative fertility was 123 oocytes (CV 38%) per gram of body weight. This value represented an increase of 17%, compared to the estimate in 2018.

During the cruise, common hake eggs and larvae were scarce, both stages located between Valparaíso and Talcahuano. Biomass and zooplankton abundance remained within historical levels, but a decrease in the participation of euphausiids was detected in the study area.



Five water bodies were found: Estuarine Water (EW), Sub-Antarctic Water (SAW), Modified Sub-Antarctic Water (MSAW), Subsurface Equatorial Water (SSEW), and Antarctic Intermediate Water (AIW). The analysis of water mass percentages present in the área, evidenced the rise of SSEW toward the surface was evident, displacing SAW in three well-defined areas. Additionally, and compared to the results obtained in 2018, a lower participation of SSEW was evident south of the 31°S parallel, due to the displacement of the main core of this water body toward the shallower areas of the platform. However, common hake aggregations remained close to the bottom, following the lower limit of the Equatorial Subsurface Waters present on the platform.



1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el stock de merluza común, a través del método hidroacústico, entre el límite norte de la Región de Coquimbo y la Región de Los Lagos, año 2019.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Estimar el tamaño del stock de merluza común y su distribución espacial en el área y período de estudio.
 - ii. Caracterizar la composición demográfica del stock evaluado mediante indicadores biológicos analizados en un contexto espacial.
 - iii. Caracterizar la actividad reproductiva del stock evaluado de merluza común partir de los datos obtenidos en los lances de investigación.
 - iv. Caracterizar la fauna acompañante en la pesca dirigida a merluza común en el área y período de estudio, con especial énfasis en la jibia (*Dosidicus gigas*).
 - v. Caracterizar la distribución espacial y batimétrica del ictioplancton, huevos y larvas de merluza común y determinar las condiciones bio-oceanográficas presentes en el área y período de estudio.
 - vi. Caracterizar y analizar las agregaciones de merluza común en el área y período de estudio.
-



3. ANTECEDENTES

Entre las pesquerías demersales, el género *Merluccius*, es uno de los grupos más explotados en el mundo con alta demanda para el consumo humano directo, principalmente, fresco y productos congelados (Arancibia 2015). Las especies pertenecientes a este género habitan frentes oceánicos de alta variabilidad ambiental y sus pesquerías alcanzan relevancia socioeconómica de importancia (Alheit y Pitcher, 1996). En el Océano Pacífico suroriental se reconocen dos subespecies de *Merluccius gayi* que dominan el ecosistema demersal, *Merluccius gayi peruanus* en el centro-norte del Perú y *Merluccius gayi gayi* en el centro-sur de Chile (Ginsburg, 1954; Espino *et al.*, 1996; Lloris *et al.*, 2003).

Neira *et al.* (2014) plantean que en el sistema de Humboldt se distinguen, entre 1970 y 2004, dos periodos ambientalmente diferentes, uno que abarca entre 1979 y 1985 caracterizado como un periodo moderadamente cálido con bajos niveles de surgencia y productividad primaria y el otro que se extiende entre 1985 y 2004, descrito como relativamente frío con aumento de la surgencia y productividad primaria. Esta variabilidad ambiental, unida al impacto de la pesca, explicaría algunos cambios experimentados en el sistema de Humboldt.

En Chile, merluza común es un recurso ampliamente explotado, y desde el punto de vista social y económico la pesquería demersal más importante (Ginsburg, 1954). Es una especie demersal que se alimenta principalmente de eufáusidos, anchoveta y canibalismo en las tallas mayores y cumple, además, un importante rol ecológico en el ecosistema de Chile central. Su distribución se extiende entre Antofagasta (23°38'S) y el canal Cheap (47°08'S) y desde los 20 m hasta los 500 m de profundidad (Martínez, 1976; Aguayo, 1996; Ojeda *et al.*, 2000). Su hábitat está caracterizado por bajo contenido de oxígeno y alta salinidad, características que describen las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales. Vidal *et al.* (2012) analizaron la variación genética de ejemplares de *Merluccius gayi* obtenidos en Coquimbo, Valparaíso, Corral y norte de Perú evidenciando la presencia de a lo menos 3 unidades genéticas diferentes, la primera asociada a Perú, la segunda a Valparaíso-Coquimbo y la tercera a Corral.

La pesquería de la merluza común abarca, administrativamente, desde el límite norte de la Región de Coquimbo (29°10'S) hasta Punta Puga (41°28,6'S) en la Región de Los Lagos y hasta 60 millas náuticas de la costa (**Fig. 1**). Esta pesquería se inició en 1928 y en su desarrollo se destacan dos periodos: el primero desde mediados de la década del 50 hasta 1970, con desembarques entre 75 mil y 128 mil toneladas en 1968 y el segundo desde mediados de 1990 hasta 2004 con desembarques entre 60 mil y 114 mil toneladas, alcanzando niveles similares a los observados a fines de la década del 60 y una severa disminución a partir del año 2004 (**Fig. 2**).

La declinación del desembarque observada en la década del 70 fue resultado de la progresiva disminución de los reclutamientos de merluza común, abundancia de sus principales presas como sardina común (*Strangomera bentincki*) y langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*), aumento de competidores como el jurel (*Trachurus murphyi*) (Aguayo y Young, 1982; Aguayo y Robotham, 1984) y aumento de la intensidad de pesca entre 1971 y 1980 (Cubillos y Arancibia, 1992). Posteriormente, reclutamientos exitosos de las clases anuales 1982-83, 1990-93 y 1996-97 habrían permitido



aumentar el tamaño del stock a niveles muy superiores a los registrados en los años previos (Cubillos y Arancibia, 1992; Payá, 2005) y habrían sido las causas de la recuperación experimentada por la pesquería desde mediados de la década de los 80.

Hasta el año 2002 el stock de merluza común presentaba un estado adecuado con una estructura poblacional robusta, pesos medios a la edad estables y tendencia creciente de los indicadores de abundancia relativa (Payá, 2006). La declinación observada en el tamaño del stock con posterioridad al año 2002, y que Arancibia *et al.* (2010) la ubican a partir del 2001, se debería a diversos factores, como: alto grado de canibalismo de la merluza común adulta (Jurado-Molina *et al.*, 2006), sobreestimación del tamaño del stock (Arancibia y Neira, 2008) y alta predación de ésta por parte de la jibia (*Dosidicus gigas*) (Payá 2006; Alarcón-Muñoz *et al.*, 2008). Estos factores llevaron al stock a una condición crítica con reducción de la fracción vulnerable a la pesca (similar a lo observado en la década del 70 e inicios de los 80 (Payá, 2006), estructura demográfica deteriorada con predominio de ejemplares juveniles y disminución de las tallas promedio de captura y de madurez sexual (Gálvez *et al.*, 2012). La suma de estos factores ha llevado a que el recurso sea declarado en estado de sobreexplotación (Subpesca, 2012), riesgo de colapso (Subpesca, 2013; Tascheri, 2013) y sobreexplotado (Subpesca, 2018, 2019 y 2020).

En 2005 la alta proporción de ejemplares juveniles presentes en las capturas instó a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura a establecer bajo dictamen de Resolución N° 2808 de 2005 un tamaño mínimo de malla de 100 milímetros para las redes de arrastre utilizadas en la pesca industrial dirigida al recurso merluza común y que, además, deben ser equipadas con mallas cuadradas sin nudos y con luz de malla de al menos 90 milímetros en el panel superior del copo. El tamaño de malla de 100 mm está asociado a una talla de retención ($L_{50\%}$) de 39,3 cm (Gálvez y Rebolledo, 2005), aunque Queirolo *et al.* (2012) re-analizaron la misma data y estiman una talla de retención ($L_{50\%}$) de 30,9 cm.

Las evaluaciones directas (métodos acústicos) del stock de la merluza común han reflejado variaciones en el tamaño de éste (**Tabla 1**). Variaciones que también reflejan en los rendimientos de pesca asociados a esta pesquería. Para el sector industrial, Gálvez *et al.* (2012) analizaron la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) expresada en toneladas por hora de arrastre (t/ha) clasificando las naves en dos tamaños, las primeras son naves con potencia superior a 1.200 HP y las segundas con potencia inferior a 1.200 HP. Los resultados mostraron que la CPUE estandarizada fluctuó entre 2 y 5,5 t/ha en el período 1983-1993, aumentando en 1994 a 6 t/ha. Posteriormente, estos rendimientos alcanzaron máximos históricos de 14 t/ha entre 1997 y 1999 para luego disminuir en los años posteriores llegando a un mínimo de 6 t/ha en 2003. Las embarcaciones menores también mostraron un aumento en la CPUE con un promedio de 1,2 t/ha en el período 1983-1993, aumentando a niveles de 2,8 y 3,5 t/ha entre 1994-2001, seguidamente, el año 2002 se alcanzó un máximo de 5,5 t/ha valor que disminuye a 2 t/ha el 2004. A partir del año 2007 se ha registrado un leve incremento de los rendimientos de pesca, sin embargo, se mantiene el estado de deterioro del recurso observado en los últimos períodos.

En el sector artesanal el desembarque de merluza común se incrementó de 11 mil a 32,5 mil t en el período 1997-2001, casi duplicando su contribución relativa al desembarque total. En los dos años siguientes el desembarque alcanzó a 27 y 26 mil t que representaron el 24% de los desembarques



totales de este recurso, pero el 2004 experimentaron una drástica caída a 16 mil t, descenso que continuó hasta niveles inferiores a 5 mil toneladas entre el 2005 y 2007. Signos de recuperación se evidenciaron a partir del año 2008 con desembarques cercanos a 15 mil toneladas en los años 2011-2014.

Desde el año 2002 en la costa centro sur de Chile se ha registrado alta presencia de jibia (*Dosidicus gigas*) convirtiéndose en los años 2005 y 2006 la principal especie componente del sistema demersal, desplazando de ese lugar a la merluza común. El desembarque de jibia se incrementó de 15 mil toneladas el 2003 a máximos que variaron entre 56 mil y 297 mil toneladas en el período 2005-2013 (Sernapesca 2011; Subpesca, 2013). La alta abundancia de jibia habría alterado el patrón normal de comportamiento de la merluza común lo que, probablemente, afectó su disponibilidad y abundancia afectando en una primera instancia la pesquería artesanal, con una caída en los indicadores del rendimiento de pesca a partir del año 2001 y, a partir del año 2003 al sector industrial con una caída en los rendimientos de pesca y un desplazamiento hacia el sur de las operaciones de la flota industrial en los años 2005 y 2006 (Gálvez, 2006; Rebolledo, 2006). Paralelamente, Arancibia y Neira (2006) a través de un modelo ecotrófico y bajo el supuesto de un control trófico tipo *top-down* concluyeron que el incremento en abundancia de jibia en Chile central entre los años 2000 y 2005 habría tenido un impacto importante en la biomasa de merluza común, lo que concuerda con lo reportado por Alarcón-Muñoz *et al.* (2008), quienes indican que el consumo de merluza común por parte de la jibia favoreció la disminución de la biomasa de la primera. Respecto de lo anterior, Ibáñez *et al.* (2013) señalan la necesidad de estudiar la relación entre la disminución de la abundancia poblacional de merluza común y su tamaño corporal, y los cambios ambientales y/o la sobrepesca, evaluando los impactos que estos factores pudieran tener sobre el recurso merluza común y poder descartar otros factores.

De acuerdo con la Ley General de Pesca y Acuicultura esta unidad de pesquería fue declarada en estado de plena explotación. Su manejo está orientado a mantener controlado el acceso a la pesquería y la aplicación, a partir de 1992, de cuotas globales anuales de capturas asignadas bajo el sistema de límite máximo de captura por armador (LMCA) que, actualmente, se asignan como Licencias Transables de Pesca (LTP). Las cuotas globales anuales se establecen considerando las estimaciones de capturas totales permisibles (CTP), las que en su proceso de estimación son calibradas con información auxiliar, considerándose gravitante la evaluación directa del stock, pues permite obtener de manera independiente de la actividad pesquera antecedentes acerca del tamaño, distribución y características biológicas del stock.



4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1. Aspectos generales

a) Período y área de estudio

El crucero se prolongó entre el 24 de julio (zarpe desde Valparaíso) y el 4 de septiembre de 2018 (recalada en Valparaíso), iniciándose la prospección en el límite norte de la zona de estudio el 26 de julio, finalizando el 31 de agosto en 41°50' S. La zona de estudio fue acotada al área de la plataforma continental comprendida entre la primera milla de la costa, habida consideración de las condiciones de seguridad de la nave, hasta el veril de los 500 m de profundidad o 7 mn cuando la isóbata de los 500 m se encuentre a menos de esa distancia de la costa (**Fig. 1**).

El área de estudio abarcó entre las latitudes 29°10'S y 41°50'S que para efectos del análisis de los datos fue dividida en cuatro zonas, según la siguiente numeración:

Zona	Latitud (Sur)		
Zona 1	29°10'	-	31° 24'
Zona 2	31°25'	-	35° 30'
Zona 3	35°31'	-	38°40'
Zona 4	38°41'	-	42°00'

b) Embarcación

La prospección se realizó a bordo del B/C "Abate Molina" (**Tabla 2**), arrastrero con rampa, equipado para operar con redes de arrastre y dotado de un sistema de ecointegración y equipamiento oceanográfico pertinente a los objetivos del estudio.

4.2 Objetivo específico 1. *Estimar el tamaño del stock de merluza común y su distribución espacial en el área y período de estudio.*

4.2.1 Equipos

a) Sistema de ecointegración

El sistema acústico de evaluación, está compuesto por un ecointegrador marca Simrad® modelo EK60 con transductores de haz dividido (*split beam*) de 18, 38, 120 y 200 KHz. Toda la información fue almacenada en unidades externas (1 Tb) hasta su posterior proceso mediante el paquete de procesamiento de datos acústicos Sonar Data Echoview®.



La prospección acústica fue realizada con el sistema de ecointegración EK60 y operado con un transductor modelo ES38B de haz dividido, frecuencia de 38 KHz, 2 kW de potencia y longitud de pulso de 1,024 milisegundos. Este sistema fue calibrado de acuerdo al procedimiento señalado por su fabricante (Simrad, 2008), el cual sigue las recomendaciones efectuadas al respecto por el ICES (Foote *et al.*, 1987) para el uso cuantitativo de mediciones acústicas.

Durante el procedimiento de calibración un blanco de referencia (esfera de cobre y de tungsteno) y de fuerza de blanco conocida fue bajado y localizado en el centro del haz acústico del transductor, para luego medir las señales de intensidad de blanco (*TS_{gain}*). La calibración del sistema acústico se ajustó a los procedimientos y recomendaciones señalados por el ICES *Working Group on Fisheries Acoustics, Science and technology (WGFAST)* (Demer *et al.*, 2015).

b) Equipos de pesca

La obtención de muestras biológicas se logró mediante la utilización de una red de arrastre de fondo de dos paneles fabricada por Engel® modelo Star Balloon, de 666 mallas por 90 milímetros (**Fig. 3**). Para disminuir la capacidad selectiva de la red el copo de ésta fue armado con una malla interior de 40 mm (calcetín).

Durante los lances de pesca, el comportamiento del sistema de arrastre fue monitoreado mediante sensores que permitieron verificar en tiempo real la altura de la red, la distancia entre punta de alas y profundidad, además de un sensor de captura para acotar ésta a 300 kg, aproximadamente, por lance.

4.2.2 Muestreo acústico

a) Diseño de muestreo

La prospección acústica se realizó bajo un diseño de muestreo sistemático homogéneo el cual ha sido señalado como el más adecuado para estudios dirigidos a estimar abundancia y distribución de un recurso pesquero (Petitgas, 1991; Rivoirard *et al.*, 2000; Harbitz y Aschan, 2003; Askland, 2011). En este diseño, las transectas son dispuestas en forma paralela en dirección este-oeste con una distancia entre ellas de 10 mn.

Durante el crucero se recolectaron de manera georreferenciada continua los datos acústicos correspondientes a: coeficiente de dispersión por área náutica (s_A), valores de intensidad de blanco (*TS*) y la profundidad del fondo del mar.

b) Transectas de muestreo acústico

Durante la fase de evaluación, se realizaron 76 transectas nocturnas con orientación este-oeste con espaciamiento inter transectas de 10 mn. La extensión de las transectas varió entre 6 y 34 mn con un promedio de 16 mn (**Fig. 4a**). Cada transecta fue discretizada en intervalos básicos de muestreo de 0,5 mn, donde se registró: la densidad expresada en unidades de ecointegración (s_A), profundidad y tipo de agregación del recurso.



Las transectas fueron realizadas entre las 19 horas de un día y las 07 horas del día siguiente y que corresponde al período de oscuridad. En este período, merluza común se aleja del fondo permaneciendo en la columna de agua, experimentando el proceso inverso al inicio del período de luz solar, es decir, desplazándose hacia el fondo. Este comportamiento nictemeral, descrito por Vestnes *et al.* (1966), favorece su evaluación mediante métodos acústicos.

c) Lances de identificación de ecotrazos

Durante la fase de evaluación se efectuaron 108 lances de pesca de identificación en profundidades del fondo que fluctuaron entre los 50 m y profundidades mayores de 400 m (**Fig. 5 y Tabla 3**). Para los efectos de identificación de especies, estimación de la proporción de éstas y muestreos biológicos, la unidad muestral fue el lance de pesca. En cada uno de éstos se registraron las principales características operacionales, mientras que la información de especies capturadas se obtuvo mediante el siguiente procedimiento:

- i)* Luego de depositada la captura en la cubierta se separaron los individuos de merluza común de la fauna acompañante.
- ii)* Se llenaron 10 cajas, si la captura lo permite, con merluza común cajas plásticas de 42 litros y se pesaron en una balanza electrónica con mecanismo de compensación del movimiento del barco. Se estimó el peso de cada caja y posteriormente su peso promedio.
- iii)* El resto de la captura de merluza común fue encajonada en cajas similares, contabilizada y devuelta al mar. La captura se estimó como el producto del número total de cajas por el peso promedio.
- iv)* Se obtuvo muestras para muestreo de longitudes y biológico-específico de merluza común (longitud total, determinación del sexo y estadios de madurez sexual, recolección de otolitos y gónadas).

Para la fauna acompañante, en el caso de especies representadas por individuos gran tamaño o aquellas escasamente representadas, los ejemplares fueron separados, identificados, contados y pesados, conjunta o individualmente.

d) Identificación de los ecotrazos de merluza común

Los datos acústicos se analizaron utilizando los métodos aplicados en ecointegración (Simmonds y MacLennan, 2005, Kalikhman y Yudanov, 2006). En primer lugar, los ecogramas se inspeccionaron visualmente para detectar y corregir errores asociados a la posición geográfica, integración del fondo, interferencia, ruidos y zona muerta.

El procedimiento utilizado para corregir los datos, en la sección del ecograma con interferencia o pérdida de señal, fue clasificarla como sección no integrable. La corrección del eco proveniente del plancton se efectuó siguiendo el método propuesto por Simmonds y MacLennan (2005), quienes para corregir la presencia de plancton en una región a ecointegrar (RI), estiman la densidad acústica en



una región contigua pero sin la presencia de la especie objetivo (RP), es decir, donde se registra sólo la presencia de plancton. El factor de corrección (fc_1) se estimó como:

$$fc_1 = \frac{s_A(RI) - s_A(RP)}{s_A(RI)}$$

Para corregir el efecto de zona muerta en el fondo (fcf) o ciega del haz acústico, se aplicó el método propuesto por Ona y Mitson (1996), que lo estima como:

$$SA_{(cf)} = SA_{(0)} + SA_{(0)} \left(\frac{h_{eq} + h_{bs} + h_{\tau}}{h_0} \right)$$

Siendo h_{eq} la altura equivalente ó fracción no muestreada debido al ángulo del haz del ecosonda, h_{bs} la altura no muestreada debido al backstep y h_{τ} la pérdida de señal debido a la longitud del pulso.

La eointegración de la región con presencia de la especie objetivo corregida (S_{Ac}) se estimó aplicando los factores de corrección (fc_1 y fcf) sobre la eointegración asignada a la región de altura cero (h_0) con presencia de peces (S_{AA}) como:

$$S_{Ac} = S_{AA} * fc_1 * fcf$$

Una vez efectuadas las correcciones, la asignación de las unidades de eointegración se realizó mediante la inspección de los ecogramas conjuntamente con los datos provenientes de los lances de pesca de identificación. Los criterios de identificación de ecotrazos fueron: a) Información de los lances de pesca de identificación, b) tipo (disperso – estrato - cardumen), morfología y nivel de intensidad del ecotrazo, c) profundidad del ecotrazo y d) información auxiliar (presencia de flotas industrial - artesanal). De las especies presentes en la captura de los lances de pesca de identificación, solo aquellas especies que contribuyan a la señal acústica se consideraron para el análisis, mientras que otras como *Hipoglossina macrops*, *Libidoclaea granaria*, *Cervimunida johni* y *Heterocarpus reedi*, entre otras, se consideraron como especies bento - demersales y acústicamente no vulnerables.

Asumiendo que la composición de la captura y que la composición de tallas de las especies son representativas de la estructura de especies en el área, la asignación de las unidades de eointegración, se efectuó mediante la estimación de proporción acústica propuesta por Simmonds y MacLennan (2005) y Bodholt (1991), la cual plantea, que la contribución de especie (E_j) a las unidades de eointegración (E_m), es proporcional a su aporte en la captura (w_j) en número y su coeficiente de dispersión acústica (σ_j):

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



d) Estimación de la fuerza de blanco

Para el presente documento técnico de avance se utilizó la relación de fuerza de blanco descrita para esta especie por Lillo *et al.* (1996) y utilizada en evaluaciones anteriores de este recurso:

$$TS = 20 \cdot \log(L) - 68,5 \text{ (dB)}$$

Estimaciones de fuerza de blanco realizadas en diferentes especies del género *Merluccius* presentan como característica una convergencia a una relación de dependencia cuadrática de la fuerza de blanco con la longitud ($20 \cdot \log(L)$) con un término independiente en torno a -68, como lo muestra el siguiente cuadro:

Autor	Especie	Relación TS - talla
Svelling y Ona (1999)	<i>M. capensis</i>	$20,0 \cdot \log(\text{talla}) - 67,9$
McClatchie <i>et al.</i> (2002)	<i>M. australis</i>	$20,6 \cdot \log(\text{talla}) - 67,4$
Traynor (1996)	<i>M. productus</i>	$20,0 \cdot \log(\text{talla}) - 68,0$
MacLennan (2000)	<i>M. gayi peruanus</i>	$20,0 \cdot \log(\text{talla}) - 67,6$
Kieser <i>et al.</i> (1999)	<i>M. productus</i>	$20,0 \cdot \log(\text{talla}) - 68,0$

Así, la relación utilizada durante el presente estudio, se enmarca dentro de los resultados esperados para esta especie.

4.2.3 Estimación del tamaño del stock

La abundancia y la biomasa de la merluza común 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, Roa-Ureta y Niklitschek, 2007).

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,

- $\bar{\sigma}$ = $4 * \pi * 10^{\frac{TS}{10}}$ evaluada a la talla promedio de la fracción del stock evaluado.
 \hat{A}_R = abundancia (en número).
 a_R = área de distribución del recurso (mn²).
 \bar{w} = peso promedio (t).
 \hat{B}_R = biomasa (t).

La varianza de la abundancia (\hat{A}_R) y biomasa (\hat{B}_R) se 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 intrínseco.

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; Petitgas *et al.*, 2017).

La densidad media ponderada \hat{Z}_{gs} de merluza común se estimó mediante el uso del método de kriging. En primer lugar se estimaron mediante una grilla de interpolación las densidades locales ($Z_{x_0}^*$) en los diferentes nodos a partir de las densidades locales observadas ($Z_{w(x)}$) como:

$$Z_{x_0}^* = \sum_{i=1}^m r_i * Z_{w(x)i}$$



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:

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

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

Donde,

- \hat{A}_{gs} = abundancia (en número).
- \hat{a}_{gs} = área (mn²) que correspondió al área de distribución del recurso.
- \hat{Z}_{gs} = densidad promedio de merluza común (N^o/mn²).
- \bar{w} = peso promedio de merluza común (t).
- \hat{B}_{gs} = biomasa (t).

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:

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



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, y análisis espacial, se realizó mediante el programa R project (R Core Team, 2017) y el paquete RGeostats (Petitgas, *et al.*, 2017; Renard, *et al.*, 2016). 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.

Para las estimaciones de la proporción del área ocupada y de la media condicional del coeficiente de dispersión acústica por unidad de área se modelaron asumiendo estacionaridad de segundo orden, la correlación espacial existente de la variable continua sA (>0) y la variable dicotómica presencia/ausencia del stock (Petitgas, *et al.*, 2016). La variabilidad media observada para cada sub-conjunto de observaciones dispuestas a una misma distancia h se ajustó por máxima verosimilitud. Para la estimación de la media geo-estadística de la media condicional del coeficiente de dispersión acústica por unidad de área (\hat{s}_A), se utilizó un parámetro de transformación que permitió ajustar los datos de densidades locales a una distribución simétrica. Los datos fueron re-transformados mediante el procedimiento Montecarlo con una función de enlace inverso a los valores obtenidos desde la función de distribución de probabilidad normal con media y desviación estándar iguales a las estimadas por el modelo geo-estadístico para la variable transformada.

Considerando el diseño sistemático de muestreo, el área ocupada ($\hat{\alpha}_s$) por el stock de merluza común en el área de estudio se estimó como el producto entre el número de unidades básicas de muestreos positivas y el área de influencia de cada una de ellas. La densidad media condicional (\hat{d}_N) se estimó como la razón entre la media condicional del coeficiente de dispersión acústica y el coeficiente de retrodispersión ($\hat{\sigma}$) de la merluza común estimado a partir de la relación TS-talla.

$$\hat{d}_N = \frac{\hat{s}_A}{\hat{\sigma}}$$

La abundancia de la merluza común, su biomasa y sus respectivas varianzas se estimaron como:

$$\hat{A} = \hat{d}_N * \hat{\alpha}_s \quad ; \quad V(\hat{A}) = V(\hat{d}_N) * \hat{\alpha}_s^2 + V(\hat{\alpha}_s) * \hat{d}_N^2 - V(\hat{d}_N) * V(\hat{\alpha}_s)$$



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

Donde \hat{w} es el peso promedio de la merluza común.

4.2.4 Distribución espacial de la merluza común

La distribución espacial de la merluza común en el área prospectada, se presenta como una carta de contornos, en donde éstos representan curvas que unen puntos de igual densidad. Lo anterior, permite ver de manera clara las áreas de mayor concentración de los recursos (Simmonds y MacLennan, 2005).

La carta de distribución espacial de la merluza común, se confeccionó mediante la interpolación *kriging* (Chilès y Delfiner, 2012), para lo cual se estimaron los variogramas, herramienta analítica que permite describir la estructura espacial de una variable y sus características como: tamaño, dirección y tipo de estructura (Rivoirard *et al.*, 2000).

Para estimar la posición de la distribución espacial de merluza común se estimó el centro de gravedad (CG) como indicador de la posición media de la distribución en el área de estudio, respectivamente, como (Bez y Rivoirard, 2001; Woillez *et al.*, 2009):

$$CG = \frac{\sum x_i \cdot z(x_i)}{\sum z(x_i)}$$

Donde x_i representa la posición geográfica de una unidad básica de muestreo y $z(x_i)$ la densidad local en la posición geográfica “ i ”.



4.3 **Objetivo Específico 2.** *Caracterizar la composición demográfica del stock evaluado mediante indicadores biológicos analizados en un contexto espacial.*

4.3.1 **Muestreos**

Las muestras biológicas de merluza común fueron obtenidas a partir de los lances de pesca de identificación de ecotrazos. Los muestreos correspondieron a muestreos de longitud de los peces (n=10.263 individuos), biológico-específicos (n=3.296), de otolitos (n=3.130) y de ovarios (n=450).

De la captura obtenida mediante el arte de pesca se seleccionó, al azar, 3 cajas; 2 de ellas son destinadas al muestreo de longitud y la tercera para el muestreo biológico-específico. Este último, es un muestreo no aleatorio dirigido a construir la edad de la captura, por tanto, se establecen los siguientes criterios:

- i) Durante el llenado de las cajas, la detección y colecta de ejemplares con énfasis en las tallas superiores es un procedimiento que permite suplir la ausencia de clases en la estructura de tallas, asegurando contar con todo el rango de tallas disponible para su posterior análisis.
- ii) En el caso que la captura fue inferior a 3 cajas, se prioriza el muestreo biológico-específico registrando longitud total y sexo del total de individuos presentes en la captura.

El procedimiento anterior consideró reducir el tiempo de manipulación de la captura y los aspectos señalados por Gunderson (1993) y Westerheim (1967) en orden de prevenir problemas de representatividad de muestreo.

En cada lance de pesca se procedió a realizar los siguientes muestreos:

- **Muestreo de longitud:** Muestreo aleatorio orientado a obtener la composición de talla por sexo. Se midió la longitud total de cada ejemplar de la muestra con una precisión de 1 mm y se determinó su sexo.
- **Muestreo biológico-específico:** Muestreo orientado a obtener la longitud y el peso de los ejemplares por sexo y la estructura de edades de la captura. Se extrajeron los otolitos, se midió la longitud total y se determinó el sexo de los ejemplares, peso total, peso eviscerado y estado de madurez sexual macroscópico según los criterios descritos en la tabla 4 (Balbontín y Fischer, 1981).



4.3.2 Distribuciones de longitud por zona y estrato de profundidad

Se compararon las distribuciones de longitud obtenidas durante el estudio 2019 agrupadas por sexo, subzonas y dos categorías de profundidad (veriles: < 200 m y >= 200 m). Luego, se compararon las distribuciones de longitud, serie histórica, categorizando en grupos, a saber: distribuciones de longitud anteriores el año 2004 y las distribuciones desde el año 2004 a 2019. La comparación de las series históricas se realizó por sexo, subzonas y veriles (< 200 m y >= 200 m). Se utilizó esta estratificación por veriles para aumentar su representatividad, lo cual tiene un impacto en el ajuste del modelo y por ende en el contraste de hipótesis a realizar.

El procedimiento estadístico compara distribuciones multinomiales utilizando como base un modelo lineal generalizado (GLM), aplicando regresión logística ordinal. En este modelo de distribución de longitudes, la variable respuesta es de tipo categórica, entonces la teoría basada en GLM puede ser utilizada como una generalización de la regresión logística para respuestas dicotómicas (Dobson y Barnett, 2018). Con esta generalización es posible hacer uso de todas las herramientas de la inferencia existente para este tipo de modelo.

El modelo utilizado corresponde a Modelo Logit de Razón Continua (*Continuation ratio logit*), definido por:

$$\Omega : P_k^* = \log \left(\frac{P_k}{P_{k+1} + \dots + P_K} \right) = \mathbf{x}_k^T \beta_k$$

Donde se modela la proporción de la respuesta que está en la categoría k, condicionada a todas las superiores k+1,...,K. (Rindorf y Lewy, 2001; Dobson y Barnett, 2018; Faraway, 2016).

El modelo propuesto permite docimar simultáneamente el efecto de los factores a través del estadístico de Wald, con la prueba X^2 de significancia. Las hipótesis acerca de los parámetros, pueden ser probadas usando la distribución muestral aproximada del estimador máximo verosímil o equivalentemente el estadístico de Wald. Este estadístico, tiene como finalidad determinar si los coeficientes asociados son distintos o iguales de cero y por ende si las distribuciones difieren o no de la subzona, veril o el grupo de año de referencia (Glantz y Slinker, 1990; Venables y Ripley, 1997).

4.3.3 Determinación de la edad en la merluza común mediante lectura de otolitos

En las especies del género *Merluccius* se han empleado los otolitos *sagitta* con buenos resultados para la determinación de la edad. Estos otolitos revelan una secuencia de bandas de crecimiento susceptibles de ser analizadas y cuya resolución dependerá de la técnica de preparación empleada (Dark, 1975, Chilton y Beamish, 1982; ICSEAF, 1983; Ojeda y Aguayo, 1986). En este caso, el par de otolitos se somete a un proceso de hidratación en agua por un mínimo de 12 horas. Este proceso permite devolver al otolito cierto grado de nitidez para su posterior estudio. Si se necesita mayor



transparencia, la inmersión en glicerina o aceite por tiempos breves, dan buenos resultados. En la observación se emplean lupas estereoscópicas con aumento 10X y luz transmitida para facilitar la ubicación del núcleo.

Siguiendo a Aguayo y Ojeda (1987), durante el año se formarían dos grandes zonas, una opaca, en las que se puede apreciar un número variable de marcas hialinas secundarias, y una zona translúcida ancha con características propias de intensidad y continuidad, cuya adecuada discriminación se logra tras analizar numerosas muestras.

En la determinación de la edad las muestras se clasifican de acuerdo al grado de dificultad que presenten. Dentro de un conjunto de muestras se encontrarán algunas clasificadas como “buenas”, las que presentan anillos nítidos facilitando su lectura y muestras “regulares”, las que en diferente grado presentarán dificultades para identificar los anillos anuales y seguir su secuencia. En estos casos, se presentan alternativas como: seguir los anillos por el lado convexo de la muestra, jugar con las sombras (lo que en ocasiones permite destacar mejor los anillos), emplear diferentes enfoques y posiciones de la muestra, utilizar otros líquidos de inmersión, pulir ligeramente la zona convexa o bien consultar una segunda opinión con otro lector experimentado. Si aun así persiste la duda, la muestra es descartada de los procesos. Las mediciones se realizan desde el foco hacia el rostro de la estructura, por el lado cóncavo (cara externa) del otolito.

La distribución de muestras al azar en el proceso de hidratado permite que al momento de la lectura bajo el microscopio estereoscópico sólo se conozca un número de orden, sin asociar en esa oportunidad ningún dato biológico del pez, situación que permite una observación imparcial sin sesgos.

4.3.4 Clave edad - talla

- **Tamaño de muestra**

En la determinación de tamaño de muestra para construir claves edad - talla se pueden utilizar técnicas de simulación que conjugan la precisión de la composición de edades con los tamaños de muestra en la clave (Worthington *et al.*, 1995; Andrew y Chen, 1997 y Kritzer *et al.*, 2001). Estudios de simulación, orientados a determinar los tamaños de muestra de una clave edad - talla (Young *et al.*, 2006 y Young, 2009) de merluza común en cruceros de evaluación, se realizaron a partir del análisis de un índice de error que evaluó dos grupos de curvas, las primeras asociadas al año 2001 (mayor número de clases) y las segundas asociadas al período 2007 y 2008 (reducción del número de clases). Los resultados de la simulación indicaron que los índices de precisión versus el número de peces leídos (edad determinada en sus otolitos) presentaron un comportamiento similar, ya que ambas curvas presentaron un rápido aplanamiento a medida que se aumentó el tamaño de las muestras.

La precisión de las estructuras de edades mejoró rápidamente con alrededor de 100 peces leídos, mientras que sobre los 200 o 300 peces, el incremento fue marginal. Tomando como referencia un tamaño mínimo de muestra de 300 o más peces por sexo, número que se sitúa en el tramo asintótico



de la curva de precisión donde los aumentos o pérdidas de precisión frente a variaciones en el esfuerzo de lecturas son marginales, se considerará un mínimo de 300 peces por sexo para conformar las claves edad - talla (CET). No obstante, siempre se sobrepasa el número mínimo requerido, ya que también se debe considerar la calidad de los otolitos para su lectura o deterioros que puedan sufrir producto de manipulación y traslado al laboratorio.

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

Las claves edad talla de merluza común muestreada en el crucero se procesaron por intervalos de clase de edad-tallas cada 2 cm, para un total de 14 grupos de edad. En la matriz clave edad-talla (CET), los grupos de edad (GE) mayores o iguales a catorce años se agrupan en el GE 14+, representado generalmente por las hembras que alcanzan mayor longevidad.

La clave edad - talla cuenta con la clasificación de las lecturas de cada otolito por grupo de edad, de esta clasificación, se estima la probabilidad (q_{rk}) de que individuos de longitud "k" pertenezcan a un GE. Lo anterior, se entiende como la razón entre el número de individuos de edad "r" con longitud "k" sobre número total de individuos de longitud k.

4.3.5 Estimación de la abundancia por grupo de edad

Los individuos presentes en cada intervalo de longitud fueron asignados a las diferentes edades según una clave talla-edad, que indica las probabilidades de pertenencia de un individuo de una determinada longitud a cada una de las diferentes edades. Las claves edad-talla utilizadas correspondieron a las elaboradas con los datos obtenidos durante el crucero.

El número de individuos perteneciente a cada GE, según intervalo de talla, fue estimado como:

$$\begin{aligned} N_k &= \hat{N}_r \hat{p}_k \\ N_{rk} &= \hat{p}_{rk} N_k \\ N_r &= \sum N_{rk} \end{aligned}$$

Donde:

- N_k : número estimado de individuos a la longitud k
- N_{rk} : número estimado de longitud k que pertenecen a la edad r
- N_r : número estimado de individuos a la edad r.
- p_k : proporción de ejemplares de longitud k
- p_{rk} : proporción de ejemplares de longitud k pertenecientes a la edad r



La proporción relativa de cada GE en la estructura demográfica del stock se obtiene estimando la razón entre N_r y la abundancia total.

4.3.6 Peso medio a la edad

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

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

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

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

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

4.4 **Objetivo Específico 3.** *Caracterizar la actividad reproductiva del stock evaluado de merluza común partir de los datos obtenidos en los lances de investigación.*

4.4.1 Muestreo a bordo

Se analizó la condición reproductiva del stock de merluza común a partir de muestras obtenidas en los lances efectuados durante el crucero de prospección. Los ejemplares se obtuvieron aleatoriamente para estimar los indicadores de la proporción de estados de madurez y el índice gonadosomático. En cada lance con captura de merluza común se consideró realizar un muestreo al azar de 15 hembras como mínimo, atendiendo al comportamiento que presenta el índice de error en la estimación de la proporción de estados de madurez, donde un incremento del tamaño de muestra al interior del lance no aumenta de manera significativa la precisión de la estimación, registrándose 1.789 hembras para



el análisis de indicadores macroscópicos, de los cuales, 537 ovarios fueron destinados para el examen histológico de la condición de madurez.

A cada ejemplar se le registró la longitud total, el peso total y el peso eviscerado. El ovario extraído se pesó y se clasificó en su fase de madurez según los criterios macroscópicos de la merluza común (**Tabla 4**), siendo posteriormente fijado en formalina al 10% tamponada (introducidos completamente en el fijador) para su procesamiento histológico en el laboratorio. La fijación es una etapa esencial de la técnica histológica, de gran importancia la velocidad de penetración del fijador en los diversos tejidos para conservarlo lo más parecido al estado vivo y protegerlo de la autólisis y del ataque bacteriano, evitando las distorsiones y retracciones que sobrepasen los límites compatibles con la obtención de cortes (Santander *et al.*, 1984 y Hunter, 1985).

4.4.2 Análisis de laboratorio

a) Estadio de madurez sexual (EMS)

Los ovarios fijados fueron procesados histológicamente para análisis microscópico del parénquima gonadal en base a los criterios básicos señalados por Wallace y Selman (1981), Selman y Wallace (1989) y Hunter y Macewicz (1985), los que fueron clasificados en su fase de madurez según la escala microscópica apreciativa de madurez sexual específica para hembras de merluza común (Herrera *et al.*, 1988) (**Tabla 5**). El método microscópico se basa en la observación interna de la gónada y su aplicación permite confirmar las apreciaciones efectuadas en forma macroscópica, dado que confiere una información precisa y detallada de las distintas transformaciones morfológicas que acontecen durante el ciclo de maduración gonadal.

b) Estimación del índice gonadosomático (IGS) y su varianza

El índice gonadosomático individual (IGS_i) se estimó como la proporción del peso de la gónada Wg_i con respecto al peso eviscerado (W_i). Posteriormente se obtiene el IGS promedio por lance (IGS).

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

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



c) Estimación de estadios de madurez

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

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

Donde \hat{P}_{EM} : proporción del estado de madurez sexual, n_{EMi} : número de individuos en el estado de madurez sexual i ; n : número total de individuos muestreados.

Los resultados se analizaron, además de la subdivisión del área de estudio, se consideró también de grupos de longitud de: < 30; 30-39; 40-49; 50-59, 60-69 y > 70 cm. El grupo 30-39 cm fue separado en dos subgrupos de 30-34 y 35-39, que contienen la mayoría de las estimaciones de talla media de madurez.

La información generada permite determinar la condición reproductiva de la población parental de *M. gayi* y evaluar diferencias latitudinales en el proceso.

d) Ojiva de madurez y talla media de madurez ($L_{50\%}$) de las hembras.

Este análisis tiene dos procedimientos secuenciales. Primero está el ajuste de un modelo para la probabilidad de madurez sexual (P) dependiente de la talla del pez, y luego está la estimación de la talla del pez dado una cierta probabilidad de estar maduro \hat{l}_p , generalmente la talla de $P=50\%$ de madurez sexual (Roa *et al.*, 1999).

En el ajuste del modelo de madurez sexual a la talla, la variable predictora es continua y la variable respuesta es dicotómica. El modelo se expresa como:

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

Donde $P(k)$ es la probabilidad de estar maduro a la talla (k), α , β_0 y β_1 son parámetros a estimar de asíntota, posición y pendiente, respectivamente. Los estimados son elegidos, dado un conjunto de datos, desde el punto en el cual el producto de las probabilidades binomiales de todos los datos (la



verosimilitud del modelo) es un máximo, o más convenientemente desde el punto en el cual el negativo del logaritmo de la función de verosimilitud del modelo es un mínimo.

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

Donde h es el número de individuos maduros, n es el tamaño de muestra y la sumatoria es a través de todas las longitudes y el parámetro α de la ecuación tiene un valor conocido e igual a 1. Dada la naturaleza no lineal de las ecuaciones normales, el mínimo es encontrado mediante un algoritmo iterativo. Los parámetros estimados al minimizar la ecuación son estimadores de máxima verosimilitud (EMV) (Welch y Foucher, 1988).

Los resultados de los ajustes el modelo son un vector de parámetros estimados, que representa un valor medio y una matriz de covarianza, que representa a la incerteza asociada a los valores medios (Roa *et al.*, 1999). Con esos dos elementos (vector medio y matriz de covarianza) es posible estimar el modelo inverso.

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

$$\hat{l}_{50\%} = -\frac{\hat{\beta}_0}{\hat{\beta}_1}$$

Se consideraron los diagnósticos histológicos de la fase de desarrollo del ovario para la clasificación de individuos maduros e inmaduros, teniendo como criterio el estado de crecimiento de alvéolos corticales como indicador del proceso de maduración (Brown-Peterson *et al.*, 2011; Leal y Díaz, 2012). Según la escala apreciativa propuesta, se clasificaron como sexualmente maduras las hembras en EMS II al IX y como inmaduras, aquellas en los EMS I.

e) Fecundidad modal

La fecundidad se estimó de acuerdo al método gravimétrico descrito por Hunter y Goldberg (1980), Santander *et al.* (1984) y Hunter *et al.* (1985). Para este efecto se consideró analizar al menos 50 ejemplares por zona para alcanzar un nivel de error del 5% en la estimación de la fecundidad promedio (Young *et al.*, 2003).

En el cálculo de fecundidad parcial se usó el método de la distribución modal de tamaños de los ovocitos. De cada ovario se obtiene una submuestra de la región media que se pesa con una precisión de 0,1 mg. Los ovocitos contenidos se disgregan mecánicamente mediante un lavado con agua bajo presión en un aparato tamizado (250µm). Posteriormente los ovocitos son digitalizados con un scanner para ser analizados con el programa ImageJ (<http://rsb.info.nih.gov/ij/>) y obtener la frecuencia de tamaños, previa calibración de las unidades de píxeles a micras. Las distribuciones de tamaños de los ovocitos son analizados en sus componentes modales con la rutina MPA (Análisis de Progresión



Modal) del método Batthacharya y la subrutina NORMSEP (separación de la normalidad por máxima verosimilitud) del Fisat II para la identificación de la moda avanzada.

Se seleccionaron microscópicamente sólo ovarios en desarrollo avanzado que garantizaban la formación de la tanda de ovocitos a ser desovada (**Fig. 6**). En el caso de las hembras hidratadas se descartaron aquellas con folículos postovulatorios recientes. Los ovarios hidratados tienen la ventaja porque los ovocitos serán ovulados en corto tiempo y el número de éstos refleja la fecundidad parcial, caracterizándose los ovocitos hidratados por presentar una clara disgregación por el incremento en su tamaño.

Es preciso señalar que para el estimado de fecundidad parcial se optó por el método de ovocitos hidratados, porque garantiza la separación de la tanda (moda) de ovocitos que serán liberados en corto tiempo y el número de éstos reflejará la fecundidad parcial (Murua *et al.*, 2003). Dos ventajas comparativas respecto a otros métodos son: ahorro de tiempo en su conteo y no hay dudas sobre la disgregación de las modas por el enorme tamaño de los ovocitos hidratados, lo que confiere estimaciones más precisas. No obstante, la hidratación es un proceso de corta duración (horas) resultando en una limitación biológica que impacta en la frecuencia de hembras en esta condición en los lances, lo que explica el bajo número de hembras en los años 2018 y 2019, sumado al hecho que el crucero no se realiza en el máximo reproductivo y, por ende, la incidencia de hembras en desove activo es baja. Todas las hembras hidratadas sin evidencia de desove reciente (con folículos postovulatorios) son analizadas para fecundidad, como ha sido la rutina en los cruceros de evaluación.

Antecedentes de este método para la anchoveta de California, de similar modalidad reproductiva que la merluza común, indican un tamaño de muestra de 50-60 hembras para un estimado de fecundidad parcial con un coeficiente de variación inferior a 5% (Hunter *et al.*, 1985). En merluza común, sobre la base del recuento de ovocitos hidratados, se obtuvieron estimaciones de fecundidad parcial con 50 hembras (Gálvez *et al.*, 2008) y 60 hembras (Gálvez *et al.*, 2009). Lo que se propone en este proyecto de analizar al menos 50 hembras está en el rango de tamaño de hembras analizadas para esta especie y con similar metodología, sin embargo, las dificultades antes mencionadas del bajo número de hembras hidratadas en los lances no permiten cumplir con un mayor número, a pesar del esfuerzo de muestreo. Por otro lado, el considerar hembras en estado de vitelación (previo a la hidratación), de mayor incidencia en los muestreos, presenta la desventaja de una alta probabilidad de sesgar con una sobreestimación de la fecundidad, al considerar en el conteo ovocitos que no serían del próximo desove, debido a que no hay una clara disgregación de las modas en los diagramas de frecuencia – tamaño de los ovocitos.

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

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

Donde:



- \hat{F}_j = Fecundidad modal de la hembra j .
 H_{jv} = Número de ovocitos en la submuestra v del ovario de la hembra j .
 W_{jv} = Peso de la submuestra v del ovario de la hembra j .
 PG_j = Peso del ovario de la hembra j .
 v = Número de submuestras del ovario
 n^* = Número de hembras analizadas.

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

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

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

4.5 **Objetivo Específico 4.** *Caracterizar la fauna acompañante en la pesca dirigida a merluza común en el área y período de estudio, con especial énfasis en la jibia (*Dosidicus gigas*).*

Este objetivo se dividió en los siguientes aspectos:

- Proporción en la captura de los diferentes componentes de la fauna acompañante.
- Comparación por zona geográfica de las proporciones de los principales componentes de la fauna acompañante, observadas en los cruceros de evaluación acústicas de merluza común de los años 1993, 1995, 1997, 1999-2002 y 2004-2019. En los años 1994, 1996, 1998 y 2003 no hubo crucero.

4.5.1 **Muestreo de fauna acompañante**

La fauna acompañante obtenida en los lances de pesca fue clasificada por especie y se le efectuó un muestreo de estructura de tallas. En el caso particular de la jibia, se determinó su sexo mediante la disección del manto y el examen directo de las gónadas, registrándose también la presencia o ausencia de merluza común en el contenido estomacal.

4.5.2 **Procesamiento de los datos**

Dado que el diseño de muestreo y el arte de pesca utilizado fueron dispuestos para la evaluación de merluza común, el análisis de la fauna acompañante buscó caracterizar la composición e importancia



relativa de las especies representadas en la captura de los lances de identificación y los cambios que ésta ha experimentado entre los años en que se han realizado estos cruceros. Desde este punto de vista, se ha evitado la estimación de la abundancia de fauna acompañante en el área de estudio, dada la incertidumbre involucrada en este tipo de extrapolación y a que los contrastes que este objetivo persigue, en rigor no la requiere.

La importancia relativa de las especies que componen la fauna acompañante en las capturas de los lances de identificación de merluza común, se representó en función de su proporción en la captura y su captura por unidad de área (CPUA), de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$P_{ek} = \frac{\sum_{l=1}^{n_l} C_{ekl}}{\sum_{l=1}^{n_l} \sum_{e=1}^{n_e} C_{ekl}}$$

- P_{ek} = proporción de la especie en la captura.
 C_{ekl} = captura de la especie e en el lance l del estrato k.
 n_l = número de lances en el estrato k.
 n_e = número de especies capturadas en el estrato k.

$$\overline{CPUA}_e = \frac{\sum_{l=1}^{n_{le}} C_{le}}{Ab * \sum_{e=1}^{n_{le}} D_{le}}$$

- \overline{CPUA}_e = captura por unidad de área de la especie e componente de la fauna acompañante expresada en (kg/km²).
 Ab = promedio de la “apertura entre punta de alas” medida mediante sensores (km).
 n_{le} = número de lances con presencia de la especie e.
 Del = distancia en kilómetros recorrida durante el lance.

4.5.3 Análisis de la fauna acompañante

Se comparó la importancia relativa de las principales especies de la fauna registrada en las capturas de los lances de identificación de los cruceros de evaluación hidroacústica de merluza común. Estos cruceros se realizaron en los años 1993, 1995, 1997, 1999-2002 y 2004-2019. Los cruceros de 1993 y 2010 fueron incorporados en el análisis, advirtiendo en la posterior interpretación de los resultados que el área prospectada fue menor en estos periodos (ausencia del área 1; 29°10' S - 31°24' S), y que en los otros cruceros de evaluación forma parte de la zona norte de distribución del recurso. Los principales componentes de la fauna capturada durante el crucero corresponden a aquellas especies que representaron una proporción mayor al 0,1% de la captura total registrada durante el crucero de evaluación.



Estos análisis consideran dividir el área de estudio en cuatro macro zonas y cada una de ellas en rangos batimétricos de 100 m de profundidad.

a) Análisis de clasificación

Estos análisis consisten básicamente en establecer e identificar agrupaciones específicas que se obtienen a partir de la aplicación de métodos de análisis multivariados basados en la clasificación y ordenación de las especies. El análisis de la fauna acompañante a través de estos métodos numéricos, permite distinguir asociaciones específicas, ya que entregan una visión global de cómo se estructura la comunidad a la cual está asociada la especie objetivo, merluza común.

Para la identificación de agrupaciones faunísticas el área de estudio en cada caso se dividió según los criterios descritos anteriormente. El análisis consiste 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 *NMDS* (*Non Metric Multidimensional Scaling*) (Clifford y Stephenson, 1975).

Ambos métodos requieren la construcción de una matriz simétrica de similitud, cuyos datos de entrada son una matriz de captura por unidad de esfuerzo (CPUA[t/mn²]) de las principales especies capturadas, agrupadas por crucero de evaluación, crucero de evaluación-macrozona y crucero de evaluación-rango batimétrico. La comparación entre pares de datos se realiza utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis (**BC**; Bray y Curtis, 1957), el cual tiene la ventaja de no ser afectado por las ausencias (valores cero) y se expresa por:

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

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

Para equilibrar los valores atípicos (especies raras o poco comunes) con los valores comunes o muy altos (especies recurrentes). Los valores de la matriz original de abundancia relativa (CPUA) son transformados con la aplicación de raíz cuarta ($\sqrt[4]{}$), de acuerdo con Clarke y Warwick, (1994).

b) Comparación abundancia/biomasa (método gráfico)

Complementariamente, las agrupaciones resultantes se comparan a través del método gráfico de *Abundancia/Biomasa* (ABC) (Warwick, 1986), que consiste en la construcción de una curva de *k*-dominancia (Lambsead *et al.*, 1983), clasificando de manera decreciente la abundancia (numérica) y la biomasa (abundancia relativa) de las principales especies que componen la fauna presente en los



distintos cruceros de evaluación, en escala logarítmica. Según la forma que muestren las curvas en cada crucero y macro zona, es indicativo de comunidades sin perturbación (curva biomasa sobre la curva de abundancia), moderadamente perturbadas (curvas biomasa abundancia similares) y altamente perturbadas (curva de abundancia sobre la de biomasa).

4.5.4 Presencia de jibia en los lances de identificación

Se caracteriza la estructura demográfica de la jibia presente en los lances de identificación realizados durante el crucero de evaluación. Debido a la escasa presencia de esta especie en los lances de identificación, situación que ha sido constante desde 2017, se describe su estructura histórica, a partir de los registros positivos de esta especie desde la evaluación realizada el año 2004, en adelante.

Respecto del contenido estomacal, se hace necesario aclarar que, y como se explica en el párrafo precedente, la escasa presencia de esta especie ha dificultado este análisis, ya que los pocos ejemplares capturados han presentado estómagos vacíos; contenido escaso y con alto grado digestión; los estómagos donde se observó presencia de contenido, éste correspondió a restos consumidos en la red, razón por la cual no fueron considerados para este análisis. No obstante, cada ejemplar capturado, fue pesado, medido y sexado individualmente.

4.6 Objetivo específico 5. Caracterizar la distribución espacial y batimétrica del ictioplancton, huevos y larvas de merluza común y determinar las condiciones bio-oceanográficas presentes en el área y período de estudio.

Este objetivo se relaciona con: *i*) las condiciones bio-oceanográficas (oceanografía física e ictioplancton) asociadas a la distribución de la merluza común; y *ii*) el análisis de las relaciones entre las condiciones oceanográficas y la distribución espacial y batimétrica de la merluza común. Durante el crucero se realizaron 76 estaciones distribuidas sobre 26 transectas de muestreo acústico (**Fig. 4b; Tabla 6**). La separación de las transectas en que se realizó el muestreo oceanográfico fue de 30 millas náuticas.

4.6.1 Condiciones oceanográficas asociadas a la distribución espacial y batimétrica de la merluza común

a) Análisis hidrográfico.

El análisis hidrográfico se obtuvo a partir de los registros continuos del CTDO SeaBird Electronic SBE 911, conectado a un muestreador automático tipo roseta GENERAL OCEANICS, provista de 12 botellas niskin, de 5 litros de capacidad cada una. Cuando las condiciones de tiempo meteorológico impidieron desplegar el sistema de muestreo automático, se utilizó un CTDO SeaBird SBE19Plus (portátil), para realizar las mediciones. Para efectos de comparar y, eventualmente, realizar procesos



de calibración, en dos estaciones oceanográficas ambos CTDO fueron lanzados juntos, hasta una profundidad de 500 m.

Para caracterizar la estructura de la columna de agua asociada a la distribución espacial y batimétrica del recurso merluza común, en cada una de las estaciones se realizaron perfiles verticales continuos, desde la superficie hasta un máximo de 500 m, dependiendo de la profundidad del fondo y de las normas de seguridad en la operación de los equipos, registrando las siguientes variables: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), densidad (kg/m^3), oxígeno disuelto ($\text{ml}\cdot\text{l}^{-1}$) y fluorescencia ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$).

El procesamiento de los datos fue realizado siguiendo el procedimiento estándar “SBE Data Processing”. Los datos del CTDO procesados se transformaron a lenguaje ASCII, para posteriormente ser analizados mediante rutinas y funciones preparadas en la plataforma MATLAB. El análisis incluyó la remoción de datos atípicos, filtración de los perfiles, re-muestreo a una resolución 1 m en profundidad, e interpolación tridimensional (x, y, z) de las variables mediante DIVA (*Data Interpolating Variational Analysis*). El análisis hidrográfico permitió realizar:

- Perfiles verticales de cada variable y diagramas TS.
- Secciones horizontales a 0, 5, 25 m de profundidad del campo de cada variable en el área de estudio.
- Secciones verticales de cada variable para las transectas estudiadas: i) transectas zonales que correspondieron a las 26 transectas perpendiculares a la costa y ii) transectas meridionales: oceánica (L01) correspondiente a las estaciones ubicadas sobre la isóbata de los 500 m; media (L02) correspondiente a la segunda estación de oeste a este en cada transecta oceanográfica; y costera (L03) correspondiente a las estaciones más próximas a la costa.
- Cálculo del porcentaje de participación de las masas de agua.
- Cálculo de la profundidad de la capa de mezcla.
- Estimación del ángulo de Turner, spiciness y escala de Thorpe.
- Cálculo de la frecuencia de Brunt-Väisälä

b) Identificación de las masas de agua.

La identificación de las masas de agua se realizó comparando la información de temperatura potencial y salinidad proveniente de las estaciones oceanográficas del crucero con los diferentes índices termohalinos (T, S) que son típicos para cada masa de agua, de acuerdo a su lugar de formación. Los valores típicos de las masas de agua frente a Chile se obtuvieron de los trabajos de Silva & Konow (1975) y Silva et al. (2009). En estos trabajos se han identificado 5 masas de agua: Agua Subtropical (AST), Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS), Agua Intermedia Antártica (AIAA), Agua Profunda del Pacífico (APP) y el Agua Subantártica (ASAA).



Además, se observó la variación de las masas de agua a lo largo de la costa. Para esto se obtuvieron diagramas T-S y porcentajes de las masas de agua de las estaciones ubicadas sobre las transectas meridionales (L01, L02 y L03) utilizando el método Análisis Multiparámetro Óptimo (OMP). El método OMP, supone que cada parámetro medido en un punto determinado puede expresarse como la combinación lineal de los tipos de agua originales presentes en ese punto. A su vez, supone que la mezcla de todos los parámetros es igual de eficiente y sin una dirección preferencial (i.e. supone una mezcla isotrópica turbulenta). De acuerdo a lo anterior, es posible establecer un sistema de ecuaciones lineales de mezcla para cada punto utilizando la contribución de los diferentes tipos de agua, o coeficientes de mezcla. Para la resolución del sistema de ecuaciones se emplea el método de mínimos cuadrados.

Además, se realizaron los siguientes análisis:

- Cálculo de la profundidad de la capa de mezcla.
- Estimaciones de difusividad mediante el cálculo del ángulo de *Turner* y el cálculo de *Spiciness*.

El proceso de doble difusión se desarrolla cuando los gradientes verticales de temperatura y salinidad tienen similar signo. Este proceso se divide en Doble Difusión Convectiva (DDC) y Dedos de Sal (DS), presentando gradientes verticales negativos y positivos, respectivamente. Cuando ocurre DDC la temperatura y salinidad aumentan con la profundidad, mientras que cuando ocurre DS la temperatura y salinidad disminuyen con la profundidad. La doble difusión convectiva ocurre cuando agua de baja salinidad y baja temperatura se encuentra sobre agua más cálida y salada, produciendo una transferencia de calor de abajo hacia arriba, generando una convección vertical. Los dedos de sal ocurren cuando agua más cálida y salada se encuentra sobre agua más fresca. Como el calor difunde más rápido que la sal en el océano, se forman dedos de sal más fríos y salados, los cuales transportan sal hacia abajo y pueden crear importantes gradientes de densidad. En general, los procesos de doble difusión podrían favorecer la ventilación de las masas de agua modificando significativamente algunas de sus características.

Una manera de determinar la presencia de estos procesos en el océano, ya sea de doble difusión o dedos de sal, es a través del ángulo de *Turner*, el cual se determina mediante datos de origen hidrográficos. Este es un método efectivo para estudiar la influencia relativa de la temperatura y la salinidad sobre la estratificación de la columna de agua. El ángulo de *Turner* (TU) se define como:

$$Tu = \tan^{-1}(\alpha(\delta T/\delta z) - \beta(\delta S/\delta z), \alpha(\delta T/\delta z) + \beta(\delta S/\delta z)) : (\text{McDougall } et al., 1988)$$

Donde:

$\alpha(\delta T/\delta z)$ es el coeficiente de expansión térmica

$\beta(\delta S/\delta z)$ es el coeficiente de contracción salina



La interpretación del ángulo de Turner se presenta a continuación:

<i>Tu</i> [grados]	Estructura
-90° a -45°	Doble difusión convectiva
-45° a 45°	Estratificación de la columna
45° a 90°	Dedos de sal
90° a -90°	Inestable estáticamente

Las variaciones espaciales en la temperatura y salinidad del agua de mar, a una densidad fija son estudiadas mediante el cálculo de “*Spiciness*”. Agua más cálidas y saladas presentan aguas con valores de spiciness mayores, mientras que aguas más frías y menos saladas presentan spiciness más pequeños, por lo tanto, podría ser considerada con una forma de medir cuan salada y/o cálida está el agua de mar. Además, el spiciness, es usualmente utilizado para detectar áreas de formación de termoclinas, masas de agua, anomalías de subducción y mezcla convectiva, por lo cual será de gran utilidad para describir las características del cuerpo de agua bajo estudio.

- Determinación de la estabilidad de la columna de agua a través del cálculo de la frecuencia de *Brunt–Väisälä*

$$N = \sqrt{-\frac{g}{\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial z}}$$

con ρ_0 como la densidad del ambiente, g la aceleración de gravedad y $\frac{\partial \rho}{\partial z}$ el gradiente vertical de densidad, proporciona una medida del grado de estratificación de la columna de agua a través de la estimación de la frecuencia con la cual una parcela de agua desplazada verticalmente oscila en un ambiente estratificado estable.

c) Análisis de datos oceanográficos satelitales y meteorológicos

Para el análisis oceanográfico se utilizaron los datos diarios de concentración superficial de clorofila-a con resolución espacial de 4 km, provienen del producto *L4 “Global Ocean Chlorophyll (Copernicus-Globcolour)”* a partir de observaciones satelitales reprocesadas distribuido por *E.U Copernicus Marine Service Information* (<http://marine.copernicus.eu/>), junto a imágenes de temperatura superficial del mar del producto nivel 4 *GHRSSST-MUR (Group for High Resolution Sea Surface Temperature–Multi-scale Ultra high Resolution)*, distribuido por el *JPL PO.DAAC (Jet Propulsion Laboratory–Physical Oceanography Distributed Active Archive Center)*, el cual es un producto combinado de las observaciones satelitales provenientes de los sensores *AMSRE, MODIS, AVHRR*, y del radiómetro de microondas de la armada de Estados Unidos a bordo de *WindSat*, junto a mediciones *in-situ* de la temperatura superficial del mar asociadas al proyecto *iQuam* de la *NOAA*. Datos diarios de magnitud y dirección del viento sobre la superficie del mar, con una resolución espacial de $1/8^\circ$ (12.5 km), fueron obtenidos mediante los sensores *ASCAT* y *OSCAT* montados a bordo de satélites *MetOp* y *OceanSat*, respectivamente (<ftp://podaac-ftp.jpl.nasa.gov/OceanWinds/>). Sumado a esto, se obtendrán los campos diarios de nivel del mar y corrientes geostroficas con resolución espacial de 25 km a partir del producto combinado de los tres satélites con mayor continuidad temporal, las misiones *Jason 2*,



Cryosat-2 y Saral, del producto Ssalto/Duacs AVISO 204 (Duacs/AVISO, 2014), distribuido por CMEMS (<https://marine.copernicus.eu>). Los datos faltantes, en los campos de clorofila-a causados por la interferencia nubosa, fueron estimados utilizando una interpolación DINEOF (*Data Interpolating Empirical Orthogonal Function; Beckers & Rixen, 2003*).

Para determinar de mejor manera las características y las condiciones meteorológicas predominantes de la zona y periodo de estudios, se utilizaron datos meteorológicos provenientes de la estación meteorológica a bordo del barco, y del sistema de pronóstico del clima (CFS), que consiste en un modelo que representa la interacción global entre los océanos, la tierra y la atmósfera, bajo la guía del Centro Nacional de Predicción Ambiental (NCEP). El modelo entrega datos por hora con una resolución horizontal de hasta un cuarto de grado (~27 km), utilizando los últimos enfoques científicos para asimilar observaciones de fuentes de datos de superficie, observaciones de radiosondas, de aeronaves y observaciones satelitales (ASCAT), que lo convierte en una potente herramienta para el análisis climatológico; en su defecto, y al no disponerse de dichos resultados por razones ajenas al interés de la presente oferta, se utilizarán como dato los resultados del modelo Sistema Global de Predicción (GFS), creado y utilizado por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica NOAA, consistente en un modelo matemático actualizado cuatro veces por día con una resolución espacial de un cuarto de grado (~27 km) y una resolución temporal de 3 horas. Además, se utilizó la climatología regional obtenida del sistema ERA5 (reanálisis atmosférico global del clima obtenido del modelo europeo ECMWF entre los años 1980 y 2018)

4.6.2 Características de las propiedades químicas de la columna de agua (oxígeno disuelto y nutrientes) y fluorescencia.

Para el análisis químico, en cada estación de muestreo se tomaron muestras de agua de mar a profundidad estándar (0, 5 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 300 y 500 m), dependiendo de la profundidad del fondo asociada a cada estación. Parte de las muestras de agua de mar se utilizaron para determinar clorofila-a (fluorescencia extractiva), con el propósito de utilizar estos resultados como contra muestras para la transformación de las lecturas de fluorescencia provenientes del perfilador de fluorescencia del CTD. Además, muestras de agua fueron almacenadas (-20°C) en botellas asépticas de polietileno para determinación de nutrientes en laboratorio.

a) Oxígeno disuelto

El análisis de las muestras de oxígeno se realizó a bordo mediante titulación Winkler (Carpenter, 1969). El método consiste en la fijación química del oxígeno disuelto presente en la muestra de agua con cloruro de manganeso y una sal yodada (NaI más NaOH). Luego las muestras fueron acidificadas, con ácido sulfúrico, y tituladas con una solución de tiosulfato mediante una bureta motorizada Metrohm modelo Dosimat 665. En cada estación, las concentraciones de oxígeno obtenidas mediante la metodología de Winkler fueron correlacionadas con las concentraciones de oxígeno obtenidas con el CTD.



b) Clorofila-a

Las profundidades en las que se colectó agua para este análisis fueron 5, 20, 50 y 100 m. Las muestras fueron almacenadas en botellas de plástico de alta densidad oscuras de 1 l y mantenidas a 4°C hasta su filtración a bordo. En laboratorio se filtraron 200 ml de agua en cada profundidad con filtros GF/F de 0,45 μm . En cada profundidad se obtuvieron tres filtros, los que fueron congelados (-20°C) hasta su análisis el Laboratorio de Biogeoquímica de Gases de efecto Invernadero de la PUCV. Un total de 252 profundidades fueron muestreadas en duplicado para la determinación de clorofila. El análisis de clorofila se realizó de acuerdo a la metodología de Holm-Hansen *et al* (1965) en un fluorómetro Turner 10A. En cada estación, las concentraciones de clorofila determinadas mediante fluorometría fueron correlacionadas con las concentraciones de fluorescencias obtenidas con el CTD-OF.

c) Nutrientes (sobre oferta)

Este análisis corresponde a sobre oferta presentada en la oferta técnica del oferente (ver **ANEXO 3**)

4.6.3 Determinar la relación entre los remolinos de mesoescala y la distribución espacial y batimétrica de la merluza común

Para determinar la relación entre los remolinos de mesoescala y la distribución espacial (horizontal y vertical) de la merluza común en el área y periodo de estudio, se utilizaron los campos superficiales de anomalías del nivel del mar y el campo corrientes geostroficas obtenidos mediante altimetría satelital, además de las secciones hidrográficas obtenidas durante el crucero. Los remolinos de mesoescala, se identificaron mediante altimetría satelital y se determinó la relación entre los remolinos y la distribución vertical y latitudinal de los cardúmenes de merluza común.

Para la detección de los remolinos de mesoescala, se identificaron sistemáticamente los remolinos utilizando el algoritmo de detección de remolinos *py_eddy_tracker* desarrollado por Mason *et al.*, 2014. El método se basa en la búsqueda de los remolinos de mesoescala en campos diarios bidimensionales (longitud, latitud) de anomalías del nivel de mar (ANM). Se obtuvieron los campos diarios de ANM con una resolución espacial de 25 km, a partir del producto combinado de los tres satélites con mayor continuidad temporal distribuidos por AVISO (<http://aviso.oceanobs.com>).

El algoritmo busca extremos locales de ANM (mínimo para los remolinos ciclónicos y máximo para los remolinos anticiclónicos). Una vez se detectan los extremos locales se busca el contorno cerrado más lejano del centro del remolino (máximo local o mínimo local) que contenga sólo dicho centro. Para ello, el campo de ANM es filtrado espacialmente utilizando un filtro Gaussiano pasa-alta con un radio zonal (meridional) mayor (menor) de 10° (5°). Posteriormente se calculan los contornos cerrados con intervalos de 0.5 cm para los niveles de ANM de -100 a 100 cm hacia arriba y hacia abajo respectivamente. Con el fin de establecer un control de calidad de los remolinos detectados se establecen los siguientes criterios para ser seleccionados como un remolino en la salida del método:



- Debe cumplir una prueba de error de $\leq 100\%$, donde el error está definido como la razón entre la suma del área de las desviaciones del contorno cerrado desde su círculo ajustado y el área de ese círculo.
- Debe contener un contador de píxeles I , que satisfaga $I_{min} \leq I \leq I_{max}$, donde, $I_{min} = 8$ y $I_{max} = 1000$.
- Debe contener sólo píxeles con valores de SLA sobre (bajo) el actual intervalo de SLA para los RA (RC).
- No debe contener más de un máximo (mínimo) local de SLA para un RA (RC).
- Debe tener una amplitud (A) que cumpla con $1 \leq A \leq 150 \text{ cm}$.
- El tiempo de vida mínimo de cada remolino debe ser mayor o igual a 20 días.

Dado que los principales remolinos identificados no coincidieron en tiempo y espacio con las estaciones de monitoreo, se seleccionaron dos estudios de casos a partir de una serie de remolinos más pequeños ubicados en las cercanías de la costa, durante el periodo de estudio. Para observar los efectos de los remolinos de mesoescala sobre la distribución y abundancia de los parches de merluza, se utilizó la información proveniente de las estaciones hidrográficas y acústicas colindantes con la presencia de los remolinos seleccionados. Los remolinos utilizados se ubican uno $\sim 31,5^\circ\text{S}$, coincidiendo con las transectas hidrográficas C04 y C05, y el otro en $\sim 36^\circ\text{S}$, coincidiendo con las transectas hidrográficas C14, C15 y C16.

4.6.4 Determinar una asociación entre la distribución espacial y batimétrica de la merluza común y las condiciones oceanográficas presentes en el área y período de estudio

Para determinar una asociación entre la distribución del recurso y las variables físicas ambientales, se seleccionaron las estaciones de ecosonda más cercanas a las estaciones que constituyeron las distintas transectas meridionales utilizadas para el análisis hidrográfico (L01, L02 y L03), de manera de tener información hidrográfica y acústica espacialmente coherente. Para este propósito, las variables ambientales seleccionadas fueron: temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto, mientras que las variables acústicas consistieron en la profundidad media sobre la cual se ubicaron los parches de cardúmenes capturados por el ecosonda y la densidad acústica asociada a estos. Con esta información se realizaron transectas verticales de las variables conjuntas, a lo largo de la costa. Por otro lado, y para conocer la relación existente entre la merluza común y el fondo, se realizó una correlación lineal, utilizando la profundidad media del cardumen, y se estimó el coeficiente de correlación lineal de Pearson (r^2) para cada una de las transectas.

4.6.5 Análisis histórico de los resultados de las relaciones entre el recurso y su hábitat físico



Con el propósito de conocer la variabilidad de las condiciones oceanográficas del área de estudio, y las características del hábitat de la merluza común frente a Chile, es que se realizó un análisis histórico, considerando el período invernal entre los años 1997 y 2019, en los que se han desarrollado cruceros de evaluación anual que incluyen observaciones hidrográficas que acompañan a la evaluación de la biomasa del recurso. Para esto, el mandante del presente proyecto, puso a disposición la base de datos hidrográfica y de densidad acústica histórica, las que fueron analizadas, con lo que se pudo conocer las condiciones del hábitat de merluza común, y su variación en el tiempo.

El análisis histórico se realizó en dos partes; análisis de los datos oceanográficos, y análisis de la relación recurso-ambiente. En ambos casos se realizó un análisis de funciones ortogonales empíricas (EOF; por su sigla en inglés) o análisis de componentes principales (PCA; por su sigla en inglés), que corresponde a un método multivariado en el dominio del tiempo-espacio mediante el cual es posible proporcionar una descripción compacta de la variabilidad espacio-temporal contenida en un determinado set de datos, a través de un número menor de variables independientes en el dominio del espacio y del tiempo, los que capturan la mayor parte de la varianza contenida en los datos originales. El conjunto de estructuras obtenidas en la dimensión espacial se conoce como EOF o “modos” de variabilidad, mientras que al conjunto complementario en la dimensión temporal es conocido como componentes principales (PCs; por su sigla en inglés). Las EOF más significativas y sus PCs asociadas pueden ser representativas de los procesos físicos estacionarios que dominan la variabilidad espacial de un sistema y su evolución temporal. Los resultados de este análisis se entregan como series de tiempo, espaciales y temporales, de las variables oceanográficas.

Para el análisis de los datos oceanográficos, se utilizó la base de datos histórica de los cruceros de invierno asociados al proyecto de evaluación directa de la merluza común del Instituto de Fomento Pesquero. Con esto se crearon matrices bidimensionales (tiempo x espacio) de la temperatura, salinidad, anomalía de la densidad potencial y concentración de oxígeno disuelto a 200 m de profundidad sobre el veril de los 500 m a lo largo de la costa. Adicionalmente, de la misma manera, se creó una matriz bidimensional asociada a la profundidad de la isopícnica de $26,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, ya que las máximas agregaciones de merluza común se distribuirían sobre esta superficie de densidad frente a la costa central y centro-sur de Chile, la que además está asociada al núcleo de las aguas ecuatoriales subsuperficiales.

Luego, mediante un análisis de EOF sobre las matrices bidimensionales de las anomalías respecto a su media temporal, se obtuvieron dos modos de variabilidad (los dos primeros) linealmente independientes, y de manera exploratoria, la variabilidad de muy baja frecuencia de ambos modos se relacionó con la asociada al índice de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), por medio de un análisis de correlación cruzada entre los componentes principales (PC1 y PC2) y este índice.

Para la relación histórica del recurso con el ambiente, utilizando la información histórica de los cruceros invernales durante el período 1993-2019, se estudiaron las componentes de variabilidad de baja frecuencia presentes en la profundidad media y densidad acústica de las agregaciones de merluza común dentro de la región de estudio.



Con el objetivo de dilucidar como el ambiente condicionó la variabilidad espacial y temporal de las agregaciones de merluza común, se estudió la variabilidad de baja frecuencia de la temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto, centrados en la profundidad media de las agregaciones del recurso.

Removiendo las tendencias espaciales y temporales de gran escala de la variabilidad espacio-temporal observada en las variables asociadas a la merluza común, se construyeron las matrices de anomalías para cada una de ellas. Posteriormente, estas anomalías fueron estandarizadas por sus desviaciones típicas. A cada una de estas matrices de anomalías estandarizadas, se le realizó una descomposición de su variabilidad espacio-temporal a través de un análisis de EOF, obteniendo diferentes modos de variabilidad linealmente independientes, capturando su variabilidad temporal por medio de las componentes principales, y su estructura espacial (meridional) respectiva a través de las EOF, permitiendo a su vez la reconstrucción de cada uno de estos modos, al combinar linealmente ambas estructuras. Una vez realizada esta descomposición, se efectuó una prueba de ortogonalidad (independencia lineal) para cada uno de estos modos usando la regla de North.

A través del análisis de correlación cruzada, se exploró el grado de asociación que la variabilidad temporal del primer y segundo modo (PC1 y PC2, respectivamente) posee con las distintas fases del ciclo ENOS y la PDO. Cuando correspondió, el signo de la PC1 fue invertido con el fin de oscilar de manera directa con las anomalías de los índices climáticos, mientras que, en el caso de la PC2, al poseer una estructura dipolar, lo anterior fue efectuado para que aquellas regiones que exhibieron máximas amplitudes mostraran dicha relación.

4.6.6 Análisis y distribución de zooplancton, huevos y larvas de merluza común

a) Muestreo

El muestreo cuantitativo del zooplancton se realizó con una red Bongo complementada con medidores de flujo TSK, previamente calibrados, para cuantificar el volumen de agua filtrado en cada lance. La red Bongo es de diseño cónico, posee una boca de 60 cm de diámetro (0,28 m² área de boca), una longitud total de 250 centímetros y está confeccionada con malla sintética monofilamento de 300 micras de abertura, presentando un área efectiva de filtración de 2,788 m² y una relación área filtrante/área de la boca (R) de 4,6.

El muestreo cuantitativo del zooplancton se realizó a través de pescas oblicuas desde profundidades desde 10 m sobre el fondo hasta la superficie, con una profundidad máxima de 210 m. La red fue calada a velocidad de 0,4 m/s e izada a 0,6 m/s con una velocidad del buque de 1,6 nudos, lo que permite disminuir el deterioro de los especímenes muestrados en velocidades altas como la evasión en velocidades bajas. El cable operó en un ángulo de $45^\circ \pm 5^\circ$ con respecto a la vertical, controlado a través de las lecturas del inclinómetro, registrándose éstas cada 10 m de cable izado, obteniendo de esta manera la profundidad real de muestreo (Smith y Richardson, 1979).



Para la determinación de la distribución vertical de huevos y larvas de merluza común, en cada una de las transectas del muestreo bio-oceanográfico y en la línea de estaciones más próxima al veril de los 200 m se realizó un muestreo cuantitativo estratificado con una red modelo WP-2 de 300 μm de abertura de malla provista de un sistema de cierre por estrangulación el cual se activa mediante el envío de un mensajero. Este muestreo contempló 17 estaciones en las que se efectuaron pescas entre los rangos batimétricos de: 0 – 75 y 75 – 150 metros de profundidad, totalizando 32 muestras.

Las muestras colectadas con ambas redes, se fijaron inmediatamente después de extraídas de los copos colectores con una solución de formalina al 5% neutralizada con disodio tetraborato y almacenadas en frascos plásticos rotulados con los datos de la estación.

b) Procesamiento

El procesamiento de las muestras en el laboratorio contempló cuatro etapas, utilizándose en ellas microscopios estereoscópicos marca Nikon, Zeiss y Olympus con aumento de 8 a 40 veces:

- a.- Extracción de cada una de las muestras, la totalidad de estadíos tempranos de peces;
- b.- Identificación taxonómica de huevos y larvas de merluza común;
- c.- Cuantificación de huevos y larvas de merluza común.
- d.- Cuantificación y agrupación del resto de las especies bajo la denominación de “otras especies”.

La determinación taxonómica de la especie objetivo se realizó mediante la ayuda de descripciones de desarrollo embrionario publicadas por diversos investigadores, utilizando de preferencia las de: Bigelow y Schroeder (1953); Fischer (1958); Sauskan y Serebriakov (1968); Moser *et al.* (1984), Boltovskoy (1981); Fahay (1983); Pequeño (1984), Zama y Cárdenas (1984), Matarese *et al.* (1989), Neira (1994); Pool *et al.* (1996), Bernal *et al.* (1997), Vargas y Castro (2001) y Balbontín *et al.* (2004).

c) Estimación de la densidad local de huevos y larvas

El número de huevos y larvas obtenidos en los diferentes lances de pesca “*i*”, se estandarizó en términos de número de huevos y larvas presentes en una unidad de área estándar de 10 m^2 mediante la expresión:

$$\hat{C}_i = 10 * \frac{S_i * \cos(\Theta)}{v_i * A_R * t_i} * c_i$$

Donde:

- \hat{C}_i = densidad local de huevos o larvas ($\text{N}^\circ/10 \text{ m}^2$).
 S_i = longitud de cable arriado (m).
 v_i = velocidad promedio de virado de la red (m/s).
 A_R = área de la boca de la red (m^2).
 t_i = duración del arrastre (s)
 c_i = número de huevos o larvas en la muestra.



- ⊖ = ángulo promedio entre la vertical y el cable de cala. En un lance oblicuo es medido a intervalos de 10 metros durante el virado de la red y al inicio del virado de la red en los lances verticales.

d) Estimación de índices de abundancia de huevos y larvas

Como indicadores de la magnitud, intensidad y extensión del desove de la merluza común se estimaron los índices de abundancia de huevos (Lh) y larvas (Ll) utilizando la metodología propuesta por Smith y Richardson (1979) mediante las siguientes expresiones:

$$L = a \cdot \bar{c}$$

$$Var(L) = a^2 \cdot Var(\bar{c})$$

$$Var(\bar{c}) = \left(\frac{1}{n-1} \right) \sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2$$

Siendo: L el índice de abundancia de huevos o larvas, según corresponda, a el factor de área, \bar{c} el número promedio de huevos o larvas por estación, n el número total de estaciones y c_i el número de huevos ó larvas en la estación i .

Para la confección de mapas de distribución, abundancia y asignación de categorías de densidad para huevos y larvas de merluza común se utilizó la escala métrica de Frontier (1980), que permite determinar clases de abundancia con valores equidistantes.

e) Centros de gravedad (CG) de huevos y larvas de merluza común

Se consideraron los archivos de la base de datos correspondientes a los cruceros de invierno realizados entre los años 1993-2018 y estimados como:

$$CG_n = \frac{\sum_{i=1}^m (Lat(Long_{in}) * Den_{in})}{\sum_{i=1}^m (Den_{in})}$$

Donde:

- CG_n = Centro de gravedad del n-ésimo crucero.
 $Lat (Long)_{in}$ = Latitud (Longitud) de la i-ésima estación.
 Den_{in} = Densidad de huevos y larvas de la i-ésima estación.

f) Estimación de la abundancia y distribución del zooplancton en la zona de estudio



Se emplearon microscopios estereoscópicos marca Nikon y Zeiss con aumentos de 8 a 50 veces. El conteo de los organismos poco abundantes se realizó sobre la muestra total, mientras que para la cuantificación de muestras con concentración muy elevada se subdividieron utilizándose para este efecto el submuestreador Folsom (Smith y Richardson, 1979; Boltovskoy, 1981 y Griffiths *et al.*, 1984). La fracción de la muestra subdividida sobre la que se realiza el recuento y clasificación de los organismos fue extrapolada al total de la muestra.

La abundancia relativa del zooplancton cuantificado fue estandarizada a número de individuos presentes en 1.000 m³ de agua de mar filtrada y su representación gráfica se realizó según la escala métrica de Frontier (1980).

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), Arcos (1975), Boltovskoy (1981) y Palma y 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.
- Densidad, número de individuos bajo una unidad de volumen (/1.000 m³).
- Min (mínimo), Max (máximo), menor y mayor número de individuos de un grupo encontrado en una estación.

La constancia y dominancia de los grupos se clasificó de acuerdo a la escala propuesta por Bodenheimer (1955) que considera, según su constancia y dominancia, las categorías de accidental (0-25%; 0-2,5%), accesorio (21,1-50%; 2,6-5%) y constante/dominante (50,1-100%; 5,1-100%), donde el primer rango corresponde a la constancia y el segundo a la dominancia.

g) Biomasa zooplanctónica total

La determinación del volumen del zooplancton se realizó con posterioridad a la extracción de los estadios tempranos de peces para evitar posibles daños a los huevos y larvas que pudieran dificultar su identificación y/o clasificación. Para la medición de los biovolúmenes se utilizó el método de desplazamiento de volumen húmedo (Postel *et al.*, 2000) y los resultados se expresaron en ml de



plancton húmedo por 1000 m³. El volumen se determinó dos veces para cada muestra y el resultado es el promedio de ambas mediciones. Se excluyeron de la medición los organismos cuyo volumen individual excediera 5 ml. La abundancia relativa de la biomasa zooplanctónica se estimó como:

$$Y=1.000*(Z_0/V_F)$$

Donde: Y, Z₀ y V_F son los mililitros de zooplancton por 1.000 m³, los mililitros de zooplancton en la muestra y el volumen de agua filtrada por la red (m³), respectivamente.

h) Estructuras comunitarias del zooplancton

En el análisis de la estructura comunitaria del zooplacton se consideraron la descripción de la comunidad zooplanctónica en función de los índices ecológicos (índices comunitarios) y otro mediante el análisis de partículas zooplanctónicas (White *et al.*, 2007).

- **Índices comunitarios**

Se estimaron los índices de: riqueza específica de Margalef (R1), diversidad de Shannon-Weaver (H') y uniformidad de Pielou (E1) (Ludwig y Reynolds, 1988).

El índice de Margalef (R1) mide la riqueza de especies de manera independiente del tamaño de la muestra, por lo que resulta apropiado para establecer comparaciones entre estas. Toma el valor 0 cuando el número de especies en la muestra es 1 y su valor es máximo mientras mayor sea el número de especies en la muestra.

$$R 1 = \frac{S - 1}{L n (n)}$$

S representa el número total de especies presentes en la muestra y n el número total de individuos de todas las especies presentes en la muestra.

El Índice de Shannon-Weaver (H') refleja la diversidad de una comunidad sobre la base de dos factores que son el número de especies presentes y su abundancia relativa. Su valor es cero cuando el número de especies en la muestra es 1 y es máximo cuando todas las especies están representadas con el mismo número de individuos (distribución uniforme). El índice se aplicó sobre una matriz constituida por 27 grupos zooplanctónicos, por lo que su valor máximo teórico es de 3,33 nits/ind.

$$H ' = - \sum_{i=1}^{S^*} (p_i \cdot L n (p_i))$$

Siendo *p_i* la abundancia proporcional y S* las especies presentes en la muestra.



El índice de Pielou (E1) permite estimar el grado de uniformidad o similitud presente en una comunidad biológica o en un hábitat; tiende a 0 cuando existe una máxima dominancia de una especie o grupo, y a 1 cuando todas las especies en una muestra son igualmente abundantes.

$$E1 = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Donde:

- H' = índice de Shannon- Weaver
- S = número total de especies presentes en la muestra

- **Partículas del mesozooplankton**

Los grupos mayores fueron contados, medidos y separados por rangos de tamaño desde 0,25 a 19,85 mm de diámetro circular equivalente (DCE) mediante el paquete informático Zoolmage (www.sciviews.org/zoolmage).

Para el desarrollo de esta actividad, una alícuota de la muestra original fue teñida con Rosa de Bengala al 1%, luego enjuagada con alcohol etílico al 70% y escaneada a una resolución de 800 dpi. Posteriormente, se graficó la distribución espacial de los valores de abundancia de las partículas zooplánctónicas por rangos de tamaños, a fin de facilitar la observación de las variaciones latitudinales en su distribución.

- **Pendiente m**

Este valor se obtuvo a partir de la ecuación de regresión lineal de los valores de densidad (ind/m) (eje Y) con transformación logarítmica (\log^2) a la clase de talla (197 clases). Este parámetro, como descriptor del tamaño individual en una comunidad, ha sido ampliamente usado en ecología acuática (Sheldon *et al.*, 1972, McClain, 2004) y en cierto modo ilustra el modo en que se distribuyen los recursos por tamaño corporal (White *et al.*, 2007).

4.7 **Objetivo específico 6.** *Caracterizar y analizar las agregaciones de merluza común en el área y período de estudio*

En la caracterización de las agregaciones se utilizaron descriptores que fueron estimados a partir de observaciones acústicas verticales realizadas mediante el sistema de ecointegración (Scalabrin, 1997). La agregación se definió como un conjunto de muestras acústicas que poseían una continuidad vertical y horizontal, y excedían un umbral predeterminado de energía y tamaño. El algoritmo de análisis debe encontrar muestras contiguas a lo largo del mismo pulso (continuidad vertical) y muestras contiguas desde el pulso anterior (continuidad horizontal). La resolución horizontal correspondió a la distancia cubierta entre pulsos sucesivos y la vertical sobre el mismo pulso, a la distancia relativa correspondiente a la semilongitud del pulso. Los descriptores utilizados pueden ser clasificados en tres tipos: los morfológicos, que permiten medir el tamaño y forma de las agregaciones; los



batimétricos, que definen su posición en la columna de agua y; los de energía que reflejan el nivel de agregación de los peces (Scalabrin y Massé, 1993).

Dentro de los descriptores morfológicos se consideraron el área transversal, altura, extensión, elongación y perímetro, mientras que la distancia al fondo, profundidad e índice de profundidad como descriptores batimétricos (**Fig. 7**). El área de una agregación se obtuvo asociando un rectángulo a cada muestra Se 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 desde el pulso precedente y la distancia vertical cubierta desde la muestra anterior e por lo tanto:

$$Se = d_j * e$$

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

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

A partir de las estimaciones básicas, se derivan otros descriptores que permiten definir otras características de la agregación, como la dimensión fractal (DFrt), empleado para caracterizar la irregularidad del contorno de la agregación; éste corresponde a la relación entre la superficie de un cuadrado con un perímetro equivalente al de la agregación y la superficie de la agregación, donde un valor 1 representa un contorno suave y un valor 2 un contorno desigual o complejo, lo que se asociaría al grado de cohesión entre los peces que constituyen la agregación, especialmente en la frontera o borde de la agregación (Scalabrin, 1997).

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

La elongación (Elon) es un descriptor utilizado para caracterizar la forma general de la agregación y es definido básicamente como la relación entre el largo y el alto, donde valores elevados se asocian agregaciones de forma elíptica, mientras que valores menores a agregaciones de tipo circular.

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

El Índice de altura (Arel) es utilizado para medir la posición relativa del centro de la agregación en la columna de agua y se expresa en forma porcentual como:

$$Arel = 100 * \frac{\left(Altura\ minima + \frac{Altura}{2}\right)}{Profundidad\ del\ fondo}$$



Como una forma de describir la estructura interna de las agregaciones, se estimó un descriptor (EIA) que relaciona el coeficiente de dispersión por área náutica (s_A) de cada agregación con su área transversal (Area) multiplicada por 100.

$$EIA = 100 * \frac{s_A (m^2 / mn^2)}{Area (m^2)}$$

El análisis de los datos se efectuó mediante el análisis de componentes principales (Johnson, 2000), técnica multivariante que permite generar nuevas variables denominadas componentes principales, que puedan expresar la información contenida en el conjunto original de datos, además de reducir su dimensionalidad.



5. RESULTADOS

5.1 **Objetivo específico 1.** *Estimar el tamaño del stock de merluza común y su distribución espacial en el área y período de estudio.*

La **tabla 7** contiene los resultados de la calibración del sistema de eointegración y los controles utilizados durante el procedimiento calibración y crucero de evaluación.

5.1.1 **Biomasa y abundancia de merluza común**

En la **tabla 8** se presentan los resultados de las estimaciones de biomasa e intervalos de confianza obtenidos mediante los dos métodos utilizados (geoestadístico y *bootstrap*). La biomasa estimada por el método geoestadístico fue 356.833 toneladas ($LC_{1-\alpha=0,95}$ (95%): 328.489 y 385.277; CV = 4,1%), mientras que por el estimador *bootstrap* este valor fue de 351.906 toneladas ($LC_{1-\alpha=0,95}$ (95%): 326.457 y 377.350; CV = 3,7%).

La abundancia total estimada por el método geoestadístico fue 920.892.531 individuos, de estos, 382.011.155 fueron machos y 538.881.375 fueron hembras, mientras que por el estimador *bootstrap* fue de 905.216.820, de los cuales, 375.508.446 correspondieron a machos y 529.708.374 a hembras (**Tabla 9**). Para ambos estimadores los machos representaron el 41,5% y las hembras el 58,5%. Al desagregar las estimaciones de biomasa y abundancia (ambos estimadores), según las subzonas en que se divide el área de estudio, la mayor fracción de ésta se concentra entre los paralelos 31°25' S y 38°39' S (subzonas 2 y 3). Esta área de concentración del recurso, históricamente ha reportado la mayor parte del stock evaluado y que en esta oportunidad, reportó casi el 90% de la biomasa y aproximadamente el 88% de la abundancia total de individuos (**Tabla 9**).

La serie de estimaciones de biomasa, abundancia y peso medio de merluza común (**Tabla 10**), da cuenta de la drástica disminución del peso medio de la merluza común desde la evaluación realizada el año 2004 hasta el 2016 con valores que oscilaron entre 200 y 300 g, aproximadamente. Durante la evaluación efectuada el año 2017, se comienza a observar una leve tendencia al alza de este parámetro, lo que redundará en igual tendencia de la biomasa.

5.1.2 **Distribución espacial y batimétrica del stock de merluza común**

La modelación geoestadística por subzona (**Tabla 11** y **Fig. 8**), da cuenta de que las agregaciones de merluza común estuvieron distribuidas de manera homogénea y continua sobre la plataforma continental, particularmente, en las subzonas 2 y 3 (31°25' S a 38°39' S). Los semivariogramas estructurados para cada subzona muestran que la variabilidad explicada por el modelo, o índice de dependencia espacial de las agregaciones estuvo entre un 41,1% y 50%. El rango de las agregaciones de merluza común varió entre una extensión mínima de 1,2 mn y máximas de 3 y 3,6 mn (subzonas 2 y 3), lo que refleja la extensión de éstas sobre la unidad básica de muestreo, en todo ángulo direccional en que fueron evaluados los semivariogramas (omnidireccionales).



La **figura 9** muestra la distribución espacial del stock de merluza común. Esta se distribuyó sobre un área de 8.809 mn², lo que representó un 73% de las 12.114 mn² que cubrió el estudio. Las densidades más altas se ubicaron entre Valparaíso y Talcahuano, y un foco secundario de alta densidad frente a Puerto Saavedra (**Fig 9a**) y en profundidades mayores a 150 m. El centro de gravedad de la distribución se localizó en 35°27,8' S, cercano a Constitución, manteniéndose dentro de los límites históricos del último decenio (**Fig 9b**).

Tomando en consideración los lances de pesca de identificación, como otro indicador de la distribución espacial del stock de merluza común, estos muestran que la merluza común estuvo presente en casi toda el área de evaluación, con presencia en 105 de los 108 lances realizados (**Fig. 10a**). Los rendimientos locales estuvieron dominados por capturas inferiores a 1.500 kg por media hora de arrastre, los que aportaron alrededor de 70% de los casos. Los mayores rendimientos (>1.500 kg/1/2h) se localizaron, principalmente, en el sector central de área de estudio (Valparaíso a Talcahuano) y entre 100 m a 350 m sobre la plataforma. Por otro lado, este indicador permite observar que la merluza común muestra un desplazamiento en su distribución batimétrica, ocupando una mayor área de la plataforma continental en el sector centro-norte (29°10'S-38°S) y que se estrecha al sur de la latitud 38°S (**Fig. 10b**), siguiendo el límite inferior de la masa de agua ecuatorial subsuperficial, que en este sector se localiza entre 150 y 250 m de profundidad. La información de captura, obtenida de los lances de pesca de identificación, da cuenta de que la merluza común aportó el 82,3% de la captura total obtenida durante el estudio, mientras que la jibia y otras especies (fauna acompañante) aportaron el 0,3% y 17,5%, respectivamente.

5.2 **Objetivo específico 2.** *Caracterizar la composición demográfica del stock evaluado mediante indicadores biológicos analizados en un contexto espacial.*

5.2.1 **Muestreos**

Las muestras biológicas de merluza común (**Tabla 12**) fueron obtenidas a partir de los lances de identificación donde hubo presencia de ésta. En cada lance de pesca se realizaron los siguientes muestreos:

- **Longitud:** Obtención de la composición por talla y sexo. Durante el crucero se midieron 10.263 ejemplares correspondientes a: 4.295 machos; 5.576 hembras y 392 ejemplares indeterminados sexualmente.
- **Biológico-específico:** Se registró sexo, longitud y peso de 3.296 ejemplares.
- **Extracción de otolitos y ovarios:** Se extrajeron 3.130 pares de otolitos y 450 ovarios.



5.2.2 Proporción sexual

La proporción de sexos para la zona total de estudio fue: 56,5% de hembras y 43,5% de machos. Espacialmente, la proporción de hembras fue 54,5%; 49,6%; 64,1% y 58,2% para las subzonas 1 a 4, respectivamente. La proporción sexual por rango batimétrico, da cuenta de que las hembras predominaron en profundidades mayores de 200 m, con aportes superiores al 60%, mientras que en los niveles más someros (< 200 m) hubo mayor proporción de machos, con excepción de la subzona 44 (**Fig. 11a**).

5.2.3 Relación longitud - peso

La **tabla 13** y **figura 11b** muestran la relación entre las variables peso total (g) y longitud total (cm), ambas variables se ajustaron en base a un modelo potencial total de regresión. La relación entre estos indicadores biológicos es la misma para toda el área de estudio, ya que es una condición de crecimiento de las especies y que es independiente de agrupaciones zonales o tamaño de los peces en distintas zonas geográficas. El modelo da cuenta de una dependencia significativa entre las dos variables con un buen grado de ajuste, lo que se refleja en el valor del coeficiente de determinación ($R^2 = 0,989984$).

5.2.4 Frecuencias de longitud de merluza común

El stock evaluado estuvo estructurado por ejemplares con una longitud total varió entre 10 y 77 cm y una longitud promedio de 36 cm. La distribución total de longitudes estuvo compuesta por dos grupos modales principales localizados en torno a 30 y 36 cm (**Fig. 12**). Individuos con longitud total menor a 20 cm estuvieron representados en baja proporción. Machos y hembras presentaron distribuciones de longitud polimodales, en machos, el grupo modal predominante se localizó en 35 cm, mientras que en las hembras este grupo estuvo en torno a 36 cm (**Fig. 12**). En ambos sexos la participación de individuos menores de 20 cm fue marginal.

Latitudinalmente se observan distribuciones de longitud polimodales (**Fig. 13**), cuya principal característica fue la presencia de al menos un grupo modal en el rango 35 a 40 cm. Entre los 29°10' S y 38°30' S (subzonas 1 a 3) es posible observar un gradiente positivo de la longitud de los individuos con grupos modales localizados en torno a 33, 34 y 36 cm, subzonas 1 a 3, respectivamente, y baja participación individuos menores de 20 cm. Al sur del paralelo 38°30' S (subzona 4) se fortalece la estructura de longitudes con presencia importante de individuos entre 20 a 30 cm, grupo que está representado en menor proporción en las subzonas 1 a 3, sin embargo, se mantiene la tendencia de las subzonas precedentes con participación marginal de individuos menores a 20 cm en los lances de identificación. La información desagregada por sexos, muestra que los machos presentan distribuciones de longitud relativamente homogéneas en el sentido latitudinal. Mientras que en las hembras se observa una progresión positiva hacia individuos de mayor tamaño en las subzonas 1 a 3, mientras que en la subzona 4 se observa una tendencia hacia individuos de menor tamaño (**Fig 13**).



La distribución batimétrica de las longitudes totales, muestra el patrón característico de distribución, es decir, individuos de menor tamaño están localizados en los estratos más someros (< 200 m), mientras que los de mayor tamaño en los estratos más profundos (> 200 m). En profundidades menores de 200 m la mayor proporción de individuos se localizó en el rango de 25 a 35 cm, y participación de individuos menores de 20 cm de longitud total, mientras que, en los veriles > 200 m la mayor proporción de longitudes se localiza en el rango 35 a 40 cm y ausencia de individuos menores de 20 cm (**Figs. 13 y 14**). Al separar la información de longitud de los individuos por sexo (y subzonas) se observa la misma tendencia, es decir, los individuos de menor tamaño se localizan en los veriles más someros (< 200 m), mientras que los de mayor tamaño a mayor profundidad (**Figs. 13 y 14**).

La talla media, estimada para cada lance de pesca de identificación con presencia de merluza común, estuvo conformada, principalmente, por individuos con longitudes localizadas en el rango 20 cm a mayores de 37 cm de longitud total. Espacialmente, estos grupos estuvieron presentes en toda en toda el área prospectada, así como también, en un amplio rango batimétrico (**Fig. 15**). Individuos con longitud promedio inferior a 37 cm estuvieron acotados a los veriles más someros (< 200 m), mientras que los individuos con longitudes medias superiores a 37 cm, estuvieron presentes en los veriles más profundos (> 200 m) (**Fig. 15**).

5.2.5 Estructuras de tallas de la merluza común

El procedimiento estadístico para comparar las estructuras de longitud, fue a partir del uso de distribuciones multinomiales que tienen como base el modelo lineal generalizado (GLM), descrito en el punto 4.3.2.

- **Por subzona y profundidad, crucero 2019**

El análisis de las estructuras de talla por subzona y veril de profundidad, da cuenta de que existen diferencias significativas ($p\text{-value} < 0,0001$) por subzona y veril de profundidad. Las diferencias están sustentadas por la mayor participación de ejemplares de mayor tamaño en profundidades mayores a 200 m, particularmente en las subzonas 2 y 3. La información por sexos, muestra la existencia de diferencias significativas, al comparar las estructuras de talla entre veriles y subzonas, diferencias que también están dadas por la alta proporción de ejemplares de mayor tamaño en profundidades superiores a 200 m, mostrando además, estructuras polimodales en casi todas las subzonas (**Figs. 12, 13 y 14**).

- **Por subzona, año y sexo (serie histórica)**

En las **figuras 16 y 17** se presenta la evolución de las estructuras de longitud históricas de merluza común, obtenidas durante las evaluaciones directas realizadas en los períodos de invierno. De estas, se desprende el grave deterioro que experimentó el stock de merluza común entre los años 2002 y 2004 y que se ha mantenido con poca variación hasta el presente. Sólo a partir de la evaluación realizada el año 2016 se ha venido observando una tendencia al alza en el tamaño de los individuos.



El ajuste del modelo para las distribuciones de longitud, considerando los factores subzona y estructuras de longitud anteriores a 2004 y entre los años 2004 a 2019, muestra la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($p\text{-value} < 0,0001$) entre en el grupo de longitudes anterior a 2004 y posteriores, diferencias que también están presentes al comparar estos grupos por subzona de evaluación. Separando la información histórica por sexos, subzonas y grupos de años (anteriores a 2004 y 2004 a 2019), los resultados muestran la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($p\text{-value} < 0,0001$) en las estructuras de longitud. La presencia de estas diferencias, se sustentan en la presencia de individuos de menor tamaño, y la escasa presencia de individuos adultos (> 40 cm) a partir del año 2004.

5.2.6 Estructura demográfica del stock

Se analizó una muestra de 678 pares de otolitos para construir las claves edad-talla (CET) del presente estudio. Las claves para machos fueron construidas con 327 ejemplares, con longitud total entre 10 hasta 45 cm, mientras que en las hembras se analizaron 351 ejemplares en un rango de talla entre 12 hasta 77 cm (**Tablas 14 y 15**).

El stock evaluado de merluza común estuvo compuesto por individuos de los GE 0 a 14+, en distintas proporciones. Para la zona de estudio, los GE mayormente representados fueron los GE I a VI los que en conjunto aportaron alrededor del 92% de la estructura demográfica del stock de merluza común. Individualmente los GE II, III y IV fueron los de mayor importancia con aportes de 22,4%; 33,2% y 16,7%, respectivamente. La estructura etaria de los machos estuvo sustentada por los GE I a IV, los que aportaron el 97,6% de su estructura demográfica. En las hembras, la estructura demográfica estuvo representada, principalmente, por los GE I a VI, los que contribuyeron con el 86,3% de los casos (**Tabla 16, Fig. 18**).

En las **tablas 17 a 24** se detalla la composición por edades del stock de merluza diferenciado por sexo y zonas de estudio. Considerando la importancia de la talla media de madurez sexual (individuos menores al intervalo de referencia 36-37 cm), la abundancia de hembras bajo este intervalo alcanzó a aproximadamente los 239 millones de individuos lo que representó el 44,3% de la abundancia total de hembras, mientras que, en los machos el número de individuos bajo el intervalo alcanzó casi los 323 millones de individuos, lo que equivale a 84,5% de la abundancia total de estos. Considerando la información conjunta, ambos sexos, la mayor abundancia de merluza común se localizó en las subzonas 2 y 3, zonas que concentran alrededor del 88% de los ejemplares. De igual manera, al separar la información por sexos, ambas subzonas son las agrupan la mayor cantidad de individuos, más del 80% en ambos casos (**Fig. 19**).



5.3 **Objetivo específico 3.** *Caracterizar la actividad reproductiva del stock evaluado de merluza común partir de los datos obtenidos en los lances de investigación.*

El cálculo de los indicadores reproductivos se sustentó en 1.789 hembras, las que fueron recolectadas en 105 lances de identificación. Del total de hembras colectadas durante la evaluación, se seleccionaron 537 ovarios para su análisis histológico, de manera de confirmar las apreciaciones macroscópicas obtenidas desde los muestreos biológicos a bordo. Los tamaños de las hembras seleccionadas se situaron entre 12 y 79 cm de longitud total (LT).

5.3.1 **Índice gonadosomático (IGS)**

El indicador para todas las hembras señaló 2,8% (sd = 3,0; n= 1.789), mientras que, al segregar los tamaños mayores a 34 cm, los que se consideran sexualmente maduros, el IGS incrementó a 3,9% (sd = 3,3; n= 1.092), con valores individuales extremos 0,1% y 29,3%, hecho que se fundamentó en la alta presencia de juveniles en la muestra (**Tabla 25**). La dispersión del IGS se explica por la coexistencia tanto de ejemplares inactivos como en actividad de maduración, próximos a desovar y en desove.

Por grupos de tamaños de las hembras, el indicador mostró una tendencia creciente, con un cambio significativo en las medianas ($p < 0,05$) a partir del grupo 35 – 39 cm, cuyos valores medios en los estratos mayormente representados (≤ 49 cm) fluctuaron entre 0,9% y 4,1% (**Tabla 26** y **Fig 20**). Al separar las hembras por grupos de tamaños y subzonas, el indicador mostró en todas las subzonas una menor actividad ovárica en hembras menores a 30 cm, para aumentar conforme se incrementó el tamaño de éstas. Los ejemplares de la zona 2 presentaron un mayor incremento respecto a las otras zonas, con variación significativa ($p < 0,05$) a partir del grupo 30-34 cm, mientras que, en las otras zonas, el indicador evidenció una mayor variación en hembras a partir del grupo 35-39 cm (**Tabla 26** y **Fig. 21**).

Al estimar el IGS en hembras mayores a 34 cm por zonas del área, los valores del índice fluctuaron de 3,1% en la zona 3 a 4,8% en la zona 2 (**Tabla 25** y **Fig. 22**). El análisis de varianza teniendo como factor las zonas indicó diferencias significativas entre las distribuciones de los índices (KW= 68,9 ($p < 0,0001$)), donde el test Dunn reveló que la zona 2 varió con las otras zonas ($P < 0,05$).

En el factor espacial, por grado de latitud y distribución batimétrica por estratos cada 50 m, los valores medios de IGS en hembras ≥ 35 cm reflejaron actividad reproductiva en toda el área de prospección (**Fig. 23**).



5.3.2 Estadios de madurez sexual (EMS)

a) Análisis macroscópico

En este análisis destacaron dos fases macroscópicas, los ovarios inmaduros (EMS II) con 39,5% y el predominio de ovarios en maduración (EMS III) con 56,1%, mientras que, las restantes fases de: desove parcial (EMS IIIA), desovante (EMS IV), regresión (EMS V) y virginal (EMS I) presentaron muy baja incidencia con 1,7%, 0,6%, 0,5% y 1,7%, respectivamente (**Tabla 27** y **Fig.24**). El coeficiente de variación de la proporción de las fases más representadas no alcanzó 3% (EMS II: 2,4%; III: 1,7%); en tanto, el CV excede 16% en el resto de las fases que constituyeron menor incidencia en la captura (EMS I: 16,6%; IIIA: 17,8%; IV: 26,7%; V: 33,2%). Al agrupar las fases, 58% de las hembras de merluza común se encontraron sexualmente activas (EMS III + IIIA + IV), principalmente en fase de maduración (EMS III), y bajo aporte de desove con 2% (EMS IIIA + IV).

b) Análisis microscópico

La condición gonadal a nivel histológico mostró variabilidad de fases de madurez, con mayor incidencia de ovarios en desarrollo tardío (EMS IV) con 37%, seguido de ovarios en desarrollo inicial (EMS III: 32%) y de ejemplares virginales (EMS I: 18%), mientras que, las fases de: inmaduro (EMS II), próximo a la hidratación (EMS V), en desove activo (EMS VI a VIII) y de regresión (EMS IX) presentaron un bajo aporte con 6%, 0,4%, 3% y 4%, respectivamente (**Fig. 25**). Los CV fueron inferiores a 10% para las proporciones de las fases predominantes en la captura (EMS I: 9%; II: 18%; III: 6%; IV: 5%; V: 71%; VI: 33%; VIII: 30%; IX: 22%). Al agrupar las fases histológicas, 73% de las hembras analizadas se encontraron con actividad reproductiva (EMS III a VIII), de las cuales, 3% presentó evidencia de desove (EMS VI a VIII), lo que fue similar a la baja ocurrencia de desove observada en el crucero de 2018 (2%).

Entre las zonas, el análisis histológico mostró algunas diferencias en la estructura de las fases de madurez (**Fig. 25**). En las zonas 1 y 2, las hembras se caracterizaron por una condición similar, con mayor aporte de gónadas en desarrollo tardío (EMS IV), seguido de la fase de desarrollo inicial (EMS III), mientras que, en las zonas 3 y 4, predominaron las hembras en desarrollo inicial (EMS III), seguido de la maduración tardía (EMS IV), de lo que se vislumbró un desfase en la maduración entre las zonas. Otro aspecto fue la incidencia de ejemplares virginales (EMS I), los que presentaron un gradiente latitudinal con un incremento marcado hacia el sector sur del área, con un aporte de 6% en la zona 1 y alcanzando 40% en la zona 4. Al agrupar las fases, la incidencia de hembras sexualmente activas por zonas representó: 86%, 76%, 73% y 59%, respectivamente, con baja actividad de desove. De los resultados de la prueba de igualdad de distribuciones aplicada a los datos de EMS se concluye que las diferencias observadas en la estructura de las fases de madurez entre zonas fueron estadísticamente significativas ($X^2_{\text{calculado}} = 101,5$; $X^2_{\text{crítico}} = 36,42$ ($P < 0,05$)), donde la zona 4 fue la que más contribuyó con las diferencias observadas ($X^2_{\text{zona 1}} = 14,2$; $X^2_{\text{zona 2}} = 18,2$; $X^2_{\text{zona 3}} = 15,5$; $X^2_{\text{zona 4}} = 53,5$), concordante con la mayor incidencia de juveniles, al igual que recientes años.



El análisis histórico de correspondencia entre los valores medios de IGS de la fracción adulta (≥ 35 cm) y la incidencia de hembras sexualmente activas (EMS III a VIII) de la serie de cruceros de evaluación entre 2004 y 2019 (**Fig. 26**), permite evidenciar que el IGS de este año reflejó actividad reproductiva y se ubicó en el rango de registros calculados para los cruceros que abarcaron julio - agosto, no obstante, en el límite inferior de la serie, el cual se asoció a 73% de hembras sexualmente activas (EMS III a VIII) mediante el análisis histológico. En este año, similar al 2018, el IGS mostró una caída que podría explicarse por el aporte importante de hembras en desarrollo inicial (EMS III), además del desarrollo tardío (EMS IV), las que presentan un menor peso de ovario.

De acuerdo al análisis histológico de la fracción parental, el predominio de hembras sexualmente activas, conjuntamente con la baja frecuencia de ovarios en regresión (EMS IX: término del desove), permiten indicar que la merluza común se encontró mayoritariamente en desarrollo del proceso reproductivo, principalmente en fases de maduración inicial y avanzada, y con baja actividad de desove.

El análisis por grupos de tallas de las hembras (**Fig. 27**), mostró en tamaños menores a 30 cm un mayor aporte de ejemplares virginales (EMS I) con 78%, conjuntamente con una menor fracción de ovarios en desarrollo inicial (EMS III: 15%) y tardío (EMS IV: 7%), mientras que, en el siguiente grupo (30 – 34 cm) se presentó una transición entre ovarios virginales (EMS I: 57%) y el incremento de la actividad ovárica, principalmente con 31% en fase inicial (EMS III) y 12% en fase tardía (EMS IV). En tamaños mayores, a partir del grupo 35 – 39 cm, la condición dominante correspondió a hembras con actividad gonadal, mayormente en fase tardía (EMS IV) y seguido de la fase inicial (EMS III). En todos los grupos el aporte al desove fue bajo (EMS VI a VIII). Al agrupar las fases (EMS III al VIII), la actividad ovárica incrementó en relación a los grupos de tamaños, de 22% en menores a 30 cm a 44% en el grupo 30 – 34 cm, y sobre 80% en los grupos mayores. Estos resultados muestran la fracción de tamaños de las hembras participantes del evento reproductivo, a sí mismo, de los tamaños de transición a la madurez sexual.

El análisis por zonas y por grupos de talla de las hembras (**Fig. 28**), mostró algunas diferencias en la proporción de las fases gonadales. En las hembras menores a 30 cm predominaron marcadamente las gónadas virginales, mientras que, en el siguiente grupo 30 – 34 cm se observó una transición a la actividad ovárica en todas las zonas, pero con mayor aporte de hembras activas en la zona 1 (83%). En los grupos mayores, a partir de 35 – 39 cm, sobresalieron notoriamente los ejemplares con actividad reproductiva, no obstante, en las zonas 1 y 2 predominaron los ovarios en desarrollo tardío (EMS IV), seguido del desarrollo inicial (EMS III), a diferencia de las zonas 3 y 4 con mayor incidencia de ovarios en la fase inicial (EMS III), seguido del desarrollo tardío (EMS IV), de lo que se desprende de los grupos parentales más representativos en las capturas (< 49 cm) un desfase en la maduración entre los sectores norte y sur. Al comparar la estructura de los EMS hasta el grupo de tamaños 40 – 49 cm entre las zonas, mediante la dócima de igualdad de distribuciones, se concluye que las diferencias observadas en las distribuciones de los EMS fueron estadísticamente significativas ($P < 0,05$) en los grupos entre 35 cm y 49 cm.



Del análisis microscópico se desprende que la fracción parental de merluza común en el área prospectada se encontró mayoritariamente con actividad reproductiva, principalmente en fases de maduración ovárica, en desarrollo inicial (EMS III) y tardío (EMS IV), y con menor aporte al desove, condición que se mantuvo al analizar las hembras por zonas. Por su parte, la actividad ovárica incrementó a partir del grupo de tamaños 30 – 34 cm. En los tamaños menores a 30 cm predominaron marcadamente las hembras virginales (EMS I), con un mayor aporte en el sector sur del área.

La distribución de las hembras en diferentes fases microscópicas de madurez, en relación a su tamaño y profundidad de los lances (**Fig. 29**), mostró que los ejemplares virginales (EMS I), mayormente bajo los 34 cm, se concentraron principalmente a profundidades menores a 250 m. Sobre los 30 cm predominaron las hembras en distintas fases de desarrollo gonadal (EMS III y IV), con amplia cobertura en el espectro batimétrico, mientras que, las hembras en desove activo (EMS VI) y reciente (EMS VIII) se detectaron en lances con profundidades inferiores a 300 m. En cuanto a las hembras adultas (> 35 cm), pero en condición de inactividad (EMS IX: en regresión) se caracterizaron por distribuirse principalmente en lances sobre 250 m (entre 250 y 400 m). En relación al factor espacial por grado de latitud (**Fig. 29**), los datos mostraron que las hembras con actividad reproductiva, en diferentes fases gonadales, se distribuyeron en toda la zona.

5.3.3 Variable índice gonadosomático con relación al EMS microscópico

El IGS medio en relación a las fases de madurez (**Fig. 30**) mostró registros de 1% en ovarios virginales (EMS I) y en regeneración (EMS II: reposo), para levantar gradualmente en la fase de desarrollo inicial (EMS III: 2%) e incrementar significativamente ($p < 0,05$) en la fase tardía (EMS IV: 5%), alcanzando el máximo en ovarios hidratados (EMS VI: 14%). Con desove parcial reciente (EMS VIII: con folículos postovulatorios), el indicador disminuye a 6%, para mostrar 1% en ovarios que finalizaron el evento reproductivo (EMS IX). En este año, el IGS medio de la fracción parental (4%) está acorde a la condición mayoritaria de ovarios en desarrollo, inicial (EMS III) y tardío (EMS IV).

5.3.4 Ojiva de madurez

Para el ajuste de la ojiva a la talla se contó con 539 registros histológicos de madurez, cuyas hembras presentaron longitudes entre 13 y 79 cm LT. Una fracción de ejemplares que abarcaron tamaños entre 13 y 28 cm fueron fijados para su procesamiento y extracción de la gónada en el laboratorio, esto con la finalidad de contar con una mejor cobertura y representatividad de tamaños en el análisis microscópico. Se ajustó la ojiva para las hembras en el área de estudio y por zonas agrupadas (1+2 y 3+4) (**Fig. 31**).

El estimado de la talla de madurez ($L_{50\%}$) de hembras en el área prospectada fue 32,5 cm, con intervalo de confianza al 95% entre 31,7 y 33,2 cm. Los parámetros β_0 y β_1 que describen la ecuación logística alcanzaron valores de -13,1773 y 0,4050, respectivamente. Por su parte, el ajuste para las hembras del sector norte fue 30,1 cm (IC: 27,7 cm y 31,7 cm) y para el sector sur fue 33,6 cm (IC: 32,7 cm y 34,6 cm) (**Fig. 31**). En la **figura 32** y **tabla 28** se presentan los estimados de talla de madurez ($L_{50\%}$) de hembras en el periodo reproductivo principal entre 2001 y 2019.



5.3.5 Fecundidad

Para el cálculo de la fecundidad se seleccionaron 8 hembras, que presentaron la condición de hidratadas (EMS VI), sin folículos postovulatorios, y que mostraron una clara separación del grupo modal de ovocitos a ser desovados. Los tamaños de las hembras fluctuaron entre 33 y 75 cm de longitud total.

Los valores de fecundidad parcial variaron entre 23.602 (33 cm; 275 g) y 304.700 ovocitos (75 cm; 2.855 g). El potencial de fecundidad parcial promedio fue 110.440 ovocitos (cv 85%). Por su parte, la fecundidad relativa promedio fue 123 ovocitos por gramo de peso corporal (menos el peso del ovario) (cv 38%), fluctuando entre 77 y 216 ovocitos, valor que representó 17% mayor al promedio de 2018. Los valores para el 2019 se ubicaron en el rango de registros de los dos últimos años, cuya relación con las variables corporales presentó un mejor ajuste al modelo de potencia y lineal para el peso corporal y la longitud total, respectivamente (**Tabla 29; Figs. 33 y 34**). En la **tabla 30** se presentan los estimados de fecundidad parcial a partir de evaluaciones hidroacústicas en el periodo reproductivo principal entre 2001 y 2019. Como se detalla en el punto 4.4.2, la fecundidad se determina a partir de ovocitos hidratados, sin embargo, este es un proceso de corta duración (horas) resultando en una limitación biológica que impacta en la frecuencia de hembras en esta condición en los lances, lo que explica el bajo número de hembras en los años 2018 y 2019.

Los promedios de fecundidad parcial en el marco de las evaluaciones entre 2004 y 2019 (**Tabla 31**) varían significativamente ($F_{\text{calculado}} = 3,647$; $F_{\text{crítico}} = 1,677$ ($P < 0,05$)), no obstante, el estimado de 2019, al aplicar el test de Tukey, no varió significativamente con los últimos cinco años ($p > 0,05$). Por su parte, la fecundidad relativa también varió significativamente ($F_{\text{calculado}} = 11,29$; $F_{\text{crítico}} = 1,677$ ($P < 0,05$)), aunque el estimado de 2019 no varió significativamente de los últimos cinco años ($p > 0,05$).

5.4 Objetivo específico 4. *Caracterizar la fauna acompañante en la pesca dirigida a merluza común en el área y período de estudio, con especial énfasis en la jibia (*Dosidicus gigas*).*

5.4.1 Principales taxa presentes en la captura

La información proviene de 108 lances de pesca de identificación ejecutados entre 29°10'S y 41°40'S, donde merluza común estuvo presente en 105 (97,2%). Se identificaron 55 especies (**Tabla 32**), que fueron jerarquizadas en cuatro niveles taxonómicos superiores: **Clase Osteichthyes** (peces óseos), **Clase Cephalopoda** (cefalópodos), **Clase Crustacea** (crustáceos) y **Clase Chondrichthyes** (peces cartilaginosos) (**Fig. 35**).

Los peces óseos aportaron el 95,6% de la captura obtenida durante el crucero y estuvo integrado por 30 especies, con merluza común como principal especie. El segundo grupo en importancia fueron los crustáceos, los que aportaron el 3,7% del registro de captura del crucero. Peces condriictios y cefalópodos presentaron baja participación durante el estudio, ambos grupos, representaron el 0,6% y 0,2%, respectivamente (**Tabla 33**). La fauna acompañante (excluyendo la merluza común), mantiene



el orden de importancia de los grupos taxonómicos, representando los peces óseos el 70% de la captura de fauna acompañante, seguido en importancia por: crustáceos, peces condriictios y cefalópodos. (**Fig. 35; Tablas 32 y 33**).

5.4.2 Importancia relativa de los grupos taxonómicos

En las 4 subzonas los peces óseos aportan más del 80% de la captura registrada en cada subzona, seguidos en importancia por crustáceos, peces condriictios y cefalópodos (**Fig. 36 y Tabla 34**). Considerando la fauna acompañante de la merluza común, la participación de peces óseos en las subzonas 1 y 2 se sitúa en torno a 19% y 14%, respectivamente, mientras que en las subzonas 3 y 4 la participación de estos aumenta significativamente, representando el 72% de la captura de fauna en la subzona 3 y 97% en la subzona 4. Los crustáceos presentan un fuerte descenso de su presencia hacia el sur de la zona, formando más del 70% de los registros captura de fauna acompañante en las subzonas 1 y 2, 21% en la subzona 3 y una participación marginal en la subzona 4, no superando el 1% de la composición de captura de la fauna acompañante. Los peces condriictios presentan, en términos generales, baja participación en la zona de estudio. En este grupo, los registros más importantes de captura como fauna se obtuvieron en las subzonas 1 a 3, los cuales estuvieron en torno a 6%, mientras que en la subzona 4 sus registros representaron alrededor del 2% (**Fig. 36 y Tabla 34**). El grupo de los cefalópodos estuvo representado, en baja proporción, por jibia y pequeños calamares, cuyos aportes a los registros de captura total y como fauna, no superaron el 1% en cada caso.

5.4.3 Análisis comunitarios

La información de entrada para los análisis corresponde a una matriz de abundancia relativa de las especies más recurrentes (**Tabla 35**) capturadas durante los cruceros de evaluación realizados entre 1993 y 2019, incluyendo los realizados durante los otoño de 2005, 2006 y 2010.

a) Cruceros

Para las entidades crucero de evaluación, el análisis de clasificación jerárquica, indica la presencia de tres grupos con niveles de similitud superiores al 70% (**Fig. 37**). El grupo 1 lo integran los cruceros realizados entre 2004 a 2019, junto con los realizados en los períodos otoñales de 2005, 2006 y 2010. El grupo 2 lo integran los cruceros efectuados entre 1999 a 2002, mientras que el grupo 3 consideró los cruceros realizados en los años 1995 y 1997. Los cruceros efectuados en los años 1993 y otoño de 2005 se clasifican como entidades individuales (**Fig. 37**). El análisis de ordenación (**Fig. 38a**) da cuenta de la equivalencia que hay en los tres grupos y las entidades individuales, debido al alto grado de similitud que existe entre cada una de las entidades crucero. La fauna que caracteriza los distintos grupos, muestra que el grupo 1 está estructurado principalmente por crustáceos decápodos y peces óseos, mientras que los grupos 2 y 3, están compuestos, principalmente, por peces óseos (**Fig. 38b**). La presencia de jibia (“dg”; grupo 1), en el grupo 1, da cuenta de la importancia que tuvo esta especie en la estructura de la fauna en los estudios efectuados entre los años 2004 a 2014, sin embargo,



desde los estudios realizados entre 2015 a 2019 la estructura de fauna comienza a estar dominada por merluza común (“mg”) (**Fig. 38b**).

b) Cruceros – Subzonas

La información que se desprende del análisis de clasificación (**Fig. 39**), da cuenta de la formación de 3 grupos con niveles de similitud superiores a 50%, donde se destaca la conformación de 2 grupos principales. El grupo 1 abarcó espacialmente desde el límite norte de la zona de estudio (29°10’S) hasta el límite sur de la subzona 3 (38°39’S), mientras que el grupo 2 se ubicó inmediatamente al sur, entre 38°40’S y 41°40’S (subzona 4). El grupo 3, desde el punto de vista espacial, se localizó al interior de los dos grupos principales. El resultado del análisis de ordenación reafirma la formación de estos grupos y el elevado nivel de similitud que existe entre cada una de las entidades (**Fig. 40a**). La estructura de fauna que compone las principales agrupaciones detectadas, identifica para el grupo 1 la presencia significativa de crustáceos decápodos como camarón nailon, langostino amarillo, langostino colorado; peces como la merluza común, granaderos (Fam. Macrouridae) y peces condriictios. En el grupo 2, la fauna está compuesta casi en su totalidad por peces, principalmente, chancharro, merluza del sur, merluza de cola, blanquillo y pejegallo y presencia marginal de crustáceos (**Fig. 40b**).

c) Cruceros – Veril

El análisis de clasificación identifica cuatro grupos con niveles de similitud superiores a 50%. Los grupos 1 y 2 son los principales, ya que reúnen la mayor cantidad de entidades. El grupo 1 lo integraron las entidades que se localizaron entre profundidades menores de 100 m hasta el veril de los 300 m, aproximadamente, mientras que el grupo 2 se localizó a profundidades superiores a los 300 m, y hasta profundidades mayores de 400 m. Los grupos 3 y 4, secundarios, se posicionaron en profundidades mayores a 300 m (**Fig. 41**). El análisis de ordenación, da cuenta de la equivalencia que se presenta en la formación de estos grupos y el alto grado de similitud que se existe entre las distintas entidades (**Fig. 42a**).

De la estructura de fauna que integra estos grupos, se observa que el grupo 1 lo integraron especies que son características de veriles someros (< 300 m), los que estuvieron caracterizados por especies como langostino colorado, langostino amarillo, merluza común, blanquillo, congrio negro, lenguado de ojo grande y pejegallo. El grupo 2 se caracteriza por la presencia de especies que están asociadas a los veriles más profundos (>300 m) con presencia importante de especies tales como camarón nailon y gamba; peces como merluza del sur, merluza de cola, besugo, granaderos (Fam. Macrouridae) y peces condriictios (raya volantín y tiburones de profundidad) y jibia (**Fig. 42b**).

La estadística de comparación para las agrupaciones identificadas, se realiza mediante un análisis de similitud de una vía (*ANOSIM*). En los tres casos las agrupaciones resultantes tienen diferencias estadísticamente significativas con valores de contraste del estadístico *R* global cercanos al valor 1. Esto indica que las comunidades que forman agrupaciones tienen diferencias, manteniéndose como comunidades relativamente independientes unas de otras, ya sea en el sentido latitudinal como batimétrico.



5.4.4 Análisis comunitarios para los lances de identificación efectuados durante 2019.

Adicional a los estudios realizados sobre la base histórica de cruceros, se hace un segundo análisis de clasificación y ordenación a partir de los 108 lances de identificación efectuados durante el crucero.

a) Análisis de clasificación y ordenación

El análisis de clasificación identifica la presencia de 6 grupos con niveles de similitud superiores a 40% (**Fig. 43**). El grupo 3, principal, es el que conglomeró el mayor número de entidades lances de identificación y que, latitudinalmente, se localizó entre los 29°18'S hasta los 40°00'S (subzonas 1 a 4), mientras que su distribución batimétricamente abarcó desde profundidades menores de 100 m hasta mayores de 400 m. Los grupos 1, 2, 4 y 5 mostraron superposición espacial, localizándose éstos entre los paralelos 35°S a 41°S, mientras que, en el sentido batimétrico, los grupos 1, 2 y 4 se localizaron en profundidades menores de 200 m y el grupo 5 se localizó a profundidades mayores de 200 m.

El análisis de ordenación mostró equivalencia en la identificación de estos grupos, destacando el grado de similitud que se observó entre las distintas agrupaciones identificadas (**Fig. 44a**). La estructura comunitaria que caracterizó el grupo 1 se sustentó principalmente en merluza común y crustáceos decápodos como langostino amarillo, langostino colorado y camarón nailon. Los otros grupos identificados, se estructuraron a partir de la presencia significativa de peces, principalmente, chancharro, merluza de cola, granaderos y tiburones de profundidad, y bajo aporte de crustáceos (**Fig. 44b**).

El contraste estadístico de los grupos, se realiza mediante el análisis de similitud de una vía (*ANOSIM*). Los grupos presentan diferencias estadísticamente significativas, ya que los valores del contraste del estadístico global R fueron cercanos al valor 1. Es decir que, desde el punto de vista de la estructura comunitaria, éstas mantienen comunidades relativamente independientes, tanto en el sentido latitudinal como batimétrico.

El resultado de contraste que se obtuvo a partir de las curvas de *k-dominancia*, da cuenta de la presencia de grupos estables, en términos de la estructura comunitaria que los compone, lo que verifica por el valor del estadístico W , el cual presenta valores en torno al valor cero, lo que implica que existe poca diferencia entre las curvas y, por ende, agrupaciones poco perturbadas en términos de su composición específica (**Fig. 45**). En aquellos grupos donde la curva de abundancia se situó por sobre la de biomasa, estos se caracterizaron por presentar, dentro de estructura comunitaria, la presencia de individuos de pequeño tamaño y por ende muy numerosos como, por ejemplo, crustáceos decápodos (camarones y langostinos) y estados juveniles de peces (chancharro).



5.4.5 Caracterización de la jibia de la jibia durante el período 2004 a 2018

A bordo del crucero, se examinó el contenido gástrico de 46 ejemplares capturados, cuyos resultados fueron los siguientes: 1) presentó un alto grado de digestión y 2) cuando se detectó la presencia de contenido gástrico, se consignó que había sido consumido durante el izado de la red. Por este motivo, el presente informe técnico no desarrolla el ítem de análisis de contenido estomacal, dirigido a la presencia de merluza común en éstos.

a) Registros históricos captura (kg) y rendimiento (CPUA [t/mn²])

Tanto la captura (kg) como el rendimiento (CPUA) de jibia en la serie histórica de cruceros realizados entre 1993 y hasta el 2019 (**Figs. 46 y 47**) muestra un desarrollo similar. Entre 1993 y hasta 2002 la presencia de jibia fue marginal dentro de las capturas. A partir del año 2002 se comienza a observar un aumento constante de esta especie en la zona de estudio. El año 2004 se retoman los estudios de evaluación, encontrándose una alta presencia de esta especie y, por ende, altos niveles de captura, durante las evaluaciones realizadas los años 2004 y 2005. A partir del año 2006, se comenzó a presentar un descenso en las capturas de jibia durante los cruceros, los que se mantuvieron con poca variación hasta el año 2014. Posteriormente, los estudios realizados desde el año 2015 al presente estudio, dan cuenta de un brusco declive en la presencia de esta especie en toda el área de estudio, alcanzando presencias marginales durante 2018 y 2019. (**Figs. 46 y 47**). Esta situación también se presenta al separar la captura de jibia por subzona y veril de profundidad (**Figs. 48 y 49**), con registros marginales entre 1993 a 2002, fuerte aumento a partir del año 2002 con máximos históricos, dentro de evaluaciones directas, los años 2004 y 2005, para luego declinar su participación desde el año 2006 a 2014 con valores relativamente constantes en las capturas y presencia marginal desde el 2015 a la fecha.

b) Estructura de tallas (longitud de manto)

La longitud de manto (LM), de los 46 ejemplares capturados, se situó entre 36 cm y 65 cm, la talla media en torno a 51 cm ($sd = 5\text{ cm}$). En machos la LM promedio fue de 49 cm, mientras que en las hembras la LM promedio alcanzó a 51 cm. En la **figura 50** se presenta la serie histórica de las distribuciones de longitud de manto de ejemplares de jibia capturados, y registrados, durante los cruceros de evaluación. El período anterior a 2004 los ejemplares de jibia eran de tamaño medio con LM en torno a 60 cm. El período entre 2004 a 2017, da cuenta de un drástico cambio en la estructura demográfica de esta especie, registrándose la presencia de individuos de gran tamaño con LM que se centraron entre los 75 y 80 cm, manteniéndose esta estructura hasta el crucero de 2017 (**Fig. 50a**). durante el año 2018, se hace evidente una mayor presencia de individuos de menor tamaño, junto con algunos individuos de gran tamaño con LM en torno a 80 cm, lo que provocó la alta dispersión de los datos, a diferencia de lo que se observó durante 2019 (**Fig. 50a**). Esta estructura demográfica también se verificó al descomponer por subzona y veril de profundidad, donde se observa la misma tendencia (**Fig. 50b**).

La relación entre longitud del manto (LM) y el peso total (PT), de todos los individuos capturados y registrados durante los cruceros de evaluación, se ajustó con un modelo lineal considerando la longitud



del manto como variable independiente y peso total como variable dependiente. Para la serie de datos (**Fig. 51**) el modelo lineal estimó un valor del coeficiente de determinación $R^2 = 0,9920$.

La información histórica de la proporción sexual, da cuenta de un predominio de las hembras durante todos los períodos de estudio, aportando alrededor del 60% de los casos. Espacial y batimétricamente, éstas también fueron dominantes alcanzando proporciones en torno a 60% (**Fig.52**).

5.5 Objetivo específico 5. *Caracterizar la distribución espacial y batimétrica del ictioplancton, huevos y larvas de merluza común y determinar las condiciones bio-oceanográficas presentes en el área y período de estudio.*

5.5.1 Análisis hidrográfico

- **Temperatura**

En general, la distribución espacial de la temperatura a 5 m de profundidad (**Fig. 53a**) muestra una disminución tanto hacia la costa como hacia el sur de la región. El valor máximo ($> 13^{\circ}\text{C}$) se observa en la porción más oceánica de la transecta zonal correspondiente a $30,7^{\circ}\text{S}$, mientras que el mínimo ($\sim 10,7^{\circ}\text{C}$) se presenta en la transecta más austral, correspondiente a $41,5^{\circ}\text{S}$.

La distribución espacial de la temperatura a 25 m de profundidad (**Fig. 54a**), al igual que en 5 m de profundidad, muestra una disminución hacia el polo y hacia la costa, aunque menos abrupta en esta última dirección. El valor máximo ($> 13^{\circ}\text{C}$) nuevamente se observó en la porción más oceánica de la transecta zonal correspondiente a $30,7^{\circ}\text{S}$, mientras que el mínimo ($\sim 10,6^{\circ}\text{C}$) también se presentó en la transecta más austral, correspondiente a $41,5^{\circ}\text{S}$.

- **Salinidad**

La distribución espacial de la salinidad a 5 m de profundidad (**Fig. 53b**) muestra una disminución general hacia el sur. Sin embargo, al norte de 36°S también se observa un aumento de la salinidad hacia la costa, mientras que el sur de 36°S la salinidad disminuye en dicha dirección. De este modo, el valor máximo ($> 34,5$ psu) y mínimo ($< 29,7$ psu) se encuentran en la porción más costera de las transectas correspondientes a $32,7^{\circ}\text{S}$ y $40,2^{\circ}\text{S}$, respectivamente.

La distribución espacial de la salinidad a 25 m de profundidad (**Fig. 54b**) también muestra una disminución de gran escala hacia el sur. De hecho, desde el extremo norte hasta 36°S no sólo la estructura espacial es similar a lo observado a 5 m de profundidad, sino que también los valores. Esto implica que, en la mitad norte del dominio la salinidad es prácticamente homogénea en los primeros 25 m de la columna. Ambos estratos comparten el mismo valor máximo ($> 34,5$ psu), que nuevamente se ubica en la porción más costera de la transecta correspondientes a $32,7^{\circ}\text{S}$. En el tercio más austral del dominio se observa una situación diferente. Allí, si bien la estructura espacial es similar que lo descrito a 5 m de profundidad, el valor mínimo ($< 31,9$ psu) es considerablemente mayor.



- **Densidad ($\sigma-t$)**

La distribución espacial de la densidad ($\sigma-t$) a 5 m de profundidad (**Fig. 53c**) presenta una estructura bastante similar a la salinidad, con una tendencia a disminuir hacia el polo. El valor máximo ($> 26,3 \text{ kg/m}^3$) y mínimo ($< 22,6 \text{ kg/m}^3$) se ubica en las porciones más costeras de las transectas correspondientes a $32,7^\circ\text{S}$ y $40,2^\circ\text{S}$, respectivamente

La distribución espacial de la densidad a 25 m (**Fig. 54c**) presenta una estructura bastante similar a lo descrito a 5 m de profundidad. El valor máximo ($> 26,4 \text{ kg/m}^3$) y mínimo ($< 24,3 \text{ kg/m}^3$) se ubica en las porciones más costeras de las transectas correspondientes a $35,7^\circ\text{S}$ y $40,2^\circ\text{S}$, respectivamente.

- **Oxígeno disuelto**

La distribución espacial del oxígeno disuelto a 5 m de profundidad (**Fig. 53d**) muestra un aumento tanto hacia mar abierto como hacia el sur. El valor máximo ($> 7,4 \text{ ml/l}$) y mínimo ($< 2,9 \text{ ml/l}$) se observa en la porción más oceánica y costera de las transectas correspondientes a $41,2^\circ\text{S}$ y $35,2^\circ\text{S}$, respectivamente.

La distribución espacial del oxígeno disuelto a 25 m de profundidad (**Fig. 54d**) muestra una estructura tanto de gran escala como mesoescala similar a lo observado a 5 m. Si bien el contenido de oxígeno disuelto es considerablemente menor que a 5m, el valor máximo ($> 7,0 \text{ ml/l}$) y mínimo ($0,3 < \text{ml/l}$) nuevamente se ubican en $41,2^\circ\text{S}$ y $35,2^\circ\text{S}$, respectivamente.

- **Fluorescencia**

La distribución espacial de la fluorescencia a 5 m de profundidad (**Fig. 53e**) no muestra un patrón general de gran escala, sino más bien uno regional, donde los máximos se encuentran en el sur y centro del dominio. Se observa un máximo absoluto ($> 4,9 \text{ mg/m}^3$) y un máximo relativo ($> 3,4 \text{ mg/m}^3$) en las transectas correspondientes a $41,2^\circ\text{S}$ y $35,7^\circ\text{S}$, respectivamente. El valor mínimo absoluto ($< 0,7 \text{ mg/m}^3$) se ubica en la transecta zonal correspondiente a $32,7^\circ\text{S}$, mientras que los mínimos relativos ($< 1,0 \text{ mg/m}^3$) se encuentran en diversas regiones del dominio sin un patrón dominante.

La distribución espacial de la fluorescencia a 25 m de profundidad (**Fig. 54e**) tampoco muestra un patrón de gran escala que resulte evidente. En la mitad norte del dominio, se observa una estructura frontal, transversal a la costa, con valores que aumentan hacia mar abierto. Por otro lado, las estructuras regionales que contienen los máximos ($> 3,3 \text{ mg/m}^3$) se ubican en las transectas correspondientes a $41,2^\circ\text{S}$ y $36,2^\circ\text{S}$, similar a lo descrito a 5 m de profundidad.



5.5.2 Distribución zonal vertical

Se entrega la distribución vertical, en toda el área prospectada, de las variables oceanográficas medidas durante el crucero: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), densidad (expresada como $\sigma\text{-t}$), oxígeno disuelto y fluorescencia (las secciones verticales se presentan en las **figuras 1 a 26 del Anexo 2**).

a) Temperatura

La variación zonal de la temperatura presentó valores entre $7,8^{\circ}\text{C}$ y 13°C , encontrándose los mayores valores en la zona norte de Chile en el estrato superior y los menores valores en la capa profunda ~ 500 m. A su vez, se encontró un aumento zonal de la temperatura en el estrato superficial (< 100 m) hacia la zona oceánica en las estaciones al norte de Punta Lavapié. Al sur de Punta Lavapié, la distribución zonal de la temperatura fue homogénea (**Anexo 2; Figs. 1a a 26a**).

b) Salinidad

La variación zonal de la salinidad presentó valores entre 30,8 y 34,7 psu encontrándose los mayores valores en la capa subsuperficial (100-200 m) al norte de $31,2^{\circ}\text{S}$ y los menores valores en la capa superficial (< 30 m) al sur de 38°S . En general al norte de $36,7^{\circ}\text{S}$ la salinidad en el estrato < 100 m mostró una disminución desde la costa hacia las estaciones más oceánicas, mientras que al sur de 36°S debido al aporte de agua dulce continental a la superficie se observó un aumento en la salinidad desde la costa hacia la zona oceánica. Al norte de la desembocadura del Itata ($36,45^{\circ}\text{S}$), se observó un mínimo salino superficial, lo cual puede deberse a una lengua de agua estuarina de aporte continental (**Anexo 2; Figs. 1b a 26b**).

c) Densidad ($\sigma\text{-t}$)

La variación zonal de la densidad presentó una distribución similar a la de la salinidad con una mayor variabilidad en el estrato superficial (< 100 m) que en la zona profunda. La distribución vertical mostró en general un aumento en profundidad de la densidad desde valores < 25 kg/m^3 en superficie hasta valores $> 26,5$ kg/m^3 en los estratos más profundos. De forma general, la densidad presentó un levantamiento de las isopicnas $< 26,5$ kg/m^3 al norte de Punta Lavapié, lo cual indica una predominancia, en esta zona, de la surgencia costera. Por el contrario, debido al aporte de agua dulce continental al sur de $37,5^{\circ}\text{S}$ se apreció una disminución de la densidad hacia la costa en el estrato superficial (< 50 m) (**Anexo 2; Figs. 1c a 26c**).

d) Oxígeno disuelto

La concentración de oxígeno disuelto presentó máximos en superficie con valores > 7 ml/l , y presentó una clara disminución en profundidad alcanzando valores $< 0,5$ ml/l . Se observó una clara simetría entre la distribución de oxígeno y la distribución de densidad en los perfiles de CTD, encontrándose las menores concentraciones de oxígeno en profundidad en la zona oceánica, pero elevándose hacia la zona costera producto de la surgencia costera. Bajo los 350 m se observó un aumento de la



concentración de oxígeno disuelto desde valores < 1 ml/l hasta valores $> 2,5$ ml/l en 500 m (**Anexo 2; Figs. 1d a 26d**).

e) Fluorescencia

La fluorescencia presentó una variación entre 0 mg/m³ y 5 mg/m³, encontrándose los mayores valores en la capa más superficial (< 10 m) y los menores valores bajo 50 m en la mayoría de las estaciones. Entre los $30,2$ a $36,2$ se apreció un aumento en la profundidad de la isolínea de $0,5$ mg/m³ de fluorescencia desde la zona oceánica hacia la costa. Mientras que al sur de $36,7^{\circ}\text{S}$ no se apreció el mismo patrón en todas (**Anexo 2; Figs. 1e a 26e**).

5.5.3 Distribución meridional

- **Temperatura**

La distribución meridional de la temperatura superficial (< 100 m) en la sección L01 (**Fig. 55a**) da cuenta de una estructura vertical donde la temperatura muestra una disminución típica con la profundidad, con una débil termoclina ($\sim 0,025^{\circ}\text{C/m}$) en torno a 60 m de profundidad. La estructura meridional de la temperatura en la columna de agua muestra una disminución generalizada hacia el sur. Este patrón latitudinal de gran escala es modificado por estructuras de mesoescala, tales como el ascenso de aguas subsuperficiales más frías ocurrido en torno a las estaciones 7 ($30,2^{\circ}\text{S}$), 22 ($32,7^{\circ}\text{S}$), 35 ($35,2^{\circ}\text{S}$), 53 ($37,7^{\circ}\text{S}$) y 65 ($40,2^{\circ}\text{S}$), generando así pequeños frentes meridionales a su alrededor.

En la sección L02 (**Fig. 56a**) se presentaron estructuras similares a las observadas en la sección L01, observándose un máximo superficial ($> 13^{\circ}\text{C}$) y un mínimo superficial ($< 10,8^{\circ}\text{C}$) espacialmente coherente; en las estaciones 11 ($30,7^{\circ}\text{S}$) y 75 ($41,5^{\circ}\text{S}$), respectivamente. No obstante, las mayores temperaturas ($> 12^{\circ}\text{C}$) sólo fueron coherentes hasta aproximadamente los 33°S , luego hacia el sur la distribución de la temperatura fue más homogénea. Lo mismo se observó a lo largo de la sección L03 (**Fig. 57a**), donde las temperaturas más cálidas sólo alcanzaron los hasta los 32°S . En general, las secciones L02 y L03 muestran que hacia la costa, las estructuras de mesoescala observadas a lo largo de la sección L01 se hicieron más someras y menos extensas latitudinalmente.

- **Salinidad**

La distribución meridional de la salinidad superficial en la sección L01 (**Fig. 55b**) presenta un máximo ($> 34,5$ psu) en la estación 22 ($32,7^{\circ}\text{S}$), mientras que el valor mínimo ($< 33,0$ psu) se observa en la estación 65 ($40,2^{\circ}\text{S}$). En la vertical se observa un máximo subsuperficial ubicado en torno a 180 m de profundidad, el cual presenta una profundización hacia el polo. La estructura meridional de la salinidad en la columna muestra una disminución general hacia latitudes mayores. Sin embargo, este patrón general es modulado por el ascenso regional de aguas subsuperficiales de mayor salinidad, en torno a las estaciones 07 ($30,2^{\circ}\text{S}$), 22 ($32,7^{\circ}\text{S}$), 35 ($35,2^{\circ}\text{S}$), 53 ($37,7^{\circ}\text{S}$) y 65 ($40,2^{\circ}\text{S}$), coincidiendo así con lo descrito antes para la temperatura. El tercio más austral del dominio muestra una marcada



disminución de la salinidad superficial, presentando lenguas de baja salinidad ($<33,5$ psu) hasta 25m de profundidad.

La estructura meridional de la salinidad en la sección L02 (**Fig. 56b**) es coherente con la sección L01, pero con un mínimo superficial bastante más bajo ($<31,6$ psu), ubicado en la estación 75 ($41,5^{\circ}\text{S}$). En ella se observó la presencia de estructuras de menor escala hacia la costa, como la formación de frentes halinos superficiales en torno a las estaciones 21 ($32,6^{\circ}\text{S}$) y 27($33,7^{\circ}\text{S}$). Adicionalmente, al sur de los 36°S se presentaron gradientes de salinidad más intensos y superficiales, coincidiendo con lo observado en la sección L03 (**Fig. 57b**). En esta última, la distribución superficial de la salinidad fue más homogénea, presentando salinidades $> 34,4$ psu al norte de los 36°S , y $< 34,1$ psu al sur de esta latitud.

- **Densidad**

La distribución meridional de la densidad superficial en la sección L01 (**Fig. 55c**) muestra un valor máximo ($26,2$ kg/m^3) y un mínimo ($< 25,1$ kg/m^3) en las estaciones 22 ($32,7^{\circ}\text{S}$) y 65 ($40,2^{\circ}\text{S}$), coincidente con lo observado previamente en la salinidad. La estructura vertical de la densidad muestra una pycnoclina débil ($0,01$ kg/m^3) en torno a 60 m de profundidad. Adicionalmente, en el tercio más austral del dominio también se presenta una pycnoclina aún más débil ($0,006$ kg/m^3) en torno a 20 m de profundidad. La estructura meridional de la densidad en la columna muestra un marcado aumento de la estratificación hacia el polo. Sin embargo, la densidad promediada en la columna de agua exhibe valores máximos ($> 26,6$ kg/m^3) en torno a las estaciones 22 ($32,7^{\circ}\text{S}$), 35 ($35,2^{\circ}\text{S}$) y 53 ($37,7^{\circ}\text{S}$), lo que es coherente con el afloramiento costero observado en tres de las cinco regiones descritas anteriormente. Cabe destacar que la isolínea de $26,3$ kg/m^3 logra alcanzar la superficie sólo en la estación 22 ($35,7^{\circ}\text{S}$), asociada a un intenso frente termo-halino.

La estructura meridional de la densidad en la sección L02 (**Fig. 56c**) fue similar a la observada en la sección L01, pero con un mínimo superficial aún más bajo ($< 24,7$ kg/m^3) en la 65 ($40,2^{\circ}\text{S}$), relacionado con la descarga de aguas continentales de baja salinidad. Así mismo, las estructuras observadas a lo largo de las secciones L02 y L03 (**Fig. 56c** y **Fig. 57c**) fueron coincidentes con aquellas observadas en la salinidad. Se presentaron estructuras de menor escala espacialmente coherentes en las estaciones 21($32,6^{\circ}\text{S}$) y 27($33,7^{\circ}\text{S}$), y una distribución más homogénea sobre la sección más costera (L03); la que además mostró gradientes superficiales más intensos y valores máximos asociados al extremo sur de la sección ($> 36^{\circ}\text{S}$).

- **Oxígeno disuelto**

La distribución meridional del oxígeno superficial en la sección L01 (**Fig. 55d**) presenta valores mínimos ($< 3,4$ ml/l) en las estaciones 22 ($32,7^{\circ}\text{S}$) y 35 ($35,2^{\circ}\text{S}$). En tanto que, los valores máximos (>7 ml/l) se observan en las estaciones 68 ($40,7^{\circ}\text{S}$) y 74 ($41,5^{\circ}\text{S}$). La estructura vertical del oxígeno muestra un acentuado mínimo subsuperficial en torno a 180 m de profundidad, coincidente con el máximo subsuperficial observado en la salinidad. La estructura meridional del oxígeno muestra un evidente aumento hacia el polo, con promedios verticales de 1 ml/l y 4 ml/l en el sector norte y sur del dominio, respectivamente. Se observa que esta tendencia de gran escala es modificada en gran



medida por estructuras subsuperficiales de mesoescala, presentes en cinco regiones, equidistantes entre sí y que contienen valores mínimos de oxígeno. Tales regiones obedecen al afloramiento de aguas subsuperficiales de baja temperatura, alta salinidad y bajo contenido de oxígeno, ocurrido en torno a las estaciones 07 (30,2°S), 22 (32,7°S), 35 (35,2°S), 53 (37,7°S) y 65 (40,2°S).

La estructura meridional del oxígeno en la sección L02 (**Fig. 56d**) fue similar a lo ocurrido en la sección L01, con valores máximos ubicados en superficie y en la zona sur del dominio. No obstante, la isolínea de 1 ml/l se situó en torno a los 50 m de profundidad, mientras que en la sección L01 sólo alcanzó estas profundidades en asociación a los eventos de afloramiento. La sección L03 (**Fig. 57d**) mostró una distribución más homogénea del oxígeno disuelto, con valores máximos superficiales al sur de 36°S y mínimos al norte de esta latitud, reflejando también una menor concentración de oxígeno disuelto hacia la costa. Se destaca un intenso asomeramiento del mínimo en torno a las estaciones 37 (35,2°S) y 40 (35,7°S), donde se alcanzaron concentraciones en torno a 1 ml/l hasta los 20 m de profundidad.

- **Fluorescencia**

La distribución meridional de la fluorescencia superficial en la sección L01 (**Fig. 55e**) sólo acusa patrones de mesoescala. El máximo superficial ($> 4,2 \text{ mg/m}^3$) se observa en la estación 71 (41,2°S), mientras que los mínimos superficiales ($< 1,0 \text{ mg/m}^3$) se encuentran en las estaciones 22 (32,7°S) y 35 (35,2°S). Estos mínimos coinciden espacialmente con los mínimos de oxígeno superficial descritos anteriormente. A diferencia del resto de las variables hidrográficas, la estructura vertical de la fluorescencia sólo se extiende hasta los 100 m de profundidad, mostrando valores superficiales típicos de en torno a $1,6 \text{ mg/m}^3$ que decaen rápidamente en la columna. La estructura meridional de la fluorescencia en la columna no guarda relación aparente con el resto de las variables hidrográficas y tampoco muestra una estructura de gran escala.

La estructura meridional del promedio vertical de la fluorescencia en la sección L02 (**Fig. 56e**) muestra una tendencia creciente hacia latitudes mayores, a diferencia de lo que se observó en la sección L01. Aquí, el valor máximo (5 mg/m^3) y el mínimo (1 mg/m^3) se observan en las estaciones 72 (41,2°S) y 20 (32,2°S), respectivamente. También se destacan dos máximos relativos de, aproximadamente 3 mg/m^3 , situados en las estaciones 39 (35,6°S) y 52 (37,7°S), los que no fueron observados en el resto de las secciones meridionales.

En la sección L03, más costera (**Fig. 57e**) no se observaron patrones coherentes con las estructuras anteriormente descritas. Sin embargo, se observó un máximo ($> 2,5 \text{ mg/m}^3$) localizado en la estación 47 (36,7°S) sobre los 50 m de profundidad, que no presentó una asociación clara con las estructuras de afloramiento observadas en las secciones anteriores.



5.5.4 Masas de agua

El análisis de la distribución vertical de la temperatura potencial y la salinidad *in-situ* a través de la metodología de diagrama T-S para todas las estaciones del estudio (**Fig. 58**), mostró la presencia de 5 masas de agua predominantes. En el estrato superior (< 100 m) se encontró presencia de las masas de agua AESS con una densidad potencial entre 26 y 27 Kg/m³, ASAA con una densidad potencial entre 25 y 26 Kg/m³, la masa de agua ASAA modificada por aporte de agua dulce continental (Agua Subantártica Modificada (ASAAM)) con densidad potencial entre 24 y 25 Kg/m³, además de encontrarse valores correspondientes al Agua Estuarina (AE) cuya densidad potencial fue cercana a 22 Kg/m³. Bajo los 100 m de profundidad, se apreció la mezcla de las masas de agua AESS y ASAA con la masa de agua AIAA cuya densidad potencial es mayor a 27 Kg/m³.

- **Variación de las masas de agua a lo largo de la costa.**

Los resultados muestran para la sección L01 (**Fig. 59**) predominio de AESS en la zona norte de la región de estudio (< 31°S) abarcando toda la columna de agua y con el núcleo (< 90%) de esta masa de agua centrado entre 75 y 250 m de profundidad. Al sur de 30°S en superficie (profundidades < 100 m) se aprecia una cuña de intrusión de ASAA con porcentajes de participación sobre 70%, seguida en profundidad por una lengua de AESS que abarca toda la región de estudio a excepción de la estación 74 (extremo sur del área; 41,4°S). En el estrato más profundo (> 400 m) se observó una predominancia de AIAA con baja participación en la mezcla de masas de agua (<70%). Se encontró que la lengua de AESS, si bien está centrada aproximadamente a 200 m de profundidad, esta presentó mayor cobertura hacia la superficie a intervalos equidistantes de 2,5° de latitud llegando hasta la superficie al norte de 36°S.

Para la sección L02 (**Fig. 60**) se encontró una mayor extensión vertical del núcleo (> 90%) del AESS en la zona norte del área de estudio (< 31°S), abarcando desde los 75 m hasta los 300 m de profundidad, a excepción de las intrusiones equidistantes hacia el estrato superficial con intervalos cada 1° de latitud. En cuanto al ASAA, su extensión vertical fue menor que en la sección L01, encontrándose su núcleo a menor profundidad (< 75 m) en la zona sur de la sección (> 35°S).

Para la sección L03 (**Fig. 61**) se encontró una mayor extensión vertical de ASAA entre 39° y 40°S alcanzando hasta 100 m de profundidad, la extensión meridional de esta masa de agua abarcó hasta aproximadamente los 35,5°S donde se pierde su predominancia producto de la mezcla con el AESS que abarca toda la columna de agua muestreada, con porcentajes de participación aumentando hacia el norte con un máximo (> 90%) entorno a los 100 m de profundidad.



- **Variabilidad espacial de la estratificación y los cambios termohalinos en la columna de agua**

A lo largo de la costa, sobre el talud continental (sección L01), la porción más superficial de la columna de agua, con su límite inferior dado por la isopicna de $26,2 \text{ kg/m}^3$, mostró la tendencia de disminuir su *spiciness* con el aumento de la latitud, característica también observada en toda la columna de agua, sin embargo, en superficie, las propiedades termohalinas de las parcelas de agua se agruparon de manera preferente sobre líneas de *spiciness* específicas, formando agrupaciones en el plano T-S (temperatura v/s salinidad), dependiendo de su latitud. Desde el límite septentrional de la región de estudio hasta los 33°S este estrato estuvo caracterizado por un *spiciness* de 1,25, asociado a temperaturas en torno a 13°C y salinidades de 34,4 psu, exhibiendo desde Coquimbo ($\sim 30^\circ\text{S}$) hacia el norte aguas levemente más salinas ($> 34,5 \text{ psu}$) con un *spiciness* más elevado (1,4), correspondiente a una mezcla entre AESS y ASAA con una fracción menos importante de AST. Entre 33°S y 35°S , las aguas más superficiales exhibieron una disminución de temperatura y un aumento en salinidad con la profundidad, aproximadamente 2°C y 0,2 psu, respectivamente, sin modificar su *spiciness*, sugiriendo una compensación de dichos cambios y una mayor influencia de ASAA dentro de este estrato. Más al sur ($> 35^\circ\text{S}$), la influencia de agua salobre en la parte más superficial de la columna de agua fue evidente, mostrándose como un descenso importante de salinidad ($< 33,8 \text{ psu}$) y cambios casi nulos en la temperatura (estrato térmicamente homogéneo), con aguas principalmente correspondientes a ASAA y ASAAM. Bajo esta capa de agua dulce, pero sobre la termoclina, los cambios termohalinos en las parcelas de agua exhibieron un *spiciness* de 0,75 entre 36°S a 38°S y de 0,5 más al sur (**Figs. 62a y 62b**).

Hacia el continente (secciones L02 y L03), las parcelas de agua en los estratos más superficiales se agruparon en dos grandes grupos, observándose aguas más cálidas y salinas al norte de 33°S , con valores de *spiciness* entre 1 y 1,5; asociados a una mezcla entre AESS y ASAA, y en menor medida de AST, mientras que al sur de esta latitud este estrato se mostró dominado por ASAA y ASAAM, posiblemente debido a la descarga de agua dulce de origen continental, exhibiendo valores de *spiciness* $< 0,75$ asociados al descenso gradual de temperatura con la latitud, alrededor de $0,2^\circ\text{C}$ cada 100 km, y a los abruptos cambios de la salinidad con el aumento de profundidad ($0,04 \text{ psu/m}$) relacionados con el ingreso de agua dulce en superficie (**Figs. 62c-d y 62e-f**).

A lo largo de la costa, la profundidad de la isopicna de $26,2 \text{ kg/m}^3$ fue coincidente con la posición de la máxima de frecuencia de *Brunt-Väisälä* ($N \geq 13 \text{ s}^{-1}$), indicando que en toda la región de estudio esta superficie de igual densidad coincidió con la profundidad de la picnoclina, exhibiendo de manera general una profundización con el aumento de la latitud (**Fig. 63**). En la parte más externa del talud continental (sección L01), se observaron importantes cambios en las propiedades termohalinas de las aguas subsuperficiales que estuvieron dominadas por AESS, exhibiendo su enfriamiento ($2,5^\circ\text{C}$ cada 100 km) y pérdida de salinidad ($0,625 \text{ psu}$ cada 100 km) hacia el sur, pasando de un *spiciness* de 1,5 ($12,2^\circ\text{C}$ y 34,9 psu) en 29°S , a 0,5 ($9,2^\circ\text{C}$ y 34,2 psu) en la latitud $41,5^\circ\text{S}$ (**Figs. 62a y 62b**). Estos cambios en las aguas subsuperficiales también se observaron en la parte interna del talud y sobre la



plataforma continental (secciones L02 y L03, respectivamente), sin embargo, estos fueron menos intensos, con un *spiciness* de 1,5 (12,2°C y 34,9 psu) en 29°S, y de 0,75 (10,2°C y 34,4 psu) en 41,5°S (**Figs. 62c-d y 62e-f**).

- **Procesos de doble difusión**

En la parte externa del talud continental (sección L01), bajo la isopicna de 26,5 kg/m³, la columna de agua se mostró susceptible a la doble difusión por dedos de sal (ángulos de Turner (Tu) > 45°), siendo más persistentes al norte de 36°S y levemente más profundos con aguas relativamente más densas al sur de esta latitud (**Fig. 64a**). Este proceso fue más intenso frente a Punta Lavapié (valores cercanos a 90°), coincidiendo con una profundización local de la zona de mínima de oxígeno (ZMO). A mayor profundidad, este proceso de doble difusión fue más intenso (ángulos > 75°), siendo máximo en la superficie isopicna de 27 kg/m³, lugar donde además existió una máxima participación de AIAA, generando una distribución vertical de salinidad inestable y sensible a la doble difusión por dedos de sal, provocada por las aguas más cálidas y salinas, asociadas al estrato con alto contenido de AESS, ubicadas sobre aguas más frías y menos salinas con alto contenido de AIAA (**Fig. 64a**).

A menor densidad (< 26,5 kg/m³) la columna de agua se mostró estable tanto en temperatura y salinidad (Tu negativos de ~40°-45°), sin embargo existieron parches meridionalmente coherentes que estuvieron dominados por procesos de doble difusión convectiva de intensidad moderada/débil (valores negativos de Tu de ~45°-70°), reflejando la presencia de una distribución vertical de temperatura inestable (aguas más frías y dulces sobre aguas más cálidas y salinas), situación observada en los sectores donde la descarga de ríos hacia el océano es más intensa, y en la interfase entre el límite inferior de las aguas con alto contenido de ASAA y el límite superior de las aguas con alto contenido de AESS (siguiendo la isopicna de 26,2 kg/m³). Estos parches térmicamente inestables, sensibles a la doble difusión convectiva, además de exhibir una coherencia meridional, en algunos casos también lo fueron en dirección zonal, observándose cierto grado de correspondencia entre los parches presentes en la parte externa del talud (sección L01), con aquellos situados en la parte interna del talud y sobre la plataforma continental (secciones L02 y L03, respectivamente), tal como se aprecia entre las latitudes 33,5° y 35,5°S, y al sur de 40°S. En ambas secciones interiores (L02 y L03), los procesos de doble difusión por dedos de sal fueron prácticamente nulos, con la presencia de una difusión intensa en torno a los 32°S (**Figs. 64b y 64c**).

- **Variabilidad mesoescalar de las propiedades termohalinas de la columna de agua a lo largo de la costa.**

Con el fin de destacar los cambios mesoescales en el *spiciness* de las propiedades termohalinas de la columna de agua durante el período de estudio (julio-septiembre 2019), sobre la parte externa del talud continental (sección L01), se determinaron las anomalías de esta variable semi-conservativa respecto de su promedio invernal (invierno climatológico) (**Fig. 65**). Este último, junto al promedio



invernal de anomalía de densidad y oxígeno disuelto, fueron calculados a partir de los registros hidrográficos obtenidos en los años 1993-2019 durante los cruceros de evaluación.

La distribución media de densidad observada durante el invierno climatológico mostró que, a lo largo de la costa, las isopicnas asociadas a las aguas dominadas por AESS se extendieron de manera casi horizontal, exhibiendo una leve disminución de su espesor hacia el sur (4 m cada 100 km). De acuerdo a la alta coherencia espacial que la isopicna de $26,2 \text{ kg/m}^3$ posee con la isolínea de 2 ml/l de oxígeno disuelto a lo largo de la costa en profundidades menores que 200 m, es evidente que durante el invierno climatológico el límite superior de la zona de mínimo oxígeno (ZMO), asociada a las aguas enriquecidas por AESS, es limitado por la posición de la piconclina estacional, sin embargo, al sur de 36°S esta característica se pierde, observándose concentraciones más elevadas de oxígeno disuelto en el núcleo de estas agua y en la piconclina. El límite inferior de la ZMO no es coherente con la distribución a lo largo de la costa de las isopicnas. En el sector más al norte de la región de estudio ocupó aproximadamente 400 m de columna de agua, exhibiendo un importante asomeramiento hacia al sur (16 m cada 100 km), posiblemente debido al desplazamiento hacia el norte de aguas más oxigenadas de tipo AIAA (**Fig. 65a**).

Durante el invierno climatológico (**Fig. 65a**) aguas relativamente más cálidas y saladas (*spiciness* > 1) asociadas a una mayor participación de AST y AESS se distribuyen desde la superficie hasta los estratos subsuperficiales, disminuyendo su espesor hacia el sur, con su límite inferior cada vez más somero (isolínea de *spiciness* igual a 1). Aguas con un *spiciness* aún más elevado (1,25), posiblemente debido a una máxima participación de AST y AESS dentro de la región de estudio, se observan al norte de 33°S , estas se extienden sobre y bajo la piconclina como una lengua superficial centrada a 0-50 m y otra subsuperficial a 100-200 m, respectivamente. Entre 36° y $38,5^\circ\text{S}$ las aguas con un *spiciness* > 1 se centran a 100-200 m de profundidad. Aguas más frías y menos saladas con un *spiciness* inferior a 1, se distribuyen en superficie al sur de 36°S , alcanzando sus valores más bajos al sur de 40°S (*spiciness* de 0,25), reflejando la mayor contribución de ASAA y el ingreso más persistente de agua dulce al sistema. En toda la región de estudio, por sobre los 300 m de profundidad, la columna de agua exhibe un *spiciness* < 0,75 asociado a aguas más frías y menos salinas con un mayor porcentaje de AIAA.

A lo largo de la costa, las anomalías en el *spiciness* durante el crucero de 2019, respecto a su distribución durante el invierno climatológico (**Fig. 65b**), exhibieron tres características principales, con una mayor variabilidad espacial al norte de 31°S y en las aguas con densidades < $26,5 \text{ kg/m}^3$, la presencia de una extensa región con anomalías negativas en los estratos subsuperficiales e intermedios en 31°S a 38°S , y anomalías casi nulas al sur de 38°S a estas profundidades.

En el sector de la columna de agua asociado a densidades < $26,5 \text{ kg/m}^3$, los máximos relativos en la amplitud de las anomalías positivas (> 0,1) fueron coherentes con la profundización de la isopicna, y cuando esta, junto a la isopicna de $26,2 \text{ kg/m}^3$, se mostraron más próximas a la superficie a lo largo de la costa. La variabilidad vertical de esta última isopicna se mostró altamente coherente con el límite



superior de la ZMO, reflejando la presencia de aguas anómalamente más cálidas y salinas producto de la expansión y surgencia de las aguas con mayor participación de AESS (isolínea de 2 ml/l de oxígeno disuelto). Por el contrario, pareciera que los máximos relativos en la amplitud de las anomalías negativas en el *spiciness*, coinciden con el hundimiento de ambas superficies de isopicnas, sugiriendo que al profundizarse el límite superior de las aguas dominadas por AESS, aguas más frías y menos salinas con una mayor participación de ASAA expanden su extensión vertical hacia profundidades más elevadas.

Al norte de 31°S, las anomalías positivas observadas entre las isopicnas de 26,5 y 26,7 kg/m³, también serían una consecuencia de la expansión de las aguas con mayor participación de AESS, exhibiendo una profundización de su límite inferior. En cambio, al sur de 31°S y hasta 38°S, la presencia de anomalías negativas en los estratos subsuperficiales e intermedios, coincidió con la disminución en profundidad de la isopicna de 26,7 kg/m³, provocando que durante el período de estudio aguas más frías y menos salinas con una mayor participación de AIAA estuvieran posicionadas a menor profundidad. El límite inferior de la ZMO también exhibió estos cambios en su profundidad (asomeramiento), coincidiendo hasta 38°S con la distribución vertical a lo largo de la costa de la isopicna de 26,7 kg/m³.

5.5.5 Análisis oceanográfico satelital

- **Esfuerzo del viento**

La **figura 66a** muestra el promedio temporal del esfuerzo del viento en la región. En ella se aprecia que el viento fue favorable a la surgencia costera en todo el dominio al norte de Punta Lavapié (37°S). Al sur de dicha localidad, a pesar de la ocurrencia de varios pulsos dirigidos hacia el ecuador, en promedio el viento no fue favorable a la surgencia costera. En general, la magnitud del esfuerzo del viento presentó valores típicos en torno a 0,1 N/m². Sin embargo, en la banda costera comprendida por los primeros 100 km, entre Punta Lengua de Vaca (30°S) y Punta Lavapié (37°S), el estrés del viento mostró un claro decaimiento hacia la costa, con un persistente rotor ciclónico inferior a $-0,5 \times 10^{-6}$ N/m³.

A lo largo del crucero la componente meridional del viento exhibió una acentuada variabilidad presentando períodos favorables a la surgencia intercalados con episodios de calma (hundimiento) al norte y sur de Punta Lavapié. Se identificaron tres grandes pulsos de viento sur (favorable a la surgencia), cuya magnitud fue superior a 0,3 N/m². Estos eventos tuvieron lugar frente a Punta Lengua de Vaca, Punta Curaumilla y Punta Lavapié.

- **Anomalía de nivel del mar y corrientes geostróficas**

La **figura 66b** muestra el promedio de la anomalía de nivel del mar y su correspondiente anomalía de velocidad geostrófica. A primera vista, destaca la presencia de varios remolinos al norte de 36°S, exceptuando un par ubicado frente a Punta Lavapié. En general, estos remolinos giraron en sentido anticiclónico, con un radio promedio de 50-75 km y se propagaron hacia el oeste del dominio. Por otro



lado, la anomalía del nivel del mar muestra un importante descenso durante la primera quincena del mes de agosto, que en la costa alcanzó una amplitud de 6 cm respecto al inicio del período. Este fenómeno se produjo casi simultáneamente con un gran pulso de viento sur, que junto con su decaimiento espacial en la banda costera favorecieron el afloramiento costero de aguas subsuperficiales más frías y pesadas.

- **Temperatura superficial del mar**

La **figura 66c** presenta el promedio temporal de la temperatura superficial del mar. Es evidente la disminución de la temperatura tanto hacia el sur como hacia la costa, consistentemente con la disminución latitudinal de la radiación solar y el afloramiento costero propio de la región. Los valores típicos de temperatura bordearon los 13°C, con mínimas temperaturas en el mar interior de Chiloé (9°C) y máximas en la región más occidental frente a 31°S (16°C).

Durante el período de interés, el campo de temperatura superficial reveló una gran cantidad de estructuras mesoescalares, incluyendo remolinos, filamentos y frentes de surgencia costera, estos últimos favorecidos por los intensos pulsos de viento sur (viento favorable a la surgencia costera) entre Punta Lengua de Vaca hasta Punta Lavapié.

- **Clorofila-a**

La **figura 66d** muestra el promedio temporal de clorofila-a, donde se observan valores máximos en la banda costera comprendida entre 31°S y el extremo sur del dominio. El ancho de esta banda de alta productividad fue gradualmente aumentando hacia el sur, desde 32°S con menos de 100 km de ancho hasta 37°S con un poco menos de 200 km de ancho. Al sur de este umbral geográfico la extensión de esta banda de alta productividad disminuyó nuevamente hasta los 100 km de ancho. Máximos valores de clorofila-a se observaron en el Golfo de Arauco (37°S) con valores mayores a 10 (mg/m³), mientras que los mínimos se ubicaron en la zona oceánica entre los 28°S y 32°S con valores menores a 0,3 mg/m³. Los máximos valores de clorofila-a, se encontraron entre 35°S y 38°S y son contemporáneos a la ocurrencia de un remolino ciclónico, observado en la anomalía de nivel del mar.

5.5.6 Análisis de datos meteorológicos

En general, toda la zona durante el período de estudio se encontró dominada por la circulación asociada al Anticiclón del Pacífico Sur, el cual bloquea los sistemas frontales que se desplazan desde el oeste y suroeste, y que en su desplazamiento alteran el flujo típico del viento y el oleaje dominado por el anticiclón.



- **Presión atmosférica y vientos**

La distribución espacial de la presión atmosférica, mostró la presencia, casi permanente, de la circulación asociada a predominio de altas presiones, especialmente durante el mes de agosto, mes en el cual el anticiclón se mostró muy activo, influyendo notoriamente en la intensificación del viento de componente sur, provocando escasa actividad frontal en el sector centro norte de la zona de estudio.

Durante el primer tramo del crucero, sector Coquimbo-Valparaíso, se pudo observar el paso de un sistema frontal cuyo margen norte logró afectar la zona, pero con características débiles. El viento en su conjunto y concordante con la presencia del anticiclón, muestra un comportamiento muy marcado del sur (**Figs. 67a y 68a**), que en ocasiones llegó a superar los 30 nudos. Durante el periodo que duro este tramo, la presión atmosférica registrada a bordo del barco durante su travesía (**Fig. 69a**), muestra un comportamiento muy regular con alternancia de presiones altas y bajas, atribuibles al desplazamiento del barco, ya que cada vez que éste se acercó a la costa la presión bajó, y al contrario al alejarse de ella la presión tendió al alzar, lo que se puede explicar por la posición del anticiclón sobre el océano y el efecto que provoca en él la presencia del continente. No obstante, al finalizar el primer tramo, se observó un debilitamiento de la presión asociado a la presencia de la vaguada costera.

En cuanto a la temperatura, no se observa nada relevante, pudiéndose rescatar solamente el ciclo diurno, fluctuando entre los 7 y 12 grados como promedio (**Fig. 69a**).

En el sector comprendido entre Valparaíso y Talcahuano, el viento predominante fue del primer y tercer cuadrante con mayor intensidad de componente sur (**Figs. 67b y 68b**) promediando velocidades de 20 a 25 nudos. La presión atmosférica no presentó cambios importantes en su comportamiento (**Fig. 69b**), manteniéndose el predominio de altas presiones con un promedio sobre los 1020 hPa. Sin embargo, el día 13 de agosto comenzó a descender producto de la aproximación de un sistema frontal activo, cuyo centro de baja presión se ubicó al oeste del sector, con un centro de aproximadamente 1004 hPa, condición que logró dominar con viento de componente norte toda la zona. No obstante, esta actividad fue debilitándose a medida que se aproximó al continente. El evento tuvo un lento desplazamiento de oeste a este, logrando viento en su paso de hasta 30 nudos, permaneciendo en el área al menos de 3 días. En cuanto a las temperaturas, éstas no mostraron gran amplitud manteniendo un promedio de 7°C (**Fig. 69b**).

En el tramo Talcahuano – Puerto Montt, se observaron al menos 4 perturbaciones que lograron manifestarse con viento de componente noroeste, que estuvieron por debajo de promedio, que en condiciones de gran actividad pueden alcanzar vientos de hasta 100 nds de componente norte, pero que en esta ocasión no superó los 30 nudos. Consecuente con la menor actividad, cada perturbación mantuvo una duración no mayor de 6 a 12 horas, restableciéndose, nuevamente el viento de componente sur con promedio cercano a los 30 nudos (**Figs. 67c y 68c**). El comportamiento de la presión atmosférica durante el tramo (**Fig. 69b**), presentó una mayor inestabilidad, sin embargo, esta



condición, propia de la época del año y de la zona, en esta oportunidad fue bastante menos activa que en una condición normal.

En cuanto a las temperaturas, estas estuvieron bastante moderadas con una amplitud térmica que no superó los 2°C o 3°C, entre la máxima y la mínima y que solamente fue alterada el día 27 de agosto con una amplitud de 8 grados, producto del paso de un sistema frontal por la zona (**Fig. 69b**).

5.5.7 Análisis de las propiedades químicas de la columna de agua

- **Oxígeno disuelto**

La zona de estudio presentó en gran parte de la distribución meridional una capa subsuperficial con bajas concentraciones de oxígeno, formando una Zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO; oxígeno < 1 ml/l). Esta ZMO se observó en forma continua al norte de 38,5°S con concentraciones tan bajas como 0,11 ml/l (**Figs. 70 y 71**). Esta ZMO, se observó en todas las secciones meridionales de la zona de estudio, con presencia más somera en la sección más costera (L03) (**Figs. 70 y 71**). En las estaciones más costeras, secciones L02 y L03, la ZMO alcanzó hasta las aguas cercanas al fondo, de acuerdo a la última profundidad muestreada. Al norte de 37,2°S se presentó una zona subóxica con concentraciones de oxígeno igual o menores a 0,5 ml/l, asociadas a aguas con mayores salinidades características de las aguas con alta participación de la masa de agua ecuatorial subsuperficial. Al sur de 38,5°S se observó un núcleo de ZMO centrado entre 130 y 250 m de profundidad en la sección más oceánica (L01). Bajo la ZMO, en la sección más oceánica (L01), las concentraciones de oxígeno aumentaron con la profundidad concentraciones tan altas como 4,5 ml/l. Esta capa bajo la ZMO, disminuyó hacia el norte de la zona de estudio (**Figs. 70 y 71**).

- **Clorofila-a**

La concentración de clorofila-a fluctuó entre 0 y 18,9 mg/m³, con la mayoría de las concentraciones superficiales menores a 2,5 mg/m³. La distribución vertical de concentración de clorofila-a muestra que las mayores concentraciones se presentaron en los primeros 30 m (**Figs. 72 y 73**). Si bien el máximo de clorofila-a se presentó en general en la superficie, en algunos sectores al sur de los 35°S la concentración alcanzó profundidades superiores a los 30 m.

La distribución meridional y por estratos de profundidad (**Figs. 72 y 73**) de clorofila-a muestra núcleos de altas concentraciones a lo largo de toda la zona de muestreo a 29,5°S, 32,5 36,5°S y 41°S. Los núcleos al norte de 37°S están asociados a aguas frías, de alta salinidad y bajo contenido de oxígeno. Al sur de 37°S, en cambio, las altas concentraciones de clorofila-a estuvieron asociadas a aguas frías, de baja salinidad y con alto contenido de oxígeno, características de la masa de agua Sub Antártica. Estos patrones de acumulación de clorofila-a se observaron en todas las secciones meridionales, con un aumento en cobertura espacial y vertical y con mayores concentraciones desde la costa hacia las



estaciones más oceánicas. Por otra parte, las concentraciones de clorofila-a en estos núcleos aumentan desde el norte hacia el sur.

5.5.8 Determinar una asociación entre la distribución espacial y batimétrica de la merluza común y las condiciones oceanográficas presentes en el área y período de estudio.

De acuerdo al análisis de los datos acústicos (**Fig. 74**), se pudo observar que las principales agregaciones del recurso se encontraron distribuidas en forma de parches, en torno al quiebre de la plataforma continental. Las máximas densidades acústicas se observaron entre los 34°S y 37°S, donde alcanzaron valores de hasta un orden de magnitud por sobre los observados en la zona costera ($>1500 \text{ m}^2/\text{mn}^2$). En el resto del dominio las agregaciones exhibieron en promedio densidades de $450 \text{ m}^2/\text{mn}^2$, siendo mínimas al sur de los 39°S ($<250 \text{ m}^2/\text{mn}^2$). La profundidad media en la que se encontraron las agregaciones varió entre profundidades menores de 100 y 350 m (**Fig. 74**), haciéndose más someras hacia el sur, siguiendo la topografía del fondo marino.

Coherentemente, el análisis de correlación lineal entre la batimetría y la profundidad media del recurso (D-mean) (**Fig. 75**), arrojó coeficientes de correlación de 0,902 y 0,911 (sobre un 95% de confianza) para las secciones costeras L02 y L03 respectivamente, mientras que para la sección oceánica (L01) este fue de 0,641.

Los resultados obtenidos en las secciones verticales (**Figs. 76 a 78**) no evidenciaron una relación directa entre la densidad total de las agregaciones de peces y la profundidad media a la que estas se encuentran, si no que estas parecen posicionarse preferentemente sobre el límite inferior de la AESS. Esta tendencia fue observada particularmente en la sección oceánica (**Fig. 76**), donde las agregaciones parecieron seguir las isopicnas de 26,7 y 26,8 kg/m^3 y las concentraciones de oxígeno disuelto asociadas al límite inferior de la ZMO ($<1 \text{ ml/l}$), característica típica de las aguas enriquecidas por AESS. Esto fue coincidente con lo observado en la sección media sobre la plataforma (L02), particularmente en la zona norte de 35°s (**Fig. 77**). Sin embargo, cuando la batimetría local limita la presencia de esta masa de agua, el recurso tiende a posicionarse cercano a esta siguiendo la topografía del fondo marino, explicando, de esta manera, la alta correlación obtenida entre ambas variables en el sector más costero de la zona de estudio (**Fig. 78**).

Considerando los resultados descritos previamente, la elevación del límite inferior de las AESS observado entre los 34°S y 36°S debiese traducirse en un asomeramiento de la profundidad media en la que se ubicaron las agregaciones. Sin embargo, esto no fue evidente en las secciones meridionales (**Figs. 76 a 78**), donde el D-mean (m) no presentó variaciones importantes respecto a la batimetría local. No obstante, entre estas latitudes se registraron los valores más elevados de densidad acústica de las agregaciones, las que se centraron entre los 100 y 150 m. Cabe destacar que en este sector también se observó una intensa anomalía negativa del *spiciness*, la que abarcó gran parte de la columna de agua. Los máximos de densidad acústica asociados a esta anomalía termohalina estuvieron centrados frente a 34°S y 35°S en la sección L02, sobre un intenso evento de afloramiento.



Los valores negativos en la anomalía del *spiciness* tienen relación con la elevación del límite inferior de la AESS (ascenso de la isopicna de $26,7 \text{ kg/m}^3$), permitiendo la presencia de aguas anómalamente más frías y menos salinas con un mayor porcentaje de AIAA en los estratos que típicamente son ocupados por la AESS, permitiendo el desarrollo de procesos de doble difusión en forma de dedos de sal en un extenso sector de la columna de agua.

Si bien esta sección vertical (L01) exhibió 5 eventos intensos de afloramiento, cuya estructura vertical podrían estar asociada a la presencia de remolinos subsuperficiales, sólo la zona localizada entre los 34°S y 36°S fue coincidente con el aumento de la densidad acústica de las agrupaciones de merluza común. Este evento estuvo caracterizado por presentar una elevación en fase de las isopicnas a lo largo de prácticamente toda la columna de agua (**Fig. 76**).

Al analizar los resultados de altimetría satelital, se observó la presencia de dos remolinos de mesoescala (RM) ciclónicos que interactuaron con la zona de evaluación durante los días 8 y 12 de agosto, entre los 34°S y 36°S . De acuerdo a los análisis anteriores y la distribución vertical de las variables oceanográficas, estas fechas coincidieron con un intenso evento de surgencia costera conducida por un pulso de viento que permaneció desde el 6 al 9 de agosto. Sin embargo, las anomalías negativas del nivel del mar asociadas a la presencia de RM ciclónicos permanecieron hasta el 15 de agosto.

Estos resultados evidencian que tanto los eventos sinópticos como de períodos más largos (asociados a un forzamiento más persistente en el tiempo), favorables a la surgencia costera, produjeron una elevación del límite inferior de la AESS entre los 34°S y 36°S ; visto a través del análisis de masas de agua y anomalías del *spiciness*. Estos fenómenos, consecuentemente, elevaron la ZMO llevando condiciones subóxicas ($<0,5 \text{ ml/l}$) por sobre los 50 y 70 m en la zona costera y oceánica, respectivamente (**Figs. 76 a 78**).

5.5.9 Análisis histórico de los resultados de las relaciones entre el recurso y su hábitat físico

- **Evidencias de variabilidad de baja frecuencia en el recurso**

Tal como se aprecia en la **figura 79**, las agregaciones de merluza común exhiben una persistente profundización, pasando de estar centrada en 150 m de profundidad durante los años 1993-96, a situarse a profundidades por sobre los 350 m a partir del año 2012 (**Fig. 79a**). En promedio, las agregaciones de merluza mostraron una disminución de su profundidad hacia el polo a una tasa aproximada de 10 m por cada grado de latitud, exhibiendo desviaciones de este promedio de 200 y 100 m al norte y sur de Punta Lavapié, respectivamente. La densidad acústica de las agregaciones de merluza común también exhibió una tendencia de largo plazo, disminuyendo aproximadamente un orden de magnitud desde el año 1993 hasta el año 2019 (**Fig. 79b**). Durante los años 2003-2010 se observaron los valores más bajos de esta variable, siendo más de dos órdenes de magnitud inferior a



los valores observados durante los años 1993-2002. En promedio, se observó que a lo largo de la costa existió un aumento en la densidad de las agregaciones hasta Punta Lavapié (37°S), para luego, disminuir de manera más abrupta hacia el sur. Además, destacó la presencia de dos máximos relativos de esta variable, ubicados frente a Valparaíso (33°S) y frente al golfo de Arauco (36°S). En todo el dominio latitudinal las desviaciones que se observaron en la densidad acústica del recurso fueron de aproximadamente un orden de magnitud.

Al observar la variabilidad temporal del promedio espacial dentro de la región estudio de la profundidad media y densidad de las agregaciones de merluza (**Fig. 79a y 79b**), se aprecia que además de la tendencia de largo plazo que ambas variables presentaron, existieron componentes de variabilidad centrados en frecuencias interanuales, con oscilaciones de en torno a 3 años en la profundidad media y de entre 5 a 7 años en la densidad de las agregaciones de merluza común.

- **Variabilidad de baja frecuencia de las características hidrográficas y oxígeno disuelto, asociadas a la profundidad media de las agregaciones de merluza común**

La variabilidad de baja frecuencia a lo largo de la costa de la temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto, centrados en la profundidad media de las agregaciones del recurso se presenta en la **figura 80**. Coincidiendo con la profundización del recurso descrita previamente, se observó que con el transcurso de los años sus agregaciones se situaron en aguas cada vez más frías, centrándose en aguas en torno a 12°C durante los años 1993-96, y en aguas con temperaturas inferiores a 8°C posterior al año 2005, sin rasgos claros de una modulación meridional a esas profundidades, prefiriendo en promedio aguas de $9 \pm 1,2^\circ\text{C}$ en todo el dominio latitudinal (**Fig. 80a**).

El aumento de la profundidad media del recurso, también afectó los cambios de largo plazo observados en la salinidad de estos estratos, sin embargo, a diferencia de lo observado en la temperatura, estos cambios exhibieron un comportamiento dipolar a lo largo de la costa, con una tendencia en la salinidad que fue negativa (disminución de la salinidad $\geq 34,7$ psu durante 1993-2003 a 34,6 psu a partir del año 2005) y positiva (aumento de la salinidad de 34-34,4 psu durante los años 1993-2004 y de 34,4 psu del 2006 en adelante) al norte y sur de Punta Lavapié (37°S), respectivamente, mostrando a su vez una disminución de su valor promedio hacia el sur, con un gradiente latitudinal más intenso al sur de este rasgo topográfico (**Fig. 80b**).

Al observar la densidad de las aguas en la profundidad media donde las agregaciones de merluza se distribuyeron (**Fig. 80c**), destacó que su variabilidad tanto espacial como temporal estuvo dominada por los cambios en la temperatura, con el recurso situándose en agua menos densa durante los años 1993-2003 ($26,4-26,6 \text{ Kg/m}^3$) y más densa a partir del año 2005 ($>26,8 \text{ Kg/m}^3$), distribuyéndose en promedio en aguas con densidades de $26,7 \pm 0,1 \text{ Kg/m}^3$.

Las concentraciones de oxígeno disuelto observadas en la profundidad media de las agregaciones de merluza (**Fig. 80d**), sugieren que el recurso pareciera seguir cierto rango de oxígeno disuelto, con una



preferencia de las aguas con 0,5-1,5 ml/l, sin embargo, al sur de Punta Lavapié (37°S), las aguas donde se distribuyó estuvieron más oxigenadas que las observadas al norte de esta, con concentraciones $\geq 3,5$ ml/l, indicando cierto grado de adaptación o tolerancia del recurso a las concentraciones mayores de oxígeno disuelto, además, al norte y sur de Punta Lavapié las tendencias de largo plazo exhiben, al igual que con la salinidad, un comportamiento dipolar, siendo positivas y negativas, respectivamente. En promedio, Punta Lavapié delimitó la región de bajo y alto contenido de oxígeno disuelto de las aguas que acompañaron las agregaciones de merluza, con concentraciones promedio en torno a 1 y 2 ml/l al norte y sur de esta, respectivamente. Sin embargo, a escala interanual este comportamiento dipolar en las concentraciones de oxígeno disuelto pareciera perderse, con bajas concentraciones (< 1 ml/l) a lo largo de todo el dominio meridional durante los años 2000-2001 y 2006-2011, aspecto que a su vez se reflejó en el aumento de amplitud de sus desviaciones hacia el sur. Además de las tendencias meridionales y de largo de plazo descritas, la temperatura y salinidad centrada en las profundidades donde el recurso fue encontrado, también exhibieron una importante variabilidad interanual, mostrando oscilaciones de 5 y 3,3 años a lo largo del registro (**Fig. 80a y 80b; Fig. 81c y 81d**). En el caso del oxígeno disuelto, la magnitud de la tendencia de largo plazo observada al sur de Punta Lavapié dominó en la variabilidad promedio de esta variable dentro del dominio espacial, en concordancia con lo descrito previamente, donde además se destacó una mayor amplitud en las variaciones interanuales, las que en promedio poseen los períodos ya señalados (**Fig. 81e**).

- **Modos de variabilidad de baja frecuencia en el recurso y su ambiente asociado**

De acuerdo a los resultados obtenidos de las pruebas de ortogonalidad efectuadas a los componentes principales estimados (PC), se encontró que sólo los dos primeros modos de variabilidad fueron linealmente independientes (**Fig. 82**). Por este motivo, la descripción del análisis efectuado en esta sección (EOF; Funciones Ortogonales Empíricas) aborda únicamente dichos modos.

En todas las variables el primer modo de variabilidad, PC1 y EOF1, (**Fig. 83**) explicó sobre el 25% del total de sus varianzas, exhibiendo una mínima contribución a este total en la densidad acústica de las agregaciones (27%) y la más elevada en las anomalías de salinidad y oxígeno disuelto (34%) (**Fig. 82**). En términos generales, la estructura espacial de este modo fue monopolar en casi todas las variables (todo el dominio latitudinal con anomalías del mismo signo) (**Fig. 83**). En el caso de la salinidad, existieron anomalías de baja amplitud frente a Punta Lavapié que fueron opuestas a las del resto del dominio (**Fig. 83**).

La variabilidad temporal de la PC1 en las anomalías estandarizadas de la profundidad media del recurso capturó la influencia y persistencia de oscilaciones interanuales de 3-5 años, las que de acuerdo a su EOF1 fueron más energéticas al norte de Punta Lavapié (37°S), exhibiendo anomalías positivas (profundización del recurso) durante los años 1997-1999, 2005-2007 y 2012-2015, con máximas amplitudes en el año 2005, y anomalías negativas (recurso a menor profundidad) durante los años 1994-1996, 2000-2003 y 2008-2011, con máximas amplitudes en los años 1995 y 2010 (**Fig. 83**). En la densidad acústica del recurso la PC1 también exhibió fluctuaciones interanuales, sin



embargo estas se mostraron dominadas por variaciones de más largo período (10 años), con amplitudes similares a lo largo de la costa y un mínimo localizado frente a Pichilemu y Constitución (35,5°S), presentando anomalías positivas (aumento de la densidad acústica del recurso) durante los años 1997-2003 y 2012-2016, con máximas amplitudes durante el año 2000, y anomalías negativas (disminución de la densidad acústica) durante 2004-2011, período en el cual existieron oscilaciones de 2-3 años más fuertes, con máximas amplitudes durante los años 2005, 2008 y 2010 (**Fig.83**).

La PC1 de la temperatura centrada en la profundidad media del recurso capturó oscilaciones interanuales de 3-5 años y cuasi-decadales, exhibiendo amplitudes similares a lo largo de la costa, con anomalías positivas (períodos más cálidos) durante los años 1995-1997, 2001-2003, 2010-2011 y 2016-2019, con máximas amplitudes en los años 1996 y 2001, y anomalías negativas (períodos más fríos) durante 1998-2000, 2004-2009, 2013-2015, con máximas amplitudes durante el año 2014 (**Fig.83**).

La PC1 de la salinidad en dichas profundidades se mostró dominada por fluctuaciones de similar periodicidad que las observadas en la temperatura, exhibiendo, al igual que en el caso de la variabilidad de la profundidad del recurso, sus máximas amplitudes al norte de Punta Lavapié, con períodos de anomalías positivas (aguas más salinas) durante los años 1994-1997, 2002-2004 y 2016-2019, cuyas máximas amplitudes se observaron en los años 2002 y 2017, y de anomalías negativas (aguas menos salinas) durante los años 1998-2001, 2004-2007 y 2013-2015, con máximas amplitudes durante el año 2005 y el período 2014-2015 (**Fig.83**).

Consecuentemente, la PC1 de la densidad potencial a estas profundidades también se mostró dominada por dichas oscilaciones interanuales y cuasi-decadales, presentando al igual que la temperatura amplitudes similares a lo largo de la costa, con períodos de anomalías positivas (aumento de densidad) durante los años 1997-2000, 2003-2010 y 2013-2015, con máximas amplitudes durante los años 1999 y 2007, y de anomalías negativas (descenso de densidad) durante los años 1994-1997 y 2001, con máximas amplitudes durante los años 1995-1996 y 2001 (**Fig.83**). En estas tres variables hidrográficas las oscilaciones interanuales de 3-5 años fueron más potentes previo al año 2005 (**Fig.83**).

La PC1 de las anomalías estandarizadas de la concentración de oxígeno disuelto en las profundidades donde se encontró el recurso se mostró, al igual que en el caso de las variables hidrográficas, dominada por fluctuaciones de 3-5 y 10 años con amplitudes similares a lo largo de la costa y un mínimo localizado frente a Valparaíso (33°S), exhibiendo anomalías positivas (mayores concentraciones) durante los años 1993-1996, 2012-2017 y 2019, con máximas amplitudes en los años 1995 y 2014, y anomalías negativas (menores concentraciones) durante 1997-2012 y 2018, con máximas amplitudes en el año 2018 (**Fig.83**).

El segundo modo de variabilidad, PC2 y EOF2, (**Fig.84**) explicó en todas las variables sobre el 12% de su varianza total, con la menor contribución nuevamente asociada a la densidad acústica de las



agregaciones (12,5%), y la más elevada a las anomalías estandarizadas del oxígeno disuelto (16%) (**Fig. 82**). En todas las variables estudiadas la estructura espacial (meridional) del segundo modo (estructura dipolar) centró su nodo frente a Punta Lavapié (37°S), con anomalías de signo opuesto al norte y sur de este rasgo topográfico (**Fig.84**).

La variabilidad temporal de la PC2 de las anomalías estandarizadas de la profundidad media del recurso se mostró dominada por oscilaciones cuasi-decadales con máximas amplitudes al sur de Punta Lavapié, exhibiendo anomalías positivas (negativas) durante los años 2001-2006 y 2013-2015, alcanzando máximas amplitudes en el año 2001, y anomalías negativas (positivas) durante los años 1997-2000 y 2006-2011, con amplitudes similares en ambos periodos, al sur (norte) de este rasgo topográfico (**Fig.84**). En el caso de la densidad acústica del recurso, su PC2 también se mostró dominada por fluctuaciones cuasi-decadales exhibiendo máximas amplitudes entre Pichilemu y Constitución (34-36°S) y frente a Valdivia (40°S), y mínimas al norte de los 34°S, presentando anomalías positivas (negativas) durante los años 2002-2015, con sus máximos valores durante los años 2003-2004, y anomalías negativas (positivas) en los años 1998-2001 y 2016-2019, con sus máximas amplitudes durante el período 2016-2018, al sur (norte) de Punta Lavapié (**Fig.84**).

La variabilidad temporal que exhibió la PC2 de la temperatura centrada en la profundidad media del recurso también se mostró dominada por oscilaciones cuasi-decadales, además de otras interanuales en torno a 5 años, con máximas amplitudes al norte de Pichilemu (34°S) y al sur de punta Lavapié (37°S), con anomalías positivas (negativas) durante los años 2004-2001, alcanzando máximos valores en el año 2008, y negativas (positivas) en los años 2000-2004 y 2013-2019, exhibiendo su máxima amplitud durante 2013-2014, al sur (norte) de Punta Lavapié (**Fig.84**).

La PC2 de la salinidad mostró que gran parte de su variabilidad se asoció a una oscilación de tipo interdecadal (15-20 años), con máximas amplitudes (casi nulas) al sur (norte) de Punta Lavapié, exhibiendo un largo período de anomalías positivas durante los años 1998-2011, con máximos valores en los años 2002, 2005 y 2008, y anomalías negativas durante 1994-1997 y 2012-2017, con sus amplitudes más elevadas durante los años 1995 y 2014-2015 (**Fig.84**).

Las PC2 de la densidad potencial mostró al igual que la temperatura oscilaciones cuasi-decadales y de 5 años, con las últimas siendo más fuertes durante los años previos al 2005, con anomalías más intensas al sur de Punta Lavapié, exhibiendo anomalías positivas (negativas) durante los años 1993, 2002-2006 y 2011-2015, con máximas amplitudes en el año 1993, y anomalías negativas (positivas) durante los años 1996-2000, 2008-2010 y 2017-2019, alcanzando máximas amplitudes durante el año 2000, al sur (norte) de Punta Lavapié (**Fig.84**).

La PC2 de las concentraciones de oxígeno disuelto centradas en la profundidad media del recurso se mostró dominada por oscilaciones de entre 5 y 10 años, siendo más fuertes frente a Valparaíso (33°S), presentando anomalías positivas (negativas) durante los años 1994-1998, 2011-2014 y 2018, con máximas amplitudes en 2012-2013 y 2018, y anomalías negativas (positivas) durante el período 2000-



2004 y 2007-2010, con máximos valores durante los años 2000 y 2008-2009, al sur (norte) de Punta Lavapié (Fig.84).

- **Comparación de la densidad acústica del recurso proyectada en el plano T-S durante los años 2018 y 2019**

Con el fin de comparar las características ambientales asociadas al recurso, y cómo éstas se relacionan con él, a continuación, se presenta la distribución de la abundancia del recurso proyectado en el plano T-S (temperatura vs salinidad), durante los cruceros de prospección del año 2018 y 2019 (Fig. 85).

Durante este período de dos años (invierno del 2018 y 2019), en el sector externo del talud continental (sección L01), las agregaciones del recurso se agruparon en aguas con un importante porcentaje de AESS y AIAA, siguiendo en el plano T-S la línea de mezcla entre estas masas de aguas, con valores de abundancia levemente mayores durante el año 2018 (Fig. 85a y 85d). En este sector de la columna de agua dominan los procesos de doble difusión por dedos de sal, sugiriendo una preferencia del recurso por aguas con una estructura salina inestable.

Considerando lo anterior, el ascenso de las isopícnas observado el año 2019 entre 34-36°S, el cual provocó la presencia de aguas anómalamente más frías y salobres, produjo que este sector haya presentado este tipo de inestabilidades en un rango vertical más extenso, reflejándose en la mayor profundidad que el recurso presentó en este sector durante el año 2019 en comparación al año 2018 (Fig. 85g).

En el caso de las agregaciones situadas más próximas a la costa (secciones L02 y L03), la distribución espacial que presentan en el plano T-S refleja la limitación vertical que ejerce la topografía submarina (Fig. 85h y Fig. 85i), encontrándose ejemplares en aguas que además de tener AESS y AIAA, presentaron un contenido significativo de ASAA. En este lugar (plataforma y sector interno del talud continental) se encontraron mayores abundancias durante el año 2019 (Fig. 85b, 85c, 85e y 85f).

5.5.10 Abundancia relativa y distribución espacial de huevos y larvas de merluza común

En las muestras obtenidas durante el estudio, se identificaron y contabilizaron un total de 29.951 huevos/m² y 24.089 larvas/m². En estos totales, se contabilizaron 1.378 huevos/m² y 265 larvas/m² de merluza común, lo que representó el 4,6% y 1,1%, respectivamente. Los huevos y larvas de merluza común fueron colectados en 12 y 7 estaciones positivas, de las 76 realizadas durante el estudio. La densidad promedio, por estaciones positivas, de huevos de merluza común fue de 123 huevos/10m², estimación que fue superior a la de 2018, mientras que la densidad promedio de larvas fue 22 larvas/10m², valor que se mantuvo, respecto de 2018 (Tabla 36 y 37).



La distribución espacial de huevos y larvas de merluza común, estuvo acotada al área más costera de la zona de estudio, no superando una distancia de 10 mn desde la línea de costa. Latitudinalmente, huevos y larvas se distribuyeron en focos de abundancia, los que se localizaron, principalmente, entre Constitución y Puerto Saavedra (**Fig. 86**). En el caso de los huevos, éstos se localizaron en tres focos principales de abundancia, los que se localizaron en las zonas de Punta Nugurne, Punta Lavapié y Puerto Saavedra (**Fig. 86a**), mientras las larvas se ubicaron en dos focos principales de abundancia en la zona de Constitución y Punta Nugurne (**Fig. 86b**), cabe destacar que ambos estadios presentaron un foco secundario que se localizó al norte del puerto de Coquimbo, límite norte de la zona de estudio, foco que también se observó durante el estudio realizado en 2018. La distribución batimétrica de huevos y larvas estuvo acotada a los estratos superficiales de la columna de agua (< 50 m). El centro de gravedad de la distribución espacial de huevos y larvas se localizó en 38°30'S, para el caso de los huevos, y en 36°30'S para las larvas. Ambos centros de gravedad se desplazaron hacia el sur, respecto de la posición observada el año 2018, no obstante, estos se han mantenido entre los 33°S y 38°S, límites históricos de la distribución de los centros de gravedad de ambos estadios (**Fig. 87**).

En la **figura 88**, se observa la evolución histórica de las abundancias de huevo, larvas y la biomasa de merluza común. El período previo al año 2004 da cuenta de una correlación entre la alta abundancia de huevos y larvas el año 1997 con los niveles de biomasa registrados entre ese año y hasta el año 2002, dando cuenta de que la alta abundancia de ambos estadios, durante 1997, resultó en un reclutamiento exitoso que mantuvo los altos niveles de biomasa. Desde el año 2004, hasta el presente estudio, se observa una alta variabilidad en la abundancia de huevos, en contraste a la abundancia de larvas, que disminuyeron drásticamente su abundancia, lo que ha repercutido en reclutamientos poco exitosos durante este período de tiempo (**Fig. 88**). Lo anterior puede tener una explicación en la viabilidad de los huevos, los que, a todas luces, han mostrado una alta tasa de mortalidad lo que impactaría directamente en la escasa abundancia de larvas.

5.5.11 Caracterización del zooplancton

El zooplancton estuvo compuesto por 16 grupos taxonómicos. Los grupos principales estuvieron representados por copépodos, salpas, ostrácodos, larvas nauplios, y sifonóforos (**Tabla 38**), estos grupos, en conjunto, aportaron aproximadamente el 97% de la abundancia zooplanctónica total.

La biomasa zooplanctónica tuvo un valor promedio de 201 ml/1000 m³, valor fue inferior al registrado en igual período de 2018, pero que, en términos comparativos, se mantuvo dentro de los valores históricos que se han registrado desde el año 2007, en adelante (**Fig. 89a**). Espacialmente, la biomasa zooplanctónica presentó valores medios en torno a 200 ml/1000 m³ en toda el área de estudio, niveles superiores estuvieron localizados en la zona costera al norte de Coquimbo; entre Valparaíso y Talcahuano y la zona de Corral, donde se destaca un núcleo que superó los 900 ml/1000 m³ (**Fig. 90a**).



La abundancia zooplanctónica total alcanzó a 16.421 ind/m³, valor que fue inferior al registrado en 2018, siendo a la vez, al valor más bajo de la serie histórica (**Fig. 89b**). La abundancia estuvo dominada por el grupo de los copépodos, grupo que históricamente ha sido el más abundante dentro de la zona de estudio (**Fig. 89c**), seguidos en importancia por quetognatos, ostrácodos, larvas de crustáceos y apendicularias. Latitudinalmente, la abundancia zooplanctónica se caracterizó por presentar valores medios, localizándose en el rango entre 10.000 y 300.000 ind/m³, sólo un área ubicada entre Puerto Saavedra y Corral destacó por presentar una abundancia que superó los 300 mil ind/m³ (**Fig. 90b**). Los principales grupos zooplanctónicos, latitudinalmente, estuvieron presentes en toda la zona de estudio (**Fig. 91**), con niveles de abundancia media bajos (< 300 mil ind/m³).

En el presente estudio, los índices comunitarios presentaron valores superiores a los que se observaron en igual período de 2018, aumento que estaría relacionado con una mejor distribución en la abundancia de grupos.

5.6 **Objetivo específico 6.** *Caracterizar y analizar las agregaciones de merluza común en el área y período de estudio.*

Se procesaron y analizaron un total de 2.710 agregaciones correspondientes a merluza común, la información proviene de las transectas de prospección acústica realizadas durante el crucero de prospección, y fueron procesadas mediante el programa Echoview® (Versión 8.0).

5.6.1 **Descriptores morfométricos, batimétricos y de energía en el área de estudio**

Los resultados de los descriptores morfométricos (**Tabla 39**) muestran una fuerte variabilidad que se expresa en coeficientes de variación superiores al 100% en los descriptores morfológicos largo, alto, elongación, perímetro y área, mientras que la dimensión fractal es el de menor variabilidad (13%). Las agregaciones presentaron una longitud media de 298,3 m ($\pm 660,3$ m) y mediana de 142,3 m con rango entre 1,3 y 11.358,3 m. El valor promedio del alto alcanzó los 2,1m ($\pm 3,5$), mediana en 1,4 m con un rango de variación entre 0,2 y 53,2 m. La elongación fluctuó entre 0,6 y 3.850 con promedio en 158,3 ($\pm 218,2$) y mediana en 100,5 manteniendo la tendencia característica a formar agregaciones alargadas. El descriptor perímetro fluctuó en el rango 10 a 414.109 m con un valor medio de 3.228 (± 16.048), mientras que el área registro una media de 1.976 m² (± 12.657) con un amplio rango de distribución que osciló entre 1 y 298.808 m². La dimensión fractal osciló entre 1,3 y 12,1 alcanzando un valor medio de 2,0 ($\pm 0,3$).

La profundidad promedio en que se ubicaron las agregaciones fue de 182,4 m ($\pm 93,7$ m) con un CV = 0,51, distribuyéndose en la columna de agua entre los 10,7 y 482,9 m de profundidad. La profundidad del fondo varió entre 60,2 y 524 m, con promedio en 230 m \pm 107 m (CV= 0,47). El descriptor Índice de altura, que permite ubicar las agregaciones con respecto al fondo, registró en promedio un 2,4% \pm 18,4% y un CV = 0,9, variando la distancia de las agregaciones al fondo entre un 0,01% y 94,4% de la profundidad de este, siendo los valores más altos asociados a los mayores rangos batimétricos (**Tabla 39**).



Estos indicadores presentan una alta variabilidad, los valores de NASC de las agregaciones fluctuaron entre 5 y 24.181 m²/mn² con un valor medio de 172,5 ± 1.215,2 m²/mn² (CV=7,05), mientras que la densidad acústica obtenida como una medida de estandarización de la energía retrodispersada de las agregaciones respecto a su área, varió entre 1,6 y 3.039 presentando un valor medio de 20,5 ± 87,7 NASC*100/m² asociado a un CV= 4,27 (**Tabla 39**).

5.6.2 Descriptores según subzona de estudio

Los resultados de los valores promedios, máximos, mínimos, mediana, desviación estándar y CV de los descriptores para las agregaciones detectadas y separadas por subzonas se entregan en la **tabla 40** y **figura 92**. De acuerdo a la división realizada se observa que en la subzona 1, se registraron 123 agregaciones (4,5%), en la subzona 2 el registro llegó a 953 (35,2%), en la subzona 3 un total de 1.432 (52,8%) agregaciones y en la subzona 4 se registraron 202 agregaciones que corresponden al 7,5%. El mayor aporte de la subzona 3 en el número de agregaciones sigue con la tendencia observada desde el 2015 hasta la fecha.

En la **tabla 40** se observa que los mayores valores medios de los descriptores morfológicos se registraron en la subzona 1 y 2, mientras que en las subzonas restantes los registros fueron menores, no obstante, las cuatro subzonas indican que las agregaciones fueron del tipo elípticas. Los valores medios batimétricos son similares en las subzonas 2, 3 y 4, sólo en la subzona 1 estos valores fueron superiores, pero manteniendo una estrecha relación con el fondo. En las subzonas 2, 3 y 4, las agregaciones de merluza común se mostraron a una mayor distancia desde el fondo, ocupando una mayor porción de la columna de agua. En cuanto a los descriptores de energía retrodispersada, se observan los mayores valores medios del NASC en las subzonas 2 y 3, valores que fueron superiores a los registrados en las subzonas 1 y 4. Los mayores valores medios de la densidad se registraron en la subzona 3 seguido de la subzona 2.

El resultado del análisis de varianza (**Tabla 41**) muestra que solo la variable morfológica alto; las variables batimétricas de profundidad de la agregación, profundidad del fondo e índice de altura, además, del descriptor de energía, rechazan la hipótesis de igualdad en las cuatro subzonas.

5.6.3 Descriptores de las agregaciones por rango batimétrico

La **Tabla 42** entrega los resultados de los valores medios, máximos, mínimos, mediana, desviación estándar y CV de los descriptores para las agregaciones detectadas según rango de fondo. Los mayores registros de agregaciones fueron en el rango 100-199 m (41,0%) seguidos de los rangos 200-299 m (25,6%) y 300-399 m (20,3%), mientras que las agregaciones restantes se ubicaron en los rangos superiores a 400 m (7,5%) y 0 a 99 m (5,5%).



Para el descriptor largo se registró un valor medio máximo en el rango 300-399 m de $388 \text{ m} \pm 637,1 \text{ m}$ mientras que el mínimo se registró entre los 0-99 m con un valor de $103 \text{ m} \pm 162,9 \text{ m}$. En igual rango de profundidad, se obtuvo el mayor valor medio del alto con $3,0 \text{ m} \pm 5,0 \text{ m}$ y $\text{CV} = 1,69$, valor medio que disminuyó a profundidades menores hasta el mínimo registrado en 0-99 m de $1,4 \text{ m} \pm 0,6 \text{ m}$ y $\text{CV} = 0,44\%$. La elongación presentó un valor medio máximo en el rango 400-499 m y un valor medio mínimo en el rango 0-99 m. El perímetro fluctuó entre un valor medio máximo de 5.484 m registrado en el rango 300-399 m y un valor medio mínimo de 471 m registrado en el rango 0-99 m. El mayor valor medio del área fue en el rango 300-399 m mientras que el mínimo se registró en el rango 0-99 m. La dimensión fractal presentó valores medios similares en todos los rangos de profundidad, siendo su valor igual a $1,9$ en cada rango con el menor CV en los fondos mayores a 400 m .

El descriptor profundidad de la agregación registro valores medios mayores según aumentaba el rango de profundidad, observándose un mínimo de $63,6 \text{ m}$ en el rango 0-99 m y un valor medio máximo de $318,5 \text{ m}$ en el rango 400-499 m. El valor medio máximo del índice de altura fue $28,4\%$ (400-499 m), mientras que el valor medio mínimo fue de $18,6\%$ obtenido en el rango 300-399 m.

Los valores medios mayores de NASC fueron registrados en el fondo 300-399 m ($224,4 \text{ m}^2/\text{mn}^2$) seguido en orden de importancia por el valor medio del rango 200-299 m ($208,1 \text{ m}^2/\text{mn}^2$), mientras que el valor medio mínimo se registró en el rango 0-99 m ($34,5 \text{ m}^2/\text{mn}^2$). El coeficiente de variación de este descriptor fue alto en todos los rangos de profundidad analizados.

La densidad presentó su valor medio mayor ($74,2$) en el rango de profundidad baja (0-99 m), seguido del valor medio ($27,3$) registrado en el rango 100-199 m. El valor medio mínimo ($5,8$) se registró en el rango 400 y 499 m.

El resultado del análisis de varianza (**Tabla 43**) muestra que todas las variables, a excepción de los descriptores morfológicos, dimensión fractal y de energía NASC, presentan diferencias significativas, por lo que rechazan la hipótesis de igualdad siendo estadísticamente diferentes en los distintos rangos de profundidad analizados (**Fig. 93**).

5.6.4 Resultados análisis componentes principales

Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, para verificar el grado de asociación entre los distintos descriptores. La matriz de correlaciones entre las variables originales se entrega en la **tabla 44** en donde se aprecia que las asociaciones más fuertes se presentan entre las variables perímetro-área ($r=0,918$), profundidad agregación-fondo ($r=0,854$), área-NASC ($r=0,851$), largo-perímetro ($r=0,827$) y alto-área ($r=0,815$).

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, dimensión fractal, índice de altura y densidad, las cuales no presentaron buenas correlaciones con el resto de los descriptores, ya que su mayor asociación fue con largo ($r = 0,383$), densidad ($r=0,266$), profundidad de agregación ($r=-0,428$) y dimensión fractal ($r=-0,266$),



respectivamente. La nueva combinación alcanzó un valor del índice de Kaiser ($KMO = 0,713$) y un 84,8% 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 dos primeros componentes que cumplen tal condición, los cuales explicaron en conjunto el 84,8% de la variabilidad total. La **tabla 45** entrega los valores propios y la proporción de la variabilidad explicada, total y acumulada por cada uno de los ocho componentes. La **tabla 46** entrega los valores de las correlaciones de las variables originales con los componentes principales.

El primer componente, denominado componente morfométrico, presenta un valor propio de 4,098 que explica el 58,544% de la variabilidad total y que asocia principalmente ($>0,80$) a las agregaciones de mayor tamaño con mayores valores de área, perímetro, largo, alto y de energía NASC. El segundo componente principal con valor propio igual a 1,840 el cual explica el 26,279% de la variabilidad, denominado componente energético, asocia con mejor correlación ($> 0,90$) al descriptor profundidad de agregación con profundidad de fondo.

En la **figura 94** se muestra la representación gráfica de los dos componentes principales, apreciándose que existe un grupo de agregaciones asociadas al componente 1 que presentan como características ser de gran envergadura (valor alto de área) asociadas a valores mayores del perímetro, del largo y del alto y de la energía retrodispersada que se ubican en sectores poco profundos y cercanos a este. El segundo componente presenta como característica agrupaciones ubicadas en zonas de mayor profundidad y alejadas del fondo, con niveles menores de área, de perímetro, de alto y de largo y bajos valores de NASC.

Desde el punto de vista histórico, la caracterización de las agregaciones del stock evaluado de la merluza común se ha realizado desde el año 2001 hasta el presente estudio. Los datos históricos dan cuenta de que esta especie tiene una fuerte correlación y dependencia con fondo marino, principalmente, en la zona de la plataforma continental.



6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- **Tamaño del stock y estructura demográfica.**

Los resultados obtenidos dan cuenta un leve aumento de la biomasa de la merluza común respecto de igual período de 2018, sumado a un descenso de la abundancia, lo cual se explica por un aumento del peso promedio de los individuos, aportado por la participación de un grupo importante de individuos con una estructura de tamaño que superó los 35 cm de longitud total. Cabe destacar que en el presente estudio se observó una mayor proporción de hembras de los grupos de edad V y VI, respecto de lo observado en 2018.

Si bien se ha venido presentando una tendencia positiva en la estimación de la biomasa del stock, este indicador aún se mantiene en niveles bajos y con un estrecho rango de clases anuales. Lo anterior, ratifica la falta de señales que den cuenta de un repunte del stock. A pesar de que en los últimos 5 años se ha observado una “tendencia” de aumento de biomasa del stock, lo cual también se ha visto reflejado en la actividad extractiva (artesanal e industrial) con aumentos en los rendimientos de pesca y una tendencia positiva de las tallas medias de captura (Gálvez *et al.*, 2017). No obstante estas señales, el estado del recurso aún se encuentra sobreexplotado (Subpesca, 2020).

El crecimiento experimentado por el stock de merluza en la década de los 90 fue sustentado en la fortaleza que se presentaron en las clases anuales 1992-93 y 1997-98, cuyo paso a través de la pesquería permitió que, hasta el año 2002, el stock estuviese conformado en su gran mayoría por individuos adultos. Es así que, Gatica y Cubillos (2004) señalan que en el período 1992-2000 el stock de merluza común se habría encontrado en un período de alta abundancia, producto de clases anuales fuertes en 1993, 1994 y 1997, lo que sumado a niveles de mortalidad por pesca bajos a moderados entre 1997 y 2000 habrían conformado un escenario que favoreció el incremento de la biomasa total. Otro elemento que habría favorecido el aumento del tamaño del stock es la presencia de procesos reproductivos exitosos, especialmente en los años 1993 y 1997 (Lillo *et al.*, 2003).

La dinámica del stock de merluza común está asociado a la variabilidad de sus niveles de reclutamiento (Gatica y Cubillos, 2004), cuya magnitud e intensidad serían dependientes de las condiciones oceanográficas predominantes durante el año de desove (Sepúlveda, 1997; Payá, 1997). Espino y Wosnitza-Mendo (1989) postulan para el caso de la merluza peruana, que durante eventos ENOS, ésta se dispersaría aumentando su área de distribución, disminuyendo la competencia y canibalismo, y consecuentemente favoreciendo los reclutamientos posteriores. En tanto que Sepúlveda (1997) plantea la existencia de relaciones entre el aumento del índice de surgencia y la temperatura superficial del mar, lo que favorece la abundancia de individuos de 3 y 4 años con un desfase de 5 y 2 años, respectivamente. Durante el estudio, la distribución de merluza común estuvo asociada, principalmente, al quiebre de la Plataforma Continental, y al límite inferior de las aguas ecuatoriales subsuperficiales.

Hasta el año 2002, el estado de la pesquería indicaba un stock en estado de seguridad biológica (Subpesca, 2012) caracterizado por un alto nivel de biomasa, estructura etaria amplia, estabilidad de



las tallas medias de capturas (47 cm), áreas de operación de la flota estables, duración de los viajes de pesca constantes y cercanos a su mínimo histórico (Gatica y Cubillos, 2004; Tascheri *et al.*, 2004). Al mismo tiempo, los resultados de las evaluaciones directas mostraban una estructura demográfica robusta y aumento sostenido de los indicadores de densidad estimados a partir de los muestreos acústicos como de los lances de pesca de identificación (Lillo *et al.*, 2003).

Pero, desde el crucero de evaluación directa efectuado el 2004, el stock de merluza común experimentó un drástico cambio, lo que se tradujo en una drástica disminución del tamaño del stock y grave deterioro de su estructura demográfica, la cual quedó sustentada por un estrecho grupo de clases anuales, que no superaba el GE IV, y ausencia de adultos. Las causales que se señalan para explicar el cambio en el tamaño y estructura demográfica del stock son variadas, entre éstas, cambios en su disponibilidad, sobrepesca, subreportes, pesca ilegal, aumento de la mortalidad natural debido a la depredación de la jibia, canibalismo y sobrestimación del tamaño del stock, entre otros (Arancibia *et al.*, 2007; Arancibia *et al.*, 2017; Payá, 2006; Lillo *et al.*, 2005), aunque también se pueden considerar otros aspectos como los planteados por Neira *et al.* (2014) en lo relativo al impacto de las variaciones ambientales en el sistema de la corriente de Humboldt, o bien los expuestos por Neumann *et al.*, (2014), quienes señalan como una causa de malos reclutamientos en el stock de *Gadus morhua* la depredación de huevos y larvas por parte de Sardina (*Sprattus sprattus*) y aranque (*Clupea harengus*), lo cual también podría ser una causal de reclutamientos poco exitosos en el caso de la merluza común, debido a la depredación de sus estados tempranos de desarrollo por parte de peces clupeídos como, por ejemplo, sardina común y anchoveta.

Por otro lado, desde mediados del año 2002 el área de la pesquería comenzó registrar una alta abundancia de jibia, hecho que habría provocado un anormal desarrollo de la actividad pesquera de merluza común, pero que no impactó de igual manera a los distintos sectores, siendo afectada primero la actividad artesanal y posteriormente el subsector industrial. Este aumento en la presencia de la jibia, especialmente, entre los años 2004 a 2015 afectó la dinámica espacial del stock de merluza común con desplazamientos latitudinales que se vieron reflejados en la posición de los centros de gravedad del stock, lo que podría haber alterado la disponibilidad del recurso hacia los sectores extremos de su distribución (Gálvez *et al.*, 2012). Sin embargo, los estudios posteriores al año 2014 comienzan a detectar una menor presencia de jibia en la zona, lo que ha tenido una directa relación con un mayor uso del hábitat por parte del stock de merluza común. En este sentido durante las evaluaciones de 2017, 2018 y 2019 se ha venido observando una expansión significativa del stock con mayor presencia de niveles de densidad medio alto en la zona ubicada entre Valparaíso y Talcahuano.

Los cruceros previos y posteriores al año 2002, marcaron una gran diferencia en la estructura específica de la fauna presente sobre la Plataforma Continental de la zona estudio. En los períodos post 2002, el aumento explosivo en la abundancia de jibia, la situó como el principal componente de la estructura de la fauna demersal de la zona centro sur, desplazando a la merluza común en su rol de especie principal. Sin embargo, a partir de 2007, esta situación se comienza a revertir, ya que la merluza común vuelve a ser la principal especie de la fauna bento demersal. Situación que se hace más notoria desde 2015 en adelante, implicando un mayor uso del espacio por parte de las especies características de la fauna.



Es importante destacar que la presencia masiva de jibia, en el período 2004 – 2014, debió haber generado algún impacto en el stock de merluza común, considerando la importancia de esta especie en su dieta. En este sentido, estudios realizados en la zona centro sur de Chile reportan valores importantes en la participación de merluza común en la dieta de la jibia, los cuales fluctuarían entre 15% (Arancibia *et al.*, 2007) hasta 93% (Ulloa *et al.*, 2006), con valores intermedios entre 70 y 86%, estimados en los cruceros de evaluación directa realizados entre 2006 a 2016. Las variaciones que se observaron en la presencia de merluza común en el contenido gástrico de jibia, estarían más relacionadas con el carácter de cazador oportunista y depredador tope que tiene esta especie, ya que dependiendo de las presas que tenga a su disposición es sobre las cuales depreda.

La escasa presencia de jibia durante las evaluaciones efectuadas entre 2017 a 2019, tendrían relación con el aumento de la temperatura superficial del mar, asociada a un evento El Niño con características moderadas a fuerte cuyos efectos se extendieron hasta finales de 2017, lo que coincidió con una menor disponibilidad a ser capturada (pesca artesanal) en los sectores costeros (alejamiento de la costa). Lo anterior tendría relación con cambios drásticos de las condiciones ambientales (aumentos de temperatura) donde habita esta especie, lo que provocaría respuestas de carácter conductual (desplazamientos masivos hacia los sectores oceánicos) y fenotípica (tallas pequeñas). Estudios de series históricas de desembarques y estructuras de talla en las costas de Perú (Argüelles y Taipe, 2018 y Csirke *et al.*, 2018) y Gofu de California (Robinson *et al.*, 2016) ponen en evidencia estos cambios, ya que se tuvo menor disponibilidad de la especie a la pesquería (alejamiento de la costa) lo que conllevó asociado menores desembarques y cambios en la estructura demográfica con presencia de especímenes de menor tamaño, por otro lado, Yu y Chen (2018), indican que ante condiciones desfavorables (aumentos de temperatura) del hábitat de jibia en el sector costero, ésta se desplaza hacia los sectores oceánicos en busca de mejores condiciones de hábitat.

- **Actividad reproductiva.**

La merluza común en el periodo y área prospectada se encontró mayoritariamente en desarrollo del proceso reproductivo, principalmente en fases de maduración, y bajo aporte al desove. La condición ovárica predominante fue la de hembras en madurez avanzada (EMS IV), lo que se mantuvo en este crucero, no obstante, semejante a la prospección del año 2018, en este año también se observó un aporte importante de hembras en la fase inmediatamente anterior, de madurez inicial (EMS III), lo que puede explicar el valor de IGS (3,9%) similar al 2018 (4,1%), pero más bajo respecto de 2017 (5,0%), a pesar de alcanzar 67% y 73% de hembras sexualmente activas en los dos últimos años, respectivamente, de lo que se puede desprender un retraso en la manifestación del proceso de maduración gonadal, cuyos antecedentes de la especie en esta zona señalan un periodo reproductivo principal en invierno-primavera (Balbontín y Fischer, 1981, Alarcón *et al.*, 2004 y Tascheri *et al.*, 2006; Alarcón *et al.*, 2008 y Gálvez *et al.*, 2008).

En el factor espacial, la merluza común adulta evidenció actividad reproductiva en toda el área prospectada, con algunas diferencias al separar por zonas, observándose una mayor incidencia de hembras en maduración tardía, seguido de la maduración inicial, en la zona centro norte, mientras que, en la zona centro sur predominaron las hembras en maduración inicial, seguida por la fase tardía. Lo anterior da luces de un proceso de maduración gonadal con un desfase entre las zonas norte y sur.



Otro aspecto que destacó entre las zonas, fue el gradiente latitudinal con el incremento marcado hacia el sector sur del área de la incidencia de ejemplares virginales, lo que contribuyó mayormente con las diferencias en las estructuras de las fases de madurez entre las zonas. Los antecedentes indicaron una mayor frecuencia de hembras sexualmente activas entre las zonas 1 a 3, respecto a la zona 4. El análisis de la actividad reproductiva por grupos de tamaños mostró el incremento y la transición a la madurez sexual en las hembras del estrato 30 – 34 cm (44%), para superar 80% en los grupos de tallas mayores, mientras que, 78% de los ejemplares con tamaños menores a 30 cm (13 a 30 cm) presentaron la condición de virginales. Entre zonas, si bien la actividad ovárica sobresalió notoriamente a partir del grupo 35 – 39 cm, en las zonas centro norte predominaron las hembras en maduración tardía, mientras que, en las zonas 3 y 4 la mayor incidencia fue de hembras en maduración inicial, de lo que se desprende la maduración diferencial entre zonas. Estas variaciones intraespecíficas en la maduración gonadal pueden responder a diferencias en las condiciones propias del hábitat pudiendo influenciar el patrón de maduración, como la temperatura y disponibilidad de alimento (Trippel *et al.*, 1997).

Los antecedentes de madurez sexual en hembras de merluza común señalan estimaciones para diferentes periodos y localidades, los que de acuerdo a la trayectoria histórica reflejan la reducción del parámetro. Así, Balbontín y Bravo (1993) la reportaron en 36,5 cm para el sector de San Antonio; de 33,5 cm para Valparaíso y de 39,1 y 36,6 cm para San Vicente. Para hembras entre Constitución e Isla Mocha se estimó en 37,0 cm (Alarcón y Arancibia, 1993). De acuerdo a Payá *et al.* (1997), entre los años 1983 y 1993, los valores variaron de 36,9 a 41,0 cm en la zona norte (29° S – 37° S) y de 34,4 a 42,3 cm en la zona sur (37° S – 41° S), ante lo cual concluyeron la relativa estabilidad espacial y temporal del parámetro. Por otro lado, Alarcón *et al.* (2008) reportaron la disminución del parámetro para la serie 1997-2007, desde un valor promedio en torno a 40 cm entre 1997 y 2002 a una talla próxima a 32 cm entre 2003 y 2007. Así mismo, estos autores calcularon para el año 2006 una talla de 31,4 cm entre Valparaíso y los 41°30 S. Por su parte, Gálvez *et al.* (2008; 2009) entregaron estimados de 30,6 cm y 29,9 cm entre las regiones de Valparaíso a Biobío, siendo las mínimas para la serie.

De la serie de evaluaciones directas al recurso, los estimados de madurez ($L_{50\%}$) dejan de manifiesto la restricción y la posterior relativa estabilidad del parámetro, cuya tendencia anual permite separar tres periodos diferentes, así entre 2001 y 2004 presentó una relativa estabilidad en torno a 38 cm, para experimentar una progresiva disminución entre 2005 y 2009 a 29,5 cm, y en adelante, entre 2010 y 2017, nuevamente una fase de estabilidad en alrededor de los 30 cm. En el 2018, el parámetro se estimó en 32,2 cm, valor similar al obtenido para el presente estudio de 32,5 cm, lo que señala para los dos últimos años de evaluación, un incremento respecto a los estimados desde el 2009 a 2017, y que puede corresponder a la plasticidad que caracteriza al parámetro en respuesta a factores ambientales (Stearns y Crandall, 1984). Entre sectores, las hembras de las zonas centro norte se caracterizan por estimados de madurez a menor tamaño que las hembras del sector centro sur, lo que podría atribuirse a diferencias en el patrón de maduración en respuesta a condiciones propias de su ambiente. Por lo demás, este gradiente latitudinal en los estimados de madurez ya fue detectado anteriormente (Balbontín y Fischer, 1981; Payá *et al.*, 1997; Lillo *et al.*, 2002; Tascheri *et al.*, 2006 y Alarcón *et al.*, 2008).



La merluza común es un desovador parcial con desarrollo asincrónico de los ovocitos, los cuales son liberados en tandas sucesivas en un prolongado periodo reproductivo (Herrera *et al.*, 1988; Lillo *et al.*, 2002). Para la estimación del parámetro de fecundidad es relevante disponer de información sobre la estrategia reproductiva de la especie (Murua *et al.*, 2003), como también, el contar con hembras en condición de madurez que garantice la identificación de la tanda de ovocitos que será ovulada, aquellas con ovocitos sobre 750 μm , núcleo migrante avanzado e hidratadas (Hunter *et al.*, 1985; Lillo *et al.*, 2013). No obstante, las limitaciones biológicas (proceso de corta duración) y operativas (hora del lance) inciden en su frecuencia, logrando este año calcular la fecundidad con 8 hembras.

De los estimados de fecundidad de la serie de evaluaciones directas, en el periodo reproductivo principal, la tendencia muestra una disminución en los años 2004 y 2005 (entre 62.621 y 143.585 ovocitos), respecto a los promedios obtenidos en 2001 y 2002 (entre 139.615 y 217.687 ovocitos), para en adelante, desde el 2006 al 2018 presentar valores que se mantienen en el rango inferior de la serie, con registros fluctuantes que se acotan mayormente entre 60.000 y 100.000 ovocitos. Por su parte, la fecundidad relativa en el periodo entre 2006 y 2018 mantiene los registros mayormente en el rango entre 100 y 162 ovocitos (Molina *et al.*, 2019). En este año, el estimado de fecundidad relativa para 8 hembras se ubicó en el rango de años recientes, con un registro 17% mayor respecto al 2018. El análisis histórico de la fecundidad relativa indicó que el valor de 2019 no varió significativamente de los últimos cinco años.

Los antecedentes del recurso señalan a partir de 2004 una caída abrupta de la biomasa, lo que derivó en una desmejorada condición biológica, con una estructura demográfica deteriorada (Lillo *et al.*, 2016). Si bien, las últimas evaluaciones dan cuenta de un leve repunte de la biomasa del stock, este índice se mantiene en niveles bajos, y con un estrecho rango de clases anuales (Molina *et al.*, 2019). A nivel poblacional, la condición actual del recurso impacta negativamente en su potencial de desove, en el sentido que los parámetros reproductivos se relacionan con la talla o la edad de los individuos. Así, hembras más adultas tendrían diferentes atributos reproductivos que las más jóvenes (Trippel *et al.*, 1997), caracterizándose por una mayor fecundidad (Macchi *et al.*, 2006 y Melhaut *et al.*, 2010), por lo que, la producción total de huevos dependerá del número de hembras maduras y de la estructura de tamaños (edad) de la población. Esto porque la inversión reproductiva incrementa con el tamaño (edad) de las hembras, dado que los peces jóvenes utilizan más energía para el crecimiento (Lambert *et al.*, 2003). Por otro lado, en desovadores múltiples, los peces más grandes tienen periodos de puesta más extensos (Trippel *et al.*, 1997; Parrish *et al.*, 1986; Nunes *et al.*, 2011; Alonso-Fernández y Saborido-Rey, 2011), resultando en una ventaja adaptativa al aumentar las probabilidades de que las larvas eclosionen en ambientes favorables (Mertz y Myers, 1994). Así mismo, hembras más grandes con mayor reserva energética derivan más nutrientes a los huevos (saco vitelino), que producen grandes larvas, de crecimiento rápido y con mayor probabilidad de sobrevivencia (Lambert, 1990; Hinckley, 1990; Barneche *et al.*, 2018). Al respecto, las modificaciones en las características de desove de merluza común, referidas a la ausencia del área de desove al sur del Cañón del Itata y la disminución progresiva del tamaño de los huevos fueron coincidentes con la abrupta caída de la biomasa y el cambio en el tamaño de los adultos en los años 2004 y 2005 (Landaeta y Castro, 2011).



Los cambios en la talla de madurez sexual en merluza común, con una restricción y posterior relativa estabilidad del parámetro, podría ser explicado por la caída de la biomasa como ha sido reportado en otros recursos (Guevara-Carrasco y Leonart, 2008; Domínguez *et al.*, 2008; Habouz *et al.*, 2011). Las variaciones en la talla y edad de madurez pueden asociarse a factores externos que determinan cambios en la población, particularmente con un decrecimiento en la abundancia, como la presión pesquera y las condiciones ambientales (Wootton, 1990). Al menos dos hipótesis no exclusivas son consideradas para los cambios en la madurez debido al efecto de la pesca, que son: (1) la hipótesis de “respuesta compensatoria” mediado por plasticidad fenotípica en respuesta al cambio ambiental que conduce a un rápido crecimiento y por lo tanto a una maduración temprana; y (2) la hipótesis de “respuesta evolutiva” donde la explotación intensiva tiene un efecto selectivo de genotipos de maduración temprana, a tallas y edades más pequeñas (Engelhard y Heino, 2004). En este contexto, Cerna *et al.* (2013) realizaron un análisis histórico del crecimiento somático de merluza común considerando tres periodos en referencia a importantes variaciones en la biomasa del stock (1972-1990; 1991-2003; 2004-2009), a lo cual concluyen que no observaron cambios en el crecimiento atribuibles a la denso-dependencia.

La condición biológica desmejorada en que aún está el stock, tanto en tamaño como estructura (Molina *et al.*, 2019), con repercusiones en su potencial reproductivo, permite deducir el delicado estado en que se mantiene la población, toda vez que está compuesto de una mayor proporción de ejemplares jóvenes de menor experiencia reproductiva. Si bien, la maduración temprana puede mantener un cierto nivel de biomasa desovante, los aportes potenciales para los procesos reproductivos de los reproductores jóvenes son inferiores al de desovadores más viejos, es decir, hembras más jóvenes tienen una fecundidad proporcionalmente menor, una temporada de desove más corta y probablemente desovan con menor frecuencia (Marshall *et al.*, 1998)

- **Fauna acompañante.**

La información obtenida durante el crucero, mantienen la constancia que los peces constituyen la base de la fauna que caracteriza las comunidades demersales de la zona de estudio, constituyendo la mayor fracción de las especies retenidas en los lances de identificación. Merluza común se mantiene como la principal especie dentro este ecosistema, lo que se ha acrecentado desde 2015. Mientras que la presencia de jibia se mantiene en niveles bajo, detectándose en este crucero una presencia marginal de esta especie, siendo la menor de la serie histórica. Estas variaciones en los rendimientos de jibia durante los cruceros de invierno se han reportado en otros estudios (Zúñiga *et al.*, 2008), describiéndose ciclos en las capturas comerciales de esta especie con aumentos de captura entre abril y julio (otoño - invierno). Las variaciones que se observan en el período de evaluación 2006 - 2019 se mantienen por debajo de lo ocurrido en los años 2004 y 2005 (Lillo *et al.*, 2004 y 2005), donde los niveles de participación de esta especie superaron ampliamente los registros de captura de merluza común.

Los análisis de clasificación y ordenación, muestran que las comunidades demersales presentes en la zona de estudio presentan un patrón de distribución asociado, principalmente, a la batimetría de la zona. Estudios similares (Páramo *et al.*, 2012) reportan un comportamiento igual de la fauna, agrupándose en primer lugar por gradiente batimétrico y secundariamente por latitud. El grado de



perturbación del ecosistema, indicado a través de las curvas de k-dominancia, dan evidencias de que este sistema tiene un bajo grado de perturbación, desde el punto de vista de la abundancia relativa y numérica de las especies. Las variaciones que se observan en la evolución de las curvas están más asociadas a cambios en la estructura de tamaños de las especies y en particular a la presencia de individuos de pequeño tamaño como crustáceos y estadios juveniles de peces (Yemane *et. al.*, 2005).

Los análisis, permiten distinguir dos zonas biogeográficas que se localiza al norte del paralelo 38°S y que se caracteriza por presencia de crustáceos decápodos y secundariamente peces, y otra zona que se ubica al sur de este paralelo y que se compone principalmente de peces con escasa presencia de crustáceos. Estas áreas se relacionan con lo descrito por Camus (2001), quién describe dos unidades biogeográficas de gran escala: una al sur de Chiloé y otra al norte, siendo esta última una zona de transición. Por otro lado, la condición histórica de elevados niveles de similitud, reportados en estos estudios, indican que la zona total de estudio no tiene alteraciones significativas que generen cambios en la estructura de fauna, ya que siempre son las mismas especies las que dan forma a estas comunidades.

La distribución de las variables hidrográficas y biogeoquímicas, se encontraron dominada por patrones de gran escala, que se superponen a diversos patrones de mesoescala. En general, se observa que la hidrografía de la zona de estudio está modulada por la radiación solar incidente en la capa superficial, la advección de masas de agua por corrientes de gran escala, las descargas de aguas continentales y la surgencia de aguas subsuperficiales hacia la costa. Producto de esto, a lo largo de la costa se presentaron cinco focos de afloramiento de aguas frías, de mayor salinidad y bajo contenido de oxígeno. En los tres primeros se presentaron altas concentraciones de nitrato, fosfato y ácido silícico favoreciendo la productividad primaria observada como núcleos de altas concentraciones de clorofila-a en la capa superficial. En general, hacia el sur hubo un descenso de la temperatura, salinidad y densidad, mientras que se incrementó el oxígeno disuelto. Al norte de Punta Lavapié, y hacia los sectores costeros, disminuyó la temperatura, el oxígeno y la fluorescencia, pero se incrementó la salinidad y densidad. La marcada presencia de la ZMO, se evidenció por la presencia de concentraciones de oxígeno disuelto que llegaron a 0,1 ml/l, desarrollando una zona subóxica. En cambio, al sur de Punta Lavapié, esta ZMO disminuyó en espesor e intensidad de norte a sur y además no fue posible observar un patrón zonal claro en ninguna de las variables hidrográficas, aunque sí se lograron distinguir parches costeros con menor temperatura, salinidad y densidad, pero con mayor concentración de oxígeno disuelto y fluorescencia.

- **Condiciones oceanográficas**

Los datos meteorológicos presentaron un brusco cambio en el comportamiento de los vientos ocurrido a mediados de agosto, siendo el periodo anterior predominado por vientos de componente sur, no coincidiendo con lo esperado para la época del año y coincidiendo con una fuerte presencia del Anticiclón del Pacífico Sur, el que se presentó más activo de lo normal. Desde la segunda quincena de agosto, los vientos transitaron a una condición más acorde a la esperada para la época del año, pero con menor energía. Este doble comportamiento, también pudo ser observado latitudinalmente, encontrándose que al norte de Punta Lavapié, el anticiclón y los vientos de componente sur, fueron



favorables a la surgencia, mientras que al sur de esta zona, se encontraron condiciones inversas, presentándose mayormente vientos NE, favorables al hundimiento.

La estabilidad y mezcla de la columna de agua se mostró susceptible a procesos de pequeña a gran escala. Por una parte, la presencia de ASAA, AESS y AIAA, junto a su respectiva configuración en la vertical (Silva *et al.*, 2009) promueven la mezcla por doble difusión en ambos límites del núcleo de las aguas dominadas por AESS, con presencia de doble difusión convectiva y por dedos de sal en su límite superior e inferior gatillados por inestabilidades térmicas y salinas, respectivamente. La presencia de agua salobre más fría sobre agua más salina y cálida forzó los procesos de doble difusión convectiva observados en este estudio, sin embargo, la intensidad de estos fue débil, posiblemente debido a que el contraste térmico no fue intenso. En las costas de Chile este tipo de doble difusión es dominante e intensa en la región de canales y fiordos, debido a que la mayor parte del agua dulce que se posiciona sobre agua salobre, promoviendo un contraste térmico más fuerte (Pérez-Santos *et al.*, 2014). La doble difusión por dedos de sal en la base de las aguas ricas en AESS fue promovida por su mayor contenido relativo de sales respecto a las aguas enriquecidas por AIAA, por lo que se cree que de manera permanente este mecanismo difusivo estaría ventilando la zona de mínimo de oxígeno frente a las costas de Chile. Este mecanismo difusivo también podría afectar el contenido de sales, oxígeno disuelto y nutrientes de esta región y de los remolinos subsuperficiales formados a estas profundidades, limitando su vida y por ende el transporte de estas propiedades, coincidiendo con las observaciones de remolinos subsuperficiales en el Atlántico Norte los cuales a través de este proceso erosionan su núcleo relativamente más salino que el océano circundante (Ruddick y Hebert, 1988). Sumado a esta mezcla difusiva de propiedades, debido a la cercanía de la costa en la región de estudio, procesos turbulentos de mezcla deberían poseer un rol significativo en la variabilidad vertical y horizontal de las propiedades termohalinas y biogeoquímicas de la columna de agua. Nuestros resultados sugieren que cerca de Concepción y Coquimbo la mezcla turbulenta es importante, pudiendo ser una consecuencia de procesos no lineales en el campo de ondas internas, las que de acuerdo a estudios previos son registradas regularmente en estas regiones (Aguirre *et al.*, 2010; Bravo *et al.*, 2013).

Sumado a los procesos discutidos anteriormente, anomalías mesoescalares a lo largo de la costa estuvieron relacionadas con la variabilidad vertical de las aguas dominadas por AESS. Durante el período de estudio existió casi en toda la región un intenso forzamiento del viento (favorable a la surgencia), promoviendo el ascenso de aguas subsuperficiales a los estratos más someros. Además de esta respuesta casi directa de la columna de agua a este forzante, se observaron evidencias de que estos pulsos de viento, sumado al gradiente de presión zonal modificado por la presencia de esta agua más fría en la costa, promovieron la presencia de ondas de surgencia atrapadas a la costa. Estas ondas al interactuar con el viento pueden verse atenuadas, pero también es posible que promuevan un ascenso más intenso de las aguas en estratos subsuperficiales, favoreciendo la surgencia y succión provocada por el viento local. Además, existen evidencias de que el forzamiento a escala regional del viento es capaz de excitar ondas de escala planetaria como ondas de Rossby extratropicales de surgencia (Dewitte *et al.*, 2008; Ramos, 2009), pudiendo esto ser una explicación de la somerización de gran escala que se observó entre los paralelos 31°S y 38°S.



La superposición de fenómenos favorables al afloramiento costero a distintas escalas espacio-temporales (OAC, remolinos de mesoescala y surgencia costera), produjo un levantamiento significativo de las isopícnas prácticamente en toda la columna de agua entre 31°S y 38°S, lo que se tradujo en ascensos importantes de la ZMO sobre la plataforma continental, la que llevó a condiciones de bajos niveles de oxígeno (<1ml/l) hasta profundidades menores de 50 m en la zona costera. Esta onda en fase de surgencia es la que habría provocado el desplazamiento del núcleo de la AESS, ubicándose éste a profundidades menores de 100 m, en relación a la ubicación que tuvo el año 2018. Además, se pudo observar que las elevaciones del límite inferior de la AESS, más marcadas entre 34°S y 36°S, fueron coincidentes con las máximas densidades acústicas registradas entre Valparaíso y Talcahuano. Estos máximas estuvieron situadas sobre una intensa anomalía negativa del *spiciness* que abarcó gran parte de la columna de agua (> 200 m). Los valores negativos en la anomalía del *spiciness* tienen relación con la presencia de aguas más frías y menos salinas, lo que, junto a la elevación de las isopícnas de 26,7 kg/m³, estarían revelando una intrusión de AIAA hacia las capas superficiales, generando una extensa mezcla vertical, sobre la cual se estarían dando procesos de doble difusión en forma de dedos de sal. No obstante, estos fenómenos no generaron ascensos importantes en la profundidad media del recurso, si no que más bien resultaron en las máximas densidades acústicas registradas en la campaña, vistas particularmente sobre el quiebre de la plataforma continental. Cabe destacar que durante el año 2019 la abundancia del recurso concentrada en la porción de columna de agua con una alta mezcla de AESS, ASAA, y AIAA fue mayor que la observada durante el 2018.

En el largo plazo el recurso ha mostrado una profundización progresiva, situándose en promedio en aguas cada vez más frías, salobres, densas y menos oxigenadas. La preferencia de la merluza por aguas pobres en oxígeno ha sido descrita previamente (Lillo *et al.*, 2007). Sin embargo, en este trabajo se observó que dicha tendencia fue característica al sur de Punta Lavapié, mientras que, al norte de ésta, las aguas donde se ubicó el recurso presentaron una tendencia opuesta, sugiriendo que la concentración de oxígeno disuelto no es una variable determinante de su posición relativa en la columna de agua, dejando además en evidencia la alta tolerancia este organismo posee.

Las fluctuaciones interanuales y cuasi-decadales en las variables estudiadas se relacionaron de manera significativa con las distintas fases de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y las registradas en la región Niño1+2, con la primera siendo más importante frente y al sur de Punta Lavapié, y la segunda al norte de esta. En el caso de la abundancia del recurso, el abrupto descenso posterior al año 2002 ha sido previamente descrito (Landaeta y Castro, 2012; San Martín *et al.*, 2013), donde se ha señalado que a escala interanual esta variable es sensible a su ubicación y temperatura. Sin embargo, nuestros resultados no corroboran lo anterior, ya que no se detectó una relación directa entre estas variables. De acuerdo a las relaciones observadas entre las variables estudiadas y los índices remotos, dicha relación existió, pero con las ATSM del Pacífico ecuatorial central (región Niño3+4) y aquellas frente a Perú y Ecuador (región Niño1+2), con las primeras respondiendo a fluctuaciones cuasi-decadales asociadas a la PDO y la última a eventos interanuales de calentamiento y enfriamiento. Ambas regiones remotas se conectarían con la región de estudio a través de diferentes mecanismos de teleconexión, con las anomalías del sector centro-occidental del Pacífico ecuatorial ejerciendo un forzamiento a través de la teleconexión atmosférica descrita por Hormazábal *et al.* (2002), y aquellas del sector oriental del Pacífico ecuatorial a través de la teleconexión oceánica que



existe a lo largo de la costa oeste de Sudamérica, dada principalmente por la propagación de energía hacia el polo a través de Ondas Atrapadas a la Costa (Brink, 1982; Enfield y Allen, 1983; Shaffer *et al.*, 1997; Strub *et al.*, 1998).

Por otro lado, también quedó en evidencia que parte de la variabilidad de baja frecuencia que el recurso presenta obedece a un forzamiento local definido por la intensidad de los vientos de gran escala frente a las costas de Chile, observándose que, durante intensos períodos de viento, asociado a una intensificación del Anticiclón del Pacífico Sur Oriental (Blanco, 2004), el recurso tiende a profundizarse. En estos períodos la surgencia costera es más intensa, pudiendo ser una posible explicación de estos cambios en la vertical que el recurso presenta, considerando que, durante el desarrollo de este proceso, la población de eufáusidos es altamente modulada (Riquelme-Bugueño *et al.*, 2012) y estos organismos son uno de los alimentos preferentes de la merluza (Cubillos *et al.*, 2003). Sin embargo, tal como se mencionó, el recurso posee comportamientos metabólicos altamente variables, llegando incluso al canibalismo, por lo que una modulación por la disponibilidad de este alimento si bien es posible, probablemente no sea determinante. Por otro lado, además de la surgencia que ocurriría a escala sinóptica, otros fenómenos de mayor escala y menor frecuencia pueden ser forzados localmente durante este período de intensificación de los vientos de gran escala, tales como la formación de remolinos y la excitación de ondas atrapadas a la costa y ondas de Rossby (Hormazabal *et al.*, 2002 y 2013; Ramos, 2009).

- **Distribución espacial y batimétrica del ictioplancton, huevos y larvas de merluza común.**

La distribución espacial de los huevos se concentró principalmente entre Constitución y Puerto Saavedra, zona que sido señalada como una de las principales de desove para esta especie según lo señalado por Bernal *et al* (1997). La distribución de huevos en esta prospección fue similar a la distribución de los adultos, cuyas mayores densidades se registraron entre Valparaíso y Talcahuano y en las cercanías de Puerto Saavedra. Sin embargo, no se observaron huevos en la zona entre Valparaíso y Constitución, a diferencia de lo encontrado en el muestreo acústico donde se registraron altas abundancias de merluza común en esta zona. Lo anterior pudo deberse a la condición reproductiva de los adultos presentes en esta zona, los cuales posiblemente presentarían un retardo de la actividad reproductiva.

La abundancia del zooplancton se caracterizó por ser la menor de la serie 2006-2019, lo cual se debió principalmente a la disminución en la abundancia de copépodos y eufáusidos, grupos que en conjunto han aportado más del 80% del zooplancton durante los últimos dos años. Por otro lado, la abundancia de eufáusidos mantuvo su tendencia decreciente desde 2014 a la fecha, aspecto de importancia, debido a que este grupo es señalado como una de las presas principales de la merluza común (Meléndez, 1984; Cubillos *et al.*, 2003), en especial en los grupos de edad menores a 4 años (Cubillos *et al.*, 2007).



7 CONCLUSIONES

- La biomasa del stock evaluado presentó un leve repunte, respecto de la evaluación realizada en 2018, mientras que la abundancia descendió. Desde el año 2015, las evaluaciones acústicas, dan luces de una tendencia positiva de los indicadores de biomasa y abundancia, sin embargo, estos aún se mantienen por debajo de las condiciones que presentaba el stock antes de 2004. Esta tendencia también se ha reflejado, en parte, en la estructura demográfica del stock, ya que su estructura etaria ha mostrado una leve mejoría, con una mayor proporción de grupos de edad V y VI en las hembras y, por otro lado, individuos de mayor tamaño. No obstante, el stock se mantiene en una condición poco favorable, manteniendo una condición de sobreexplotación.
- Los índices los reproductivos, mostraron que el stock de merluza común se encontraba en desarrollo incipiente del proceso reproductivo, principalmente en fase de maduración ovárica y menor aporte al desove. Esta condición biológica podría estar asociada a las condiciones ambientales que estarían incidiendo en un retardo del proceso reproductivo principal, lo cual también se vio reflejado en la menor presencia de estados tempranos de desarrollo como huevos y larvas en la zona de estudio.
- La talla media de madurez presentó uno de los valores más altos del último decenio, condición biológica que podría estar favorecida por la presencia de hembras de mayor tamaño, respecto de lo que se había observado en evaluaciones anteriores.
- Los peces óseos son el principal aporte de la fauna presente en la zona. Los resultados obtenidos durante el estudio, mantienen a la merluza común como la principal especie que da forma al ecosistema demersal de la costa centro sur de Chile. Por otro lado, el alejamiento de la jibia de los sectores costeros ha generado cambios en la estructura y distribución de la fauna, ya que la virtual ausencia de un depredador tope como ésta, ha provocado que un gran número de otras especies, principalmente, peces estén haciendo un mejor uso del hábitat.
- Los rangos ambientales determinados a la profundidad media de los cardúmenes de merluza común verifican la asociación del recurso con las AESS en gran parte del área de estudio, lo que sugiere la incursión de manera habitual del recurso en un ambiente caracterizado por aguas frías, de altas salinidades y bajo contenido de oxígeno, comportamiento que se verifica también, con escasa variabilidad interanual, en el análisis de los rangos ambientales realizados para el período 1997-2019.



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, E., R. Alarcón, H. Arancibia, L. Cid, A. Cortés, L. Cubillos y R. León. 2006. Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2006. Informe Final Proyecto FIP N° 2006-04, 424 pp.
- Acuña, E., R. Alarcón, H. Arancibia, L. Cid, A. Cortés y L. Cubillos. 2010. "Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2009". Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2009-15, 366 pp.
- Aguayo, M. y V. Ojeda 1987. Estudios de la edad y crecimiento de merluza común (*Merluccius gayi gayi* Guichenot, 1848) (Gadiformes - Merlucciidae). Invest. Pesq. (Chile) 34: 99-112.
- Aguayo, M. 1996. Biology and fisheries of Chilean hakes (*M. gayi* and *M. australis*) En: Jürgen Alheit y Tony Pitcher (Ed). Hake: Biology, fisheries and market. Chapman y Hall, London.
- Aguayo, M. y H. Robotham. 1984. Dinámica poblacional de merluza común (*Merluccius gayi gayi*) Gadiformes-Merlucciidae. Invest. Pesq. (Chile) 31, 17-45.
- Aguayo, M. y Young, Z. 1982. Determinación de los factores que han incidido en los cambios de la abundancia del recurso merluza común (*Merluccius gayi gayi*) en el periodo 1968-1981. Inf. Cient-Téc. Inst. Fom. Pesq. Chile, 79 pp.
- Aguirre, C., O. Pizarro and M. Sobarzo. 2010. Observations of semidiurnal internal tidal currents off central Chile (36 . 6 1 S), Cont. Shelf Res. Elsevier, 30(14), pp. 1562–1574. doi: 10.1016/j.csr.2010.06.003.
- Alarcón, R., F. Balbontín, M. Aguayo, P. Ruiz, S. Núñez, G. Herrera, G. Claramunt y A. Sepúlveda. 2008. Biología reproductiva de merluza común. Informe Final Corregido Proyecto FIP 2006-16, 292 pp.
- Alarcón, C., L. Cubillos y C. Oyarzún. 2004. Influencia del tamaño de la hembra en la duración e intensidad de la actividad reproductiva de *Merluccius gayi gayi* en la zona centro-sur de Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 32(2): 59-69.
- Alarcón, R y H. Arancibia. 1993. Talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial en la merluza común, *Merluccius gayi gayi* (Guichenot, 1848), Ciencia y Tecnología del Mar (CONA) 16: 31-45.
- Alarcón-Muñoz R, Cubillos L y Gatica C. 2008. Jumbo squid (*Dosidicus gigas*) biomass off central Chile: effects on Chilean hake (*Merluccius gayi*). CalCOFI Rep. 49, 157-166.
- Alheit, J. y T. Pitcher 1996. Hake: Biology, fisheries and market. Chapman y Hall, London.



- Alonso-Fernández, A. y F. Saborido-Rey. 2011. Maternal influence on the reproductive cycle of *Trisopterus luscus* (Gadidae). *Ciencias Marinas*, 37(4B): 619-632.
- Andrew, N. y Y. Chen. 1997. Optimal sampling for estimating the size structure and mean size of abalone caught in a New South Wales fishery. *Fishery Bulletin* 95: 403-413. Ref ID: 457.
- Arancibia, H., R. Roa, S. Neira y M. Barros. 2010. Informe final proyecto FIP 2009-22. Evaluación de estrategias de recuperación en la pesquería de merluza común. Universidad de Concepción. 302 p. + anexos.
- Arancibia, H., M. Barros, S. Neira, U. Markaida, C. Yamashiro, L. Icochea, C. Salinas, L. Cubillos, Ch. Ibáñez, R. León, M. Pedraza, E. Acuña, A. Cortés y V. Kesternich. 2007. Informe Final Proyecto FIP 2005-38. Análisis del impacto de la jibia en las pesquerías chilenas de peces demersales. Universidad de Concepción / Universidad Católica del Norte, 299 p. + Anexos.
- Arancibia, H. y S. Neira. 2006. Proyección de mediano plazo de la biomasa de merluza común de Chile central mediante un enfoque ecotrófico multiespecífico. <http://www.Subpesca.cl/> Proyecciones de biomasa de merluza común bajo un enfoque ecotrófico (H. Arancibia - UdeC).
- Arancibia, H. (Ed.). (2015). *Hakes: Biology and Exploitation*. John Wiley y Sons.
- Arancibia, H., H. Robotham, R. Alarcón, M. Barros, O. Santis, C. Sagua. 2017. Informe Final Proyecto FIP N° 2015-45. Metodología para la estandarización de capturas totales anuales históricas. Casos de estudio: pesquerías merluza común y merluza del sur. Universidad de Concepción, 215 p. + Anexos.
- Arcos, D. F. 1975. Copépodos Calanoídeos de la Bahía de Concepción, Chile. Conocimiento sistemático y variación estacional. *Gayana Zool.* 32:1 - 31.
- Argüelles J. y A. Taipe. 2018. Variabilidad espacio temporal de la estructura por tallas de *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) en aguas peruanas entre 1958 y 2015. *Boletín Instituto del Mar Perú*. Vol 33 (2). Julio – Diciembre 2018, pp 167-177.
- Askland, M. 2011. Toward estimating the variance in acoustic surveys based on sampling design. *Open Journal of Marine Science*, 2011, 1, 1-17. <http://dx.doi.org/10.4236/ojms.2011.11001>
- Augustin, H.N. D.L. Borchers, E.D. Clarke, S.T. Buckland y M. Walsh. 1998. Spatiotemporal medelling for the annual egg production method of stock assessment using generalized additive models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55: 2608-2621.
- Balbotín F. y W. Fischer. 1981. Ciclo sexual y fecundidad de la merluza, *Merluccius gayi gayi*, en la costa de Chile. *Rev. Biol. Mar. Inst. Oceanol. Univ. Valparaíso*. 17(3): 285-334.



- Balbontín, F. y R. Bravo. 1993. Variaciones temporales en la fecundidad y en la talla de la primera madurez sexual en la merluza común. Informe para el Instituto de Investigación Pesquera VIII Región, 30 págs.
- Balbontín, F., F. Uribe, R. Bernal y M. Braun. 2004. Descriptions of larvae of *Merluccius australis*, *Macruronus magellanicus*, and observations on a larva of *Micromesistius australis* from southern Chile (Pisces: Gadiformes). *New Zealand Journal of Marine Freshwater Research*, 38: 609-619.
- Barnes, R. 1995. *Zoología de los invertebrados*. México, D.F., Interamericana Ed. 1.157 pp.
- Barneche, D. R., D. R. Robertson, C. R. White y D. J. Marshall. 2018. Fish reproductive-energy output increases disproportionately with body size. *Science* 360, 642-645
- Beckers, J.-M., Rixen, M., 2003. EOF calculations and data filling from incomplete oceanographic data sets. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 20 (12), 1839–1856.
- Bernal, R., F. Balbontín y O. Rojas. 1997. Patrones de distribución de huevos y larvas de *Merluccius gayi* de la costa de Chile y factores ambientales asociados. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 32(1): 45-66.
- Bigelow, H.B., y W.C. Schroeder. 1953. *Fishes of the Gulf of Maine*. U.S. Fish Bull. Vol. 53.
- Blanco, J. L., A. C. Thomas, M.-E. Carr, & P. Ted Strub. 2001. Seasonal climatology of hydrographic conditions in the upwelling region off northern Chile. *Journal of Geophysical Research*, 106 (C6):11451-11467.
- Blanco, J. L. 2004. *Inter-Annual to Inter-Decadal Variability of Upwelling and Anchovy Population off Northern Chile*. Old Dominion University. doi: 10.25777/3788-gf67.
- Boenheimer, F. 1955. *Précis d'écologie animale*. Payot, Paris.
- Bodholt, H. 1991. Fish density derived from echo-integration and in situ target strength measurements. *ICES. C: M. 1990/B: 21*.
- Boltovskoy, D. 1981. *Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino*. Publicación especial del INIDEP. Mar del Plata, Argentina, 936 pp.
- Bougis, P. 1974. *Ecologie du plancton marin. II. Le zooplancton*, 200 p.
- Bravo, L., M. Ramos, M. Sobarzo, O. Pizarro and A. Valle-Levinson. 2013. Barotropic and baroclinic semidiurnal tidal currents in two contrasting coastal upwelling zones of Chile, 118(January), pp. 1226–1238. doi: 10.1002/jgrc.20128.



- Bray, J.R., y J.T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27:325-349.)
- Brink, K. H. 1982. A Comparison of Long Coastal Trapped Wave Theory with Observations off Peru, *J. Phys. Oceanogr.*, 12, pp. 897–913.
- Brown-Peterson, N.J., D.M. Wyanski, F. Saborido-Rey, B. J. Macewicz, S. K. Lowerre-Barbierie. 2011. A Standardized Terminology for Describing Reproductive Development in Fishes. *Mar. Coast. Fish.* 3:52-70
- Camus, P. 2001. Biogeografía de Chile continental. *Revista Chilena de Historia Natural*, 74: 587 – 617.
- Candy, S. 2004. Modelling catch and effort data using generalised linear models, the Tweedie distribution, and random vessel effects: Longline fishery for *Dissostichus eleginoides* in CCAMLR Area 48.3. CCAMLR document WG-FSA SAM-03/12:36 p.
- Chambers, J.M. y T.J. Hastie. (eds.), 1992. *Statistical Models En S. Wadworth y Brooks/Cole Advanced Book and Software*. Pacific Grove, CA, 608 pp.
- Cerna, F., L. Cubillos y G. Plaza. 2013. Análisis histórico del crecimiento somático de merluza común (*Merluccius gayi gayi*) frente a la costa central de Chile. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 41(3): 558-569.
- Chilès, J-P., y Delfiner, P. 2012. *Geostatistics: Modeling Spatial Uncertainty*, 2nd edn. John. Wiley & Sons, New York. 731 pp.
- Chong, J., C. Oyarzún, R. Galleguillos, E. Tarifeño, R. Sepúlveda y C. Ibáñez. 2005. Parámetros biológicos-pesqueros de la jibia, *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae), frente a la costa de Chile Central (29° - 40° S) durante 1993-1994. *Gayana* 69(2): 319-328.
- Clarke, K. R. y R. H. Green. 1988. Statistical design and analysis for a biological effects study. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol 46, pp.213-226.
- Clarke, K. R. y R. M. Warwick. 1994. *Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 144p.
- Cleveland, W.S., E. Grosse y W.M. Shyu 1992. Local regression models. In: Chambers, J.M., Hastie, T.J. (Eds.), *Statistical Models in S. Wadworth y Brooks/Cole Advanced Book and Software*. Pacific Grove, CA, 608 pp.
- Clifford, H.T. y W. Stephenson. 1975. *An introduction to numerical classification*, Academic Press, New York
- Cochran, W.G. 1977. *Sampling techniques*. 3rd edition. Wiley and Sons. New-York, 413 p.



- Cressie, N. 1985. Fitting variogram models by weighted least squares. *Journal of the International Association for Mathematical Geology*. Vol 17, Issue 5, pp 563–586
- Cressie, N. A. C. 1991. *Statistics for spatial data*. John Wiley and Son, Inc.
- Cressie, N. y Hawkins, D., 1980, Robust estimation of the variogram: I. *Journal of the International Association for Mathematical Geology*. Volume 12, Issue 2, pp 115–125
- Csirke J., J- Argüelles, A. Alegre, P. Ayón, M. Bouchon, G. Castillo, R. Castillo, R. Cisneros, R. Guevara-Carrasco, L. Lau, L. Mariátegui, C. Salazar, R. Tafur, J. Torrejón y C. Yamashiro. 2018. Biología, estructura poblacional y pesquería de la pota o calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Perú. *Boletín Instituto del Mar Perú*. Vol 33 (2). Julio – Diciembre 2018, pp 302-364.
- Cubillos, L. y Arancibia, H. 1992. Evaluación del recurso merluza común (*Merluccius gayi gayi*) de la zona centro sur de Chile por análisis de reducción de stock. *Biología Pesquera* 21: 13-19.
- Cubillos, L. A., H. P. Rebolledo and A. F. Hernández. 2003. Prey composition and estimation of Q/B for the Chilean hake, *Merluccius gayi* (Gadiformes, Merluccidae), in the central-south area off Chile (34° - 40°S), *Arch. Fish. Mar. Res.*, 50(3), pp. 271–286.
- Cubillos, L., Ibáñez Ch., González C. y A. Sepúlveda 2004. Pesca de Investigación: Pesca de Jibia (*Dosidicus gigas*) con red de cerco entre la V y X Regiones, año 2003. *Inst. Inves. Pesq. VIII Región. Talcahuano (Chile)*. : Pp.1-48.
- Cubillos, L., C. Alarcón y H. Arancibia. 2007. Selectividad por tamaños de las presas en merluza común (*Merluccius gayi gayi*), zona centro-sur de Chile (1992-1997). *Investigaciones Marinas*. 35(1):55-59.
- Chilton, D. y R. Beamish. 1982. Age determination methods for fishes studies by the groundfish. Program at the Pacific Biological Station. *Can. Pacific. Fish. Aquat. Sci.* 60:102 p.
- Dark, T. 1975. Age and growth of Pacific hake. *Merluccius productus*. *Fish. Bull.*, 73 (2).
- Dávila P., D. Figueroa & E. Muller. 2002. Freshwater input into the coastal ocean and its relation with the salinity distribution off austral Chile (35-55°S). *Continental Shelf Research*, 22:521-534.
- 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.



- Dewitte, B., M. Ramos, V. Echevin, O. Pizarro and Y. duPenhoat. 2008. Vertical structure variability in a seasonal simulation of a medium-resolution regional model of the Eastern South Pacific, *Prog. Oceanogr. Elsevier Ltd*, 79(2–4), pp. 120–137. doi: 10.1016/j.pocean.2008.10.014.
- Dobson, A y A. Barnett. 2018.. *An Introduction to Generalized Linear Models*. 4nd Edition. Taylor & Francis Group,.
- Domínguez-Petit, R., M. korta, F. Saborido-Rey, H. Murua, M. Sainza y C. Piñeiro. 2008. Changes in size at maturity of European hake Atlantic populations in relation with stock structure and environmental regimes. *J. Mar. Syst.*, 71: 260-278.
- Efron, B y R. Tibshirani. 1986. Bootstrap methods for standard errors, confidence intervals, and other methods of statistical accuracy. *Statistical Science* (1): 54-77.
- Enfield, D. B. D., and J. S. Allen. 1983. The generation and propagation of sea level variability along the Pacific coast of Mexico, *J. Phys. Oceanogr.*, pp. 1012–1033. doi: 10.1175/1520-0485(1983)013<1012:TGAPOS>2.0.CO;2.
- El Habouz, H., L. Recasens, S. Kifani, A. Moukrim, A. Bouhaimi y S. El Ayoubi. 2011. Maturity and batch fecundity of the European hake (*Merluccius merluccius*, Linnaeus, 1758) in the eastern central Atlantic. *Scientia Marina* 75 (3).
- Engelhard, G. y M. Heino. 2004. Maturity changes in Norwegian spring-spawning herring *Clupea harengus*: compensatory or evolutionary responses? *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol. 272: 245-256.
- Espino, M., Castillo, R. y Fernández, F. 1996. Biology and fisheries of Peruvian hake (*M. gayi peruanus*). En: Jürgen Alheit and Tony J. Pitcher (ed.) *Hake: Biology, fisheries and markets*. Chapman y Hall, London.
- Espino, M. y Wosnitza-Mendo, C. 1989. Relación entre las poblaciones de merluza (*Merluccius gayi peruanus*) y anchoveta (*Engraulis ringens*). En R. Jordán R. Kelly, O. Mora, A. Ch. de Vildoso y N. Henríquez (eds). *Simposio Internacional Sobre Recursos Vivos y Pesquerías en el Pacífico Sudeste*. (CPPS), *Rev. Pacífico Sur* (Número especial), 235-239.
- Espino, M. 2001. El ambiente y los recursos pesqueros en el Perú: Una visión de largo plazo. En: *Segundo taller regional sobre metodologías de evaluación hidroacústica de recursos pesqueros*. Com. Perm. Pacífico Sur: 11-14.
- Fahay, M.P. 1983. Guide to the Early Stages of Marine Fishes Occurring in the Western North Atlantic Ocean, Cape Hatteras to the Southern Scotian Shelf. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*. 4: 1 - 423.



- Faraway, J. 2016. Extending the linear model with R. Generalized Linear, Mixed Effects and Nonparametrics Regression Models. Second Edition. CRC Press. Taylor & Francis Group. 411 pages.
- Field, J., K. Baltz, J. Phillips y W. Walker. 2007. Range Expansion and Trophic Interactions of the Jumbo Squid, *Dosidicus Gigas*, in the California Current. CalCOFI Rep., Vol. 48: 131-146.
- Fischer, W. 1958. Huevos, crías y primeras prelarvas de la "anchoveta" (*Engraulis ringens*) Jenyns. Rev. Biol. 8(1, 2 y 3): 111-124.
- Foot, K. H. Knutsen, G. Vestnes, D. MacLennan y J. Simmonds. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. Cooperative Research Report. ICES No.144.
- Froese, R. 2004. Keep it simple: three indicators to deal with overfishing. Fish and fisheries, 5(86-91).
- Frontier, S. 1980. Métodos de análisis rápido en muestras planctónicas. Acta Ocean. Pacífico. 1(1):137-145.
- Gálvez, M., H. Rebolledo y C. Cuevas. 1999. Determinación de áreas y períodos de reclutamiento. En: Dinámica espacial y batimétrica del stock de merluza común en relación a su ciclo de vida en la zona centro-sur. Informe Final Proyecto FIP, [http://fip.cl/proyectos/1997/IT 97-21](http://fip.cl/proyectos/1997/IT_97-21).
- Gálvez, M. y H. Rebolledo. 2005. Estimating codend size selectivity of bottom trawl net in Chilean hake (*Merluccius gayi gayi*) fishery. Investigaciones Marinas Valparaíso. 33(2):151-165.
- Gálvez, P. 2006. Indicadores biológico-pesqueros de merluza común (*Merluccius gayi*, Guichenot 1848), obtenidos de la flota industrial. [http://www.Subpesca.cl/indicadores flota industrial \(P. Galvez\).pdf](http://www.Subpesca.cl/indicadores_flota_industrial_(P._Galvez).pdf).
- Gálvez, P., F. Balbontín, G. Claramunt y J. Sateler. 2008. Monitoreo de las condiciones reproductivas de merluza común durante la veda biológica 2007. Informe Final Proyecto FIP N° 2007-28.
- Gálvez, P., F. Balbontín, G. Claramunt, G. Herrera y J. Sateler. 2009. Monitoreo de las condiciones reproductivas de merluza común durante la veda biológica 2008. Informe Final Proyecto FIP N° 2008-13.
- Gálvez, P., J. Sateler, J. Olivares, V. Escobar, V. Ojeda, Z. Young y J. González. 2012. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Proyecto: Pesquería Demersal Zona Centro Sur y Aguas Profundas, 2010 Sección II: Pesquería Demersal, 2010. Informe Final SUBPESCA, Valparaíso, Chile, IFOP.



- Gálvez, P., J. Sateler, J. Olivares, R. San Juan, G. Moyano, E. Garcés, K. Belmar y J. González. 2017. Seguimiento de las pesquerías demersales y aguas profundas 2016. Sección II: Pesquería demersal centro sur, 2016. Informe Técnico Final, Valparaíso, Chile, IFOP.
- Gatica, C. y L. Cubillos. 2004. Análisis talla-estructurado de los cambios de abundancia en *Merluccius gayi gayi* entre 1992 y 2000. *Investig. mar.*, 2004, vol.32 (1): 71-87.
- Ginsburg, I. 1954. Whittings on the coast of the Americas continents. *Fish. Bull. U.S. Fish. Wild. Serv.* 96(56): 187 – 208.
- Glantz, S. y B. Sliker. 1990. *Primer of Applied Regression and Analysis of Variance*. McGraw-Hill.
- Gordon, S., H. Chisheng y K. Stephen. 1992. Spatial analysis of Bearing Sea groundfish survey data using generalized additive models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1366-1378.
- Griffiths, F. B., G. H. Brown, D. D. Ried y R. R. Parker. 1984. Estimation of sample zooplankton abundance from Folsom splitter sub-samples. *J. Plank. Res.*, 6(5): 721-731.
- Guevara-Carrasco, R. y Leonart, J., 2008. Dynamics and Fishery of the Peruvian hake: between the nature and the man. *Journal of Marine Systems*. 71, 249–259.
- Gunderson, D. R. 1993. *Surveys of Fisheries Resources*. John Wiley and Sons. N.Y. 248 pp.
- Guttorp, P. y T. Gneiting. 2006. Studies in the history of probability and statistics on the Matern correlation family. *Biometrika*, 93 (4) (2006), pp. 989-995
- Habouz, H., L. Recasens, S. Kifani, A. Moukrim, A. Bouhaimi and S. El Ayoubi. 2011. Maturity and batch fecundity of the European hake (*Merluccius merluccius*, Linnaeus, 1758) in the eastern central Atlantic. *Scientia Marina* 75 (3).
- Hansen, R., W. Madow, y W. Huwitz. 1954. *Sample survey methods and theory*. Vol. I and II. Methods and applications. J. Wiley and Sons. 564 pp.
- Harbitz, A y Aschan, M. (2003). A two-dimensional geostatistic method to simulate the precision of abundance estimates. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 60(12): 1539-1551.
- Hastie, T. y R. Tibshirani. 1990. *Generalized additive Models*. Chapman y Hall, New York, 559 pp.
- Helsel, D.R. y R. M. Hirsch, 2002. *Statistical Methods in Water Resources Techniques of Water Resources Investigations, Book 4, chapter A3*. U.S. Geological Survey. 522 pages.
- Herrera, G., E. Bustos-Obregón y F. Balbontín. 1988. Morphological aspects of the gonadal maturation in the hake, *Merluccius gayi gayi*. *Rev. Biol. Mar.* 24 (1): 55-71.



- Holm-Hansen, O., Lorenzen, C. J., Holmes, R. W. and Strickland, J. D. H. 1965. Fluorometric Determination of Chlorophyll, ICES J. Mar. Sci., 30(1), 3–15, doi:10.1093/icesjms/30.1.3, 1965.
- Hormazabal, S., G. Shaffer and O. Pizarro. 2002. Tropical Pacific control of intraseasonal oscillations off Chile by way of oceanic and atmospheric pathways, Geophys. Res. Lett., 29(6), pp. 1–4. doi: 10.1029/2001GL013481.
- Hormazabal, S., V. Combes, C. E. Morales, M. A. Correa-Ramirez, E. Di Lorenzo & S. Nuñez. 2013. Intrathermocline eddies in the coastal transition zone off central Chile (31–41S). Journal of Geophysical Research, 118:1-11.
- Hunter, J. y S. Goldberg. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fish Bull., U.S. 77: 641-652.
- Hunter, J., N. Lo y R. Leong. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. En: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 67 - 77.
- Hunter, J. 1985. Preservation of northern anchovy in formaldehyde solution. In: R. Lasker (Ed) An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 63-65.
- Hunter, J. y B. Macewicz. 1985. Measurements of spawning frequency 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 Tech. Rep. NMFS 36: 79-94.
- Hilborn, R., y C. Walters 1987. A general model for simulation of stock and fleet dynamics in spatially heterogeneous fisheries. Can. J. of Fish. and Aquat. Sci., 44: 1366 -1369.
- Hinckley, S. 1990. Variation of egg size of Walleye Pollock *Theragra chalcogramma* with a preliminary examination of the effect of egg size on larval size. Fish. Bull., U.S. 88: 471-483.
- ICSEAF. 1983. Guía de ICSEAF para la interpretación de Otolitos N° Merluza. Comisión Internacional de Pesquerías del Atlántico Sur - Oriental.
- Ibáñez CM, H Arancibia y LA Cubillos. 2008. Biases in determining the diet of jumbo squid *Dosidicus gigas* (D'Orbigny 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae) off southern-central Chile (34°S-40°S). Helgoland Marine Research 62(4): 331-338.
- Isaaks, E.H., y Srivastava, R.M. 1989. An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford Univ. Press, New York, USA
- Johnson, D. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. ITP Eds.



- Jorgensen, B., 1997. *The Theory of Dispersion Models*. Chapman and Hall, London, p. 237.
- Journel, A. G. y Huijbregts, C. T., 1978, *Mining geostatistics*: New York, Academic Press, 600 p.
- Jurado-Molina, J., C. Gatica y L. Cubillos, L. 2006. Incorporating cannibalism into age-structured model for the Chilean hake. *Fish. Res.* 82: 30-40.
- Kalikhman, J. y K. Yudanov. 2006. Acoustic fish reconnaissance. *Marine science series*: 32. 243 p.
- Karstensen, J. 2004. Formation of the South Pacific Shallow Salinity Minimum: A Southern Ocean Pathway to the Tropical Pacific. *Journal of Physical Oceanography*, 34:2398-2412.
- Kieser, R., W. Saunders y K. Cooke. 1998. Review of hydroacoustic methodology and Pacific hake biomass estimates for the Strait of Georgia, 1981 to 1998. *Can. Stock Asses. Res. Secret. Res. Doc.* 99/15. 53 pp.
- Kritzer, J. P. C. R. Davies y B. D. Mapstone. 2001. Characterizing fish populations: effects of sample size and population structure on the precision of demographic parameter estimates. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.* 58: 1557-1568.
- Kitanidis, P. y R. Lane. 1985. Maximum likelihood parameter estimation of hydrologic spatial processes by the Gauss-Newton method. *Journal of Hydrology*, vol. 79, Issues 1–2, pp 53-71.
- Lambert, TC. 1990. The effect of population structure on recruitment in herring. *J. Cons. Int. Explor. Mer* 47: 249-255.
- Lambert, Y., N. Yaragina, G. Kraus, G. Marteinsdottir and P. Wright. 2003. Using environmental and biological indices as proxies for egg and larval production of marine fish. *J. Northwest Atl. Fish. Sci.* 33: 115-159.
- Lambsead, P., H. Platt y K. Shaw. 1983. The detection of difference among assemblages of marine benthics species based on an assessment of dominance and diversity. *J. Nat. Hist.* 17: 859 – 874.
- Landaeta, M. y L. Castro. 2011. Seasonal and annual variation in Chilean hake *Merluccius gayi* spawning locations and egg size off central Chile. *Progress in Oceanography* Vol. 92, No. 1, 2012, pp. 166-177.
- Leal, E. y E. Díaz. 2012. Estimación de la Ojiva de Madurez Sexual en Jurel. SUBPESCA.
- Letelier, J., O. Pizarro & S. Nuñez. 2009. Seasonal variability of coastal upwelling and the upwelling front of central Chile. *Journal of Geophysical Research*, 114 (C12009).
- Lillo, S., J. Córdova y A. Paillamán. 1996. Target strength measurements of hake and jack mackerel. *ICES. J. Mar. Sci.* 53: 267-271.



- Lillo, S., J. Cordova, M. Rojas, V. Ojeda, J. Olivares, R. Tascheri, M. Braun, S. Núñez y J. Ortiz. 1999. Evaluación Hidroacústica del stock de merluza común explotado en la zona centro-sur. -Informe Final Proyecto FIP, IFOP. <http://fip.cl/proyectos/1999/IT 99-03>.
- Lillo, S., S. Nuñez, V. Ojeda, F. Balbontín, M. Braun, R. Tascheri, A. Saavedra, R. Bravo, L. Cubillos y J. Olivares. 2002. Evaluación hidroacústica del recurso merluza común en la zona centro-sur, 2001. Informe final proyecto FIP 2001-18. <http://fip.cl/proyectos/2001/IT 2001-18>.
- Lillo, S., R. Rojas, R. Tascheri, V. Ojeda, J. Olivares, F. Balbontín, R. Bravo, S. Nuñez, M. Braun, J. Ortiz, P. Torres, F. Véjar, L. Cubillos y A. Saavedra. 2003. Evaluación hidroacústica del recurso merluza común en la zona centro-sur, 2002. Informe finalproyecto FIP 2002-03. [/http://fip.cl/proyectos/2002/IT2002-03](http://fip.cl/proyectos/2002/IT2002-03).
- Lillo, S., J. Olivares, M. Braun, E. Díaz, S. Núñez, A. Saavedra, J. Saavedra y R. Tascheri. 2005. Evaluación hidroacústica de merluza común, año 2004. Informe final proyecto FIP 2004-09. <http://fip.cl/proyectos/2004/IT 2004-09>.
- Lillo, S., J. Olivares, M. Braun, S. Núñez, A. Saavedra, J.C. Saavedra y E. Molina. 2006. Evaluaciones hidroacústicas de merluza común, 2005. Informe final proyecto FIP 2005-05. <http://fip.cl/proyectos/2005/IT 2005-05>.
- Lillo, S., R. Bahamonde, J. Olivares, J.C. Saavedra, E. Molina, E. Díaz, M. Braun, S. Nuñez, E. Navarro, S. Vásquez, A. Sepúlveda, R. Alarcón y A. Saavedra. 2007. Evaluaciones hidroacústicas de merluza común, año 2006. Informe final proyecto FIP 2006-03. <http://www.fip.cl/proyectos/2006/IT 2006-03>.
- Lillo, S., E. Molina, J.C. Saavedra, J. Olivares, E. Díaz, S. Núñez, E. Navarro, S. Vásquez, R. Alarcón, A. Sepúlveda, M. Braun y A. Saavedra. 2009. Evaluación hidroacústica de merluza común, año 2007. Informe Final, FIP 2007-16.
- Lillo, S., R. Bahamonde, J. Olivares, J. C. Saavedra, E. Molina, E. Díaz, S. Núñez, M. Braun y A. Saavedra. 2010. Evaluaciones hidroacústicas de merluza común, año 2009. Informe Final Proyecto FIP 2009-13.
- Lillo, S., R. Bahamonde, J. Olivares, J. C. Saavedra, E. Molina, E. Díaz, M. Braun, S. Núñez, S. Vásquez, M. Reyes, A. Sepúlveda y A. Saavedra. 2011. Evaluación hidroacústica de merluza común, año 2010. Informe Final Proyecto FIP 2010-10.
- Lillo, S., R. Bahamonde, J. Olivares, J. C. Saavedra, E. Molina, E. Díaz, M. Braun, S. Nuñez, S. Vásquez, M. Reyes, A. Sepúlveda y A. Saavedra. 2012. Evaluación hidroacústica de merluza común, año 2011. Informe Final Proyecto FIP 2011-03.
- Lillo S., R. Bahamonde, J. Olivares, J.C. Saavedra, E. Molina, E. Díaz, E. Molina, M. Rojas, M. Braun, J. Angulo, V. Valenzuela, S. Núñez, S. Vásquez, A. Sepúlveda, S. Soto y A.



- Saavedra. 2013. Evaluación hidroacústica de merluza común, año 2012. Informe Final Proyecto FIP 2012-04.
- Lloris, D., J. Matallanas y P. Oliver. 2003. Merluzas del mundo (Familia Merlucciidae). Catálogo comentado e ilustrado de las merluzas conocidas. FAO Catálogo de Especies para los Fines de la Pesca. No. 2. Roma, FAO, 2003. 57p.
- Ludwing, J. y F Reynolds. 1988. *Statistical Ecology*. John Wiley and Sons. Nueva York. 337P
- Mason, E., Pascual, A., & McWilliams, J. C. 2014. A new sea surface height-based code for oceanic mesoscale eddy tracking. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 31(5), 1181–1188. <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-14-00019.1>
- Mardia, K. V. y R. J. Marshall. 1984. Maximum likelihood estimation of models for residual covariance in spatial regression. *Biometrika*, Vol. 71, Issue 1, pp 135–146, <https://doi.org/10.1093/biomet/71.1.135>
- Markaida, U. 2006. Food and feeding of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California and adjacent waters after the 1997–98 El Niño event. *Fisheries Research* 79 (2006) 16–27.
- McClain, C.R. 2004. Connecting species richness, abundance and body size in deep-sea gastropods. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 13, 327–334
- McClatchie S., G. Macaulay y R. Coombs. 2003. A requiem for the use of 20 log₁₀ Length for acoustic target strength with special reference to deep-sea fishes. *ICES Journal of Marine Science* 60(2):419-428.
- MacLennan, D. 2000. Fuerza de blanco de *Merluccius gayi* peruanus: Una revisión del experimento de Johannesson y Vilchez. *Inf. Inst. Mar. Peru* n° 151.
- Macchi, G.J., Pájaro, M., Militelli, M.I., Radovani y N., Rivas, L., 2006. Influence of size, age and maternal condition on the oocyte dry weight of Argentine hake (*Merluccius hubbsi*). *Fisheries Research* 80, 345–349.
- Martínez, E. 1976. Variabilidad de los caracteres merísticos en *Merluccius gayi* (Guichenot, 1848) en la costa de Chile. *Rev. Biol. Mar., Valparaíso* 16: 71-93.
- Marshall CT., Kjesbu OS., Yaragina NA., Solemdal P. y Ulltang O. 1998. Is spawner biomass a sensitive measure of the reproductive and recruitment potential of Northeast Arctic cod?. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55: 1766 – 1783.
- Matarese, C., A. W. Kendall, D. Blood y B. Vinter. 1989. Laboratory guide to early life history stages of northeast pacific fishes. NOAA Technical Report NMFS 80. 655 pp.



- Matern, B., 1960. Spatial Variation. Meddelanden fran Statens Skogsforskningsinstitut, 49, no. 5 (second ed., 1986, Lecture Notes in Statistics, no. 36). Springer, New York (1960)
- Matheron, G., 1971, The theory of regionalized variables and its applications: Fontainbleau, France, Ecole de Mines, 212 p.
- McCullagh, P. y J.A. Nelder. 1989. Generalized Linear Models. Chapman y London, 394 pp.
- Mehult, S., R. Dominguez-Petit, S. Cerviño y F. Saborido-Rey. 2010. Variability in total egg production and implications for management of the southern stock of European hake. Fisheries Research 104 (1-3): 111–122.
- Meléndez, R. (1984). Alimentación de *Merluccius gayi* (Guichenot) frente a Chile central (32 05'S-36 50'S). Bol. Mus. Nac. Hist. Nat., Chile.
- Mertz, G. y R. A. Myers. 1994. Match-mismatch predictions of spawning duration versus recruitment variability. Fisheries Oceanography 3-4: 236-245.
- Millero, F. y A. Poisson. 1981. International one atmosphere equation of state for seawater. Deep Sea Res. 28A: 625 - 629.
- Molina, E., J. Legua, S. Lillo, J. Olivares, J. C. Saavedra, E. Díaz, M. Rojas, J. Angulo, F. Osorio, E. Velasco, S. Núñez, S. Vásquez, R. Luna y B. Leiva. 2018. Evaluación directa de merluza común, 2017. Informe Final. Convenio de Desempeño 2017. Subsecretaría de Economía y EMT.
- Molina, E., J. Legua, S. Lillo, J. Olivares, E. Díaz, M. Rojas, F. Osorio, J. Bonicelli, S. Hormazabal, M. Cornejo, A. Murillo, N. Silva, J. Bento, M. Fernández, P. Muñoz, E. Sagardia, J. Fernández, D. Donoso y B. Leiva. 2019. Evaluación directa de merluza común, 2018. Informe Final. Convenio de Desempeño 2018-2019. Subsecretaría de Economía y EMT.
- Moser, H.G., W.J. Richards, D.M. Cohen, M.P. Fahay, A. W. Kendall y S.L. Richardson (Eds). 1984. Ontogeny and Systematics of Fishes. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Special Publication. (1): 760 pp.
- Murua, H., G. Kraus, F. Saborido-Rey, A. Thorsen, P. Witthames, y S. Junquera. 2003. Procedures to estimate fecundity of marine fish species in relation to their reproductive strategy. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science 33: 33-54.
- Murua, H. y F. Saborido-Rey. 2003. Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 23 – 31.
- Myers, R.A. y N.G. Cadigan. 1995. Was an increase in natural mortality responsible for the collapse of northern cod? Can. J. of Fish. Aquat. Sci. Vol. 52, 1274-1285.



- Neira, F.J. 1994. *Curso: The Early Life History of Teleost Fishes: Use of Ichthyoplankton Data in Fish and Fisheries Research*. Depto de Zoología. Universidad de Concepción, 395 pp.
- Neira, S., C. Moloney, V. Christensen, P. Cury, L. Shannon y H. Arancibia. 2014. Analysing changes in the southern Humboldt ecosystem for the period 1970–2004 by means of dynamic food web modeling. *Ecological Modelling* 274 (2014) 41– 49.
- Newell, G. E. y R. C. Newell. 1966. *Marine plankton a practical guide*. Hutchinson Educational, University of London, 221 pp.
- NODC. 1991. National oceanographic data center, user guide. En: *Key to oceanographic records documentation N°14 NOAA*.
- Neumann, V., F. W. Köster, M. Schabber and M. Eero. 2014. Recovery in eastern Baltic cod: is increased recruitment caused by decreased predation on early life stages?. *Journal of Marine science*, 71(6), 1382-1392.
- Nunes, C., A. Silva, V. Marques y K. Ganius. 2011. Integrating fish size, condition, and population demography in the estimation of Atlantic sardine annual fecundity. *Ciencias Marinas*, 37(4B): 565-584.
- Ojeda, V. y M. Aguayo, 1986. Edad y crecimiento de merluza del sur (*Merluccius australis*) (Gadiformes - Merlucciidae). *Invest. Pesq. (Chile)* 33:47-59.
- Ojeda, F. P., Labra, F. A y Muñoz, A. 2000. Biogeographic patterns of Chilean littoral fishes. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, Dec. 2000: 73(4): 625-641.
- Ona E. y Mitson R. 1996. Acoustic sampling and signal processing near the seabed: the deadzone revisited. *ICES Journal of Marine Science*, 53: 677–690.
- Palma, S. y K. Kaiser. 1993. *Plancton marino de aguas chilenas*. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso, Chile. 151 pp.
- Páramo, J. y R. Roa. 2003. Acoustic-geostatistical assessment and habitat-abundance relations of small pelagic fish from the Colombian. *Fish. Res.*:60: 309-319.
- Paramo, J., M. Wolff y U. Saint-Paul. 2012. Deep-sea fish assemblages in the Colombian Carribe. *Fisheries Research* 125-126. Pages 87-98.
- Parsons, T. R., Y. Maita y C. M. Lalli. 1984. *A Manual of chemical and biological methods for seawater analysis* Pergamon Press, 172 pp.
- Parrish, R., D. Mallicoate, R. Klingbeil. 1986. Age dependent fecundity, number of spawnings per year, sex ratio, and maturation stages in northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fish. Bull. US* 84: 503-517.



- Payá, I. S, Mora, H. Pool, H. Miranda, J. Ortega y R. Saldías. 1996. Cuantificación del reclutamiento de merluza común en la zona centro sur. 1996. FIP. 94-21. Instituto de Fomento Pesquero, 28 p.
- Payá, I., C. Oyarzún, R. Galleguillos y M. Oliva. 1997. Unidades de stock en el recurso merluza común de la zona centro-sur. Informes Técnicos FIP-IT/94-18.
- Payá, I. 1997. Evaluación de stock y modelos de reclutamiento y éxito reproductivo. En: Dinámica del stock de merluza común y su relación con el medio ambiente. Informe Final de investigación para el Consejo de Investigación Pesquera. Proyecto FIP 1995-21.
- Payá, I. 2006. Evaluación y Estado del stock de merluza común. [http://Subpesca.cl/Evaluación y Estado del stock de merluza común \(I. Payá - IFOP\).pdf](http://Subpesca.cl/Evaluación%20y%20Estado%20del%20stock%20de%20merluza%20común%20(I.%20Payá%20-%20IFOP).pdf).
- Pebesma, E.J., R.S. Bivand, 2005. Classes and methods for spatial data in R. R News 5 (2), <http://cran.r-project.org/doc/Rnews/>.
- Peña, D., 2002. Análisis de datos multivariados, 539 pp. McGraw-Hill, Madrid
- Pennington, M. 1986. Some statistical techniques for estimating abundance indices from trawl surveys. Fish. Bull. (U.S.) 84:519-525.
- Pequeño, G.R. 1984. Peces de Chile. Lista sistemática revisada y comentada. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 24(2): 1 - 132.
- Pérez-Santos, I., J. Gárces-Vargas, W. Schneider, L. Ross, S. Parra and A. Valle-Levinson. 2014. Double-diffusive layering and mixing in Patagonian Fjords, Prog. Nat. Sci., 129(Part A), pp. 35–49. doi: 10.1016/j.pocean.2014.03.012.
- Perry, R. y S. Smith. 1994. Identifying habitat associations of marine fishes using survey data: An application to the Northwest Atlantic. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 51:589-602.
- Perry, R., M. Stocker y J. Fargo. 1994. Environmental effects on the distribution of groundfish in Hecate Strait, British Columbia. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 51:1401-1409.
- Petitgas, P. 1991. Contributions géostatistiques a la biologie des pêches maritimes. Thèse de doctorat, Centre de Géostatistique, Fontainebleau, 211 pp.
- Petitgas, P., Woillez, M., Rivoirard, J., Renard, D., and Bez, N. 2017. Handbook of geostatistics in R for fisheries and marine ecology. ICES Cooperative Research Report. No. 338. 177 pp.
- Pienaar J. V. y W. K. Ricker. 1968. Estimating mean weight from length statistics. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 1968, 25(12): 2743-2747, <https://doi.org/10.1139/f68-253>



- Pool, H., F. Balbontín, N. Cortez, M. Arriaga y C. Montenegro. 1996. Interacciones tróficas recursos demersales zona sur-austral. Informe FIP 94-32, IFOP, 68 pp + Tablas y Figuras.
- Postel, L., H. Fock y W. Hagen. 2000. Biomass and abundance. En: Zooplankton methodology manual. Ed: R. P Harris, P. H. Wiebe, J. Lenz, H. R. Skjoldal and M. Huntley. ICES.
- Queirolo, D., M. Ahumada, C. Hurtado, M. Soriguer y K. Erzini. 2012. The effects of subsampling and between-haul variation on the size-selectivity estimation of Chilean hake (*Merluccius gayi gayi*). *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 40(2): 345-357, 2012 345. DOI: 10.3856/vol40-issue2-fulltext-9.
- Ramos, M. 2009. Fluctuaciones de baja frecuencia en el Pacífico sudoriental y su relación con ondas de Rossby: Comparación entre observaciones y teoría. Tesis para optar al grado de Doctor en Oceanografía. Universidad de Concepción. 127 pp.
- Rebolledo, H. 2006. Estadística e indicadores operacionales y biológicos pesqueros de la pesquería de la merluza común. Flota industrial. [http://www.Subpesca.cl/indicadores flota industrial \(H Rebolledo\).pdf](http://www.Subpesca.cl/indicadores_flota_industrial_(H_Rebolledo).pdf).
- R. Development Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Renard, D., Bez, N., Desassis, N., Beucher, H., Ors, F., and Laporte, F. 2016. RGeostats: The Geostatistical package [version 11.0.2]. MINES Paris Tech. Free download from: <http://cg.ensmp.fr/rgeostats>.
- Renault, L., C. Deutsch, J. McWilliams, H. Frenzel, J.-H. Liang & F. Colas. 2016. Partial decoupling of primary productivity from upwelling in the California Current system. *Nature Geoscience*, 9:505-508.
- Ricker W. 1958. Handbook of computations for biological statistics of fish population. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, N° 119.
- Rindorf, A. y Lewy, P. 2001. Analyses of length and age distributions using continuation-ratio logits. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* Vol. 58, 1141-1152 pp.
- Riquelme-Bugueño, R., S. Núñez, E. Jorquera, L. Valenzuela, R. Escibano and S. Hormazábal. 2012. The influence of upwelling variation on the spatially-structured euphausiid community off central-southern Chile in 2007-2008, *Prog. Oceanogr.*, 92-95, pp. 146-165. doi: 10.1016/j.pocean.2011.07.003.
- Rivoirard, J., J. Simmonds, K. G. Foote, P. Fernandes y N. Bez. 2000. *Geostatistics for estimating fish Abundance*. Blackwell Science.



- Robinson C. J., J. Gómez-Gutierrez, U. Markaida y W. Gilly. 2016. Prolonged decline of Jumbo squid (*Dosidicus gigas*) landings in the Gulf of California is associated with chronically low wind stress and decreased chlorophyll a after El Niño 2009-2010. *Fisheries Research* 173, pp 128-138.
- Roa, R., B. Ernst y F. Tapia. 1999. Estimation of size at sexual maturity: an evaluation of analytical and resampling procedures. *Fish. Bull.* 97: 570-580.
- Rojas, R y N. Silva. 1996. Atlas oceanográfico de Chile. Vol. 1. 1º edición. Servicio Hidrográfico de la Armada de Chile, 130 p.
- Rokne, J. 1996. The área of a simple polygon. Pp: 5 – 6 in: Arvo, J.
- Rosas-Luis, R., R. Tafur-Jimenez, A. R. Alegre-Norza, P. R. Castillo-Valderrama, R. M. Cornejo-Urbina, C. A. Salinas-Zavala y P. Sánchez. (2011). Trophic relationships between the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) and the lightfish (*Vinciguerria lucetia*) in the Humboldt Current System off Peru. *Scientia Marina*, 75(3), 549-557. doi:10.3989/scimar.2011.75n3549.
- Ruddick, B., and D. Hebert. 1988. The Mixing of Meddy 'Sharon', Elsevier Oceanogr. Ser. Elsevier, 46(C), pp. 249–261. doi: 10.1016/S0422-9894(08)70551-8.
- San Martín, M. A., R. Wiff, J. C. Saavedra-Nievas, L. A. Cubillos and S. Lillo. 2013. Relationship between Chilean hake (*Merluccius gayi gayi*) abundance and environmental conditions in the central-southern zone of Chile, *Fish. Res. Elsevier B.V.*, 143, pp. 89–97. doi: 10.1016/j.fishres.2013.01.010.
- Santander, H., J. Alheit y P. Smith. 1984. Estimación de la biomasa de la población desovante de anchoveta peruana, *Engraulis ringens*, en 1981 por aplicación del "Método de Producción de Huevos". *Bol. Inst. Mar Perú, Callao.* 8: 209-250.
- Sauskan, V.I. y V.P. Serebriakov. 1968. Reproduction and Development of the Silver Hake *Merluccius bilinearis* Mitchill. *Voprosy Iktiologii* 8 (3).
- Scalabrin, C. 1997. Identification acoustique des especes pélagiques a partir d'attributs discriminants des bancs de poissons monospecificues. Thèse. Ecole doctorale des sciences de la mer. Universidad de Bretagne.
- 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.
- Schnute, J.T., N.M. Boers y R. Haigh. 2004. PBS software: maps, spatial analysis, and other utilities. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2496: viii + 82 p.



- 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, *J. Phys. Oceanogr.*, 27(2), pp. 217–235. doi: 10.1175/1520-0485(1997)027<0217:CALFVN>2.0.CO;2.
- Sheldon, R., A. Prokash y W. Sutcliffe. 1972. The size distribution of particles in the ocean. *Limnology and oceanography*. 17, 327-340.
- Shono, H. 2008. Application of the Tweedie distribution to zero-catch in CPUE análisis. *Fisheries Research* 93: 154-162.
- Schneider, W., Fuenzalida, R., Núñez, R., Garcés, J., Bravo, L. y D. Figueroa, 2007. Discussion of The Humboldt Current System and Water Masses in the North Zone and Center off Chile. *SCH. Ciencia y Tecnología del Mar* 30(1), 21-36.
- Selman, K. y R. Wallace. 1989. Cellular aspects of oocyte growth in teleosts. *Zoological Science*. 6: 211-231.
- Sepúlveda, A. 1997. Series ambientales y modelos de distribución del stock. En: *Dinámica del stock de merluza común y su relación con el medio ambiente*. Fondo de Investigación Pesquera., IT/FIP96-28.
- Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca). 2011. Cifras preliminares de desembarque, cosechas y agentes pesqueros y de acuicultura año 2010. Departamento Sistemas de Información y Estadísticas Pesqueras, 24 pp. <http://www.sernapesca.cl/>
- Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca). Consumo y control cuotas, 2019 (<http://www.sernapesca.cl/informacion-utilidad/consumo-de-cuotas>).
- Silva, N., C. Calvete & H. Sievers. 1997. Características oceanográficas físicas y químicas de canales australes chilenos entre Puerto Montt y laguna San Rafael (Crucero Cimar Fiordo 1). *Ciencia y Tecnología del Mar*, 20:23-106.
- Silva, N., N. Rojas, and 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 Res. II*, 56(16), 1004–1020.
- Simmonds, E, y D. MacLennan. J. 2005. *Fish and Fisheries Series, 5: Fisheries acoustics*. Chapman and Hall, London, 438 pp.
- Simrad, 2008. *Simrad EK60 Scientific echo sounder system. Instruction manual*. 91 pp.
- Smith, P. E. y S. L. Richardson. 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. *FAO, Doc. Téc. Pesca (175)*: 107 pp.



- Sobarzo, M., L. Bravo, D. Donoso, J. Garcés-Vargas & W. Schneider. 2007. Coastal upwelling and seasonal cycles that influence the water column over the continental shelf off central Chile. *Progress in Oceanography*, 75:363-382.
- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca). 2012. Cuota global anual de captura de merluza común (*Merluccius gayi gayi*), año 2013. Inf. Tec. (R. Pesq.) N° 215/2012, Subsecretaría de Pesca, Valparaíso, 43 p.
- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca). 2013. Cuota global anual de captura de merluza común (*Merluccius gayi gayi*), año 2014. Inf. Tec. (R. Pesq.) N° 214/2013, Subsecretaría de Pesca, Valparaíso, 6 p.
- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca). 2018. Estado de situación de las principales pesquerías chilenas, año 2017. Departamento de Pesquerías. División de Administración Pesquera, marzo 2018. <http://www.subpesca.cl/portal/618/w3-article-100052.html>.
- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca). 2019. Estado de situación de las principales pesquerías chilenas, año 2018. Departamento de Pesquerías. División de Administración Pesquera, marzo 2019. <http://www.subpesca.cl/portal/618/w3-article-103742.html>.
- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca). 2020. Estado de situación de las principales pesquerías chilenas, año 2019. Departamento de Pesquerías. División de Administración Pesquera, marzo 2020. <http://www.subpesca.cl/portal/618/w3-article-107314.html>
- Stearns, S. C. y R. E. Crandall. 1984. Plasticity for age and size at sexual maturity: a life-history response to unavoidable stress. En: G. W. Potts and R. J. Wootton (Eds). *Fish reproduction. Strategies and tactics*. Academic Press, pp. 13-33.
- Strub, P., J. Mesías, V. Montecino, J. Rutlant and S. Salinas. 1998. Coastal ocean circulation off western South America, in Robinson, A. R. and Brink, K. H. (eds) *Sea*, Vol 11. New York: John Wiley & Sons, Inc., pp. 273–314.
- Svelling, I. y E. Ona. 1999. A summary of target strength observations on fishes from the shelf off West Africa. *Target strength conference*. Berlin 1999. 4 pp.
- Tascheri, R., J. Sateler, V. Ojeda, J. Olivares, R. Vega, R. Wiff, M. Montecinos, L. Cid, J. Merino, J. González, C. Toledo y E. Palta. 2004. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. *Investigación Estado de Situación Pesquería Demersal Zona Centro - Sur, 2003. Informe Final a SUBPESCA*.



- Tascheri, R., J. Sateler, H. Rebolledo, R. Alarcón, L. Bustos, P. Barraza, S. Nuñez, A. Sepúlveda y J. González. 2006. Monitoreo de las capturas de merluza común, año 2005. Informe Final proyecto FIP 2005-07.
- Tascheri, R., J.C. Saavedra-Nievas y R. Roa-Ureta, 2010. Statistical models to standardize catch rates in the multi-species trawl fishery for Patagonian grenadier (*Macrurus magellanicus*) off Southern Chile. *Fisheries Research*, Vol. 105.
- Tascheri, R., P. Gálvez, J. Sateler y A. Flores. 2012. Convenio “Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2012”, merluza común, 2012. SUBPESCA/octubre 2011.
- Tascheri, R. 2013. Evaluación de stock. En: Segundo Informe Final. Convenio II: Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales 2014. Proyecto 2.9: Investigación del estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables en Merluza común, año 2014. IFOP/Subsecretaría de Economía. 211 p.
- Templeman, W y C.A. Bishop 1979 Sexual maturity and spawning in haddock, *Melanogrammus aeglefinus*, of St. Pierre Bank. *ICNAF Res. Bull.* 14. p. 77-84.
- Traynor, J. 1996. Target-strength measurements of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) and pacific whiting (*Merluccius productus*). *ICES Journal of Marine Science*, 53: 253 – 258.
- Trippel, E. A., Kjesbu, O. S., Solemdal, P. 1997. Effects of adult age and size structure on reproductive output in marine fishes. In: Chambers RC Trippel, EA (Ed.), *Early life history and recruitment in fish populations*. Chapman and Hall, London, pp. 31-62.
- Troupin C., F. Machín, M. Ouberdous, D. Sirjacobs, A. Barth y J.-M. Beckers. 2010. High-resolution climatology of the northeast Atlantic using Data-Interpolating Variational Analysis (Diva). *Journal of Geophysical Research: Oceans* (1978–2012) Vol 115 Issue C8.
- Ulloa, P., M. Fuentealba y V. Ruiz. 2006. Hábitos alimentarios de *Dosidicus gigas* (D’Orbigny, 1835) (Cephalopoda: Teuthoidea) frente a la costa centro-sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*: 79: 475-479.
- UNESCO. 1981. The practical salinity scale 1978 and the international Equation of State of Seawater 1980. UNESCO Tech. Papers in Mar Sci. N°36.
- Vargas, C. y L. Castro. 2001. Spawning of the Chilean hake (*Merluccius gayi*) in the upwelling system off Talcahuano in relation to oceanographic features. *Sci. Mar.* 65(2): 101 – 110.
- Venables, W. N. y B. D. Ripley. 1997. *Modern Applied Statistics with SPLUS*. Springer, 2nd edition.



- Vestnes G., A. Stroem, G. Seatersdal, L. Villegas y H. Trujillo. 1966. Informe Sobre Pescas Exploratorias en la Zona Talcahuano – Valdivia. Octubre – Noviembre 1965, Realizadas con el B/l “Carlos Darwin”. Instituto de Fomento Pesquero, Publicación N° 16.
- Vidal, R., W. Carson y R. Gold. 2012 Population structure in Chilean hake *Merluccius gayi* as revealed by mitochondrial DNA sequences. *Journal of Fish Biology* (2012) 81, 1763–1772 doi:10.1111/j.1095-8649.2012.03440.x
- Vivanco, M. 1999. Análisis estadístico multivariable. Editorial Universitaria, Chile. 233 p.
- Wallace, R. y K. Selman. 1981. Cellular and dynamic aspects of the oocyte growth in teleosts. *Amer. Zool.*, 21: 325-343.
- Warwick, R. M. 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthics communities. *Mar. Biol.*, 92: 557 – 562.
- Welch, D. y Foucher. 1988. A maximum likelihood methodology for estimating length-at-maturity with application to pacific cod (*Gadus macrocephalus*) populations dynamics. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45:333-343.
- Westerheim, S.J. 1967. Sampling research trawl catches at sea. *J. Fish. Res. Board Can.* 24: 1187 – 1202.
- White, E., E. Morgan, A. Kerlhoff y B. Enquist. 2007. Relationships between body size and abundance in ecology. *Trends in Ecology and Evolution*. Vol 22. No 6, 323-330.
- Woillez M., J. Rivoirard y P. Petitgas. 2009. Notes on survey-based spatial indicators for monitoring fish populations. *Aquat. Living Resour.* 22, 155-164.
- Wootton, R. J. 1990. Ecology of Teleost Fishes. Fish and Fisheries Series. No. 1. Chapman and Hall. 404 pp.
- Worthington, D.G., A.J. Fowler y P.J. Doherty 1995. Determining the most efficient method of age determination for estimating the age structure of a fish population. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 2320-2326.
- Young, Z., J.C. Saavedra, H. Miranda; L. Caballero, A. Aranís y M. González. 2003. Estimación de Tamaños de Muestra en la Pesquería Pelágica, Zona Centro-Sur. Proyecto: Investigación Situación Pesquería Pelágica, Zona Centro-Sur, 2002. Documento Técnico, IFOP – SUBPESCA, 21 pp + Anexo.
- Young Z, H. Robotham y J. Saavedra. 2006. Diseños de muestreo para estimar la captura en número a la edad y determinación de tamaño de muestra para las claves edad-talla de anchoveta, sardina común y jurel. Informe Técnico. IFOP. 34 p. + Anexo.



- Young, Z. 2009. Determinación de tamaño de muestra para estimar las claves talla-edad de merluza común. Informe Técnico, IFOP.
- Yemane, D., J. Field y R. Leslie. 2005. Exploring the effects of fishing on fish assemblages using Abundante Biomasa Comparison (ABC) curves. *Journal of Marine Science*, 62: 374 – 379.
- Yu W. y X. Chen. 2018. Ocean warming-induced range-shifting of potential habitat for jumbo flying squid *Dosidicus gigas* in the Southeast Pacific Ocean off Peru. *Fisheries Research* 204, pp 137-146.
- Zama, A. y E. Cárdenas. 1984. Seasonal change of macroplankton structure in the surface of Aysen fiord and Moraleda channel, southern Chile. *Introduction into Aysen Chile of Pacific Salmon*, N°13:27 pp.
- Zúñiga, M.J., L.A. Cubillos y C. Ibáñez. 2008. A regular pattern of periodicity in the monthly catch of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) along the Chilean coast (200-2005). *Ciencias Marinas*, 34(1): 91-99.

FIGURAS

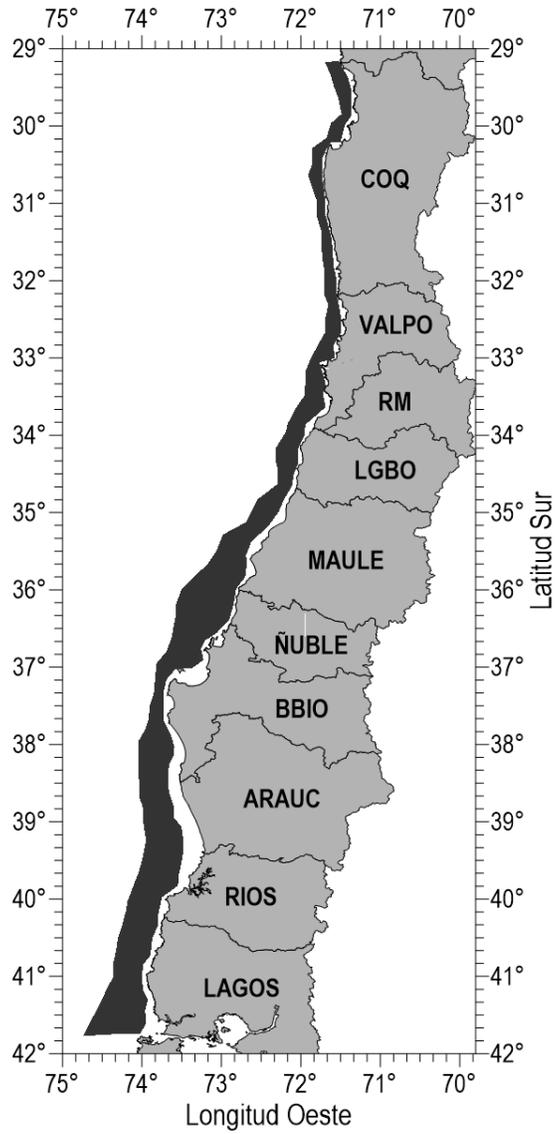


Figura 1. Área de estudio.

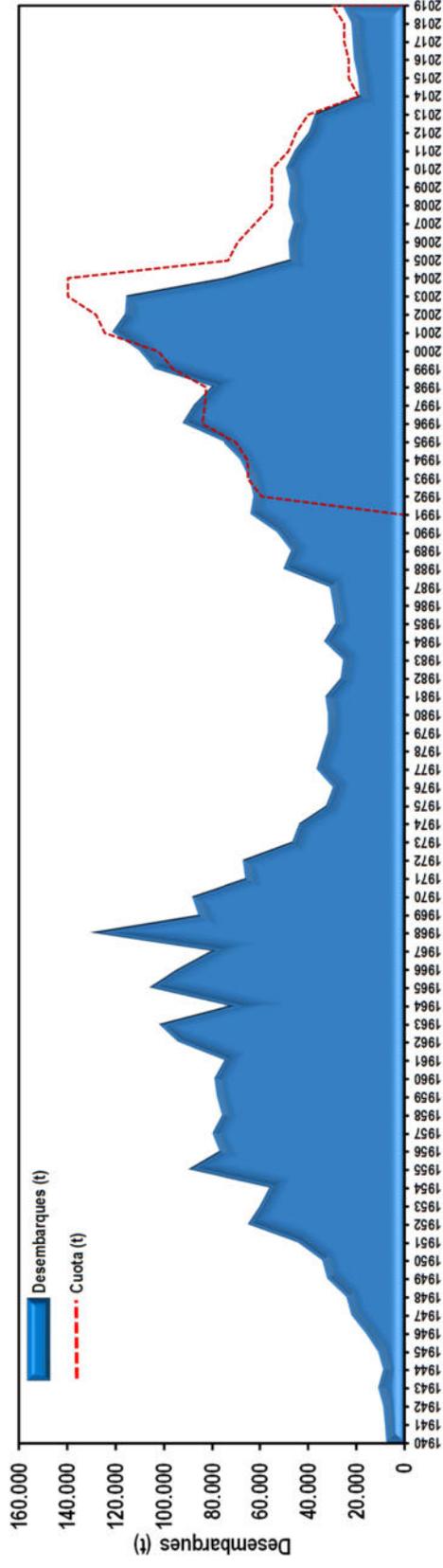


Figura 2. Desembarques de M. gayi entre 1940 y 2019 (Fuente: Aguayo, 1996; Sernapesca, 2019).

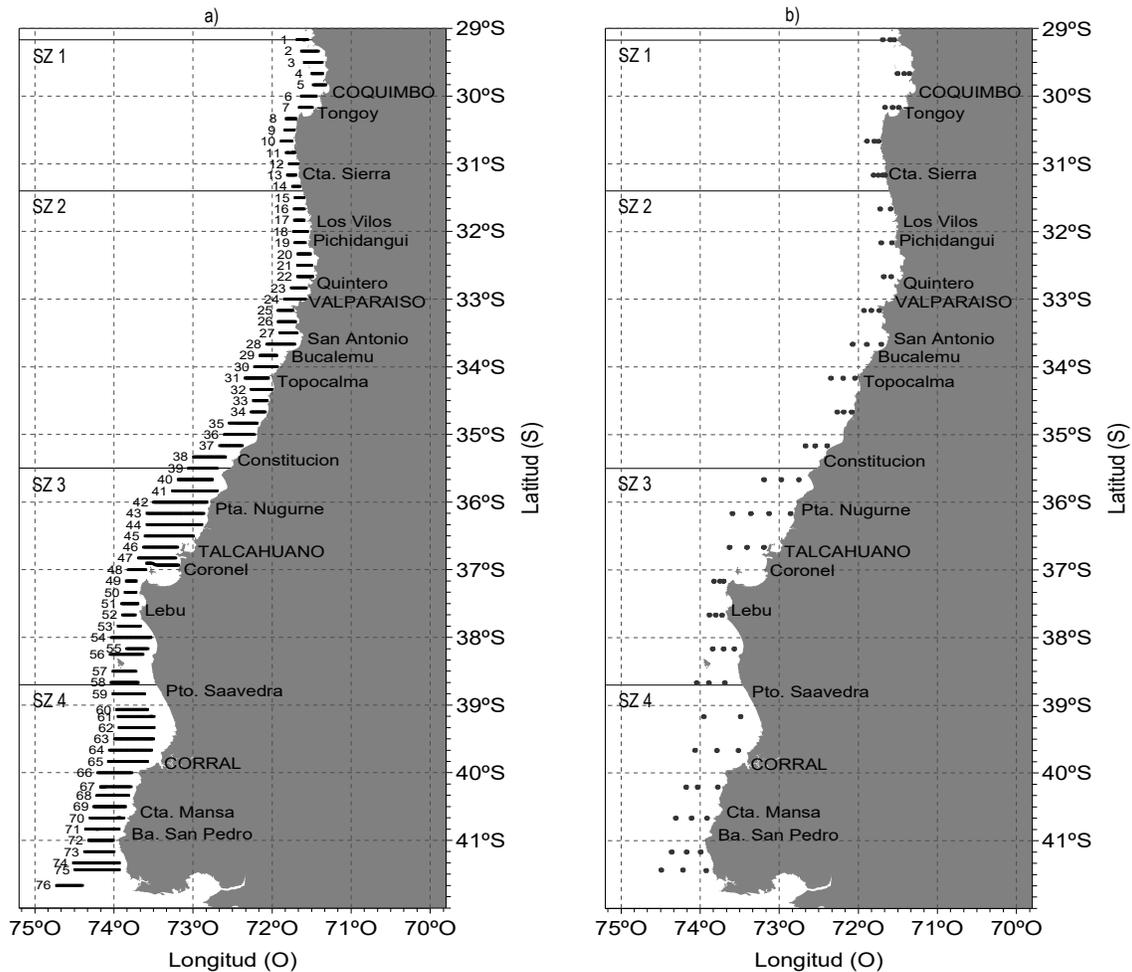


Figura 4. Localizaci3n de: a) transectas de muestreo acústico y b) estaciones bio-oceanográficas.

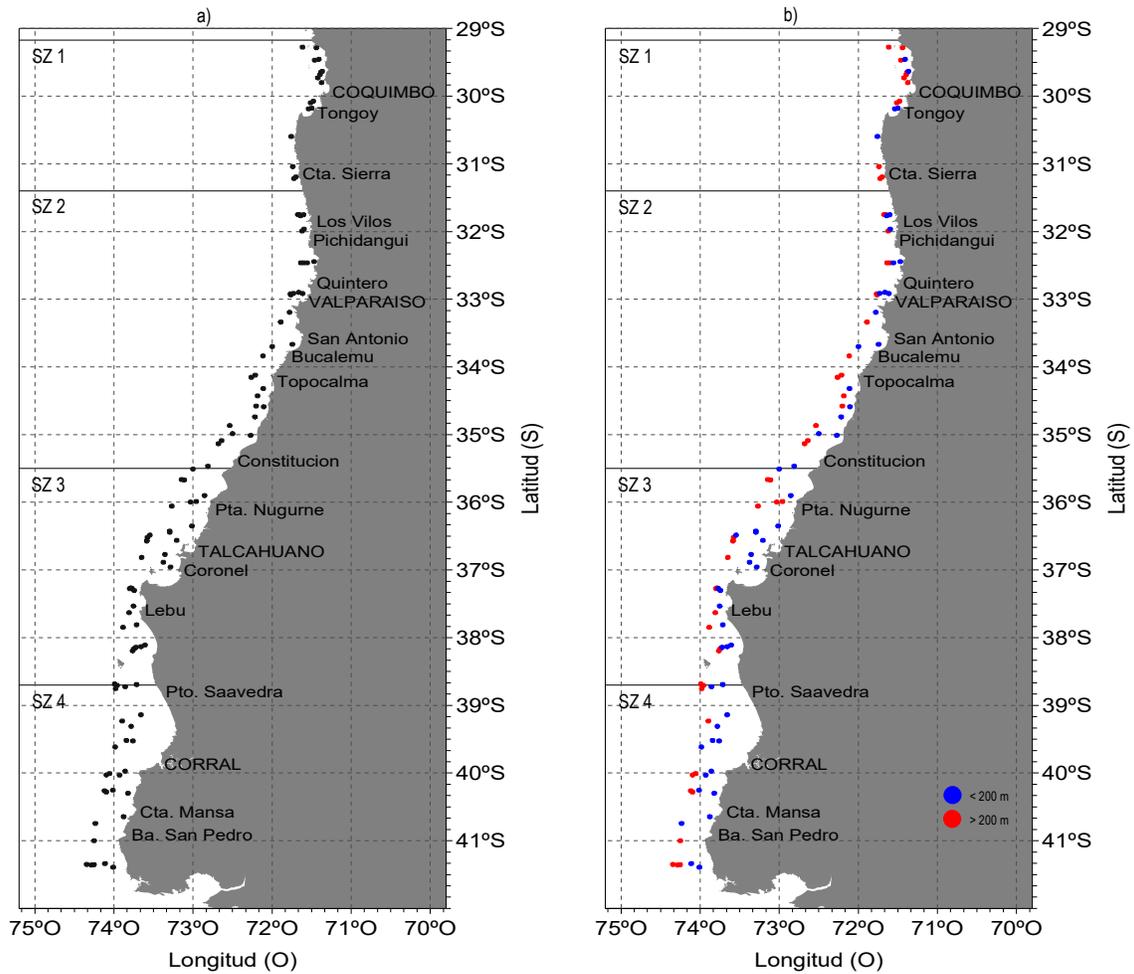


Figura 5. Localizaci3n de los lances de pesca de identificaci3n: **a)** total y **b)** por profundidad menor y mayor de 200 m.

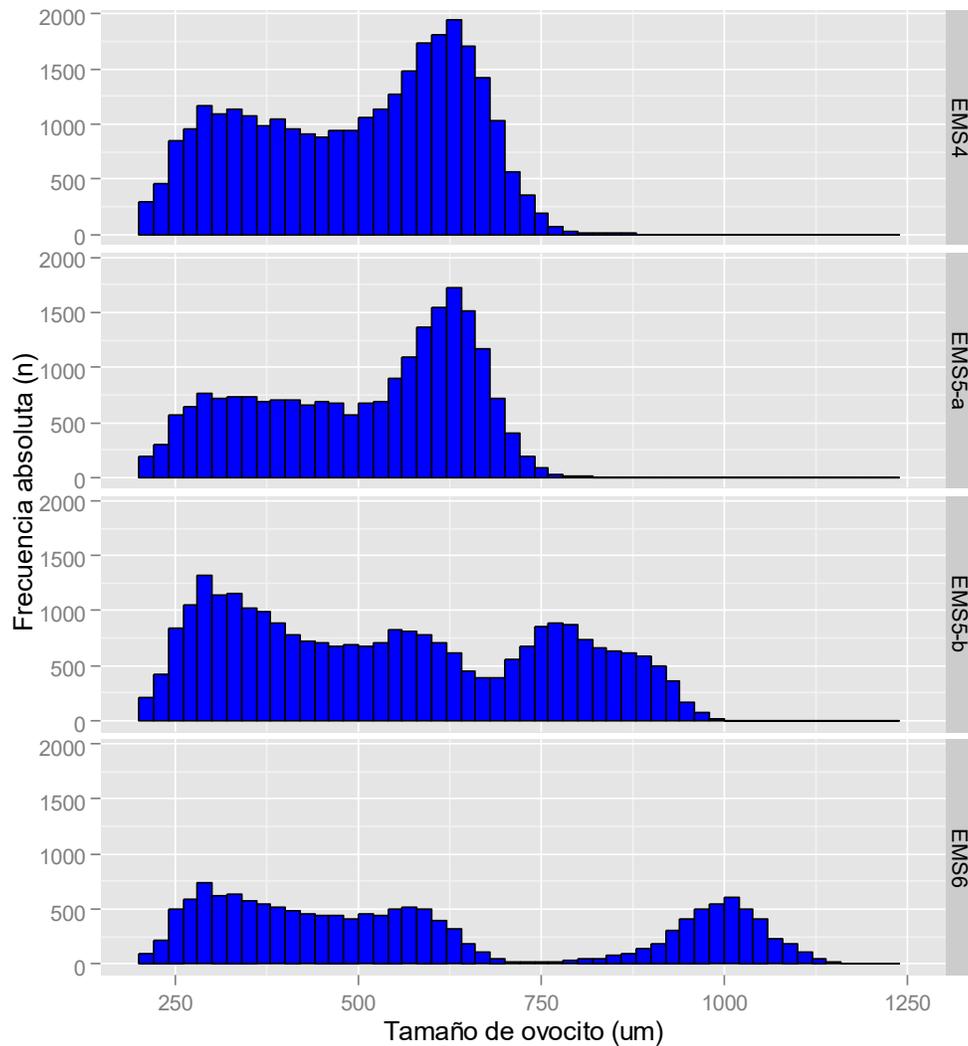


Figura 6. Frecuencia de tamaños de ovocitos por estadio de madurez sexual microscópica (EMS 4: Vitelogénesis tardía; EMS 5-a: Próximo hidratación temprana; EMS 5-b: Próximo hidratación tardía; EMS 6: Hidratadas).

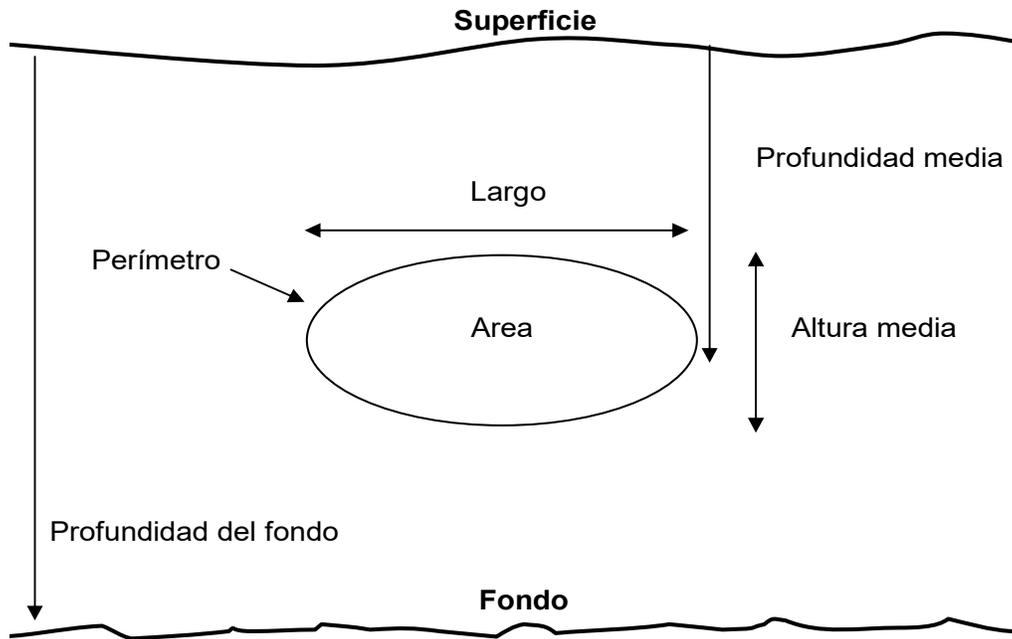


Figura 7. Descriptores morfológicos y batimétricos de una agregación.

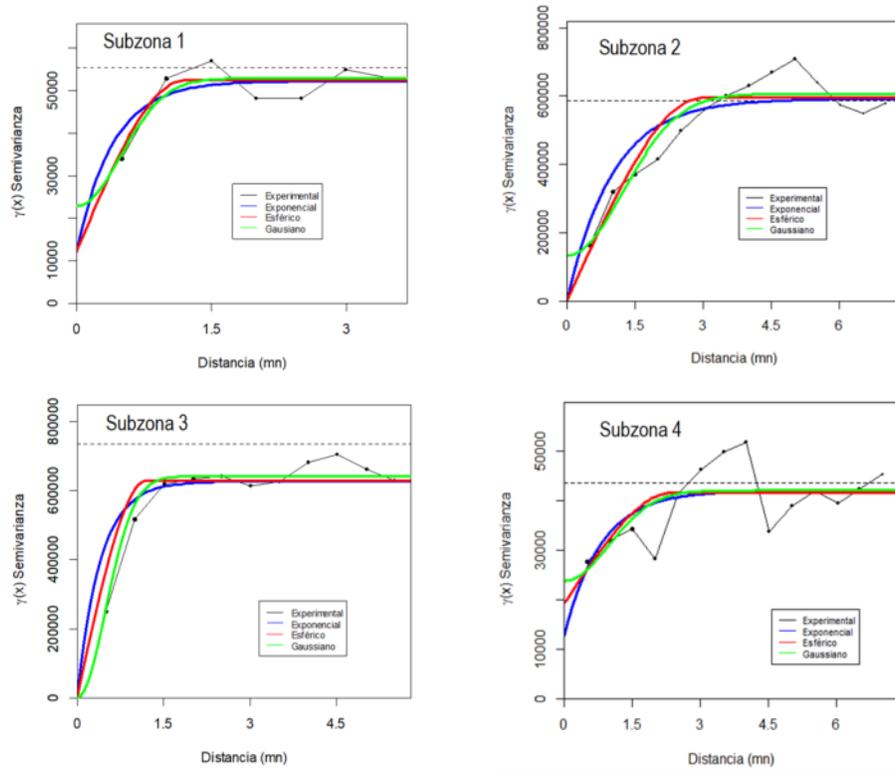


Figura 8. Semivariogramas omnidireccionales, subzonas 1 a 4. Crucero de evaluaci3n directa de merluza com3n (julio-agosto 2019).

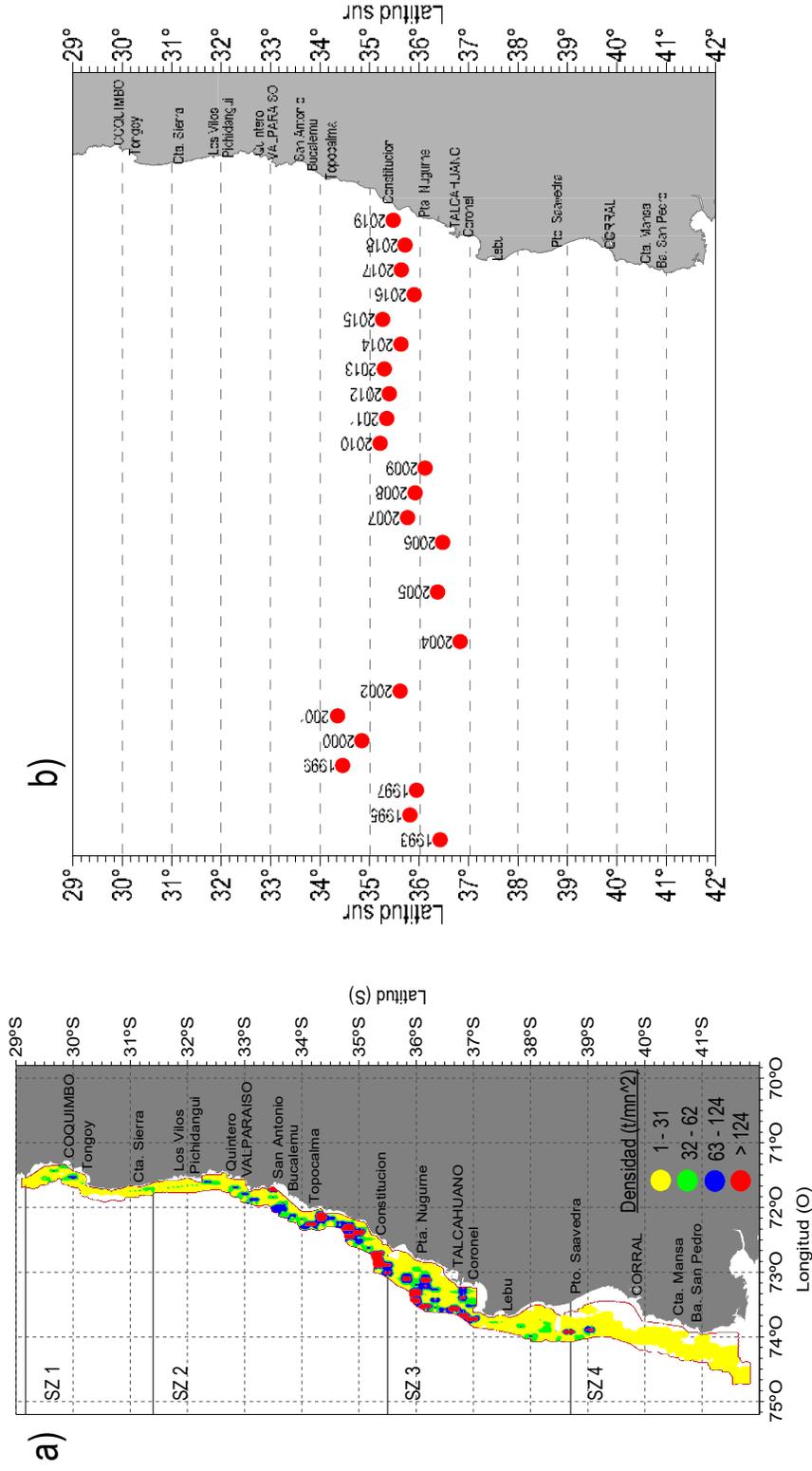


Figura 9. a) Distribuci3n espacial de la biomasa de merluza com3n durante el cruceo de evaluaci3n directa de merluza com3n (julio - agosto 2019) y b) distribuci3n espacial hist3rica de los centros de gravedad del stock de merluza com3n.

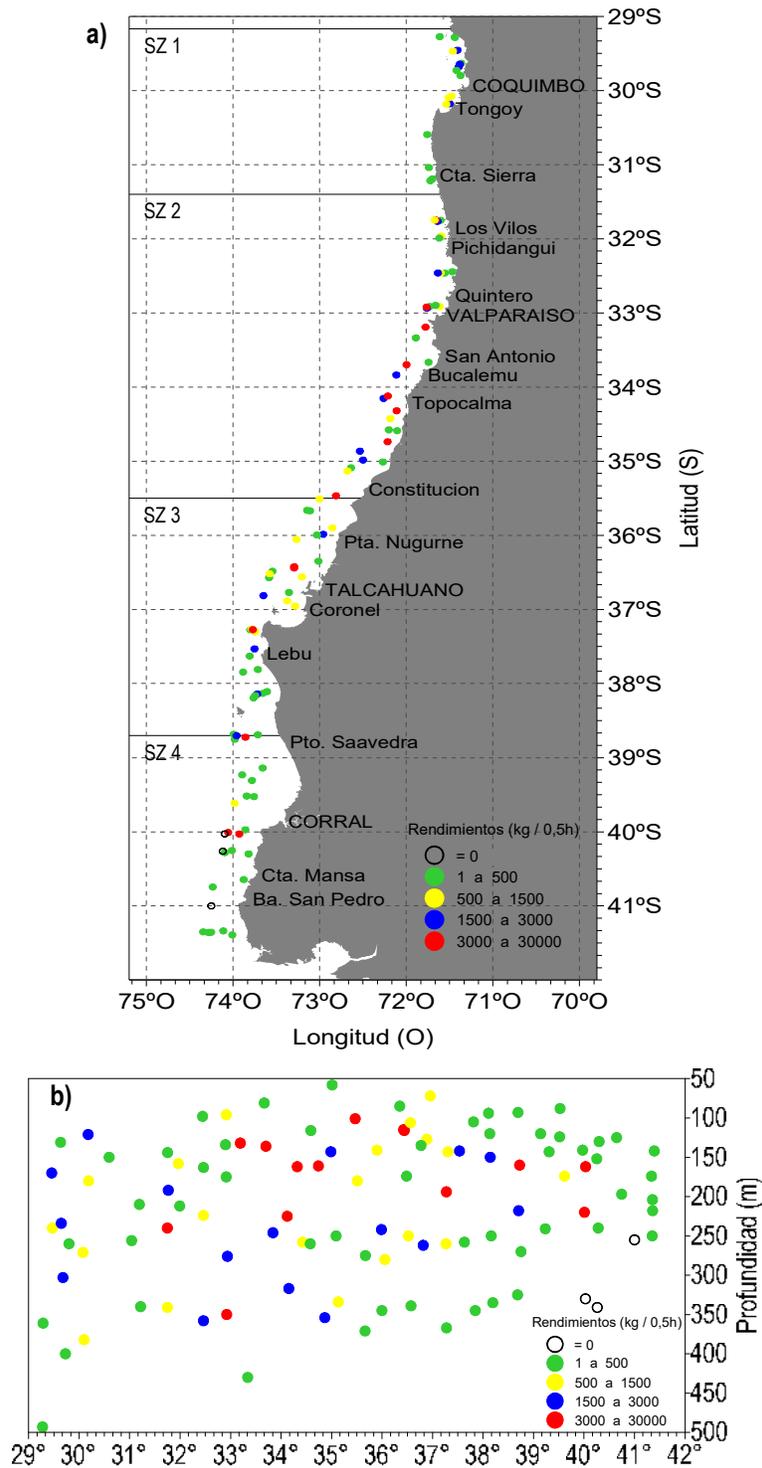


Figura 10. Distribuci3n espacial de la densidad local (kg/30min de arrastre) de merluza com3n estimada a partir de los lances de identificaci3n por: a) latitud y b) profundidad. Crucero de evaluaci3n directa de merluza com3n (julio-agosto 2019).

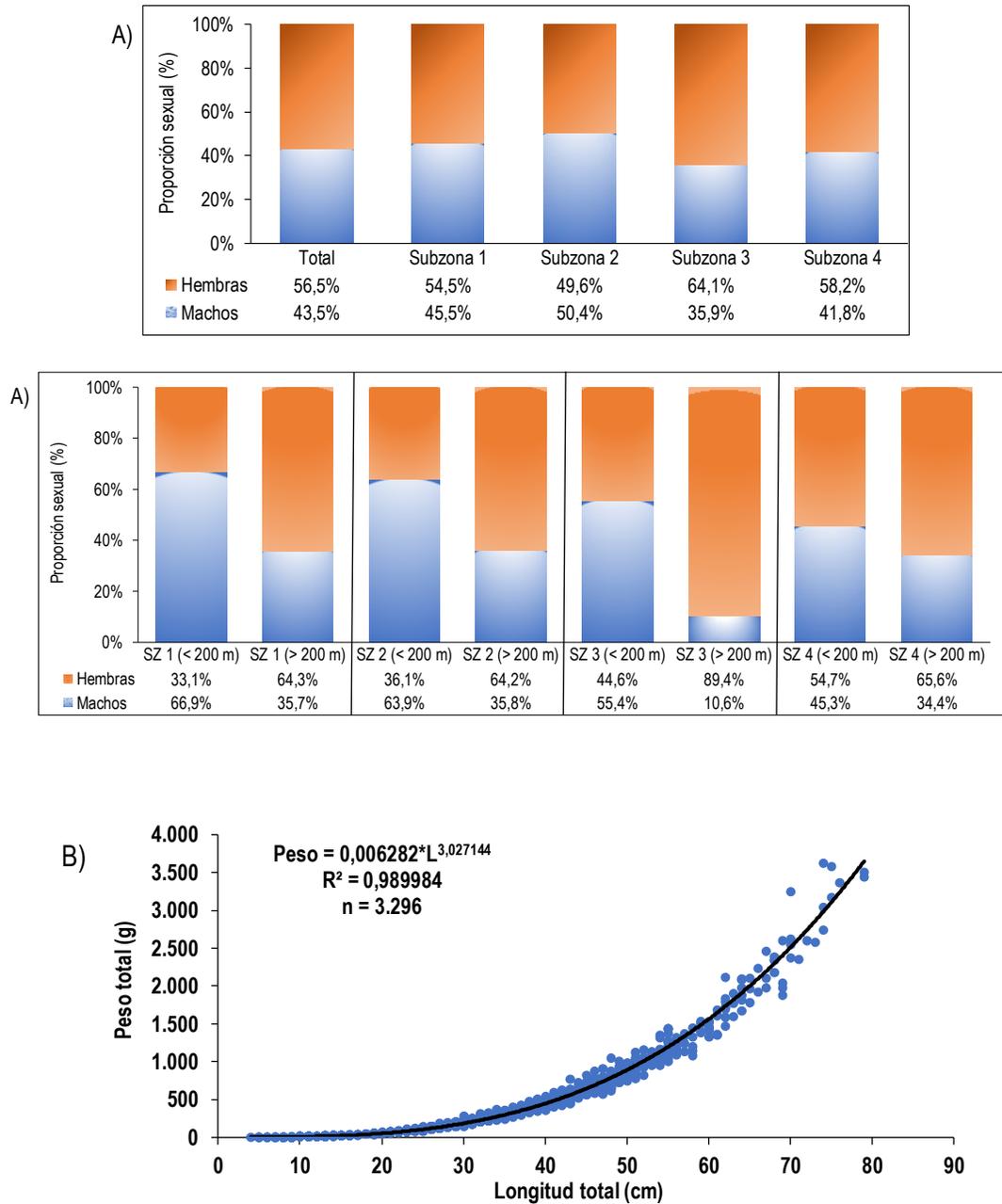


Figura 11. A) Proporci3n sexual de merluza com3n total, subzona y veril de profundidad y B) dispersi3n de la variable peso total (gr) y longitud total (cm), de merluza com3n para el 3rea total de estudio, julio-agosto de 2019.

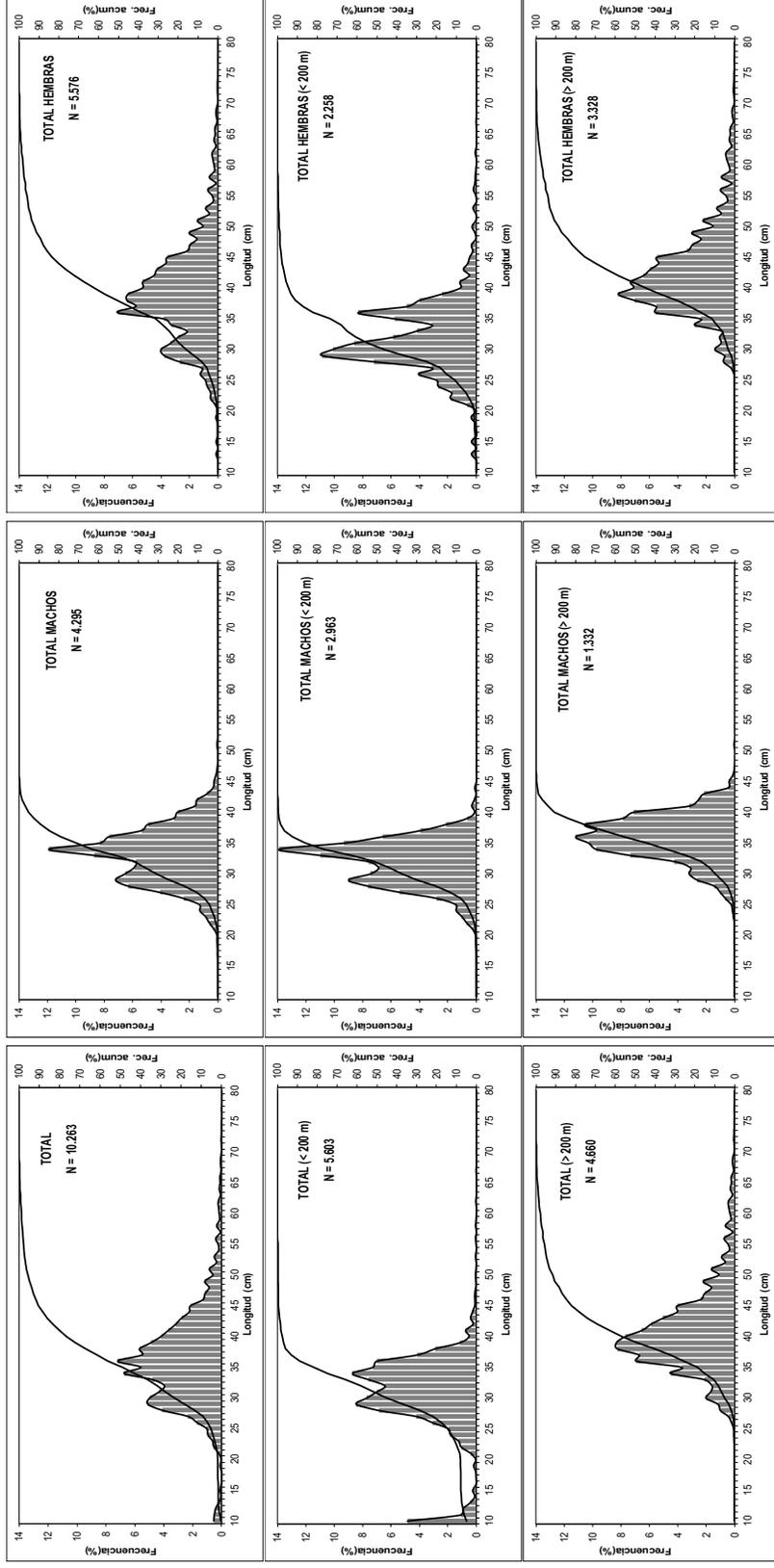


Figura 12. Distribuci3n de la estructura de tallas de merluza com3n por rango de talla (cm), por sexo, rango batim3trico (m) y zona total de estudio. Cruce de evaluaci3n directa de merluza com3n, julio - agosto de 2019.

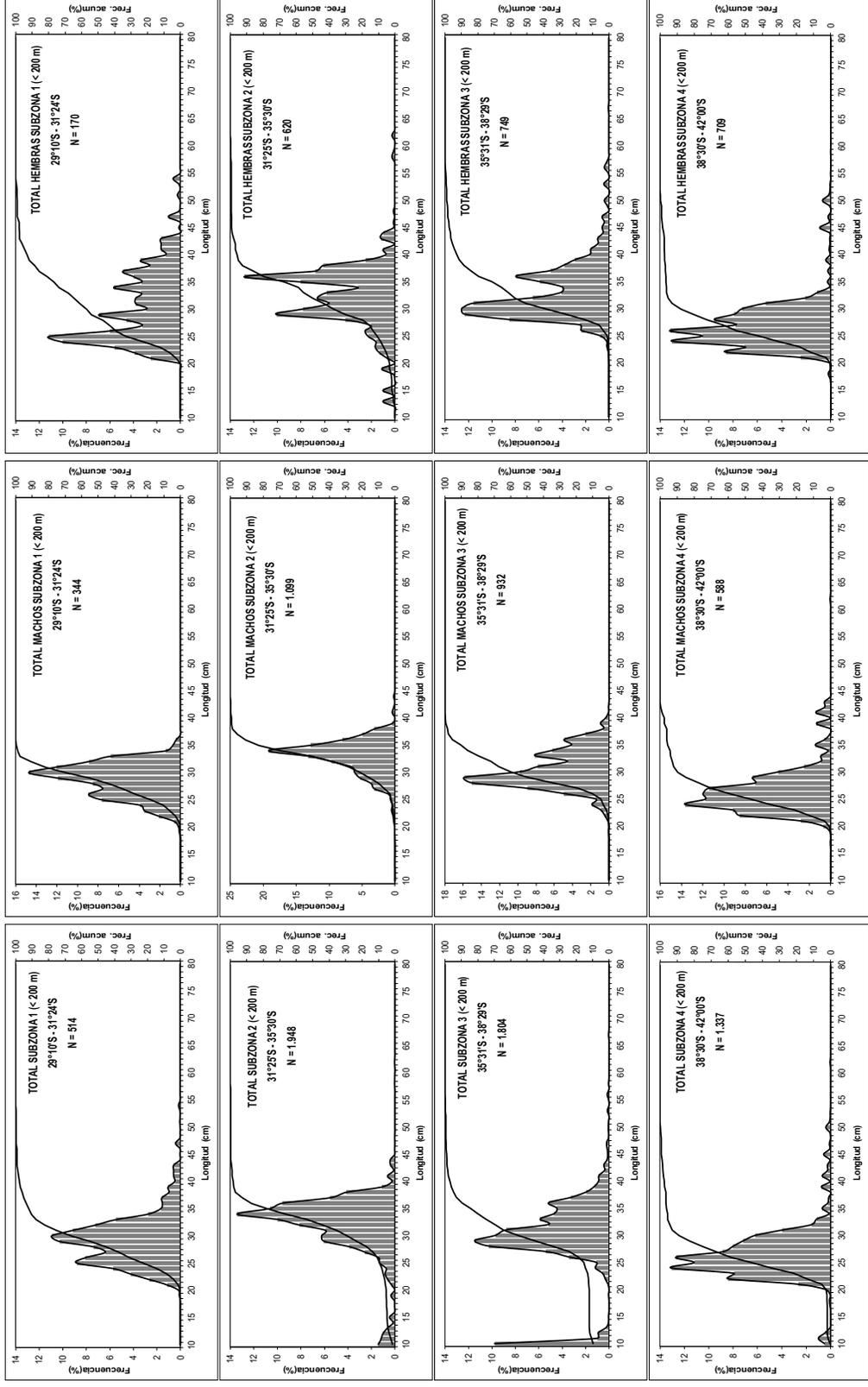


Figura 13. Distribuci3n de la estructura de merluza com3n por rango de talla (cm), sexo y subzona de estudio. Profundidades menores a 200m. Cruce de evaluaci3n directa de merluza com3n, julio - agosto de 2019.

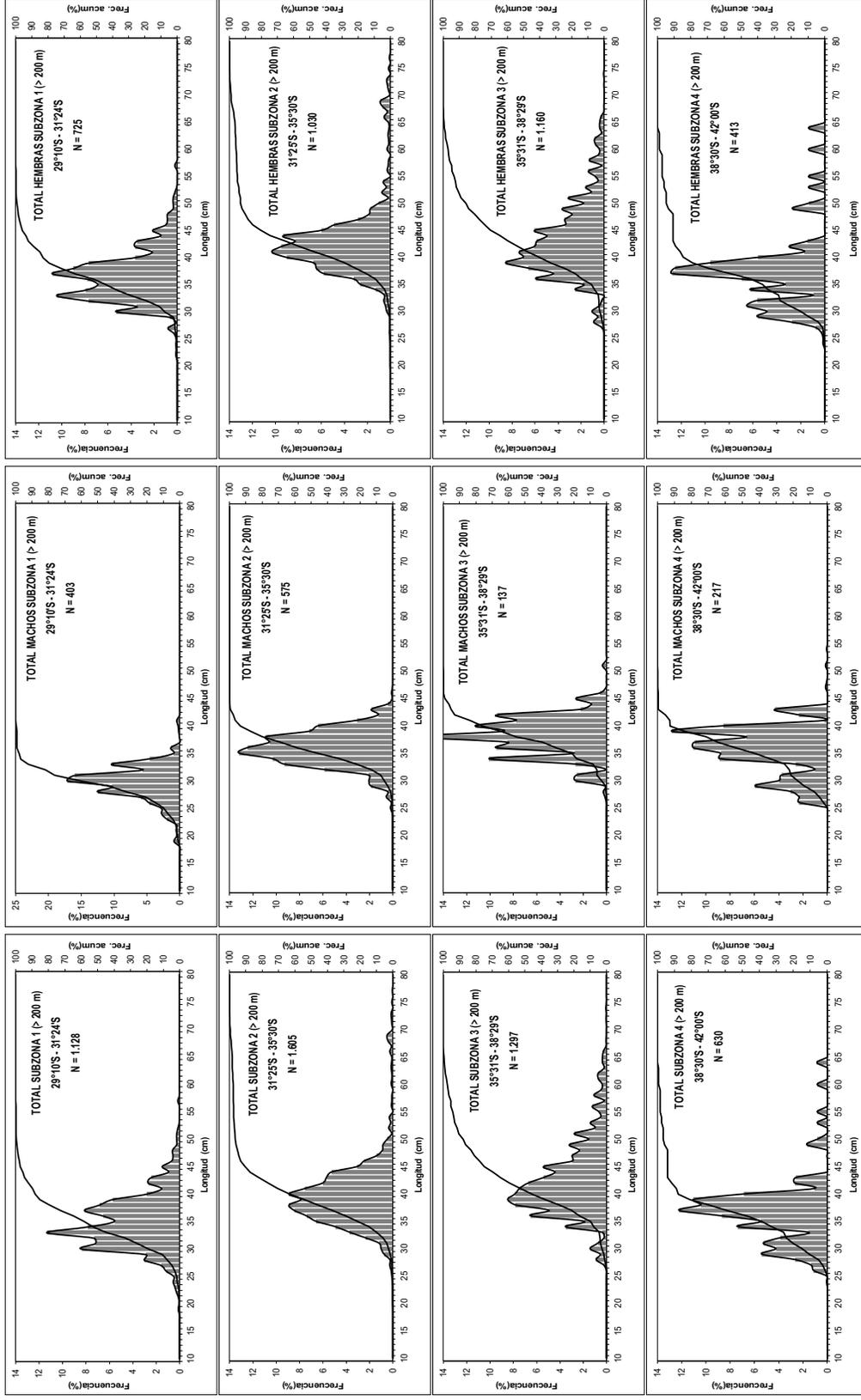


Figura 14. Distribuci3n de la estructura de merluza com3n por rango de talla (cm), sexo y subzona de estudio. Profundidades mayores a 200m. Cruce de evaluaci3n directa de merluza com3n, julio-agosto de 2019.

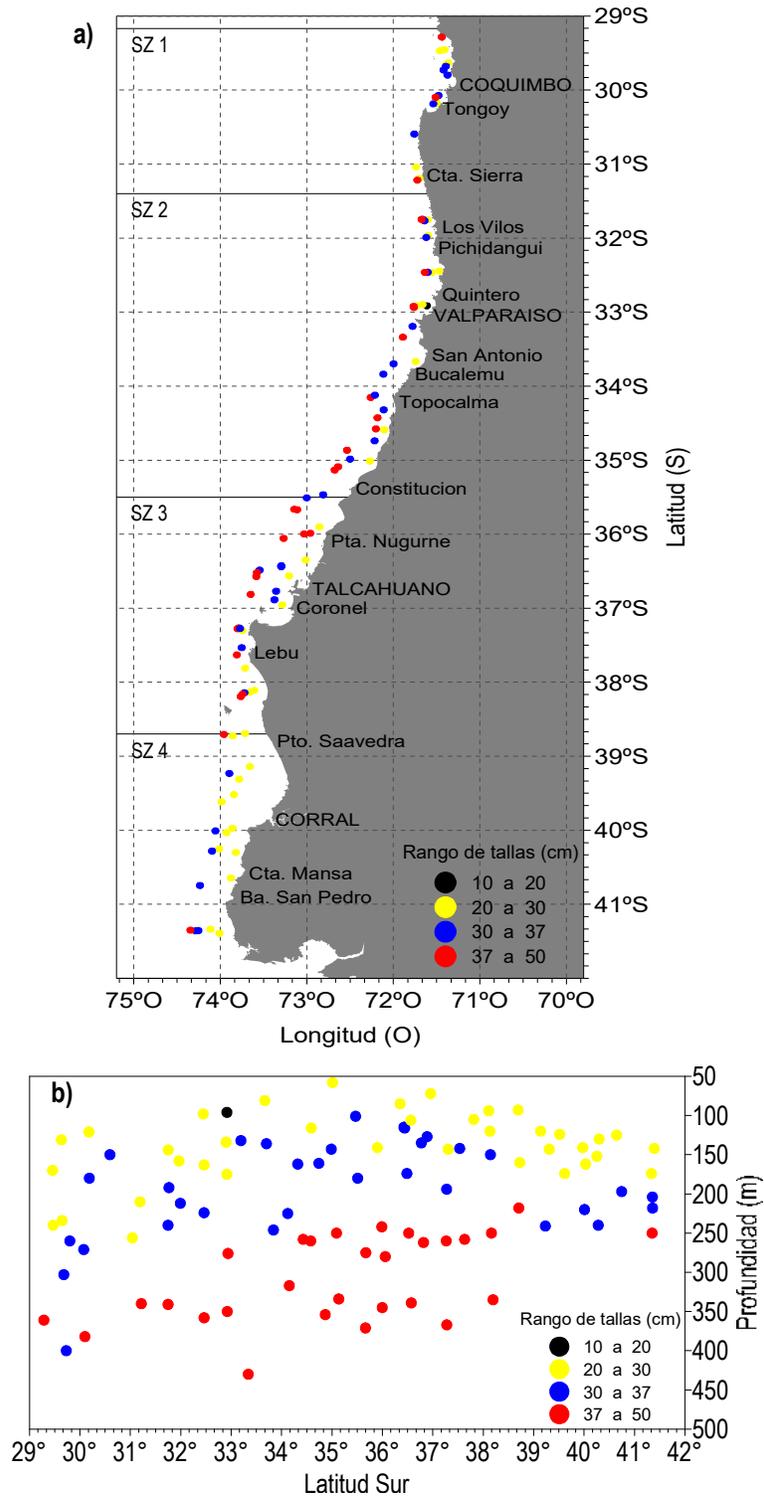


Figura 15. Distribuci3n de la talla media de merluza comùn estimada a partir de los lances de pesca de identificaci3n por: a) latitud y b) profundidad (julio-agosto 2019).

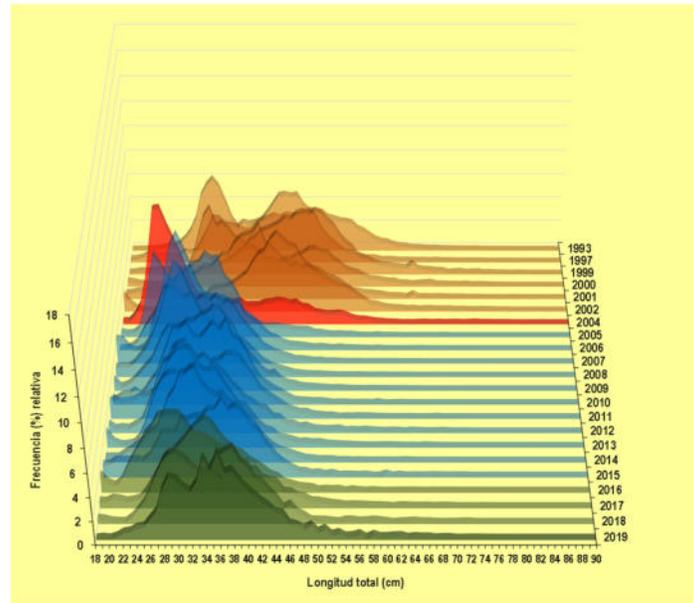


Figura 16. Composici3n de las estructuras de talla hist3ricas de merluza com3n. Cruceros 1993 a 2019.

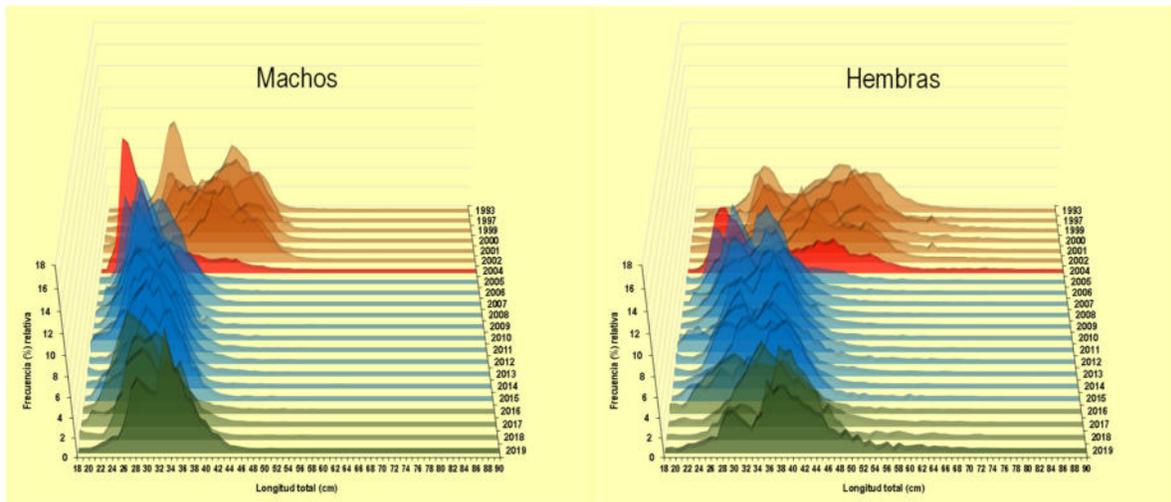


Figura 17. Composici3n de las estructuras de talla hist3ricas de merluza com3n por sexo. Cruceros 1993 a 2019.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA

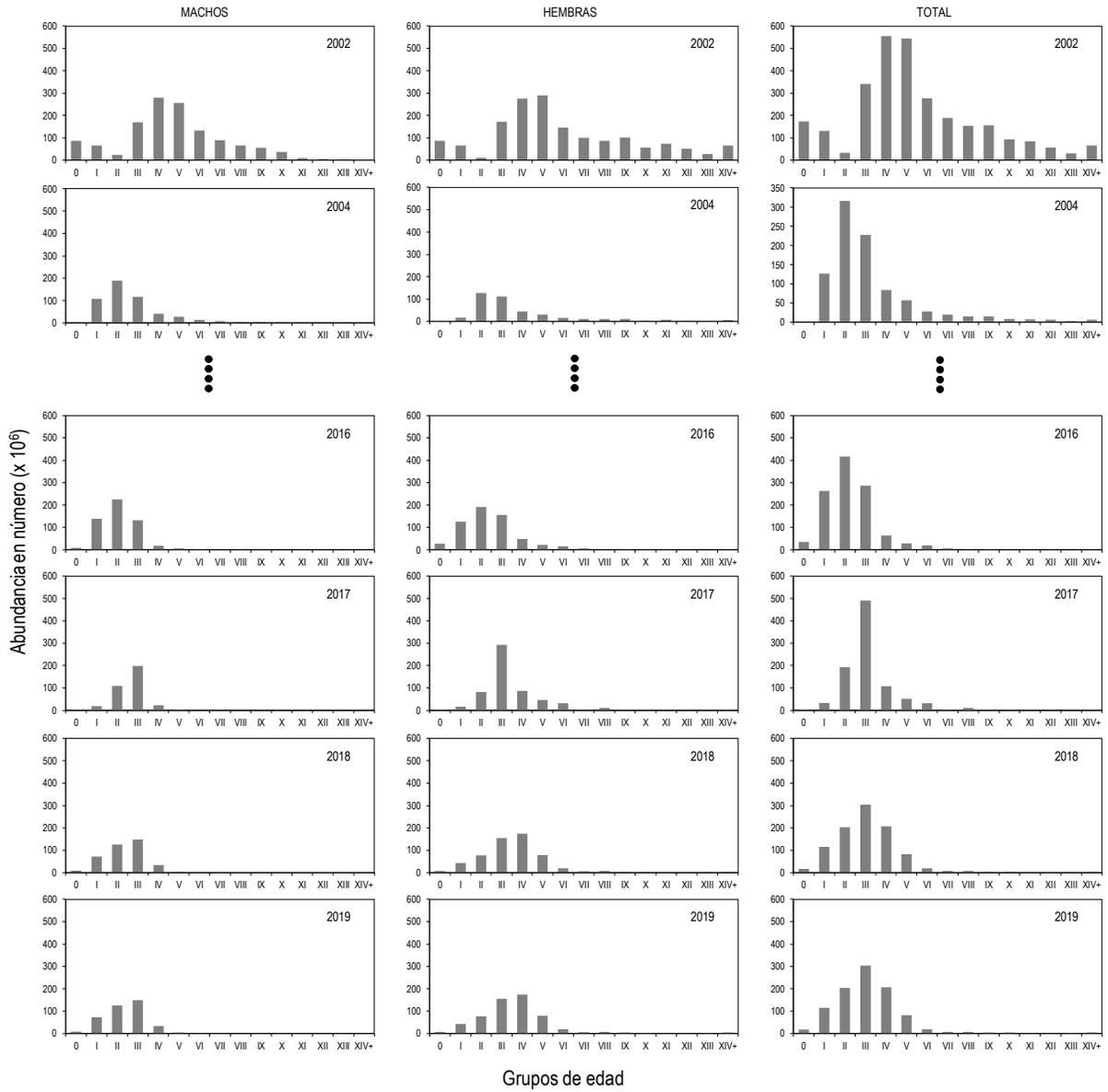


Figura 18. Abundancia por grupos de edad de merluza com3n, cruceros de evaluaci3n, per3odo 2002 – 2004 y 2016 - 2019.

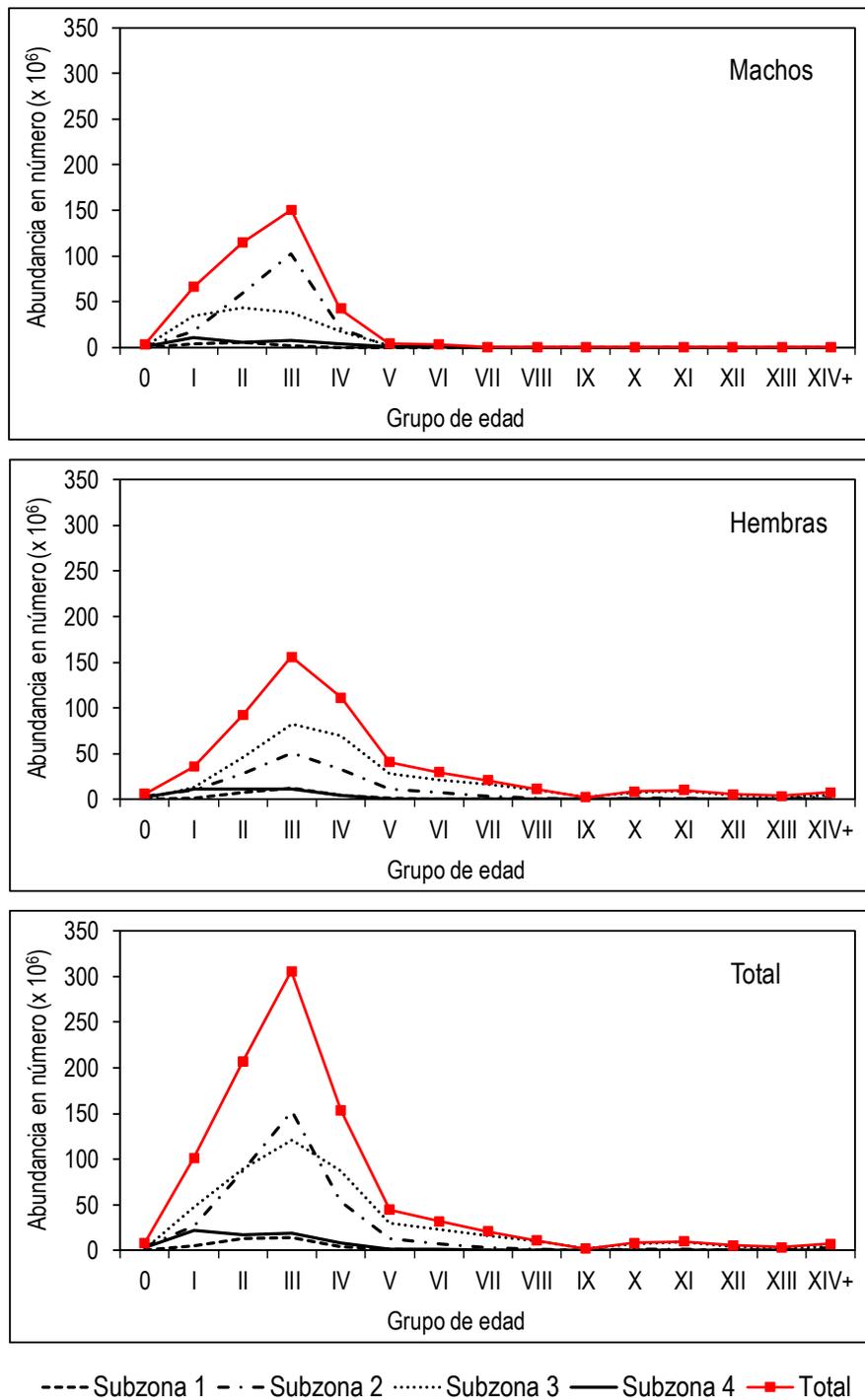


Figura 19. Abundancia de merluza común por grupos de edad, diferenciado por sexo y subzona. Crucero de evaluación, julio-agosto de 2019.

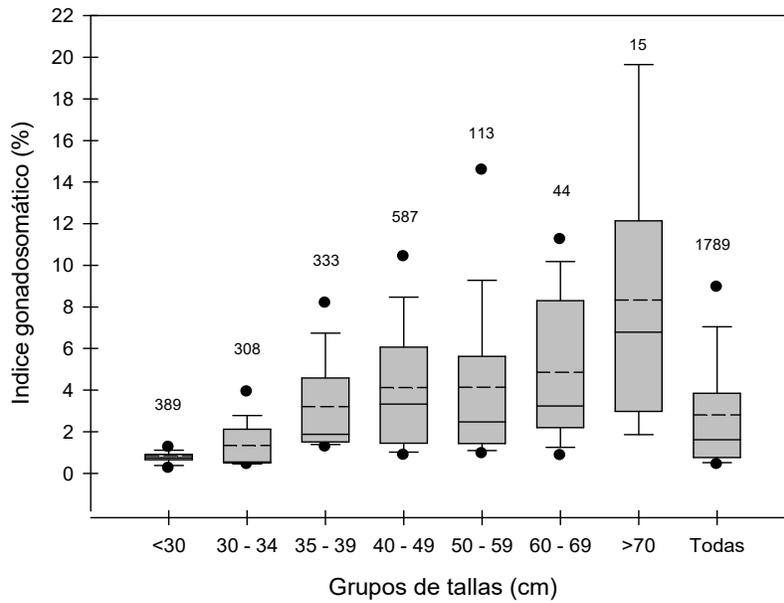


Figura 20. Valor medio del Índice Gonadosomático para todos los ejemplares y por grupos de tamaños.

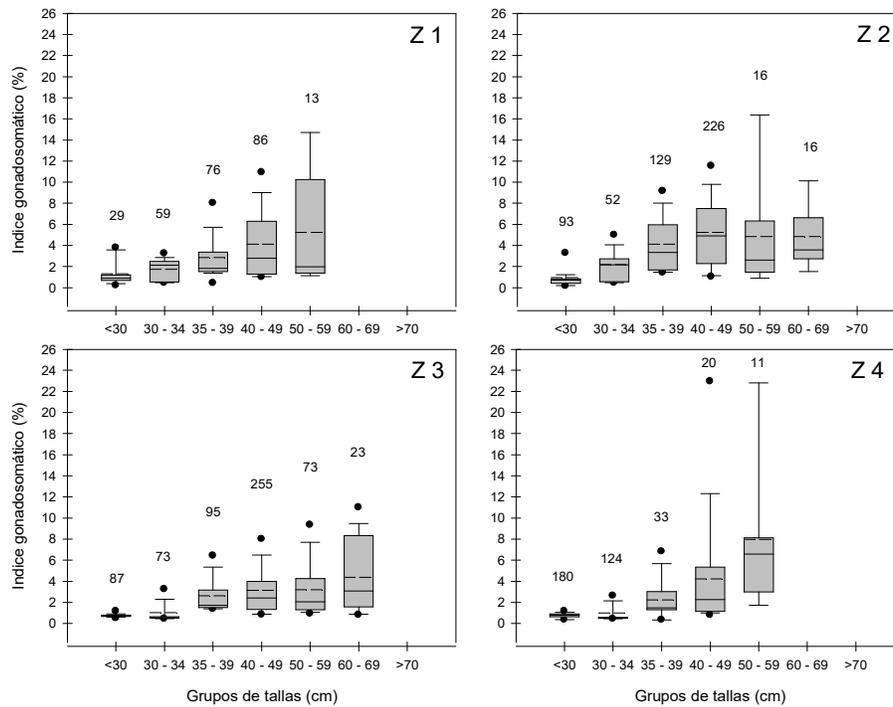


Figura 21. Valor medio del Índice Gonadosomático en ejemplares por zonas y grupos de tamaños.

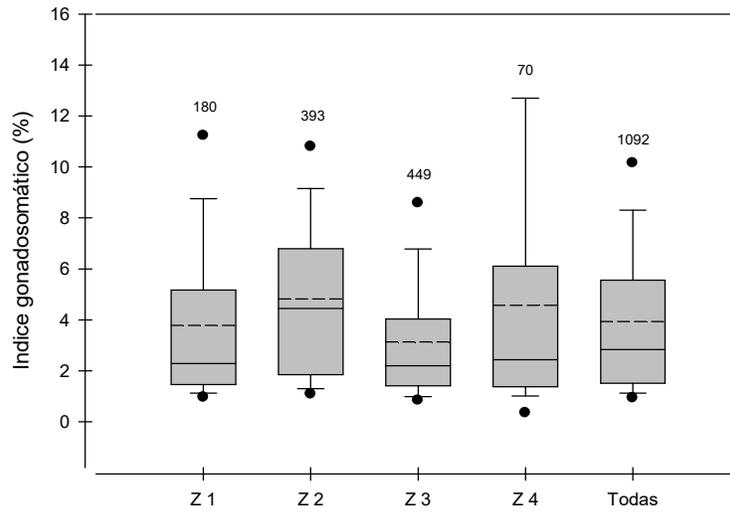


Figura 22. Valor medio del Índice Gonadosomático para hembras \geq a 34 cm LT, en toda el área y por zonas.

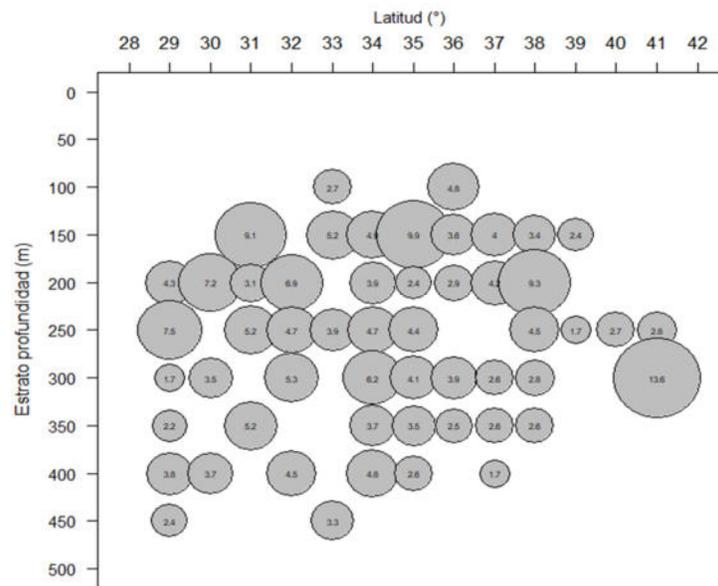


Figura 23. Distribuci3n de los valores medios de IGS de hembras \geq a 34 cm LT por grado de latitud y estrato de profundidad.

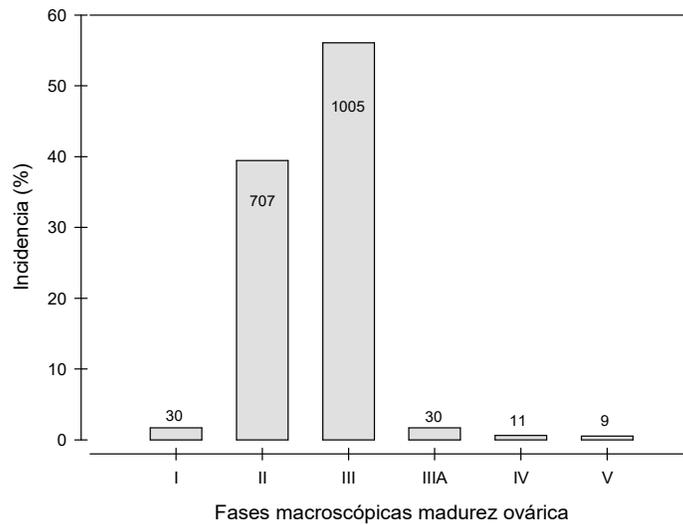


Figura 24. Frecuencia porcentual de fases macrosc3picas de madurez gonadal en merluza com3n muestreadas en julio-agosto 2019.

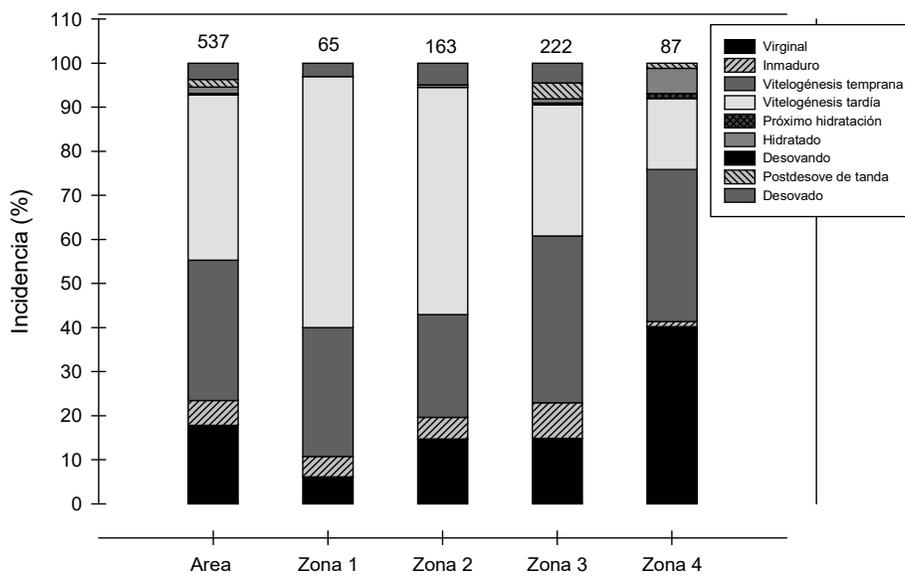


Figura 25. Incidencia porcentual de fases microsc3picas de madurez gonadal en merluza com3n en el 3rea de estudio y por zonas.

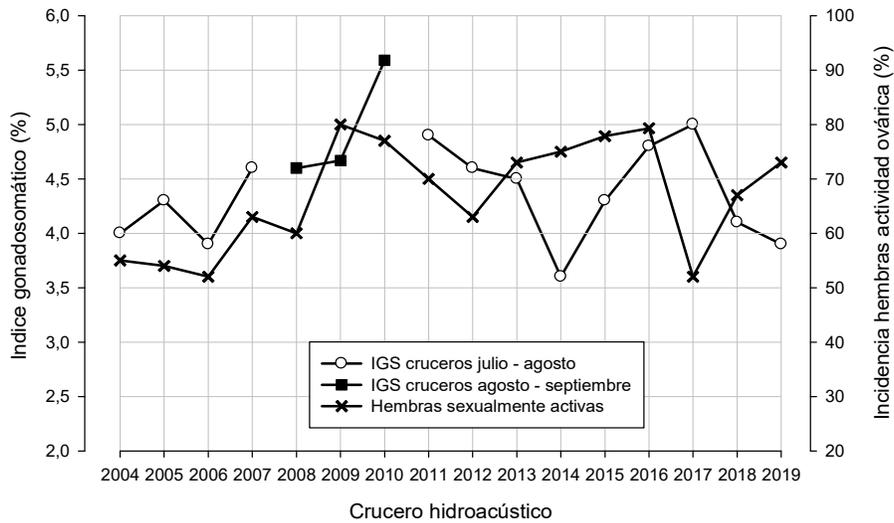


Figura 26. Valor medio del índice gonadosomático de hembras mayores a 34 cm y la incidencia microscópica de hembras sexualmente activas, de la serie de cruceos de evaluación entre 2004 y 2019.

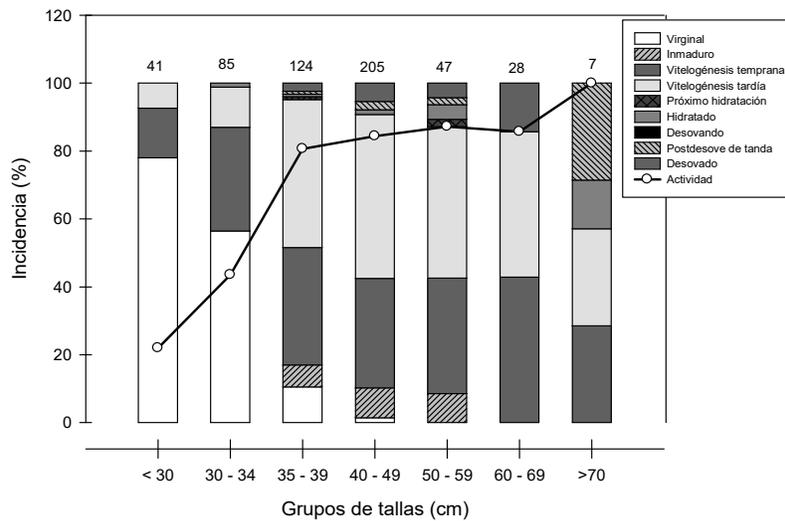


Figura 27. Incidencia de fases microscópicas de madurez gonadal por grupo de tamaños de los ejemplares en el área de estudio.

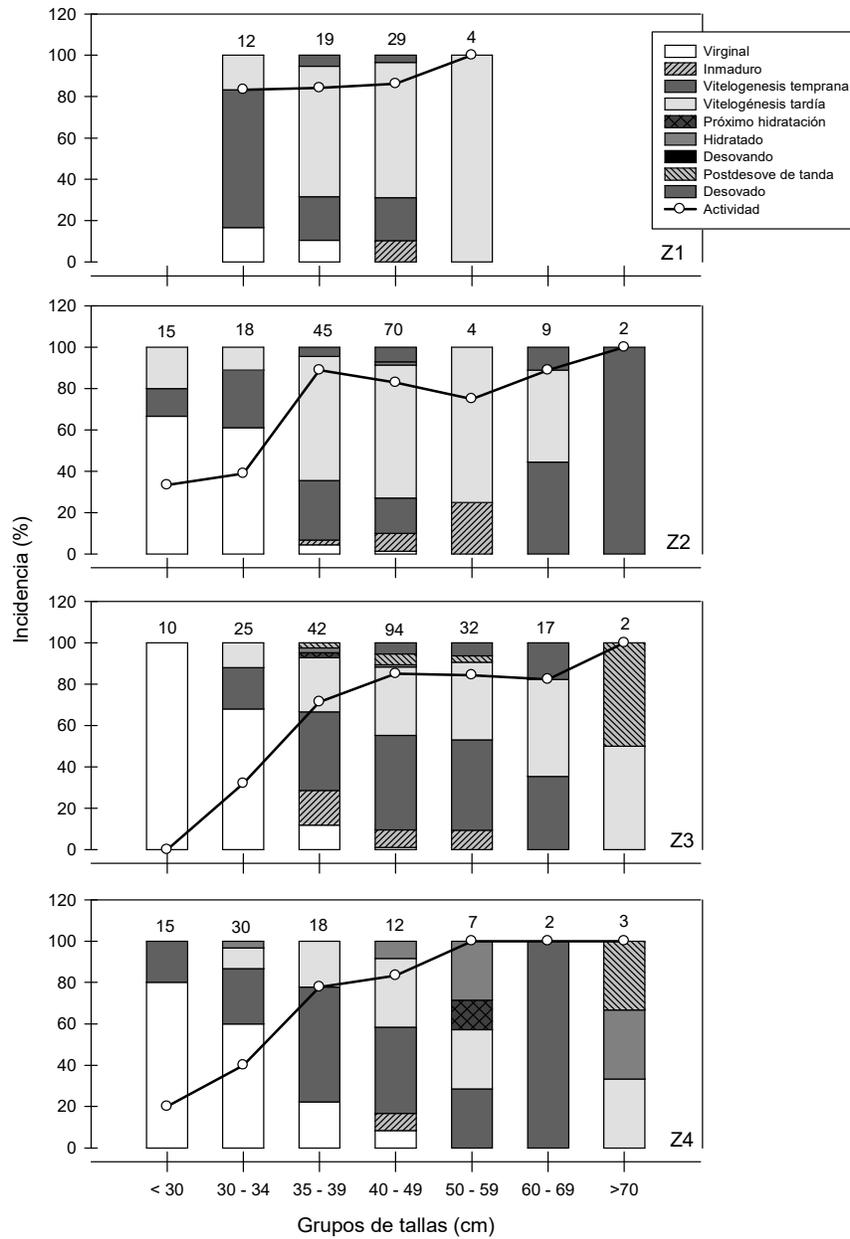


Figura 28. Incidencia de fases microsc3picas de madurez gonadal por grupos de tama1os de los ejemplares por subzona.

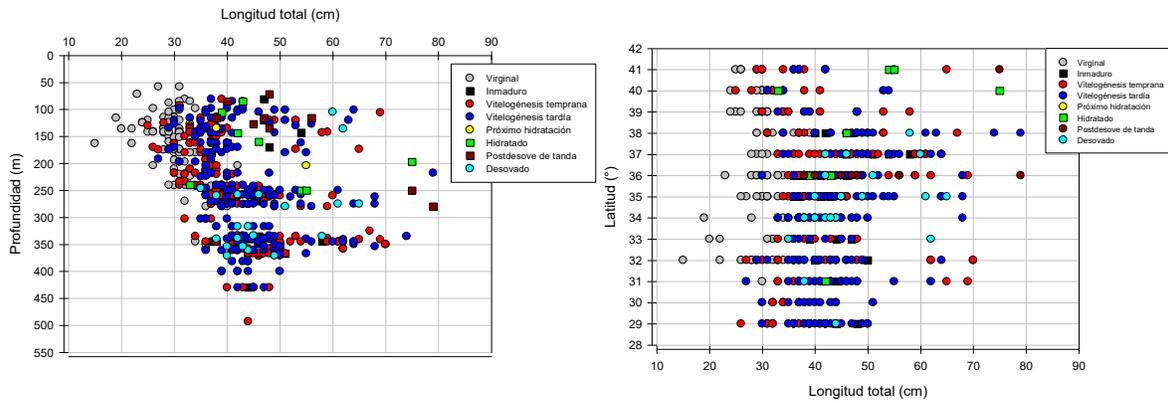


Figura 29. Distribuci3n de las fases ováricas microsc3picas de madurez por profundidad media y grado de latitud.

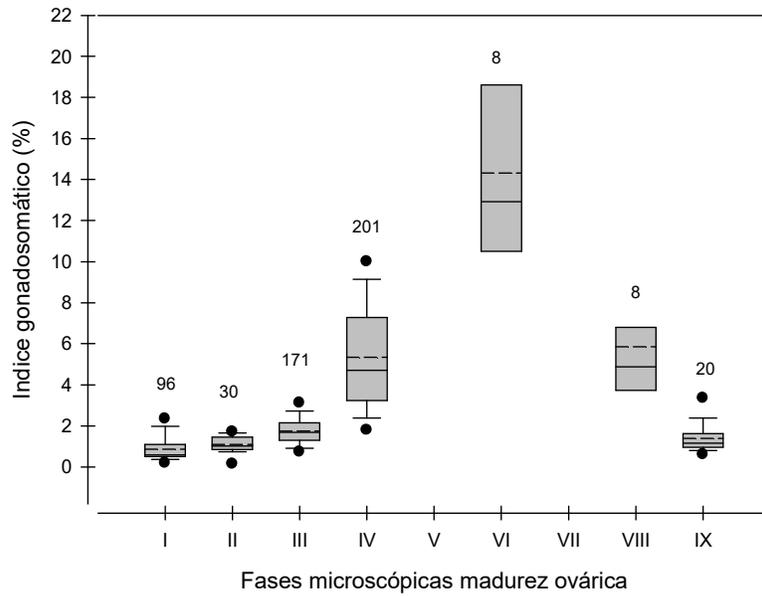


Figura 30. Distribuci3n del IGS medio en relaci3n a la fase microsc3pica de madurez gonadal.

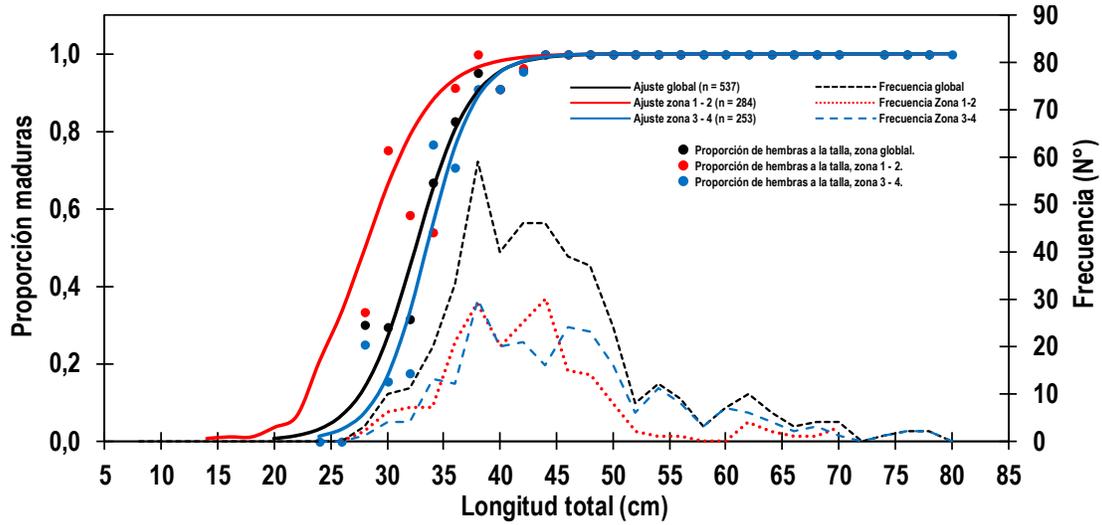


Figura 31. Ojiva de madurez sexual para hembras en el 1rea de estudio.

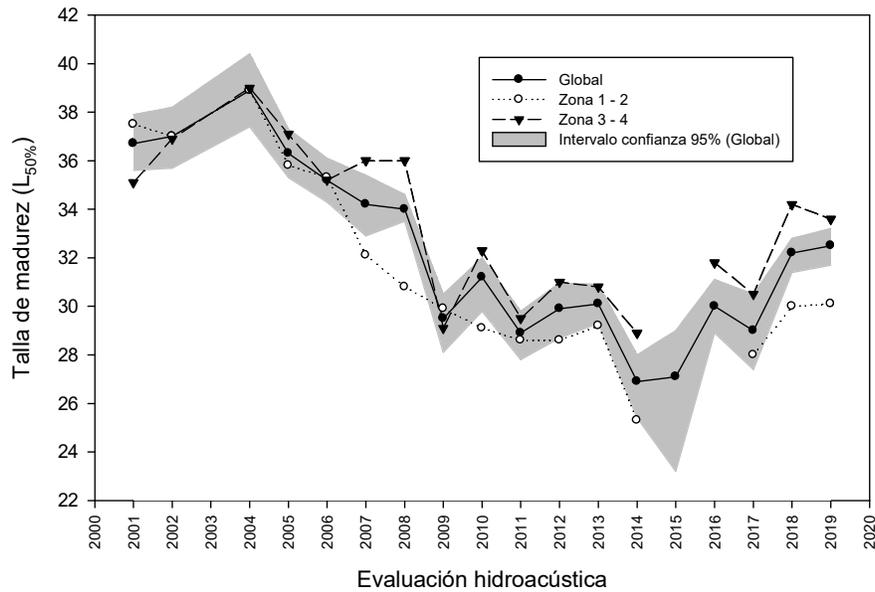


Figura 32. Estimados del par1metro de talla media de madurez sexual (L50%) en hembras efectuados en evaluaciones directas entre el 2001 y 2019.

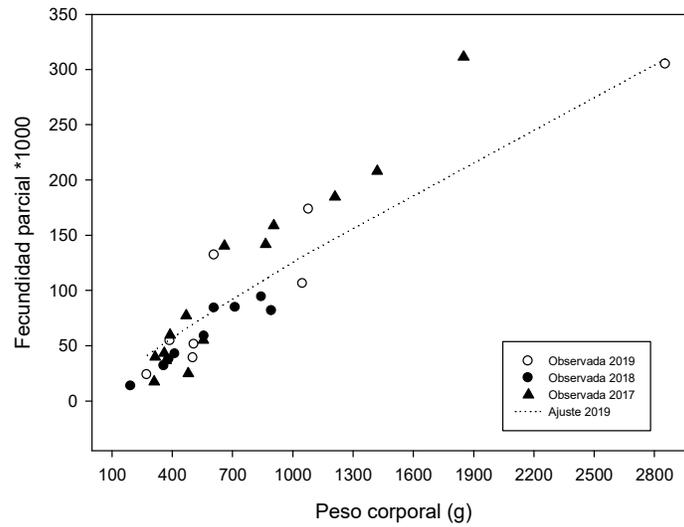


Figura 33. Distribuci3n de la fecundidad parcial en funci3n del peso corporal de las hembras.

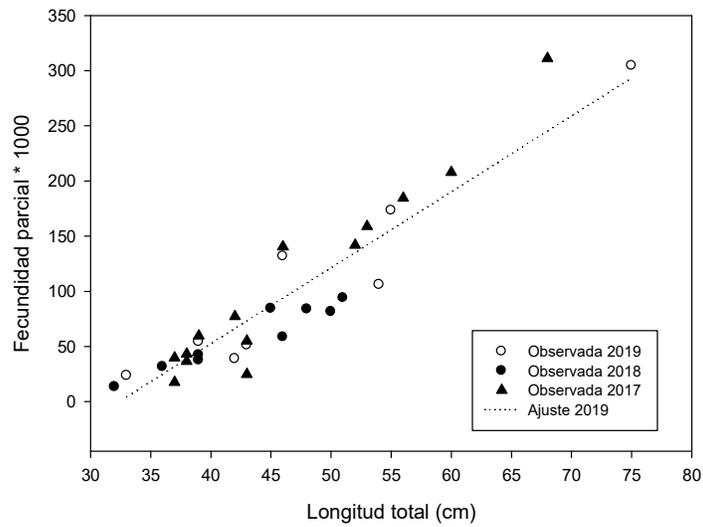


Figura 34. Distribuci3n de la fecundidad parcial de las hembras en funci3n de la longitud total.

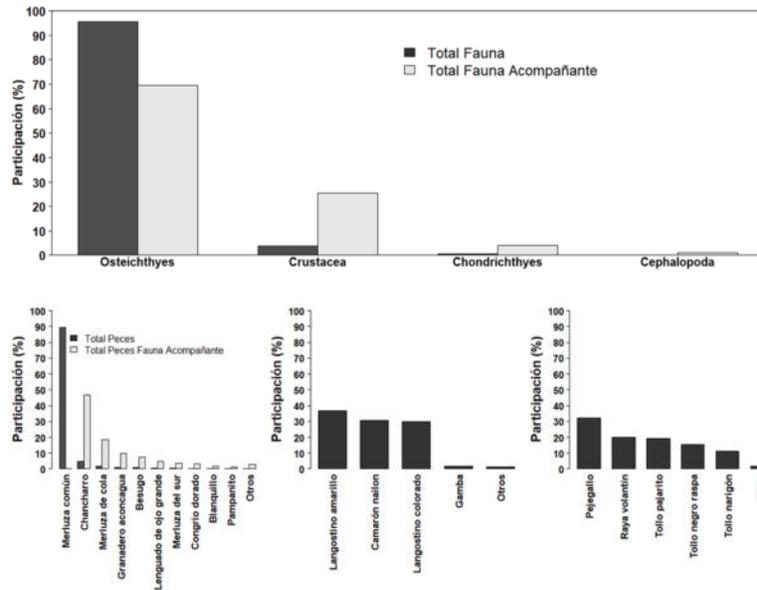


Figura 35. Importancia relativa, respecto captura total estandarizada, de los principales grupos taxonómicos capturados durante el crucero de evaluación directa de merluza común, invierno 2019.

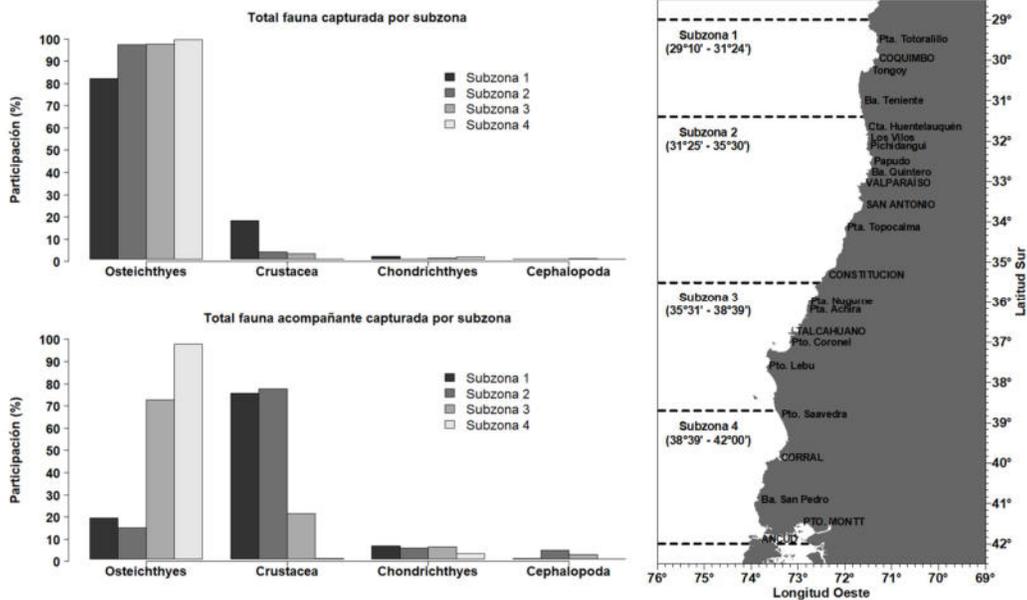


Figura 36. Importancia relativa principales grupos taxonómicos presentes por subzona, respecto captura total estandarizada por subzona: a) total fauna (todas las especies) y b) total fauna acompañante (excluye merluza común). Crucero de evaluación directa de merluza común, invierno 2019.

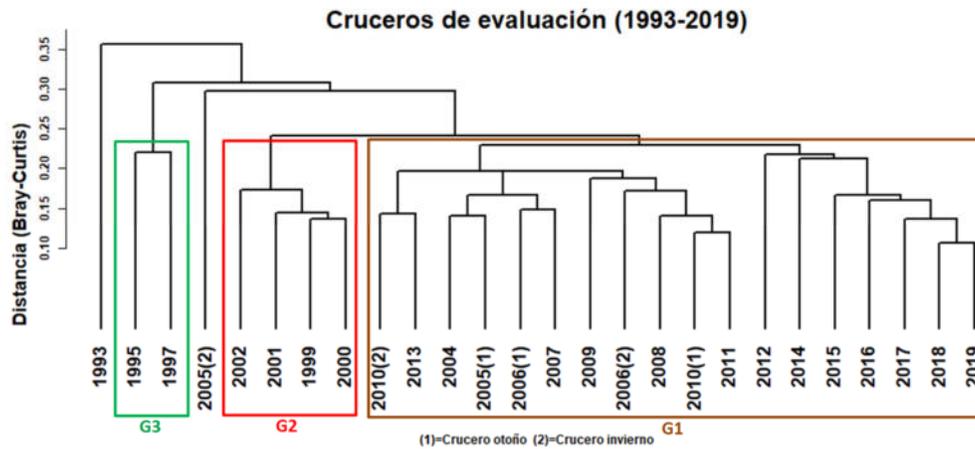


Figura 37. Resultado del análisis de clasificación de la abundancia relativa de la fauna presente en los cruceros de evaluación directa de merluza común realizados entre 1993 y 2019.

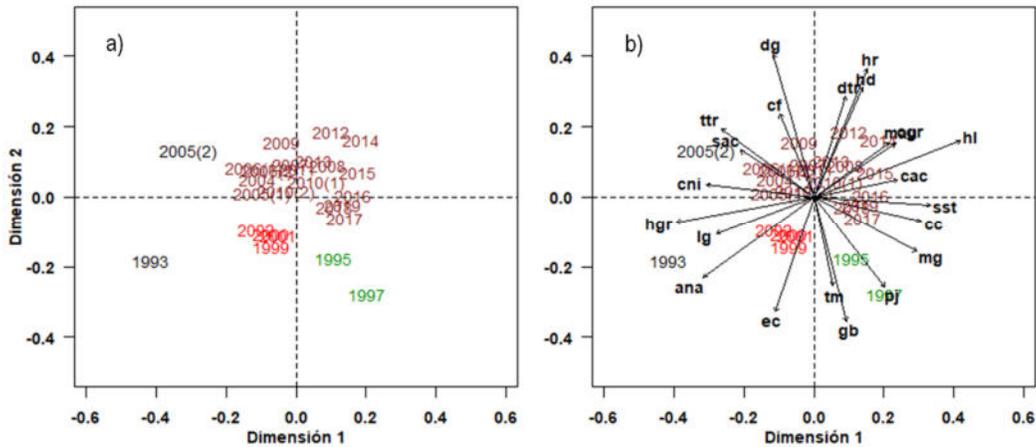


Figura 38. Resultado del análisis de ordenación de la abundancia relativa de la fauna presente en los cruceros de evaluación directa de merluza común realizados entre 1993 y 2019 (simbología: ver tabla 44).

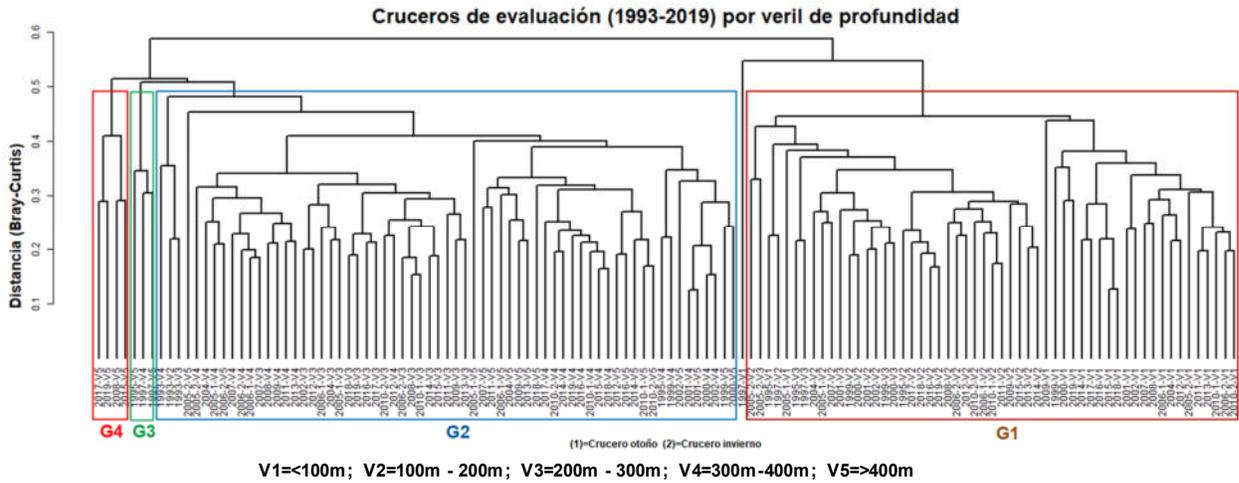


Figura 41. Resultado del an3lisis de clasificaci3n de la abundancia relativa de la fauna presente por veril de profundidad durante los cruceros de evaluaci3n directa de merluza com3n realizados entre 1993 y 2019.

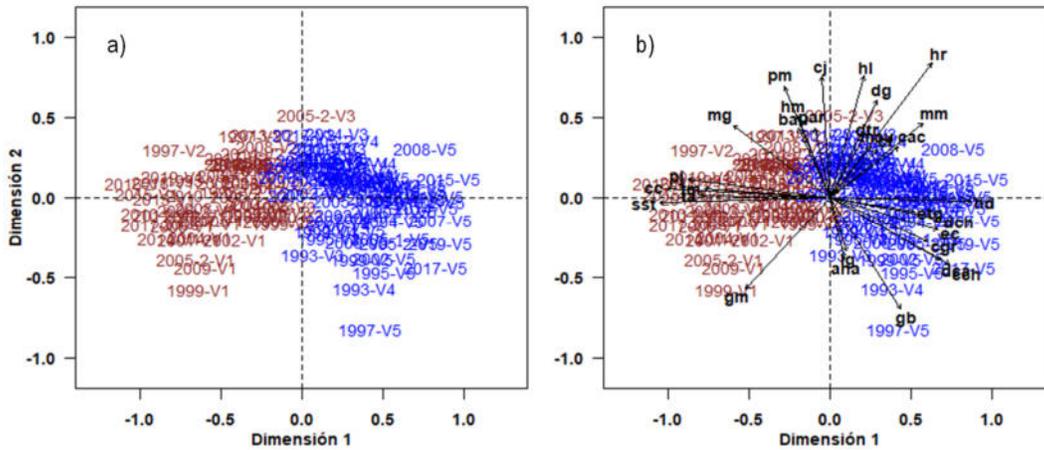


Figura 42. Resultado del an3lisis de ordenaci3n de la abundancia relativa de la fauna presente por veril de profundidad durante los cruceros de evaluaci3n directa de merluza com3n realizados entre 1993 y 2019 (simbolog3a: ver tabla 44).

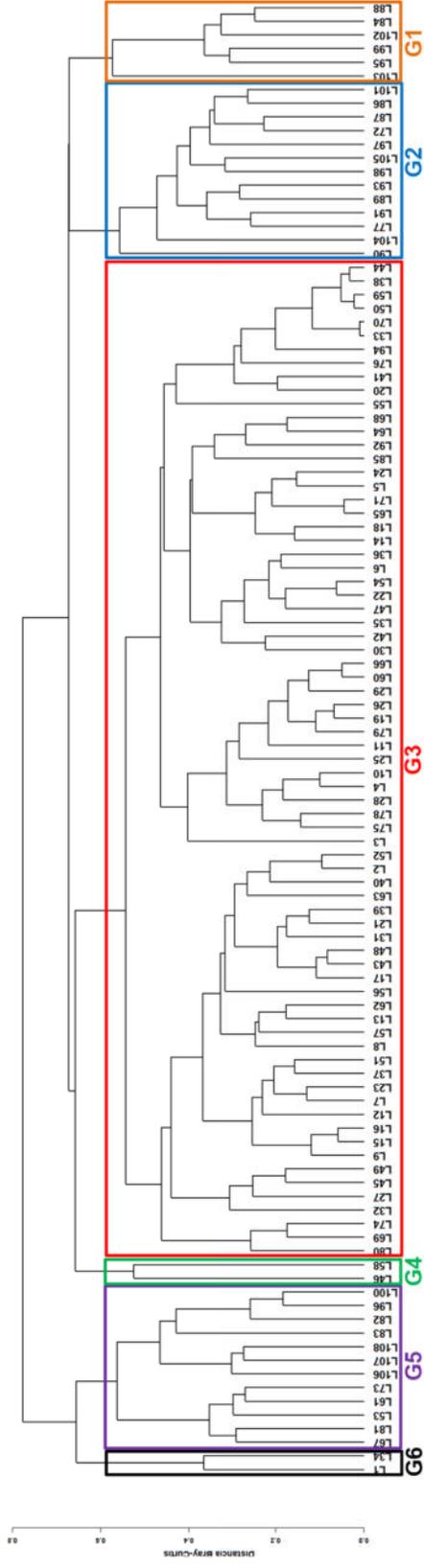


Figura 43. Resultado del an3lisis de clasificaci3n de la abundancia relativa de las principales especies capturadas por lance de identificaci3n durante el crucero de evaluaci3n directa de merluza com3n, invierno 2019.

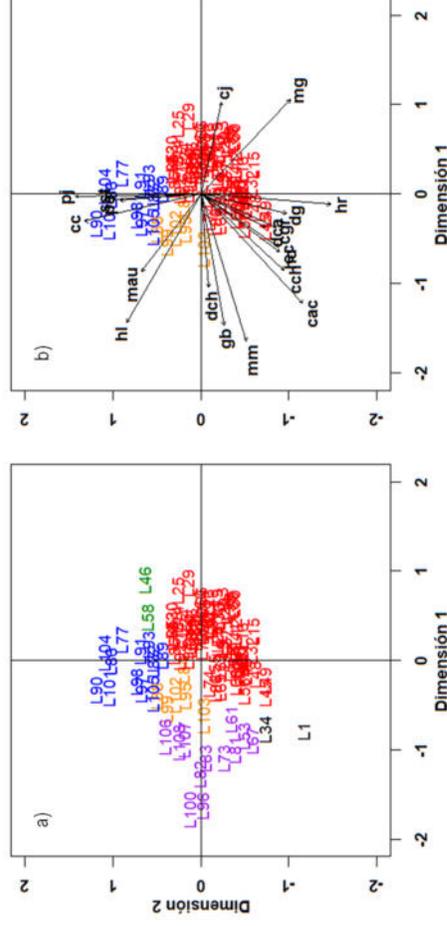


Figura 44. Resultado del an3lisis de ordenaci3n de la abundancia relativa de las principales especies capturadas por lance de identificaci3n durante el crucero de evaluaci3n directa de merluza com3n, invierno 2019.

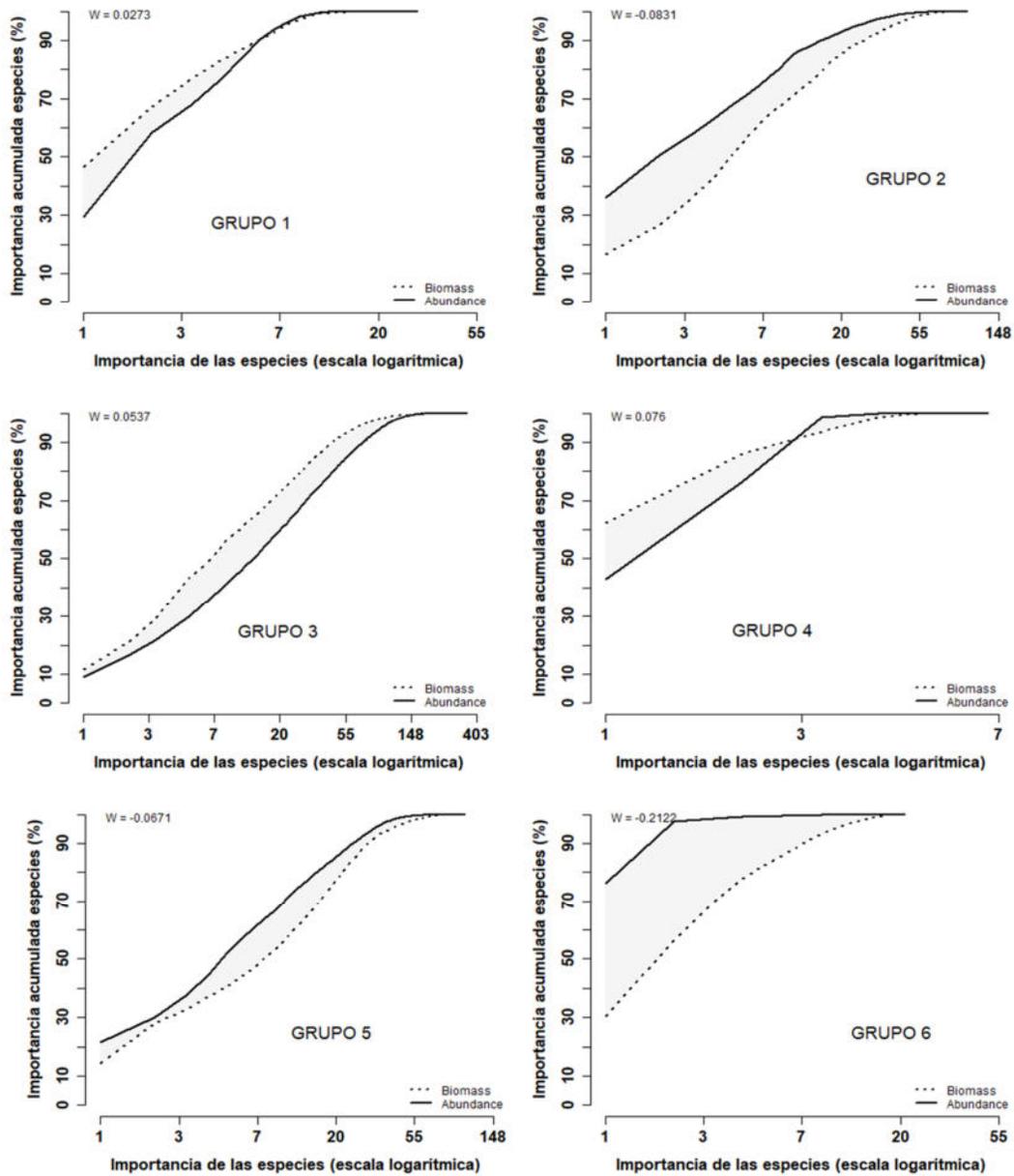


Figura 45. Curvas de k-dominancia para la abundancia numérica y relativa (CPUA) de la fauna capturada en los lances de identificación realizados en el crucero de evaluación directa de merluza común, invierno 2019.

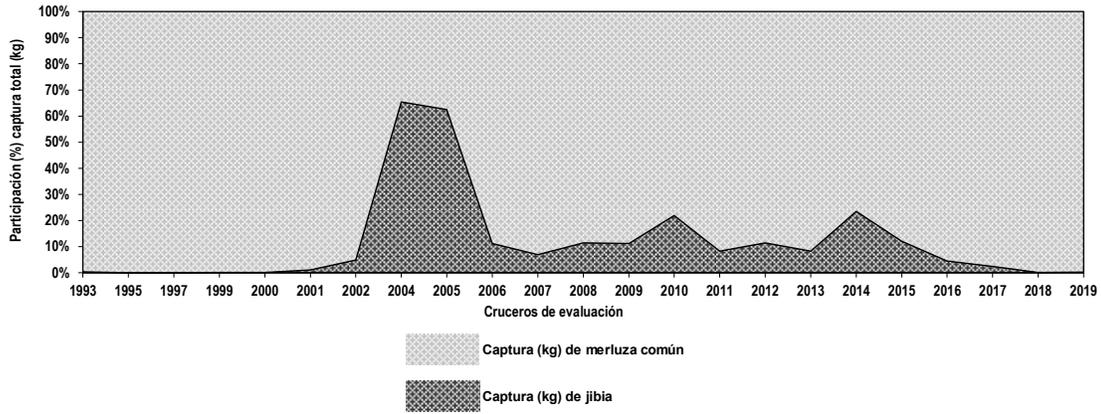


Figura 46. Participaci3n (%) de jibia, respecto de la captura total por crucero de evaluaci3n de merluza com3n, realizados durante los per3odos de invierno.

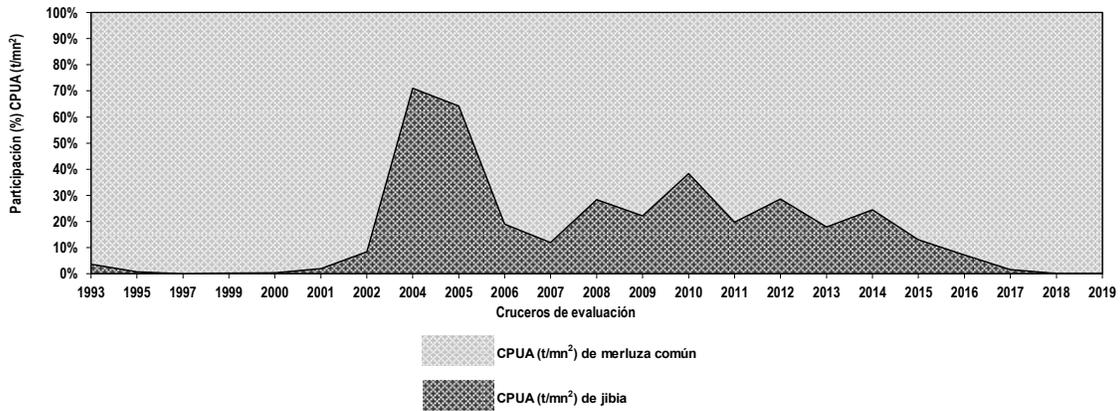


Figura 47. Captura por unidad de 3rea (CPUA [t/mn²]) de jibia registrada durante los cruceros de evaluaci3n de merluza com3n, realizados durante los per3odos de invierno.

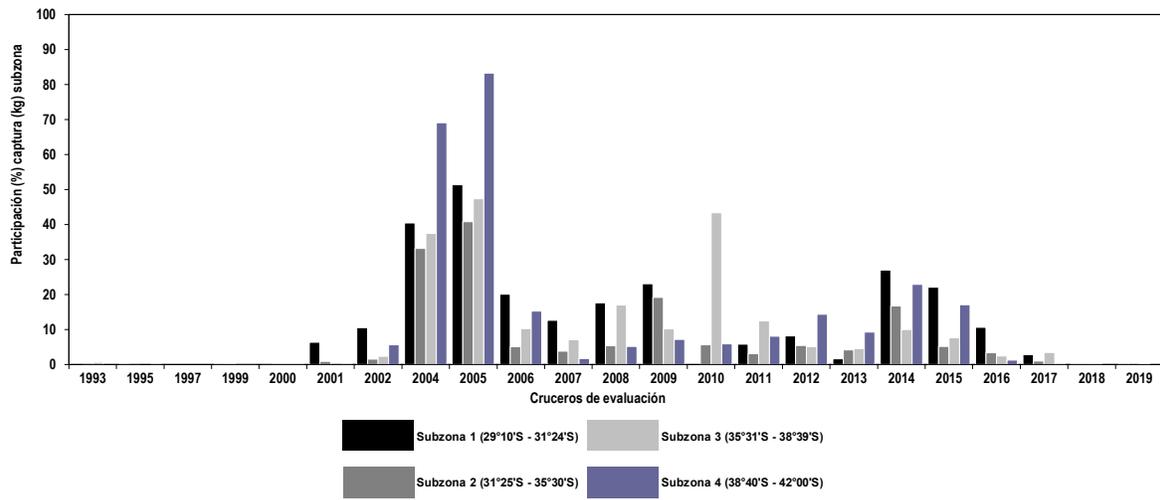


Figura 48. Participaci3n (%) de jibia respecto de la captura total obtenida por subzona. Cruceros de evaluaci3n de merluza com3n, inviernos de 1993 a 2019.

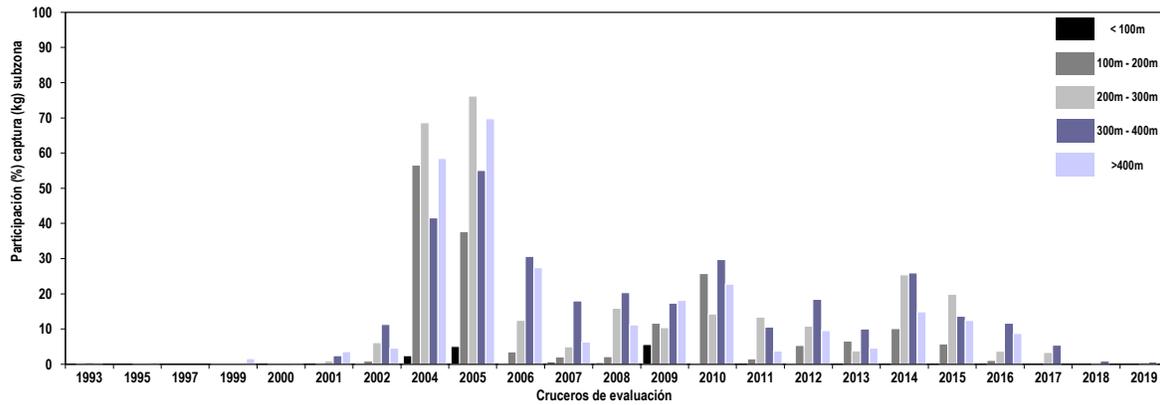


Figura 49. Participaci3n (%) de jibia respecto de la captura total por veril de profundidad. Cruceros de evaluaci3n de merluza com3n, inviernos de 1993 a 2019.

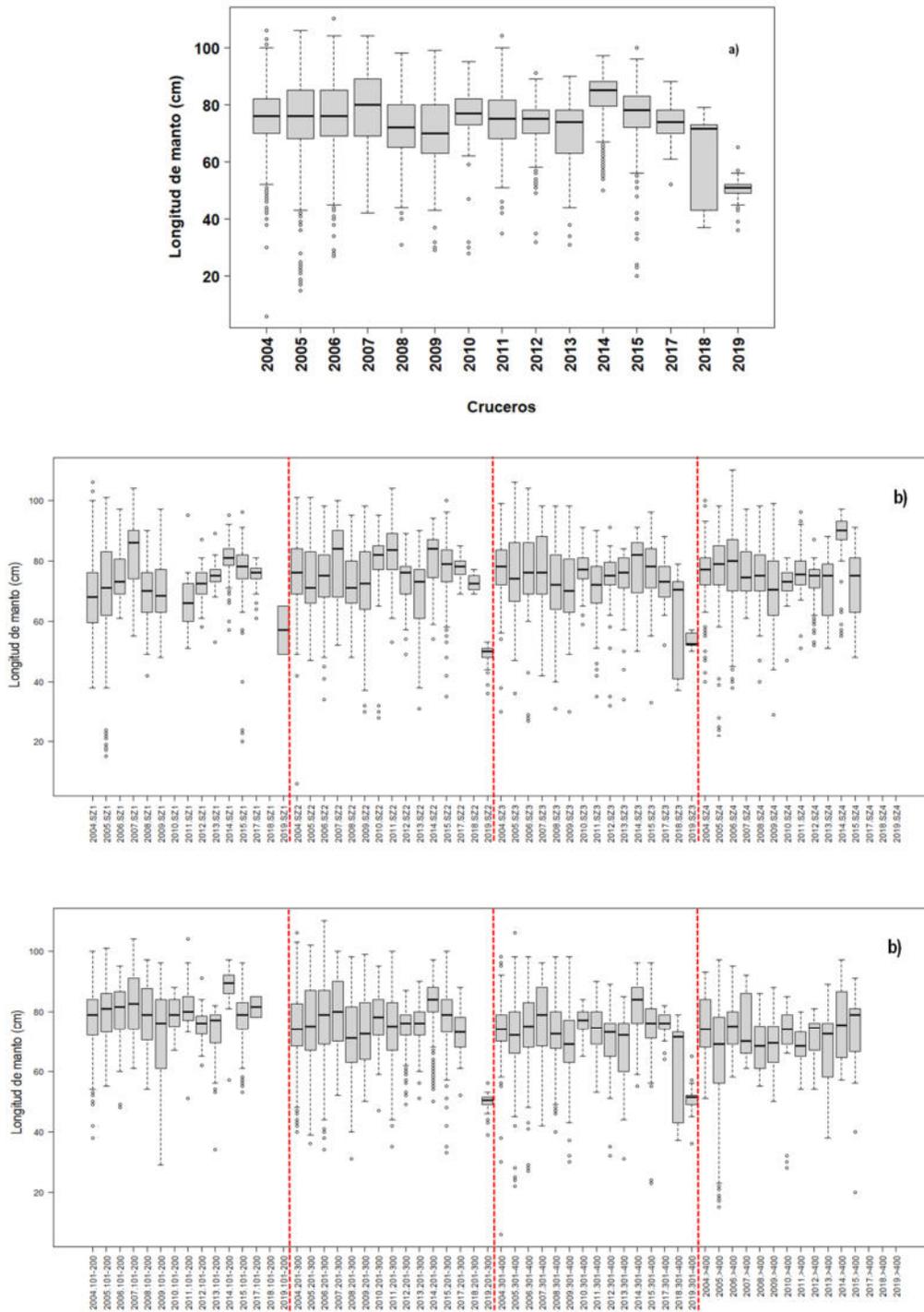


Figura 50. Rangos de longitud de manto de jibia capturada durante evaluaciones directas de merluza com3n: a) cruces 1999 a 2019 y b) subzonas y veril de profundidad.

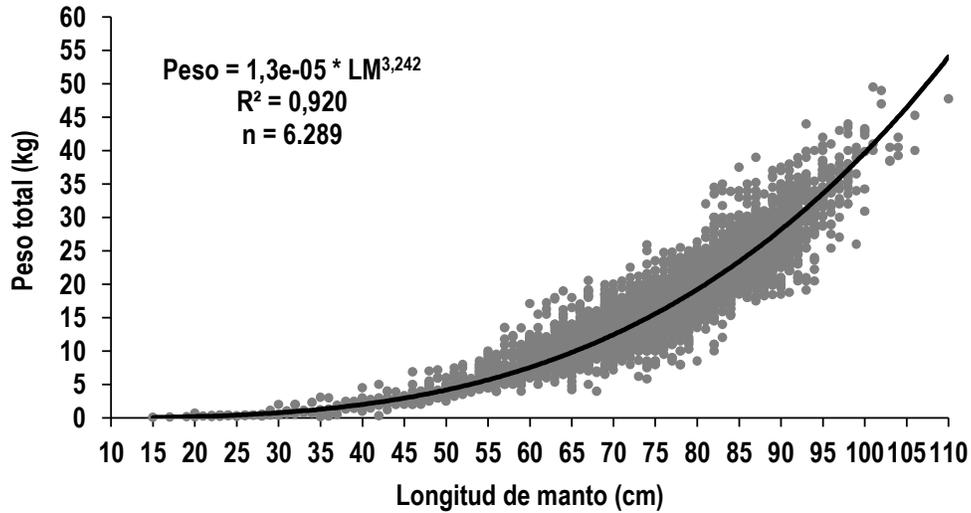


Figura 51. Relaci3n entre longitud del manto y peso total de jibia capturada durante los lances de identificaci3n de los cruceros de evaluaci3n directa de merluza com3n entre 2004 a 2019.

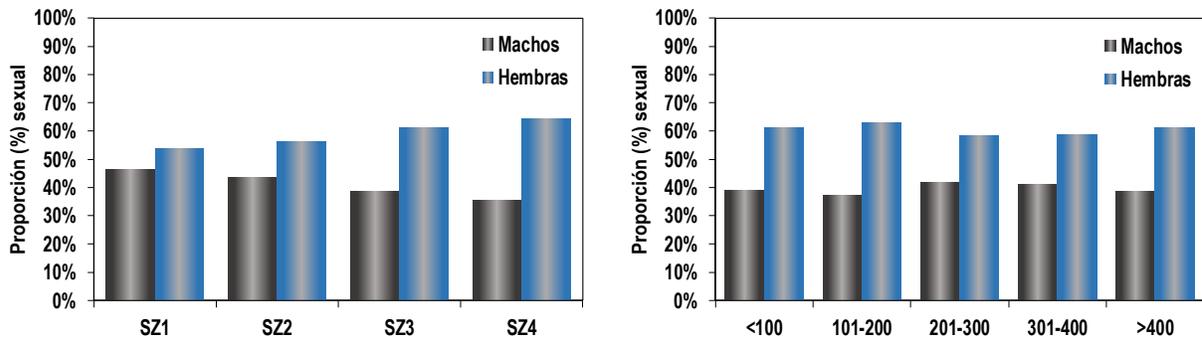


Figura 52. Proporci3n sexual total de jibia por subzona y veril de profundidad. Cruceros de evaluaci3n directa de merluza com3n realizados entre 2004 a 2019.

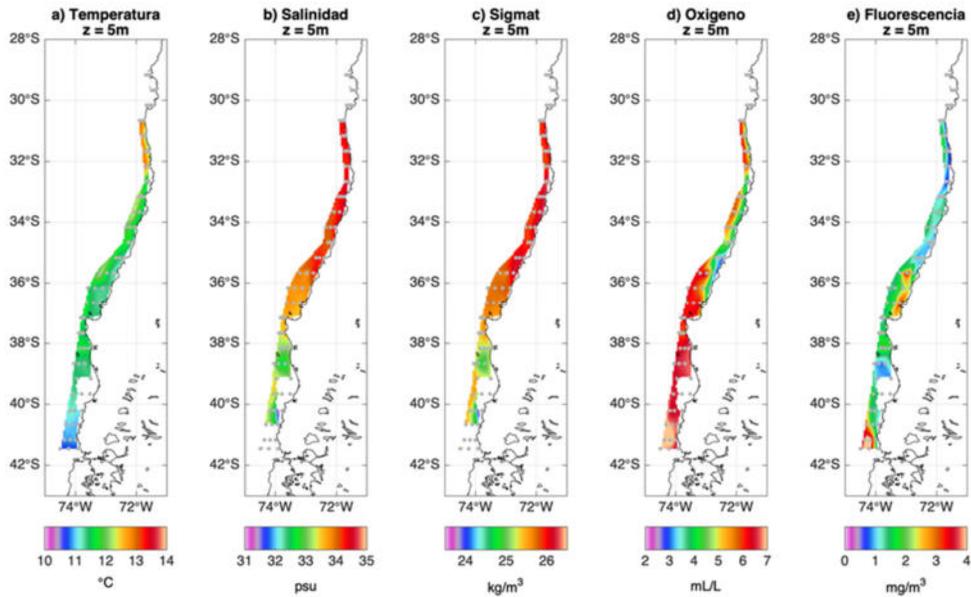


Figura 53. Distribuci3n espacial del campo de: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) sigma-t ($\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$), d) ox3geno disuelto (ml/l) y e) fluorescencia ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) a 5 m de profundidad.

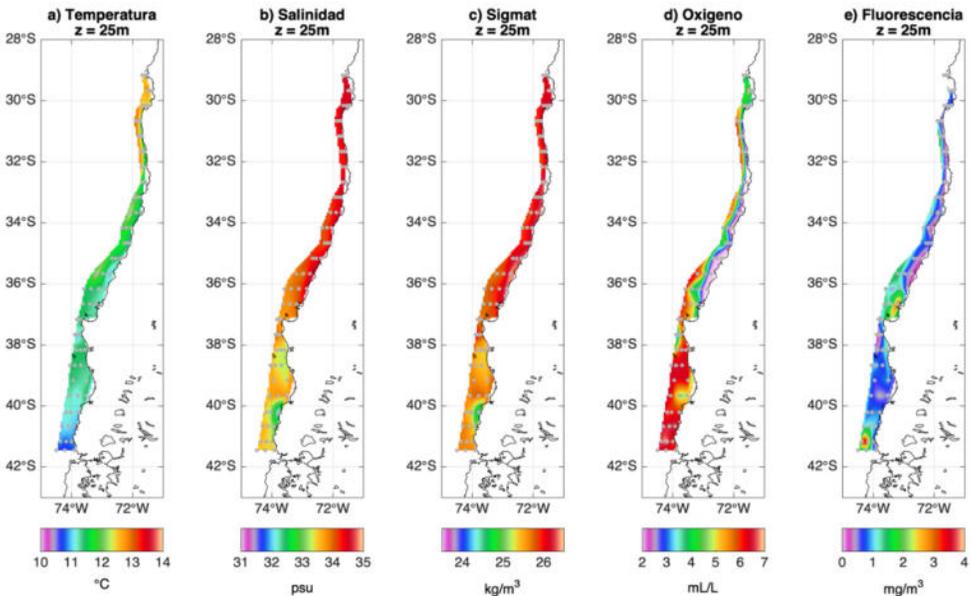


Figura 54. Distribuci3n espacial del campo de: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) sigma-t ($\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$), d) ox3geno disuelto (ml/l) y e) fluorescencia ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) a 25 m de profundidad.

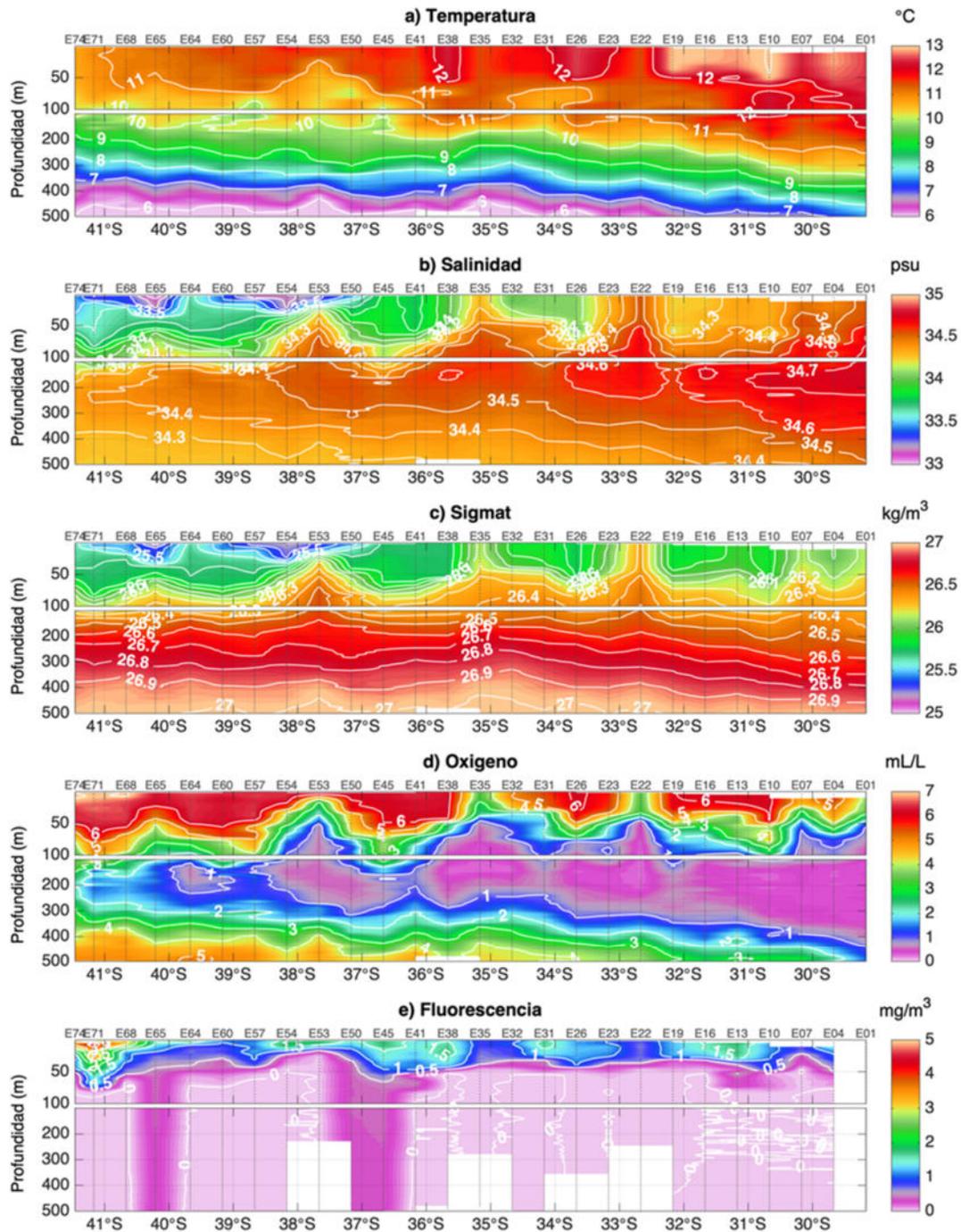


Figura 55. Distribuci3n meridional de los parámetros hidrográficos en la secci3n L01 (transecta oceánica), incluyendo temperatura (°C), salinidad (psu), sigma-t (Kg·m⁻³), oxígeno disuelto (mL/l) y fluorescencia (mg·m⁻³).

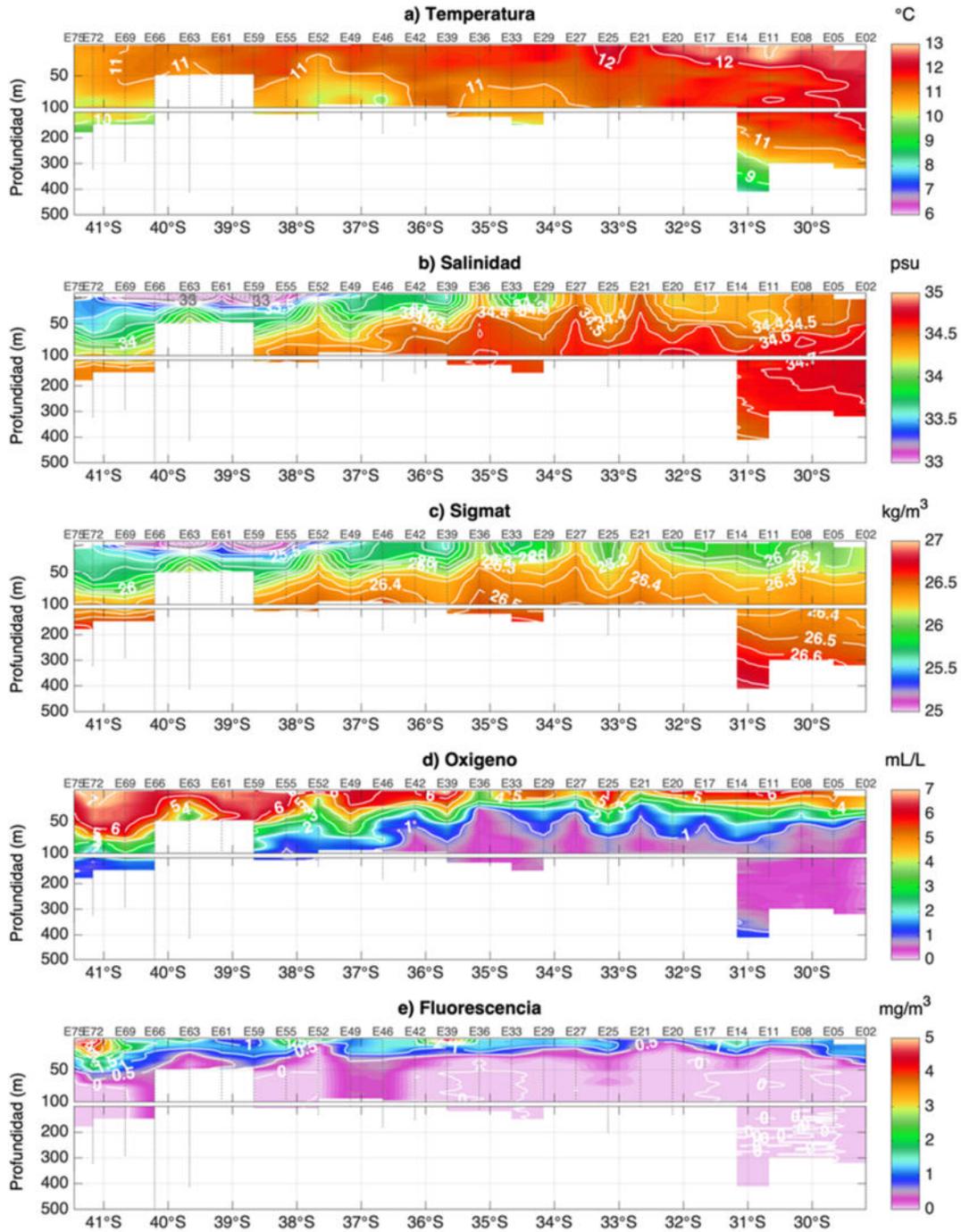


Figura 56. Distribuci3n meridional de los par3metros hidrogr3ficos en la secci3n L02 (transecta central), incluyendo temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), sigma-t ($\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$), oxigeno disuelto (ml/l) y fluorescencia ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$).

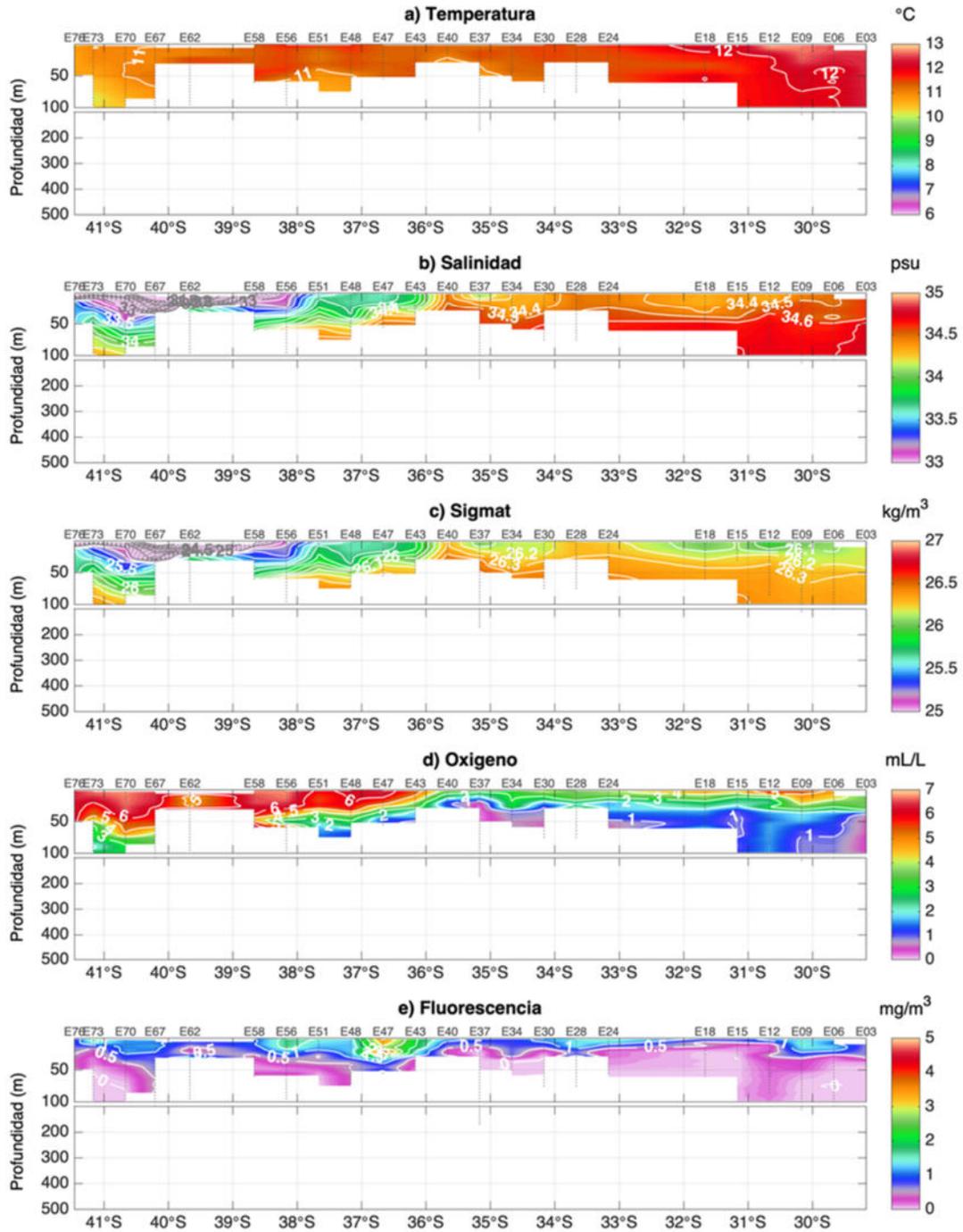


Figura 57. Distribuci3n meridional de los parámetros hidrográficos en la secci3n L03 (transecta costera), incluyendo temperatura (°C), salinidad, sigma-t ($\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$), oxígeno disuelto (ml/l) y fluorescencia ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$).

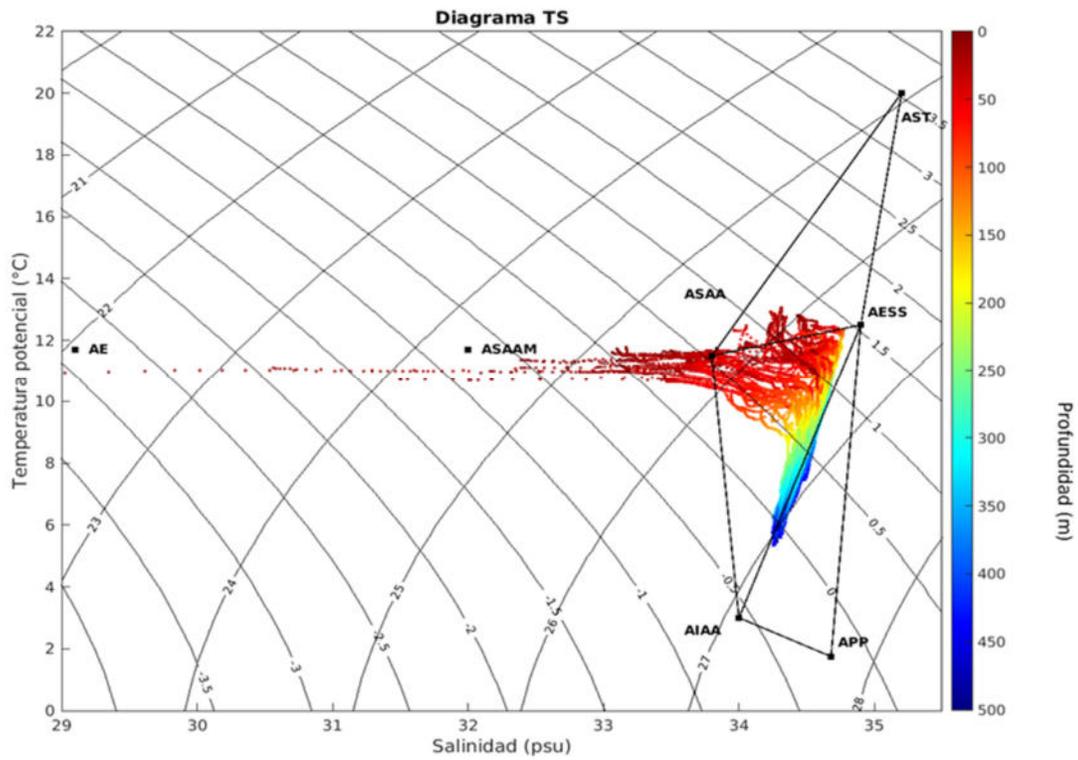


Figura 58. Diagrama T-S correspondiente todas las estaciones del 1rea de estudio.

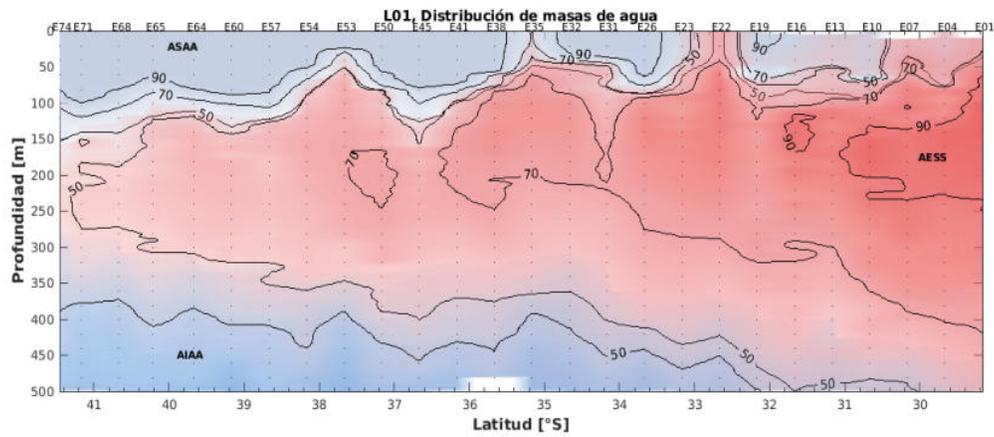


Figura 59. Distribuci3n meridional de las masas de agua para la secci3n L01.

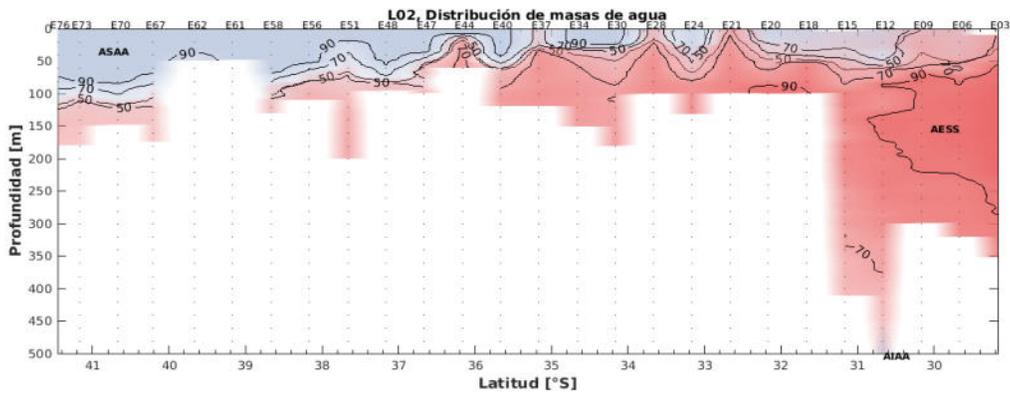


Figura 60. Distribuci3n meridional de las masas de agua para la secci3n L02.

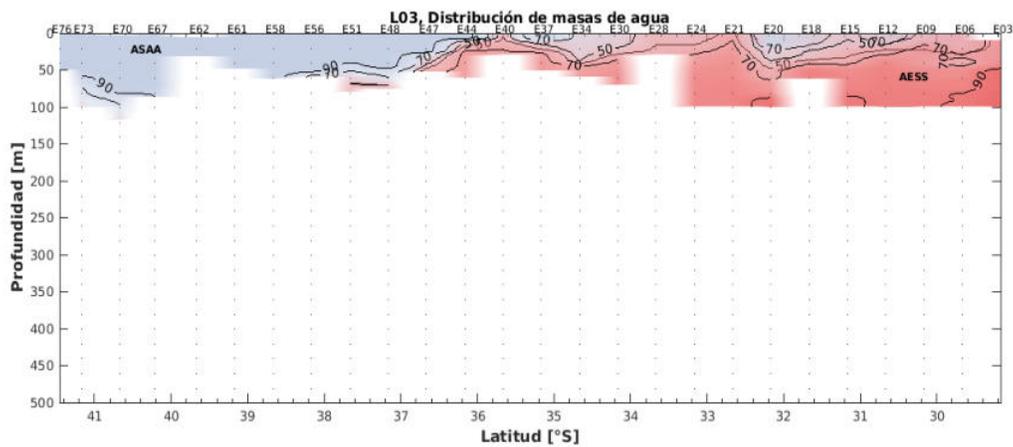


Figura 61. Distribuci3n meridional de las masas de agua para la secci3n L03

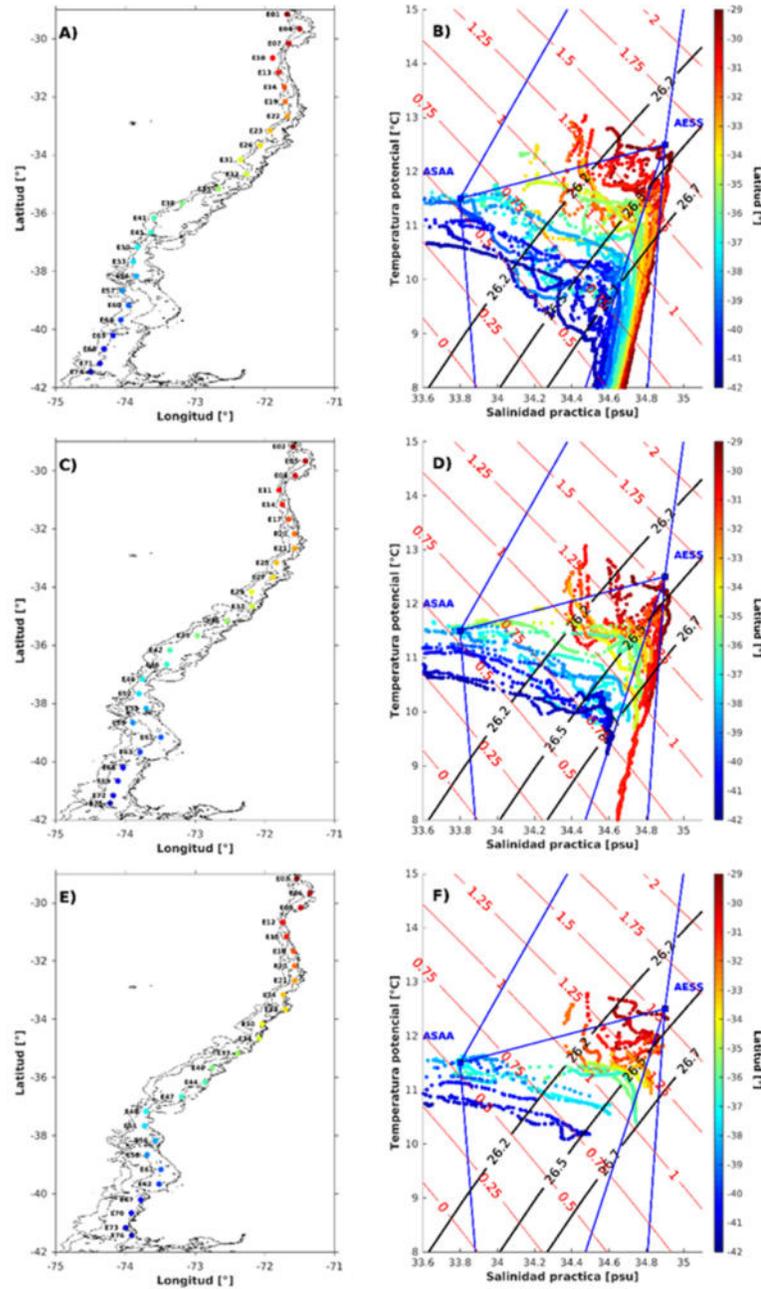


Figura 62. *Spiciness* a lo largo de la costa. Se muestran los mapas con la línea de costa, isobatas de 100, 500 y 1000 m de profundidad y las estaciones oceanográficas y su respectivo diagrama T-S centrado en los estratos subsuperficiales, indicando las isopicnas que delimitaron las aguas dominadas por AESS (26,2 y 26,7 $\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$) y la asociada al núcleo de esta (26,5 $\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$), junto a las isolíneas de *spiciness* (líneas rojas) (paneles izquierdos), de las secciones meridionales L01 (a y b), L02 (c y d) y L03 (e y f). La escala de color indica la latitud.

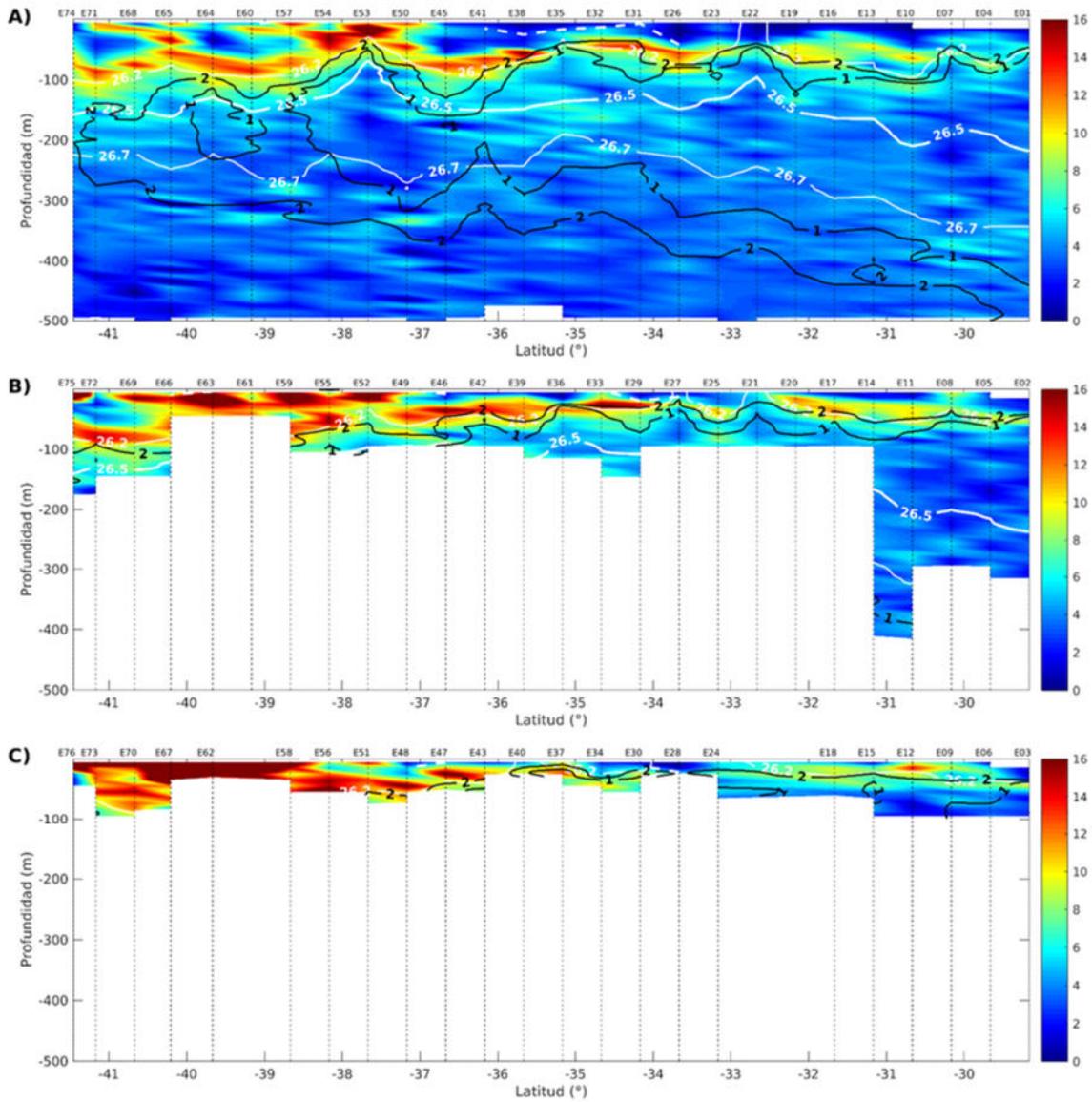


Figura 63. Secciones meridionales L01 (a), L02 (b) y L03 (c) de la frecuencia de *Brunt-Väisälä* (N). Cada panel muestra en colores a N, con su respectiva barra de color a la derecha del recuadro, indicando la profundidad (eje vertical a la izquierda), latitud (eje horizontal en la base) y estaciones oceanográficas (eje horizontal en la parte superior). Además, sobre cada mapa de color se muestra la profundidad de la capa de mezcla (línea blanca segmentada), las isolíneas de 1 y 2 ml/l de oxígeno disuelto (líneas negras), las isopicnas de 26,2; 26,5 y 26,7 Kg·m⁻³ (líneas blancas).

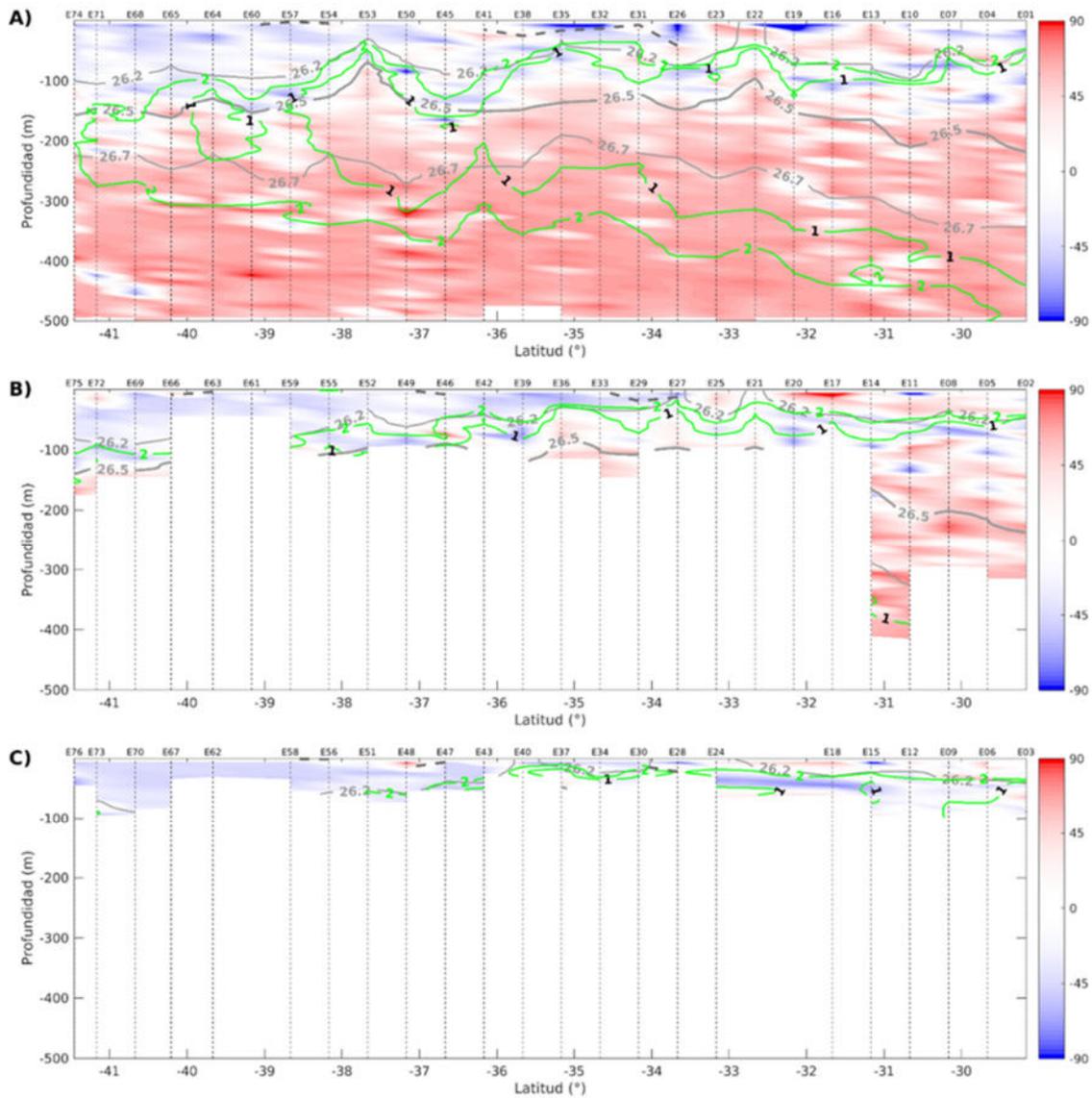


Figura 64. Secciones meridionales L01 (a), L02 (b) y L03 (c) del 3ngulo de Turner (Tu). Cada panel muestra en colores los valores de Tu, con su respectiva barra de color a la derecha del recuadro, indicando la profundidad (eje vertical a la izquierda), latitud (eje horizontal en la base) y estaciones oceanogr3ficas (eje horizontal en la parte superior). Adem3s, sobre cada mapa de color se muestra la profundidad de la capa de mezcla (lnea negra segmentada), las isolneas de 1 y 2 ml/l de ox3geno disuelto (lneas verdes) y las isopicnas de 26,2; 26,5 y 26,7 Kg·m⁻³ (lneas grises).

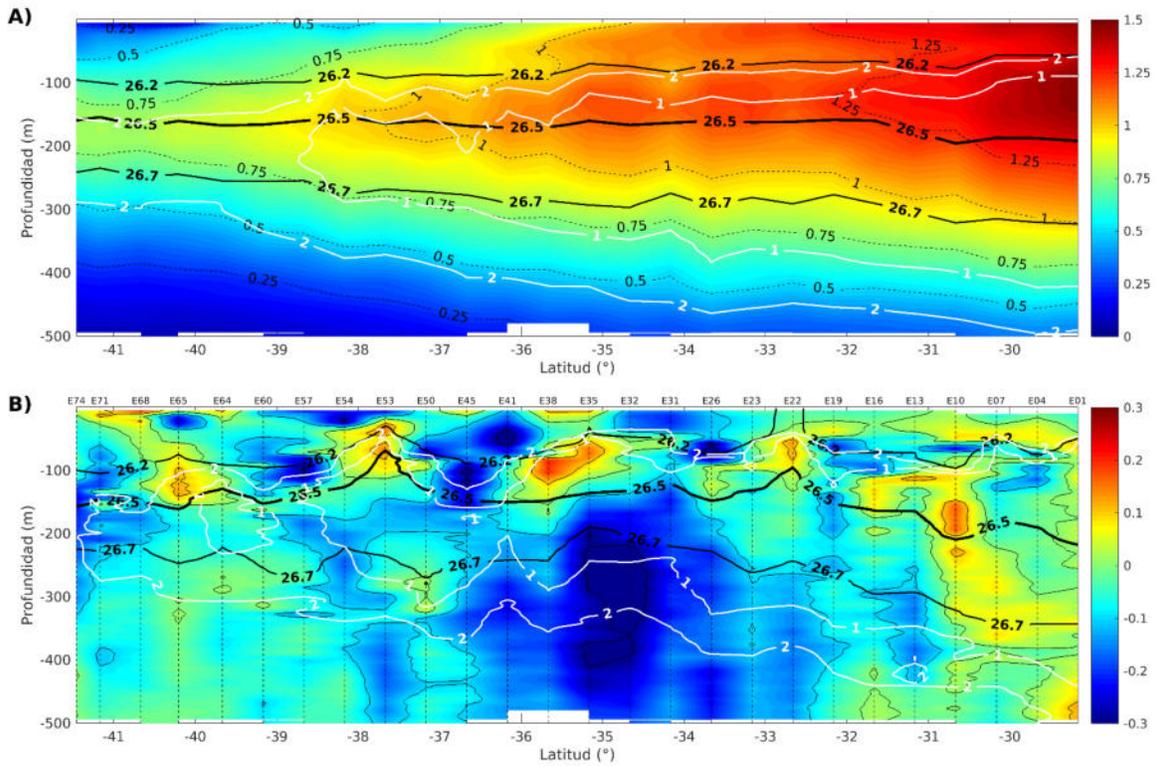


Figura 65. Secci3n L01 del promedio climatol3gico durante invierno del *spiciness* (a) y las anomalías del *spiciness* durante el a3o 2019 respecto al invierno climatol3gico (b). En a) se muestra en colores los valores de *spiciness* y en b) la amplitud de sus anomalías, con su respectiva barra de color a la derecha de cada recuadro. En ambos paneles se indica la profundidad (eje vertical a la izquierda), latitud (eje horizontal en la base) y estaciones oceanogr3ficas (eje horizontal en la parte superior), adem3s se muestran las isolíneas de 1 y 2 mL/L de oxígeno disuelto (líneas blancas), y las isopicnas de 26,2, 26,5 y 26,7 kg/m³ (líneas negras gruesas). En a) se destacan a través de contornos (líneas negras delgadas) los niveles de 0, $\pm 0,1$, y $\pm 0,2$.

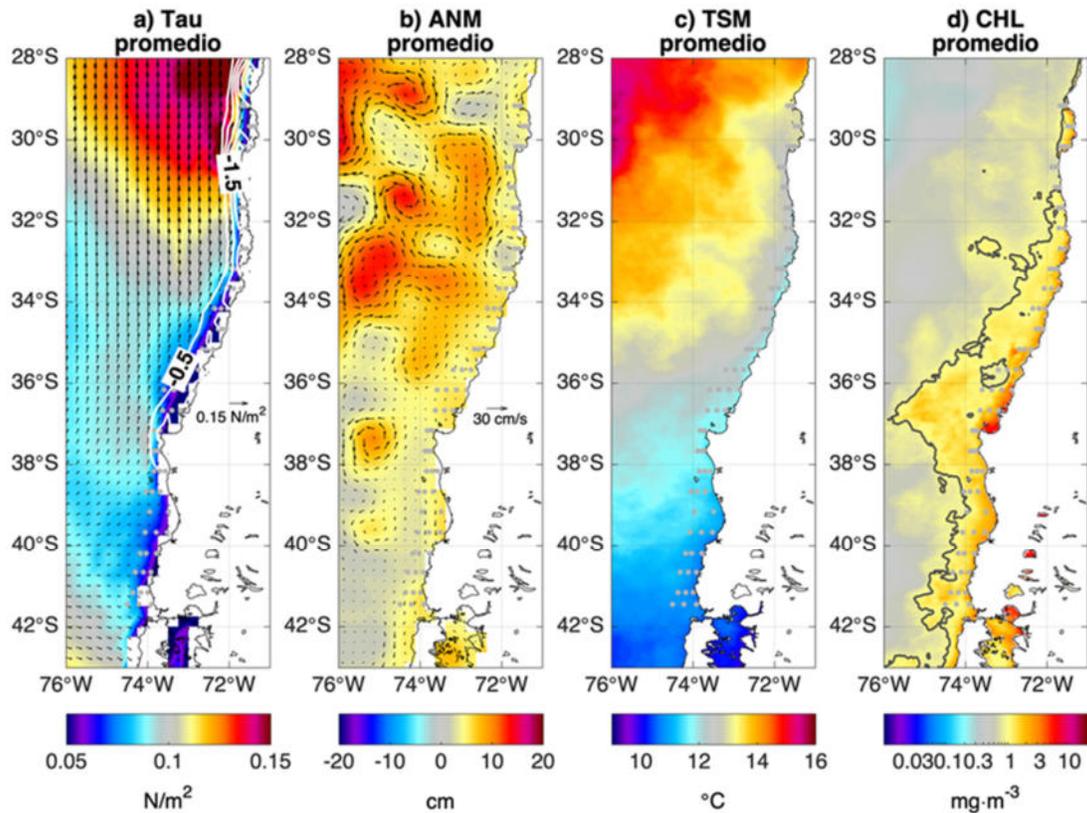


Figura 66. Imágenes satelitales de a) esfuerzo del viento, b) anomalía del nivel del mar, c) temperatura superficial del mar y d) concentración de clorofila-a correspondientes al promedio temporal entre el 24 de julio y 4 de septiembre.

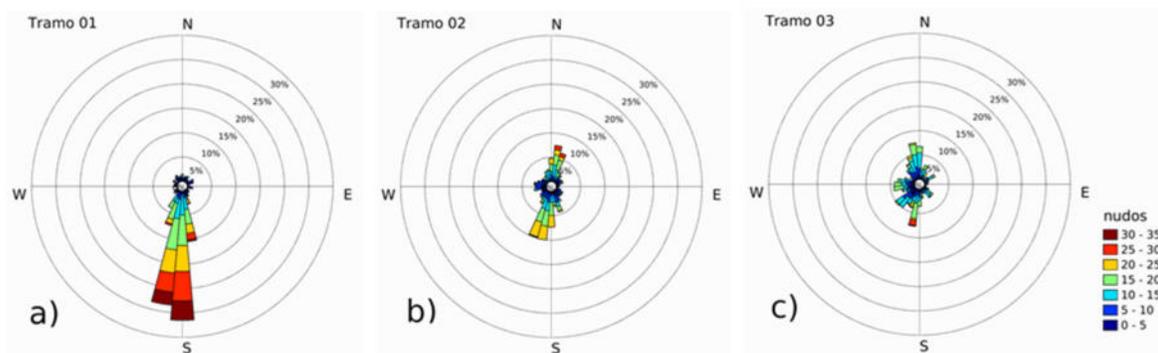


Figura 67. Rosa de los vientos de la distribución de la velocidad y direcci3n del viento a 10 m, obtenida desde el barco durante el Crucero de Prospecci3n de la Merluza Común 2019. Se presenta separada de acuerdo al tramo de medici3n correspondiente; a) tramo Coquimbo-Valparaíso, b) tramo Valparaíso-Talcahuano; c) tramo Talcahuano-Puerto Montt.

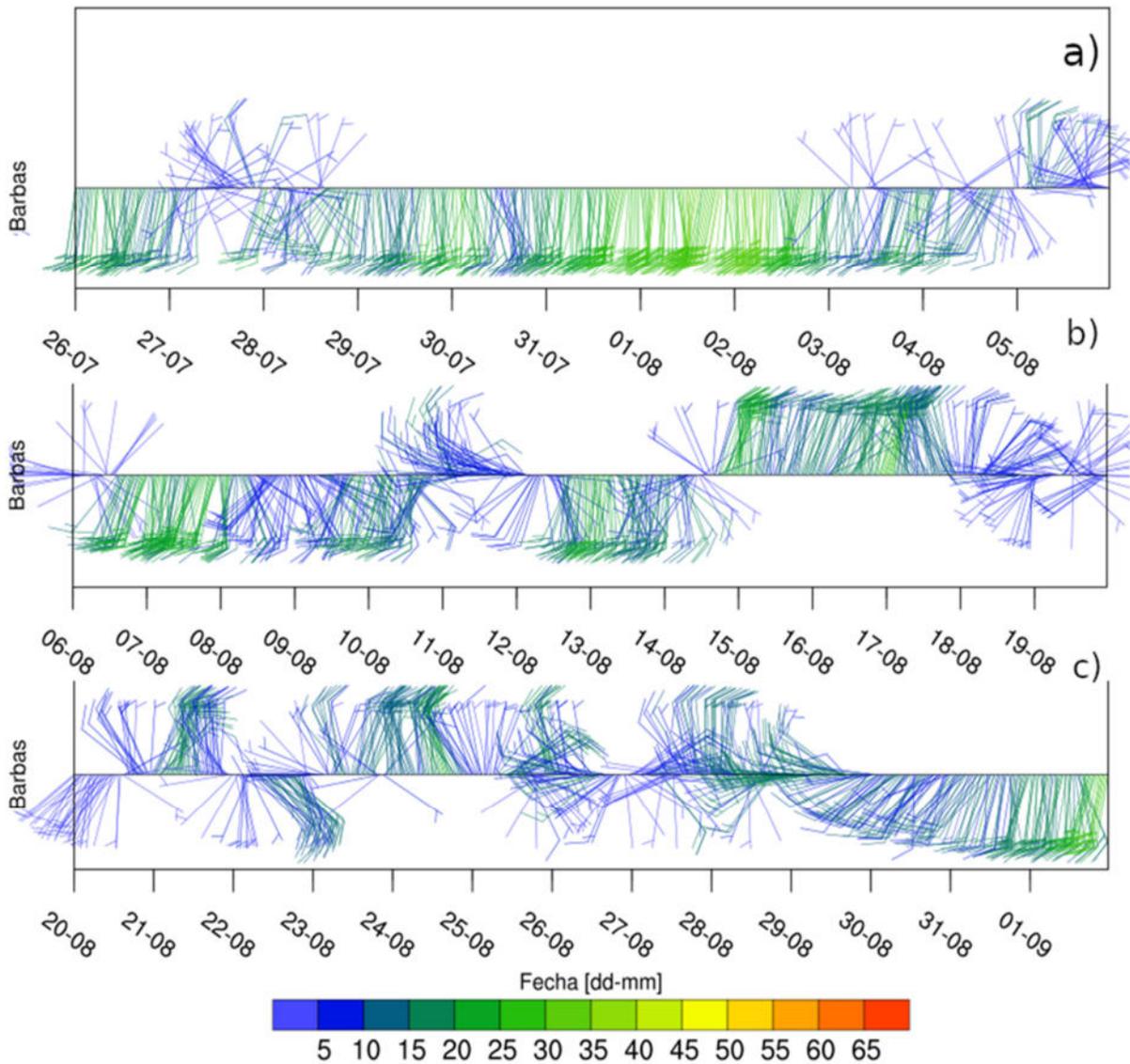


Figura 68. Diagramas de trazo de la velocidad y direcci3n del viento a 10 m, obtenida desde el barco durante el Crucero de Prospecci3n de la Merluza Com3n 2019. Se presenta separada de acuerdo al tramo de medici3n correspondiente; a) tramo Coquimbo-Valpara3so, b) tramo Valpara3so-Talcahuano; c) tramo Talcahuano-Puerto Montt.

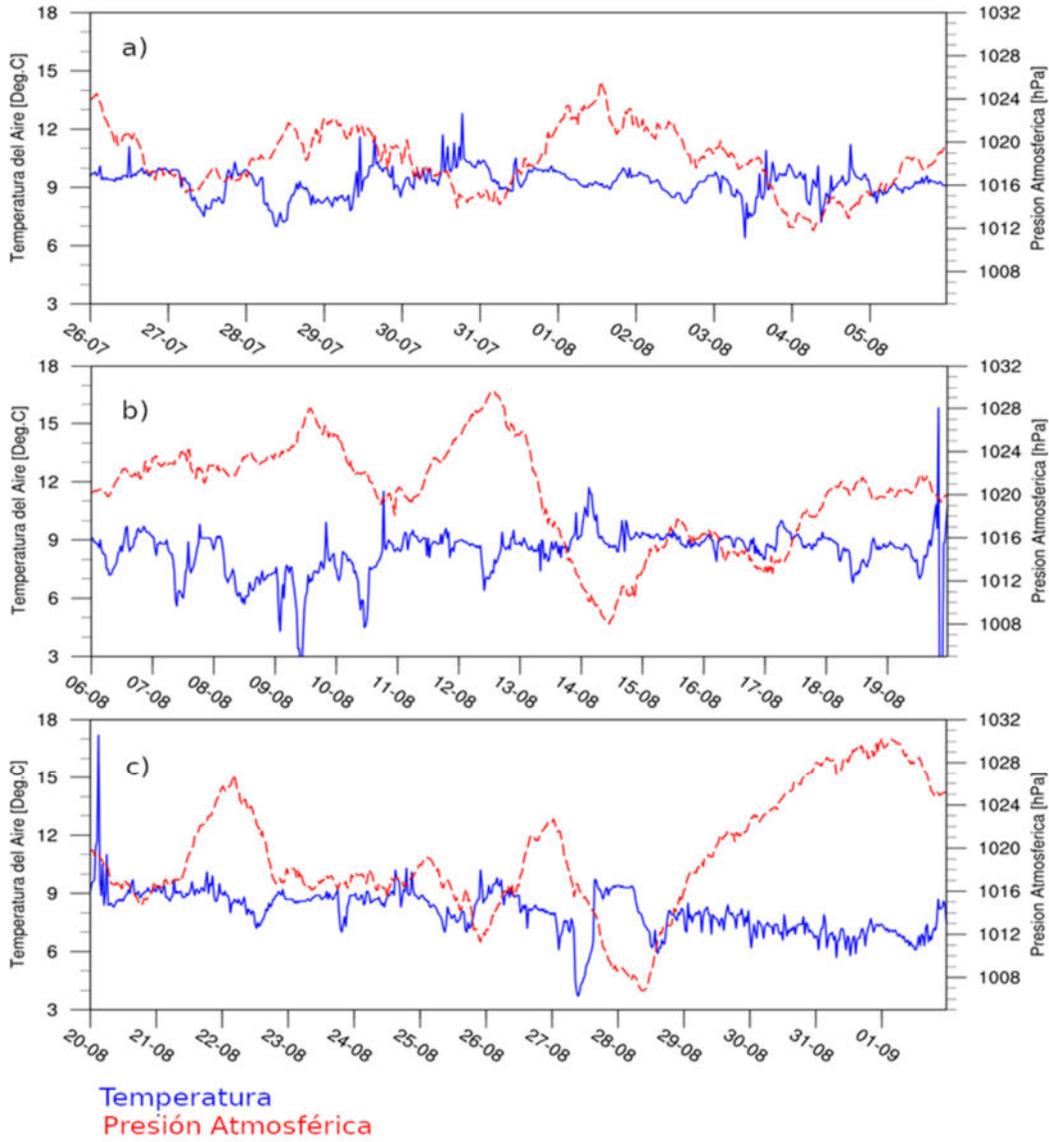


Figura 69. Presi3n atmosf3rica, a nivel medio del mar, obtenida desde el barco durante el Crucero de Prospecci3n de la Merluza Com3n 2019. Se presenta separada de acuerdo al tramo de medici3n correspondiente; a) tramo Coquimbo-Valpara3so, b) tramo Valpara3so-Talcahuano; c) tramo Talcahuano-Puerto Montt.

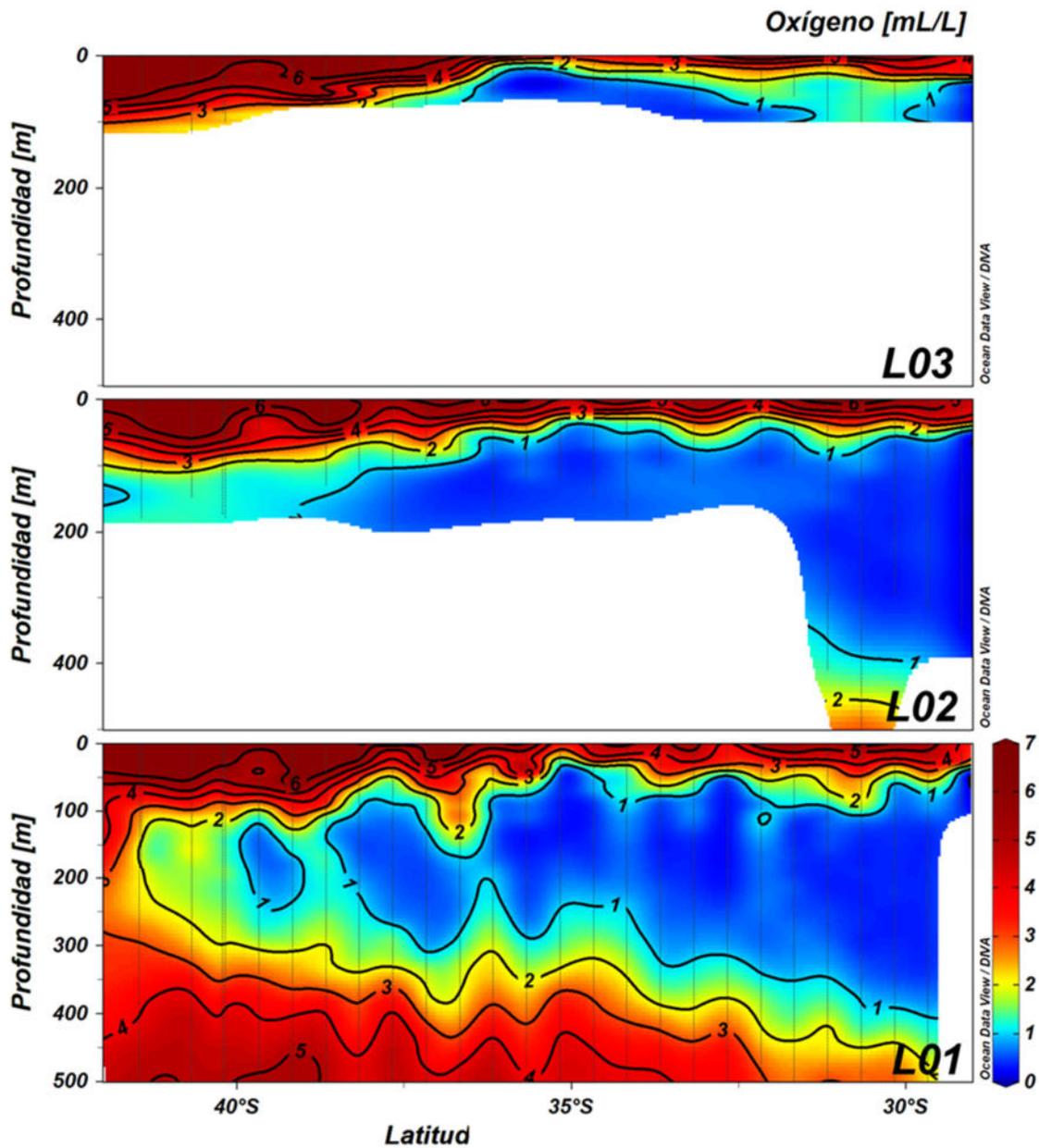


Figura 70. Distribuci3n vertical de oxígeno disuelto (mL/l), en las secciones costera (L03), intermedia (L02) y oceánica (L01).

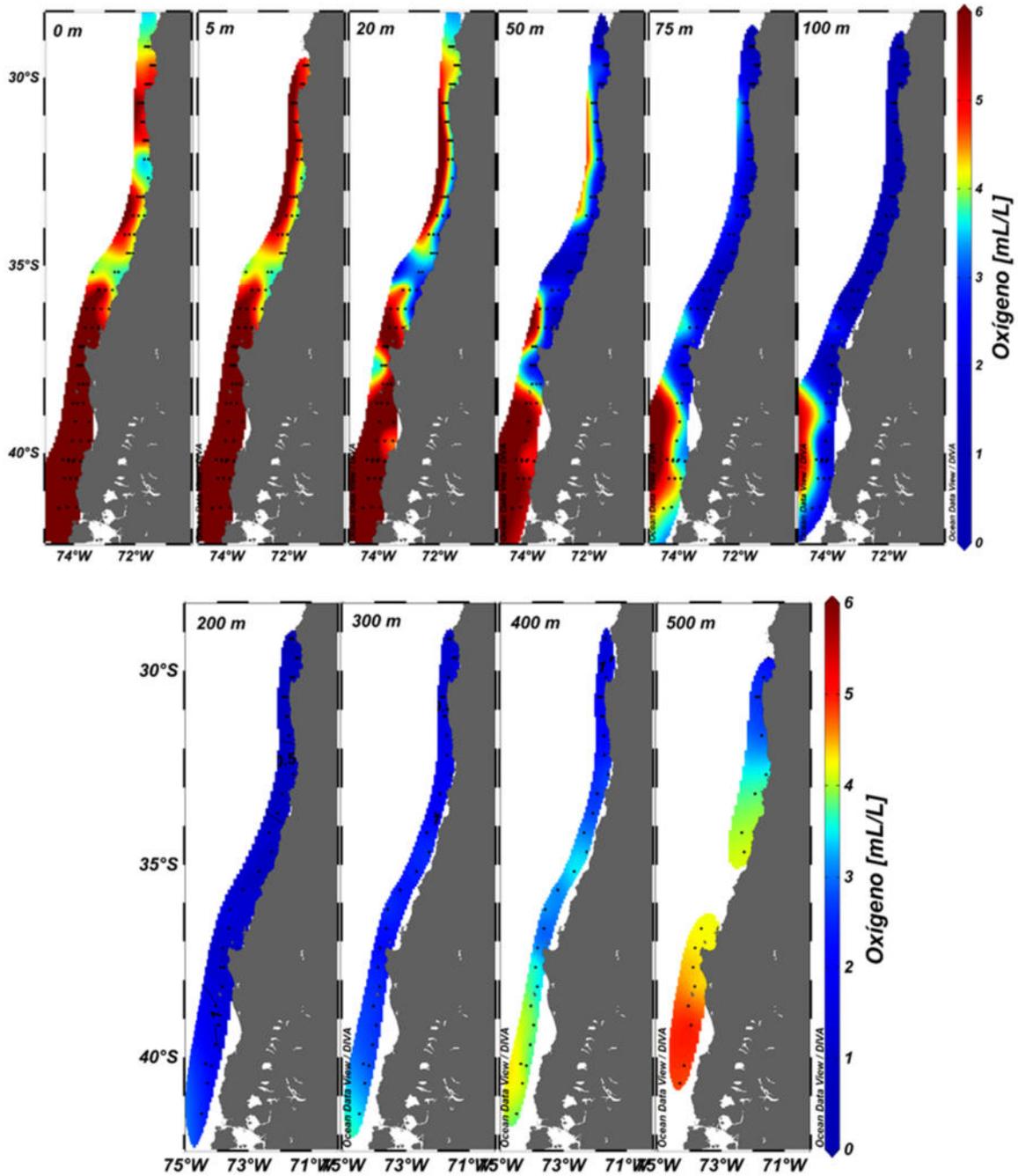


Figura 71. Distribuci3n latitudinal de oxígeno disuelto (ml/l) a 0, 5, 20, 50, 75, 100, 200, 300, 400 y 500 m de profundidad.

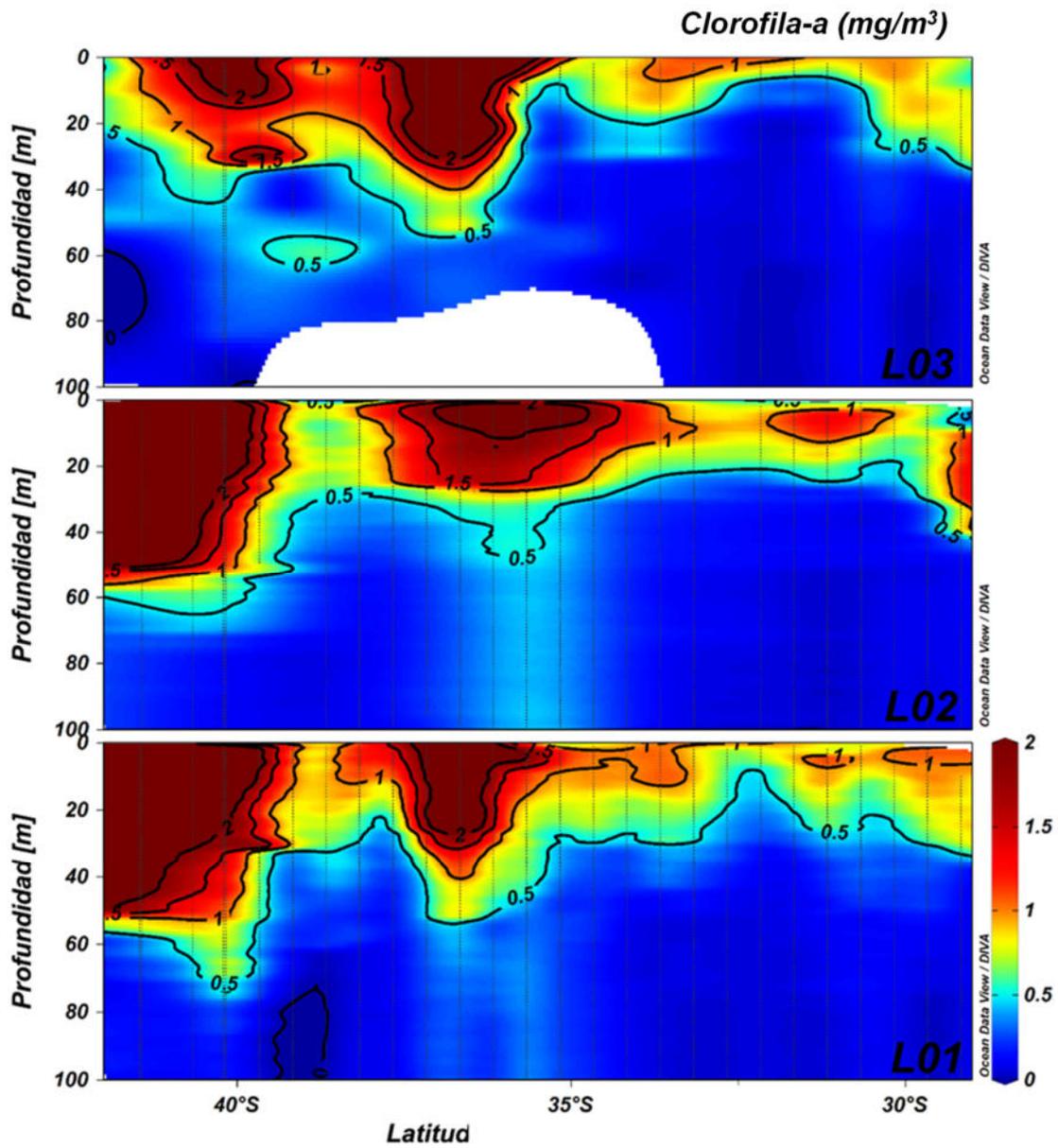


Figura 72. Distribuci3n vertical de clorofila-a (mg/m^3) en las secciones costera (L03), intermedia (L02) y oceánica (L01)

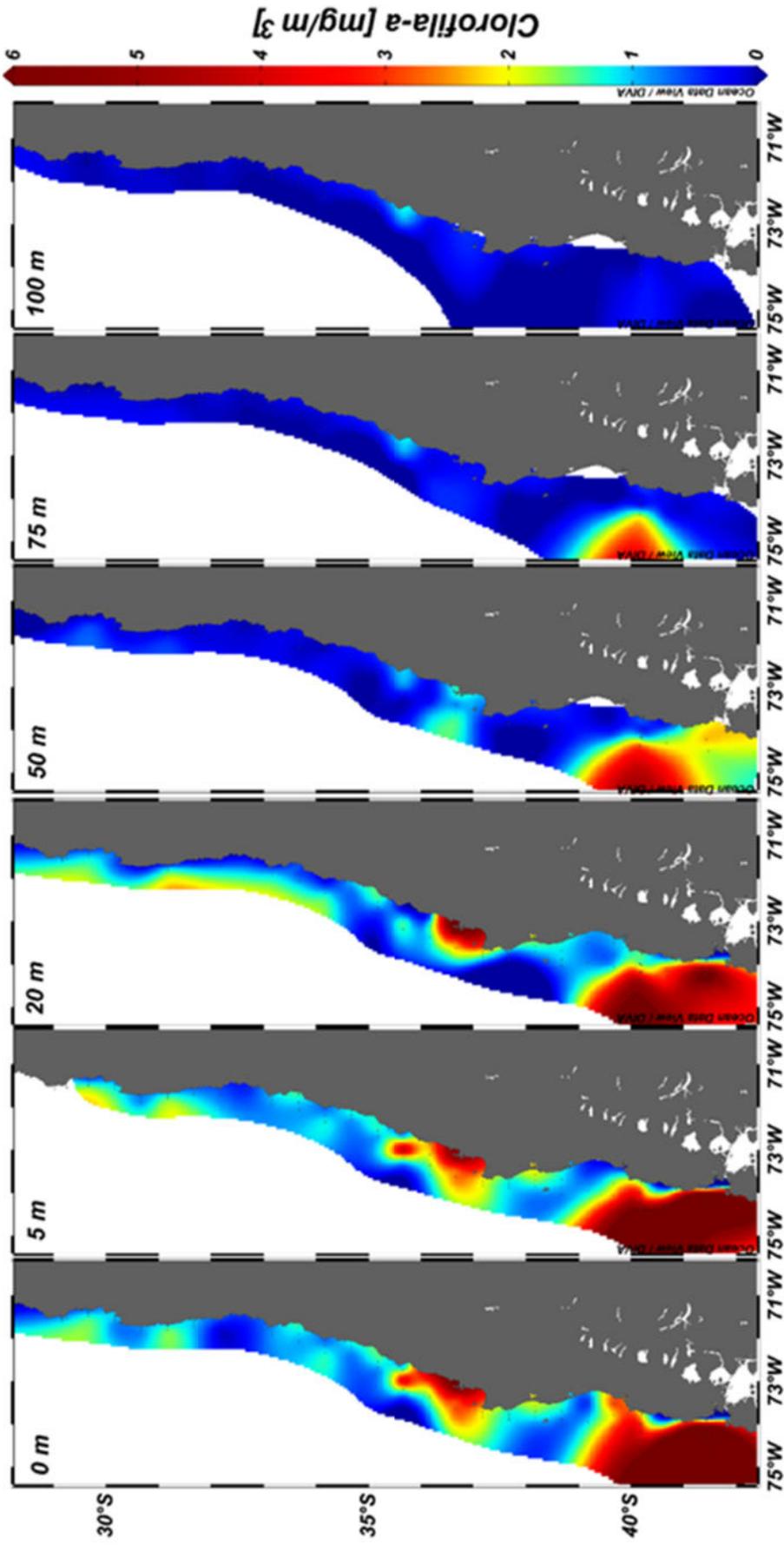


Figura 73. Distribuci3n latitudinal de clorofila-a (mg/m^3) a 0, 5, 20, 50, 75 y 100 m de profundidad.

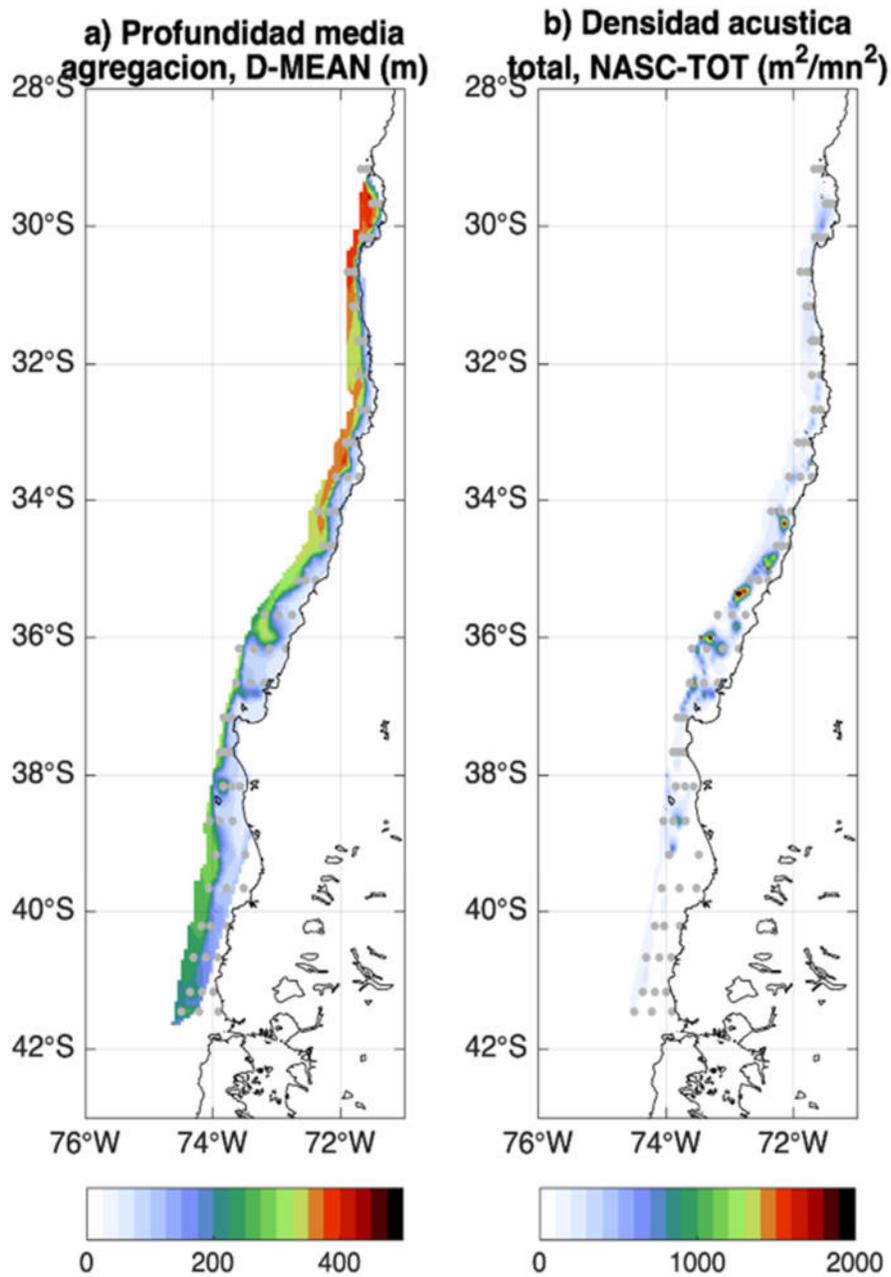


Figura 74. Distribuci3n de la merluza com3n, durante el crucero de prospecci3n 2019; a) profundidad media de la agregaci3n y; b) densidad ac3stica total asignada a la merluza com3n.

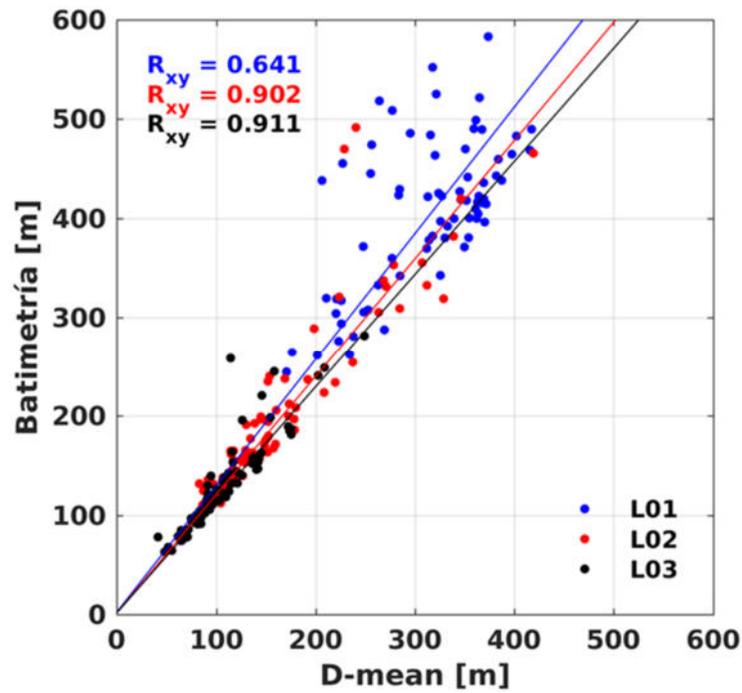


Figura 75. Diagrama de dispersi3n entre la batimetría y la profundidad media de las agregaciones merluza com3n. Se muestran las rectas resultantes del ajuste lineal, y el coeficiente de correlaci3n para cada transecta, L01 en negro, L02 en azul y L03 en rojo.

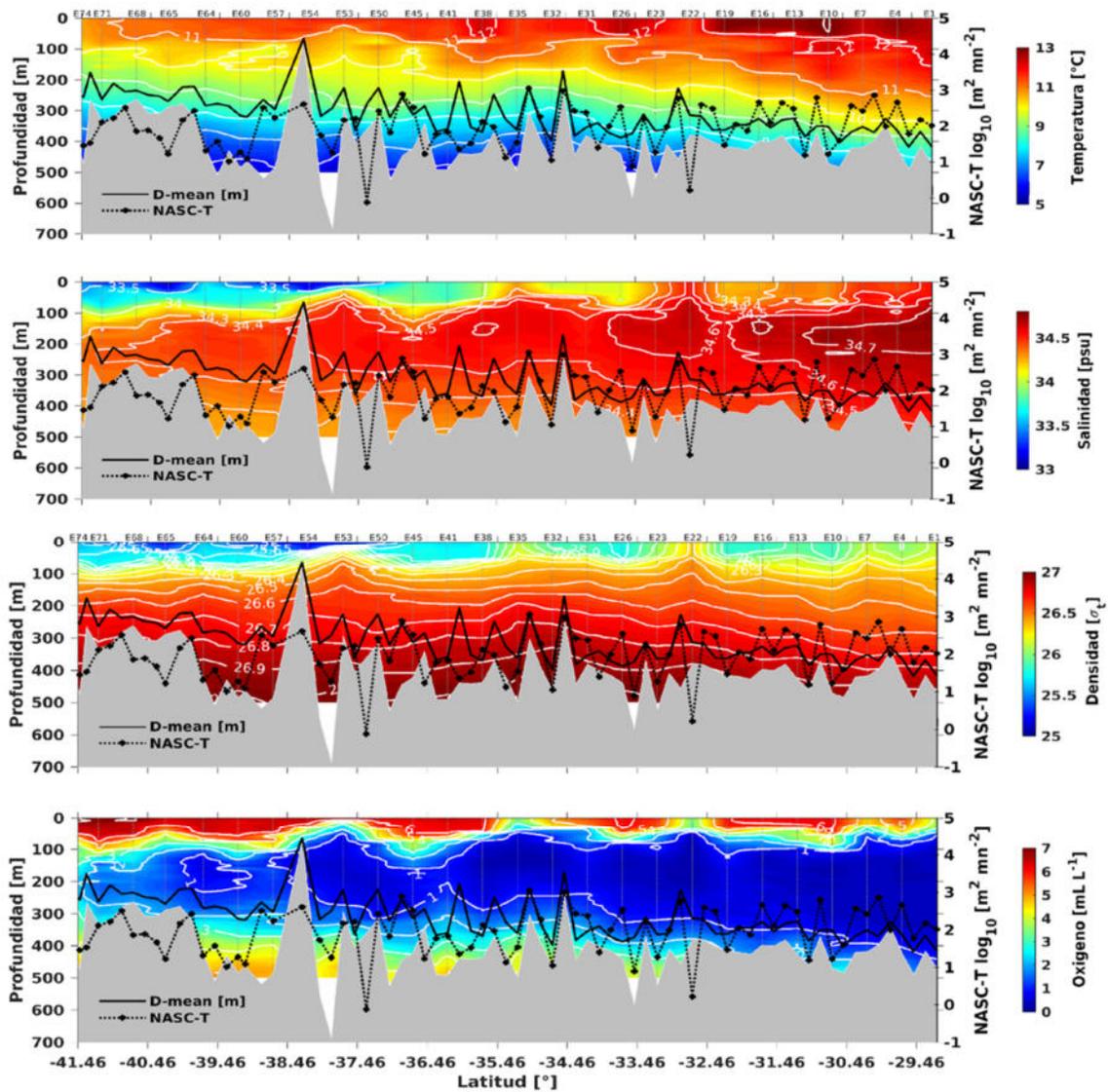


Figura 76. Distribuci3n meridional de las variables hidrográficas y acústicas en la secci3n oceánica (L01). En orden descendente se muestra la distribuci3n vertical de: temperatura (°C), salinidad (psu), oxígeno disuelto (ml L⁻¹) y sigma-t. Líneas negras punteadas densidad acústica de la merluza común, líneas continuas profundidad media de la agregaci3n y el área en gris corresponde a la batimetría local registrada por el ecosonda.

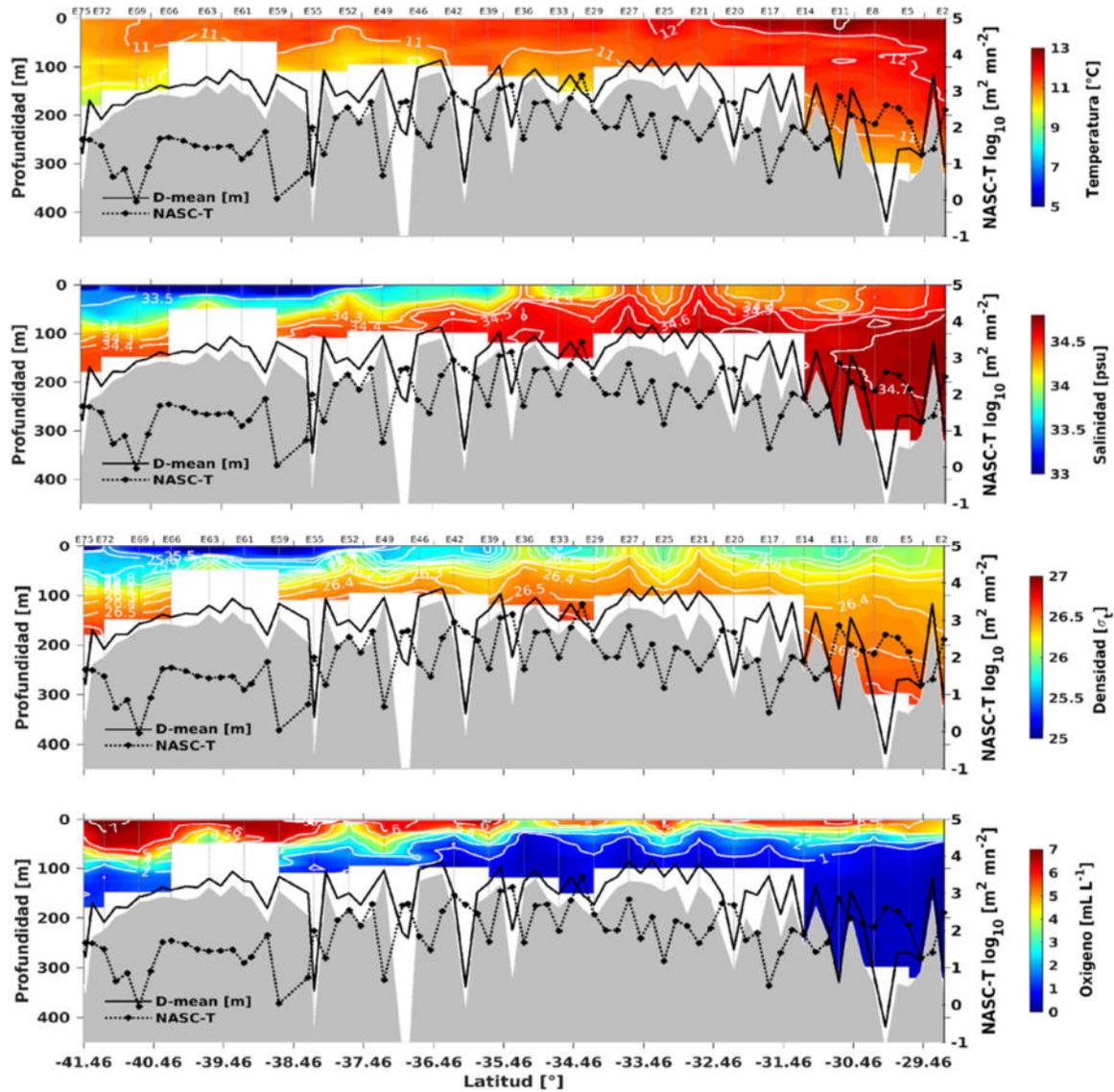


Figura 77. Distribuci3n meridional de las variables hidrográficas y acústicas en la secci3n media (L02). En orden descendente se muestra la distribuci3n vertical de: temperatura (°C), salinidad (psu), oxígeno disuelto (ml L⁻¹) y sigma-t. Líneas negras punteadas densidad acústica de la merluza comú, líneas continuas profundidad media de la agregaci3n y el área en gris corresponde a la batimetría local registrada por el ecosonda.

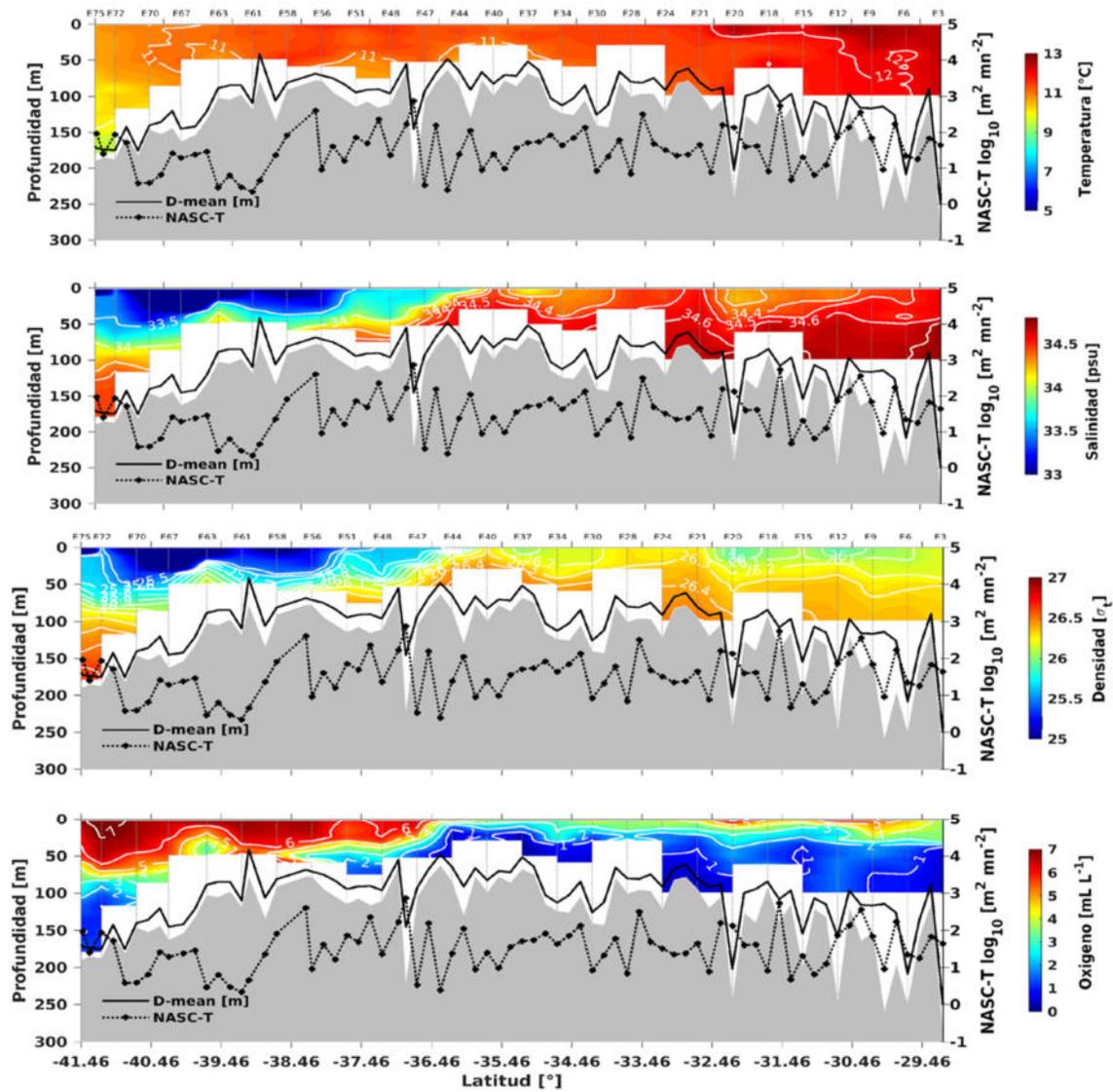


Figura 78. Distribuci3n meridional de las variables hidrográficas y acústicas en la secci3n costera (L03). En orden descendente se muestra la distribuci3n vertical de: temperatura (°C), salinidad (psu), oxígeno disuelto (ml L⁻¹) y sigma-t. Líneas negras punteadas densidad acústica de la merluza comú, líneas continuas profundidad media de la agregaci3n y el área en gris corresponde a la batimetría local registrada por el ecosonda.

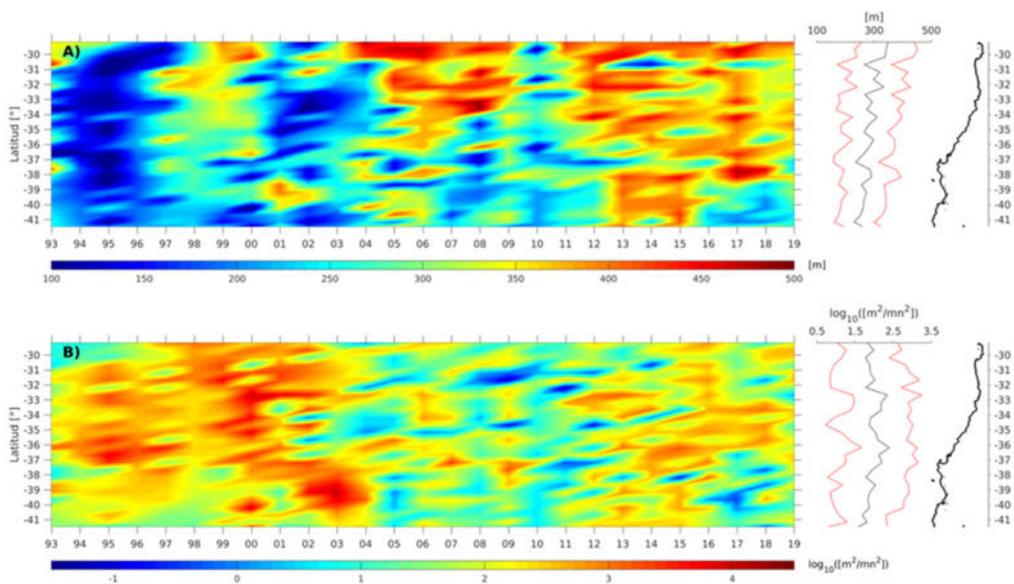


Figura 79. Diagramas espacio-tiempo, promedio y desviaci3n est3andar temporal (l3neas negras y rojas delgadas, respectivamente, al costado derecho de los diagramas) de la profundidad media (a) y densidad ac3stica (b) de las agregaciones de merluza com3n. Al costado derecho del promedio y desviaci3n est3andar temporal se muestra la l3nea de costa (l3nea negra gruesa).

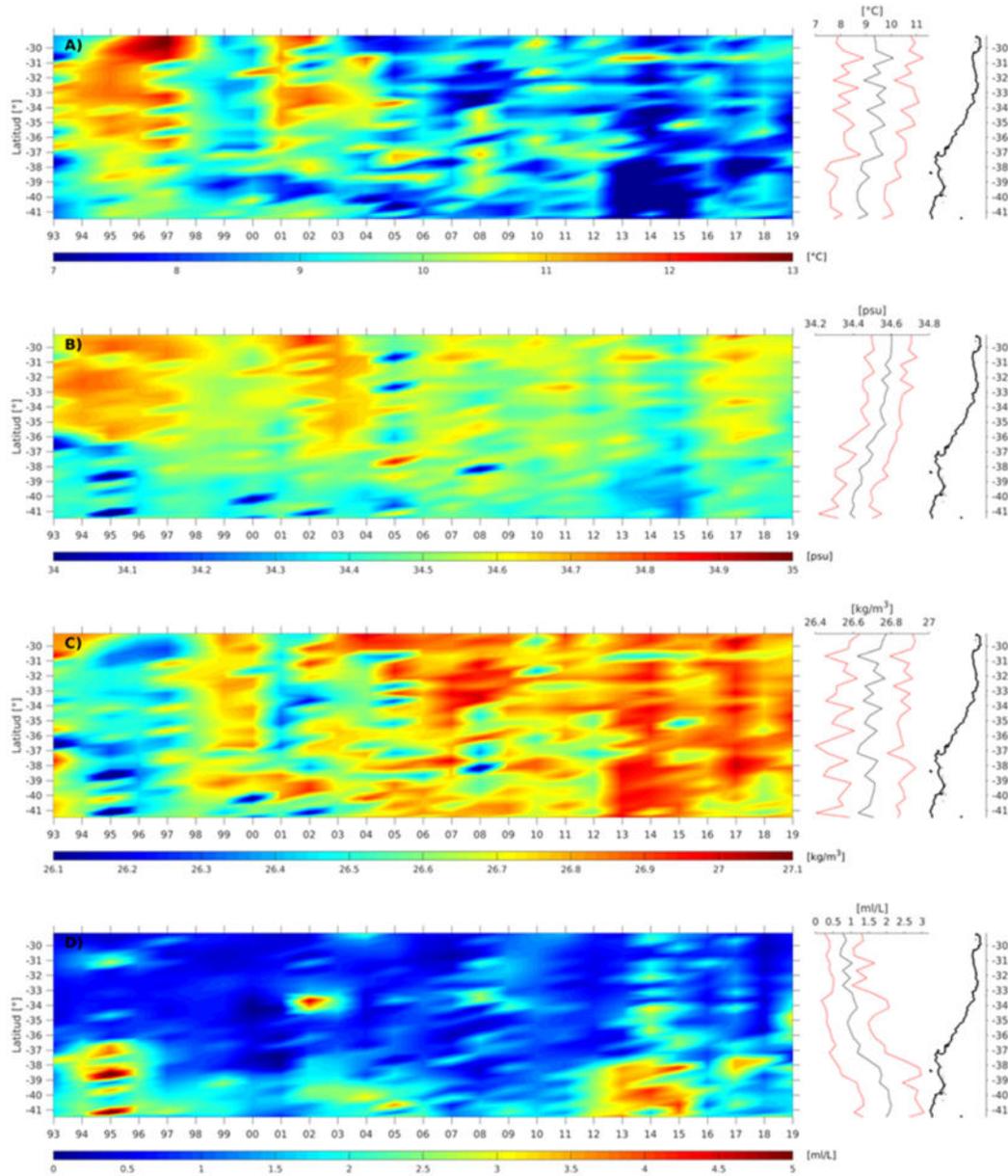


Figura 80. Diagramas espacio-tiempo, promedio y desviaci3n est3ndar temporal (l3neas negras y rojas delgadas, respectivamente, al costado derecho de los diagramas) de las variables oceanogr3ficas asociadas al recurso merluza com3n sobre la regi3n externa del talud continental. Se muestran los diagramas a la temperatura, salinidad, anomal3a de densidad potencial y ox3geno disuelto en la profundidad media de las agregaciones del recurso (a-d, respectivamente). Al costado derecho del promedio y desviaci3n est3ndar temporal se muestra la l3nea de costa (l3nea gruesa negra).

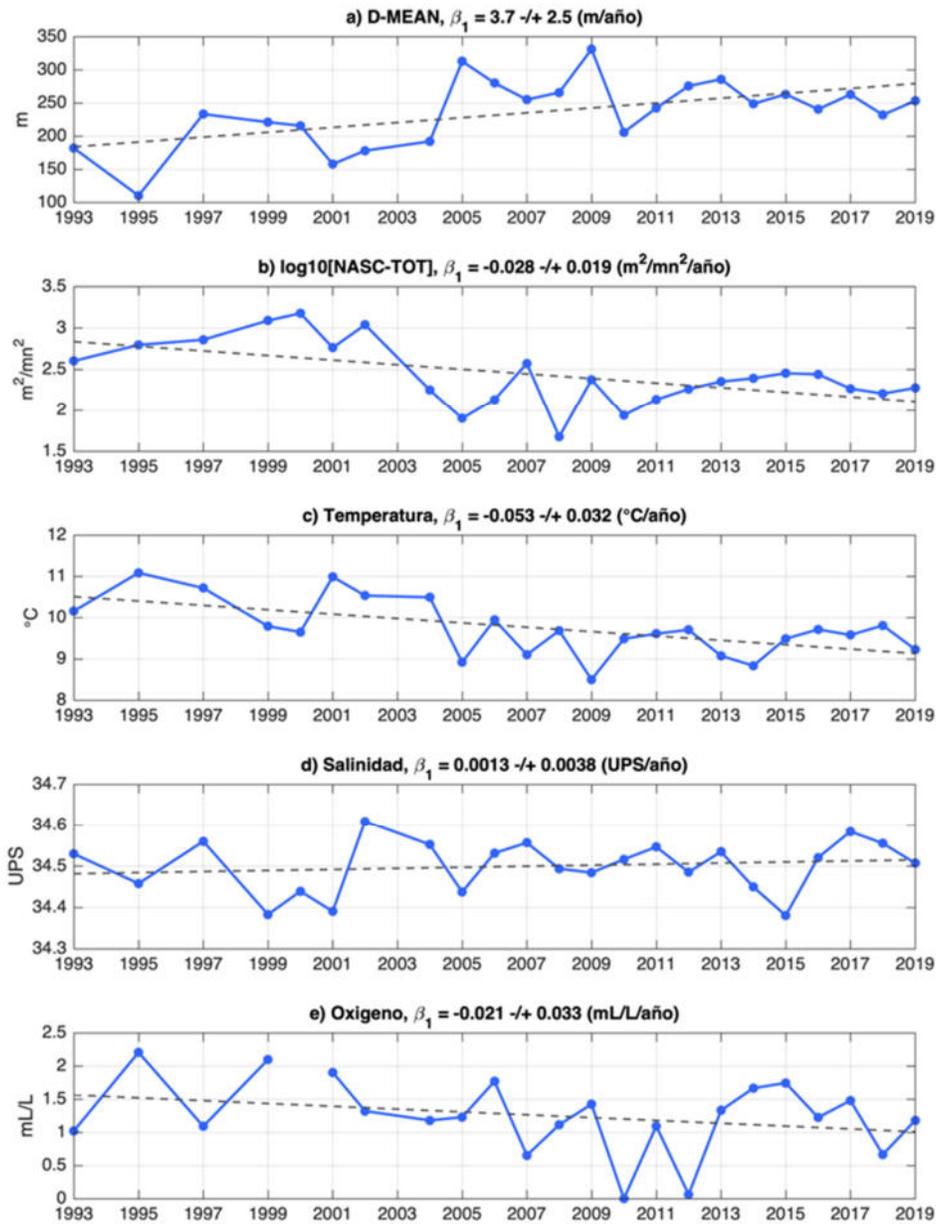


Figura 81. Variabilidad temporal del promedio espacial de las variables asociadas al recurso merluza común. Cada panel presenta el promedio invernal (línea azul) asociado a la profundidad media y densidad acústica de las agregaciones de merluza (a y b, respectivamente), y a la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en dicha profundidad (c-d, respectivamente), junto a su respectiva tendencia de largo plazo (línea segmentada negra) para el período 1993-2019.

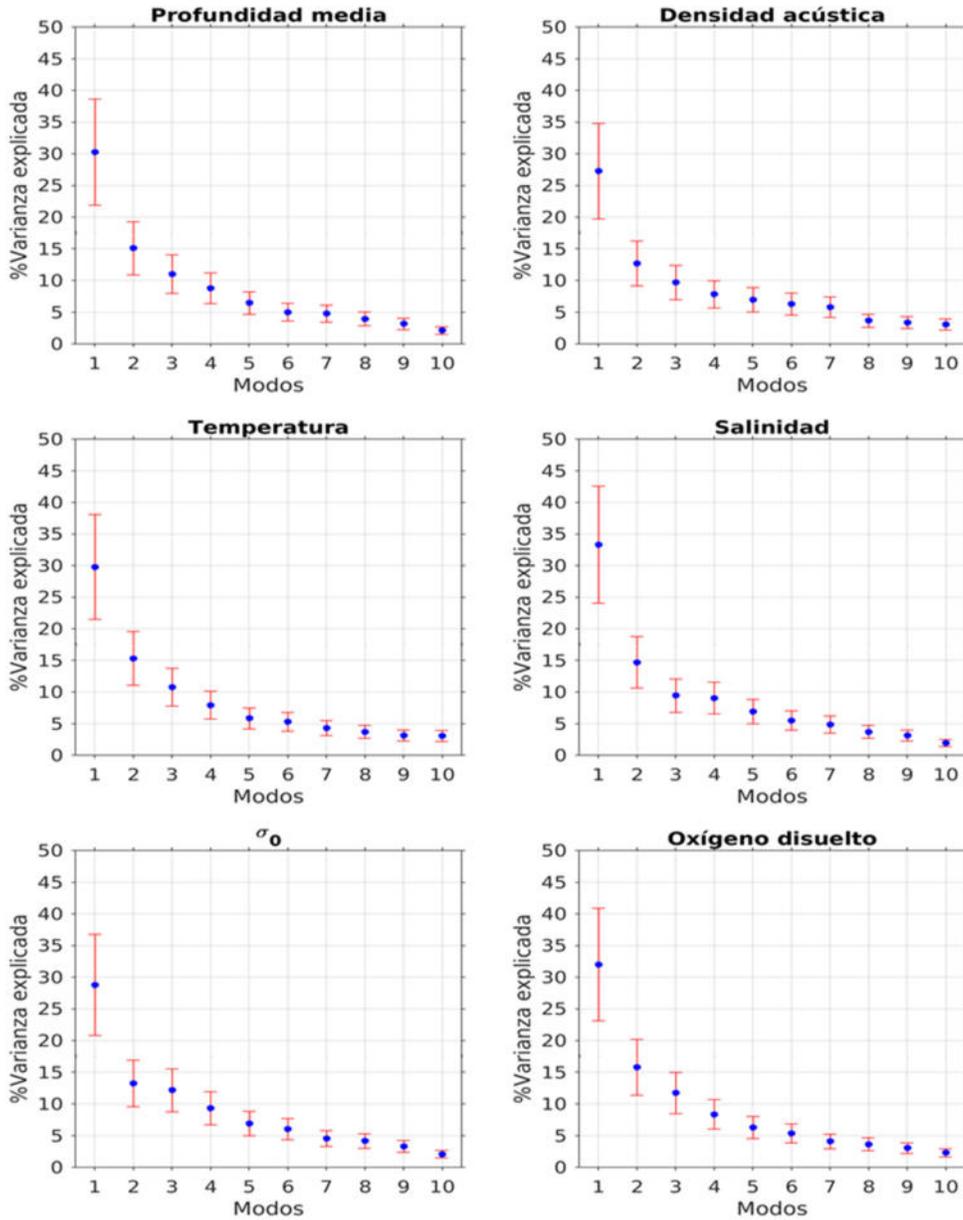


Figura 82. Fracci3n de varianza explicada (porcentaje y respectiva barra de error) por los diez primeros modos de variabilidad, obtenidos a trav3s del an3lisis de Funciones Ortogonales Emp3ricas de las anomal3as estandarizadas de las variables asociadas al recurso merluza com3n. Aquellos modos que no superponen la barra de error (en rojo) de su porcentaje explicado (c3rculos azules), son aquellos que, de acuerdo a la regla de North, cumplen con la independencia lineal (ortogonalidad).

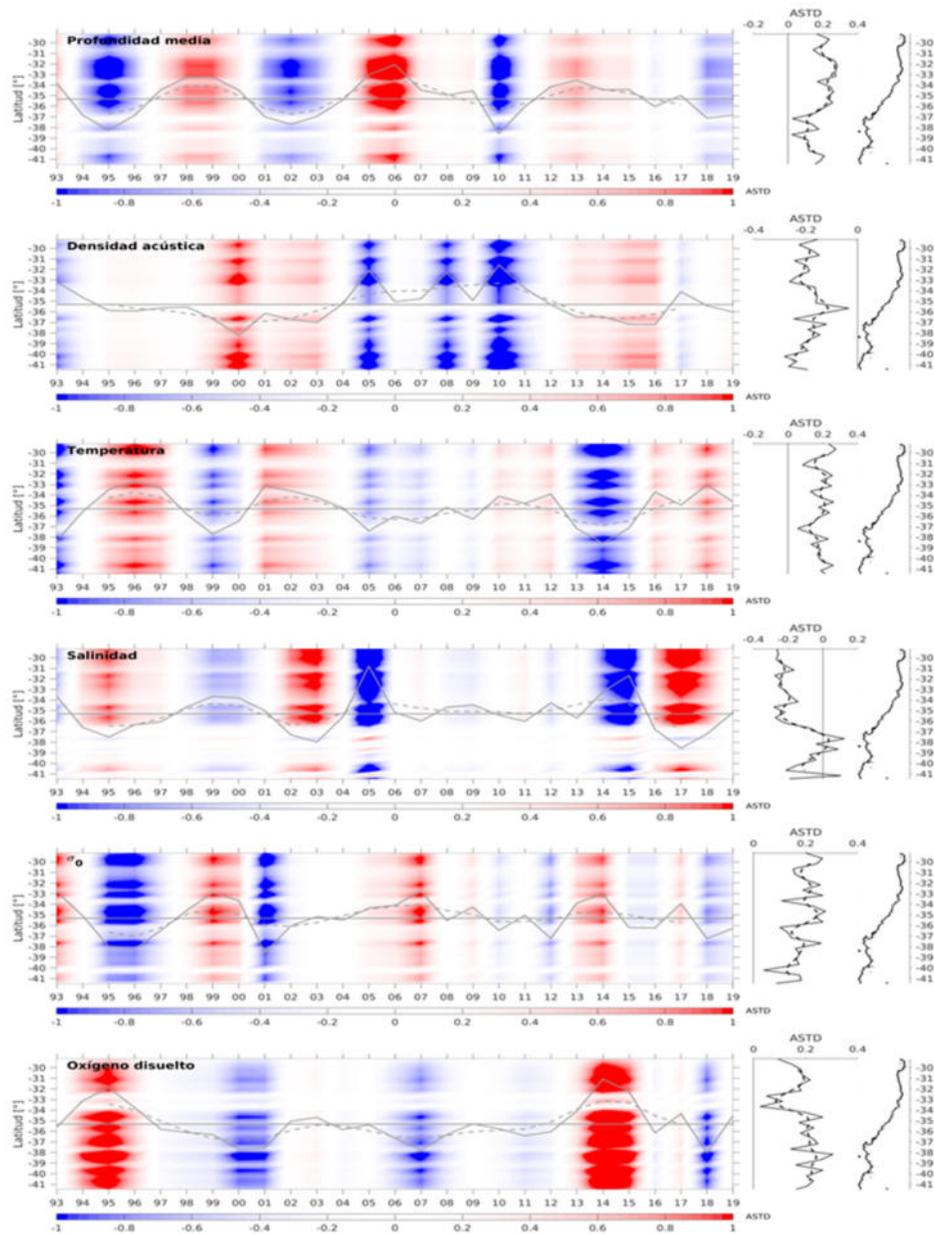


Figura 83. Reconstrucción (mapa de color), variabilidad temporal (línea gris sobre mapa de color) y estructura espacial (línea delgada negra al costado derecho del mapa de color) del primer modo de variabilidad, estimado mediante el análisis de Funciones Ortogonales Empíricas de las anomalías estandarizadas de las variables asociadas al recurso merluza común. Sobre cada PC y EOF de las anomalías estandarizadas se presenta su señal de baja frecuencia (línea segmentada). Al costado derecho de la estructura espacial se muestra la línea de costa (línea gruesa negra).

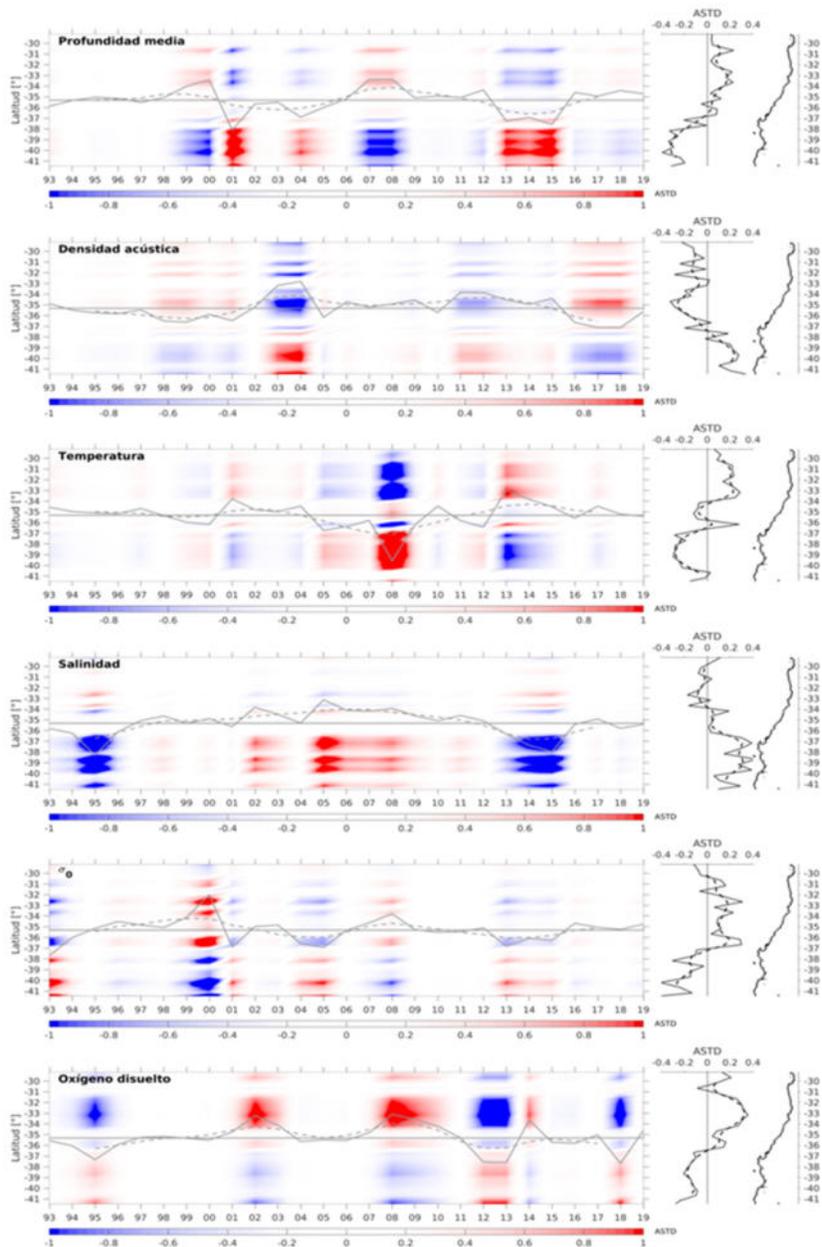


Figura 84. Reconstrucción (mapa de color), variabilidad temporal (línea gris sobre mapa de color) y estructura espacial (línea delgada negra al costado derecho del mapa de color) del segundo modo de variabilidad, estimado mediante el análisis de Funciones Ortogonales Empíricas de las anomalías estandarizadas de las variables asociadas al recurso merluza común. Sobre cada PC y EOF de las anomalías estandarizadas se presenta su señal de baja frecuencia (línea segmentada). Al costado derecho de la estructura espacial se muestra la línea de costa (línea gruesa negra).

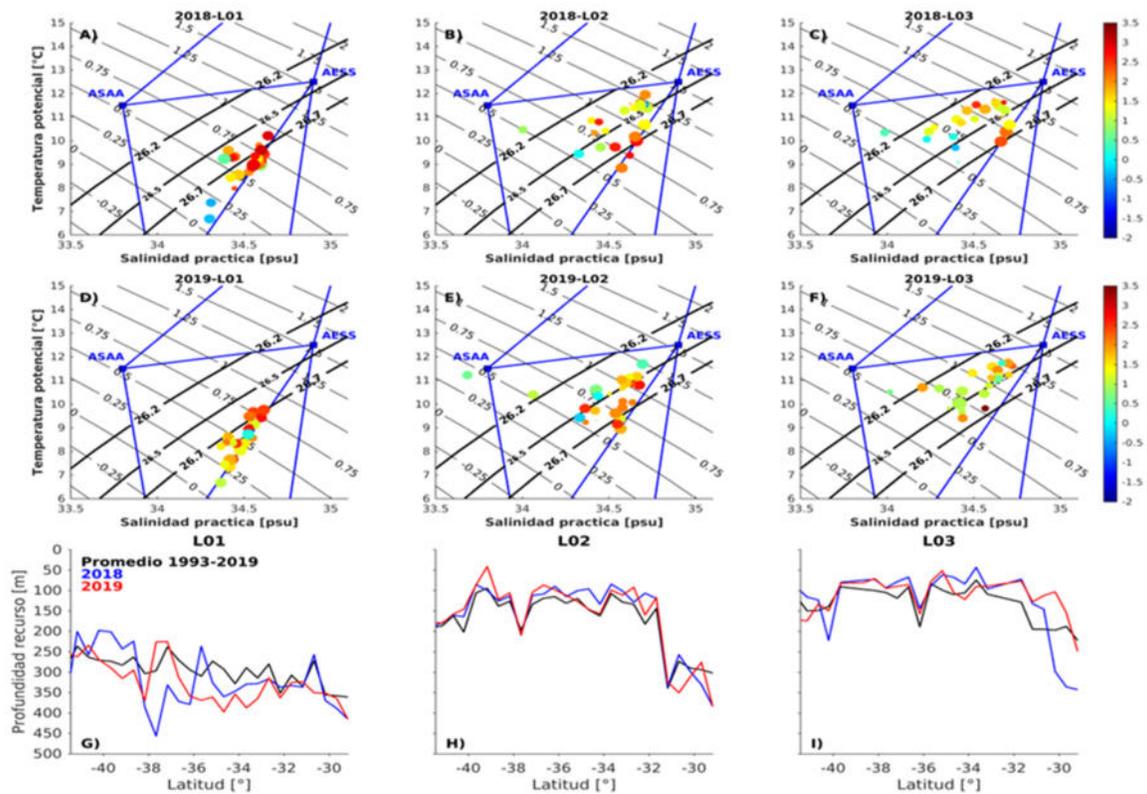


Figura 85. Abundancia del recurso proyectada en el plano T-S durante los cruceros de prospecci3n del a1o 2018 (a-c) y 2019 (d-f). Los diagramas T-S muestran las isolneas de *spiciness* (lneas negras delgadas), isopnicas (lneas negras gruesas) y triángulos de mezcla de las aguas caracteristicas del Pacifico Sur Oriental (lneas azules). La abundancia del recurso (NASC-TOT), se muestra en colores, cuyas magnitudes se indican en la barra de color y por el tama1o de los círculos. Los paneles g-i muestran la profundidad del recurso obtenida en el sector externo e interno del talud (g y h) y sobre la plataforma continental (i).

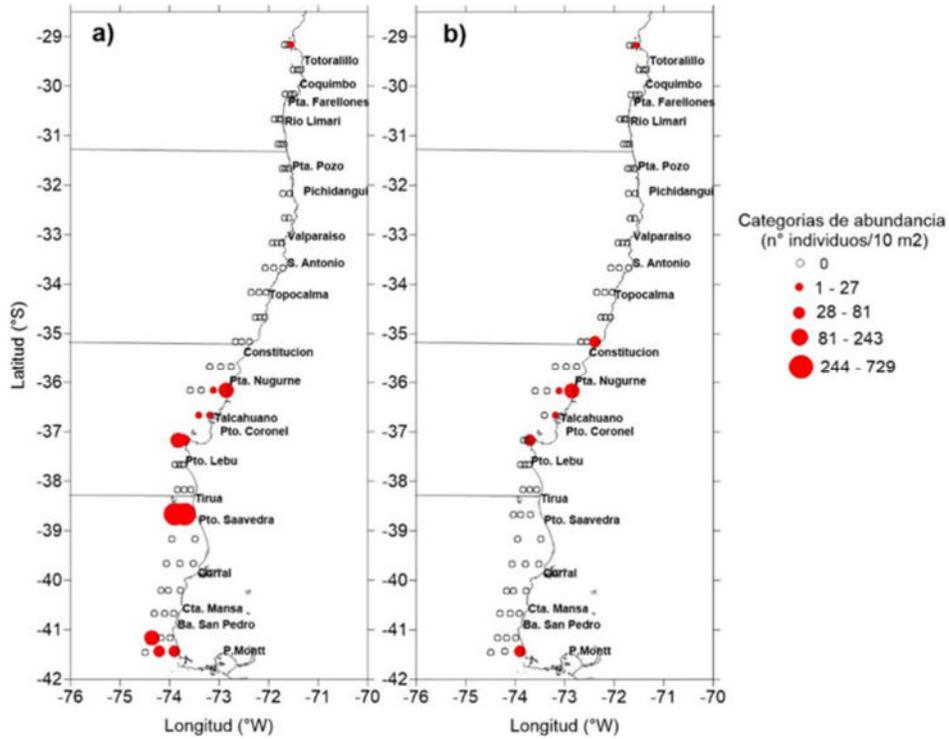


Figura 86. Distribuci3n espacial de la abundancia de a) huevos y b) larvas de merluza com3n durante el crucero de evaluaci3n de julio – agosto 2019.

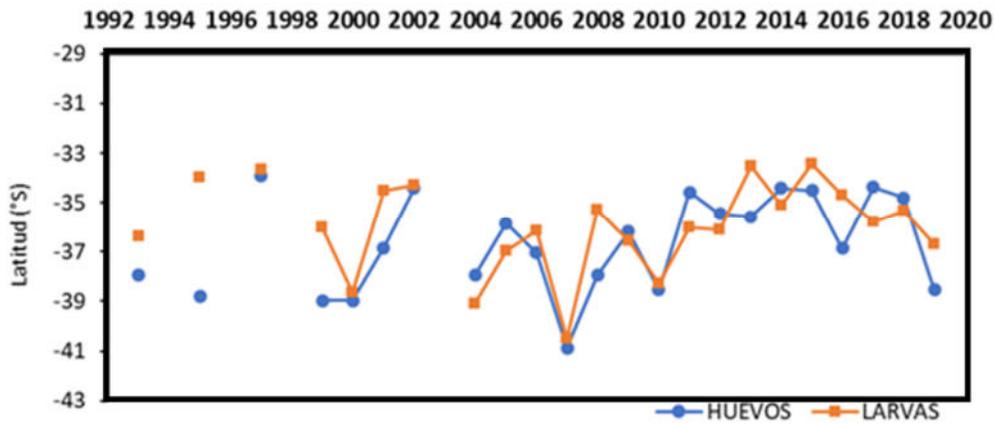


Figura 87. Distribuci3n hist3rica de los centros de gravedad de huevos y larvas de merluza com3n.

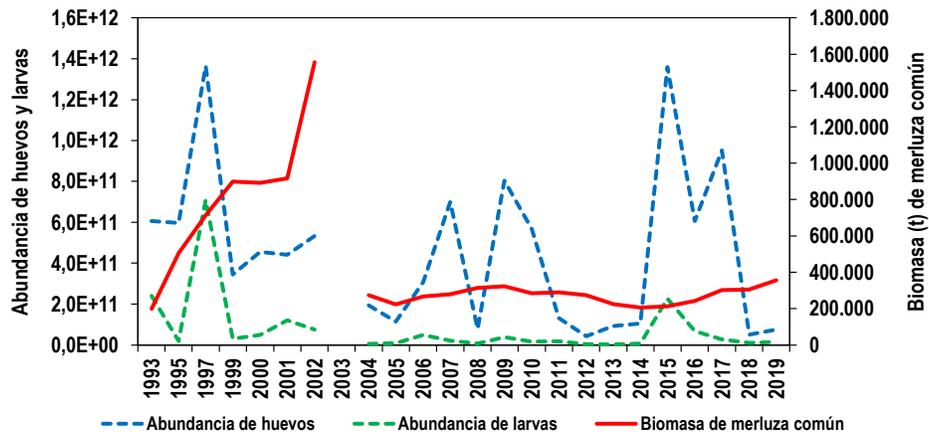


Figura 88. 3ndice abundancia de huevos y larvas y la biomasa ac3stica de *M. gayi* 1993-2019. A3o 2003 no se realiza crucero de evaluaci3n

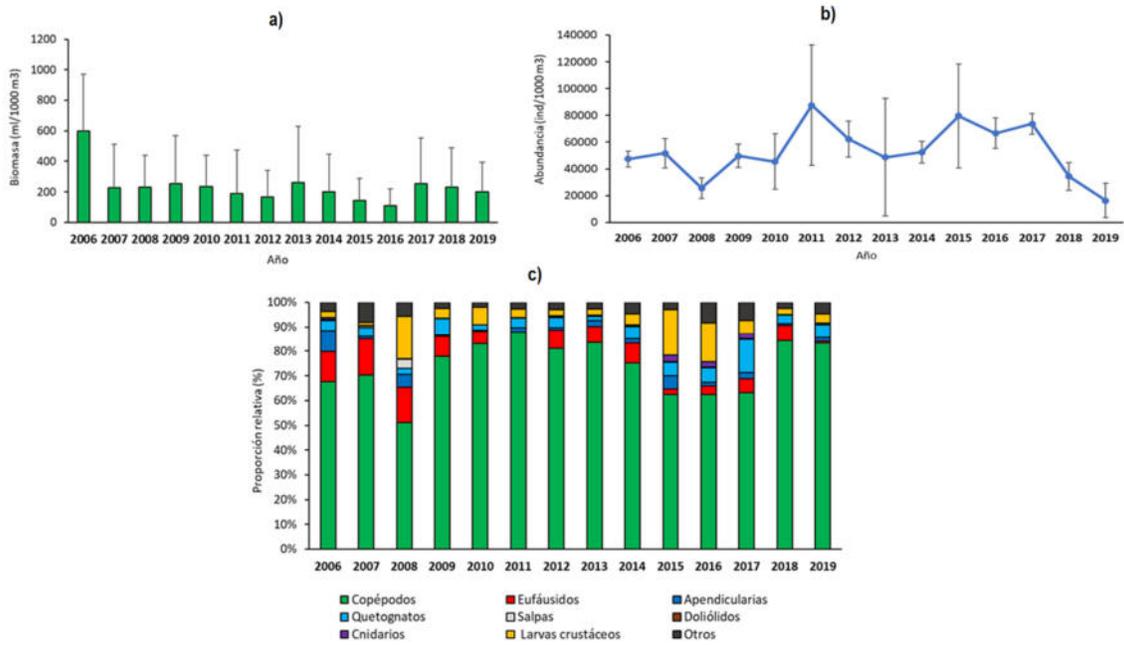


Figura 89. a) Biomasa zooplanct3nica; b) abundancia zooplanct3nica y c) densidad media de los principales grupos zooplanct3nicos.

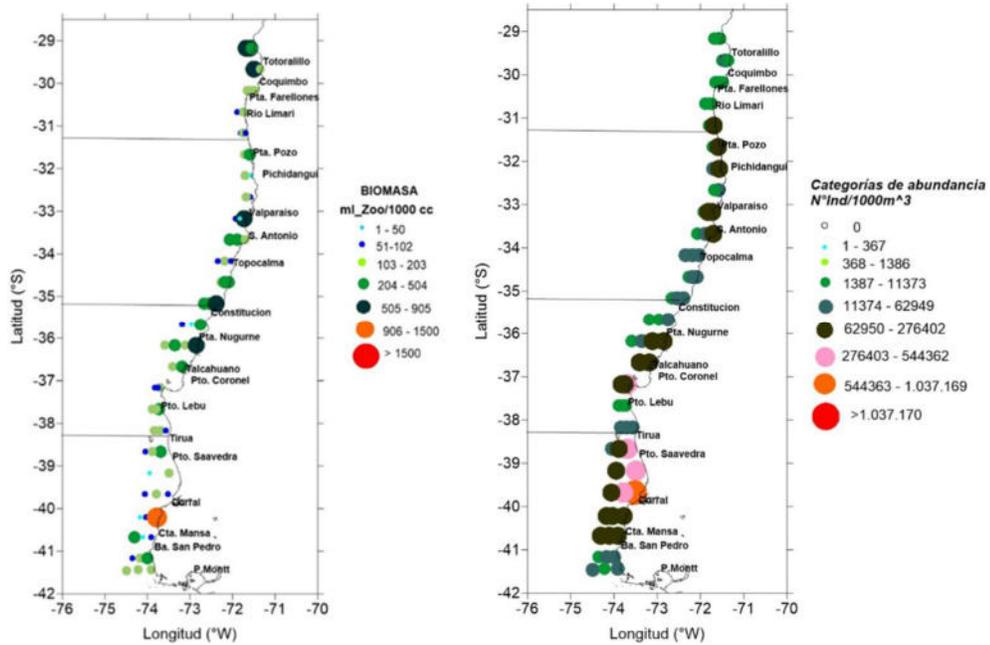


Figura 90. Distribución espacial de: a) biomasa zooplanctónica [ml zoo/1000cc] y b) abundancia zooplanctónica [individuos/1000m³], zona total de estudio. Año 2019.

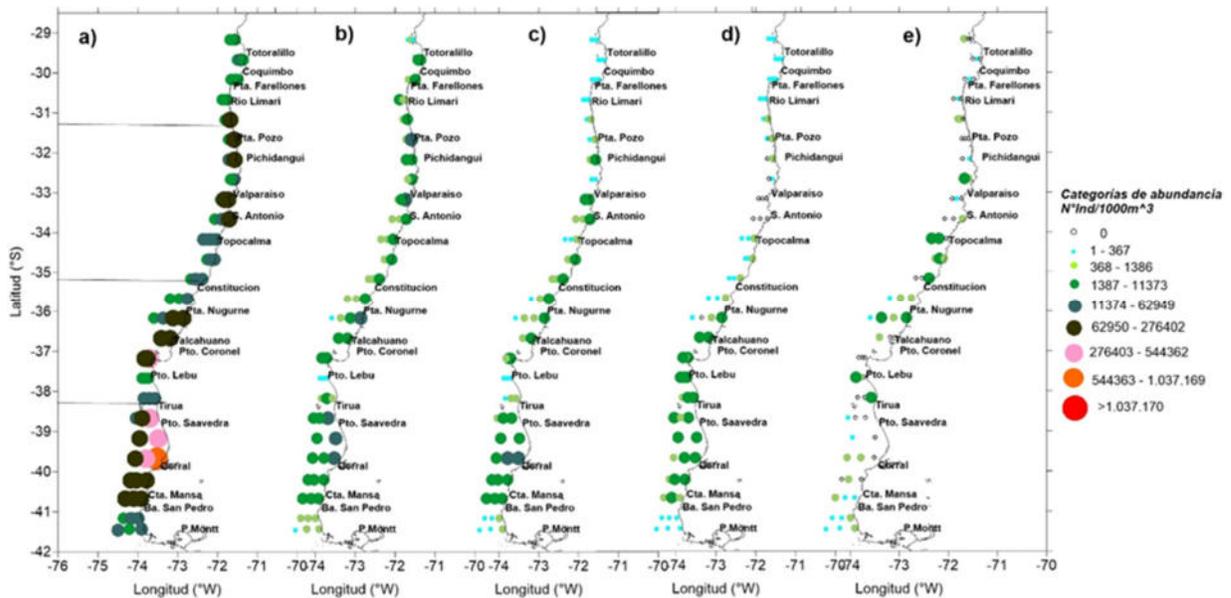


Figura 91. Distribución espacial de la abundancia de: a) copépodos, b) quetognatos, c) larvas de crustáceos decápodos, d) apendicularias y e) eufáusidos, durante julio-agosto de 2019.

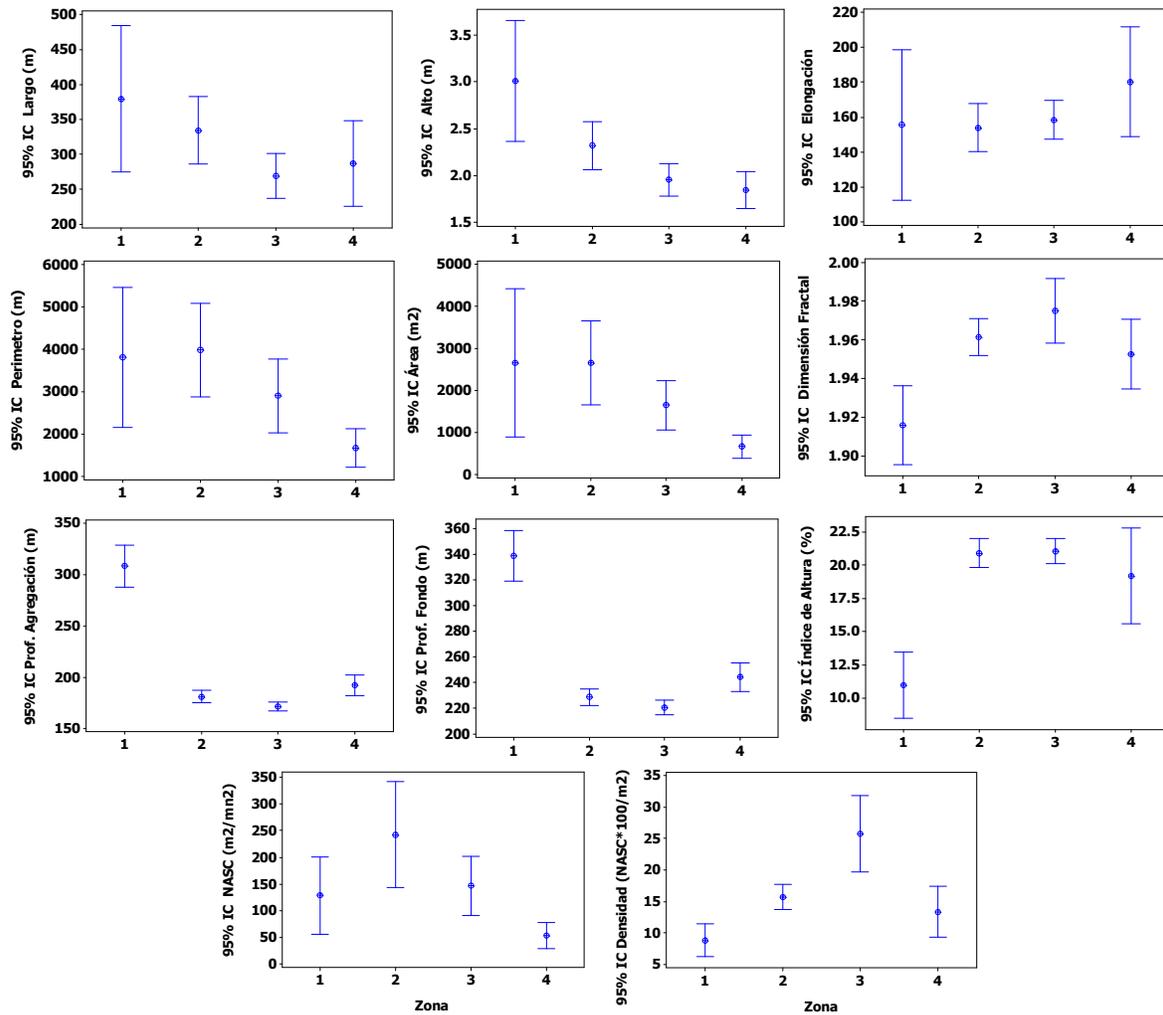


Figura 92. Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfológicos de largo, alto, elongación, perímetro, área y dimensión fractal; descriptores batimétricos de profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e índice de altura; descriptores de energía retrodispersada (NASC) y densidad acústica (NASC*100/m²). Según zona. Merluza común 2019.

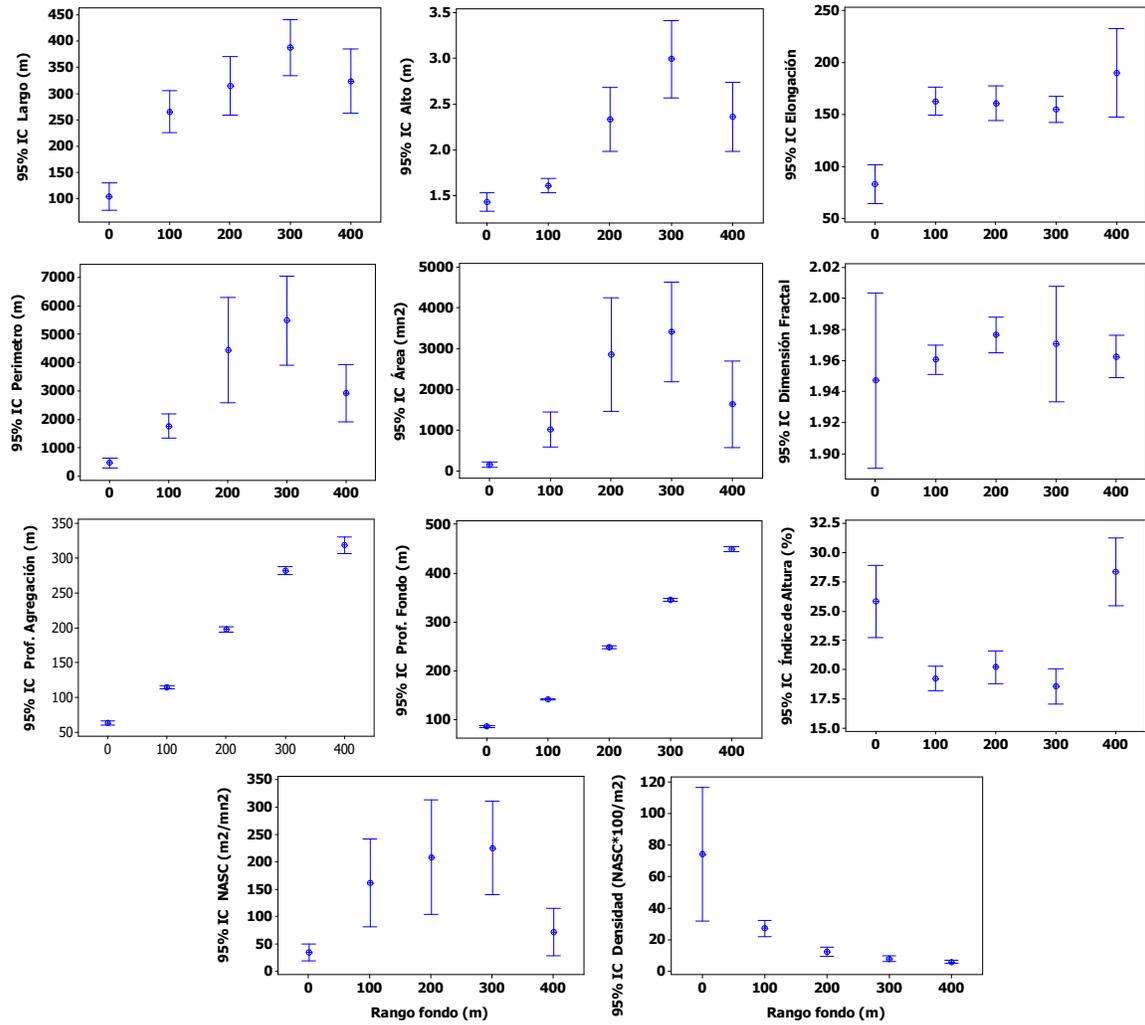


Figura 93. Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfológicos de largo, alto, elongación, perímetro, área y dimensión fractal; descriptores batimétricos de profundidad de agregaciones e índice de altura; descriptores de energía retrodispersada (NASC) y densidad acústica (NASC/100 m²). Según rango de fondo. Merluza común 2019.

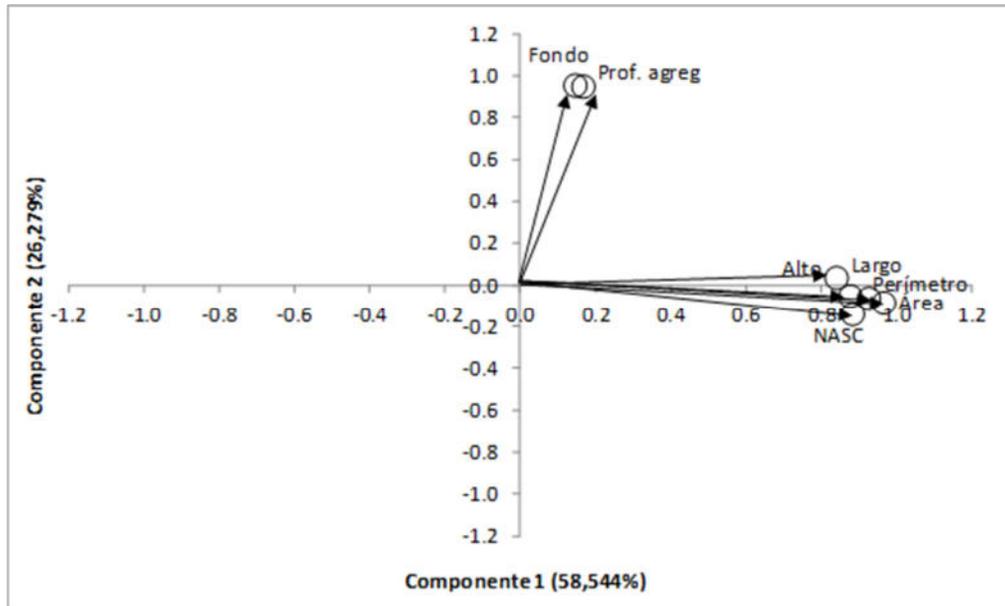


Figura 94. Correlaci3n de las variables originales con los dos primeros componentes. Merluza com3n 2019.

T A B L A S



Tabla 1. Estimaciones de biomasa (t) y abundancia (N°) de merluza común estimadas en las prospecciones acústicas efectuadas en el período 1993-2018.

Año	Proyecto	Biomasa (t)	Abundancia (N°*1000)
1993	FIP 92-02	198.540	272.000
1995	FIP 95-14	505.765	876.838
1997	FIP 97-12	712.878	1.339.113
1999	FIP 99-04	899.307	1.166.238
2000	FIP 2000-04	891.598	1.383.683
2001	FIP 2001-18	917.133	1.969.154
2002	FIP 2002-03	1.555.422	2.879.291
2004	FIP 2004-09	273.860	876.466
2005 (otoño)	FIP 2005-05	217.433	910.316
2005 (invierno)	FIP 2005-05	223.721	1.159.097
2006 (otoño)	FIP 2006-03	262.137	1.158.075
2006 (invierno)	FIP 2006-03	266.596	1.205.602
2007	FIP 2007-16	278.700	1.213.918
2008	FIP 2008-14	313.778	1.636.309
2009 (invierno)	FIP 2009-13	322.729	1.350.333
2010 (otoño)	FIP 2009-13	269.125	1.003.169
2010 (invierno)	FIP 2010_10	284.575	1.201.201
2011	FIP 2011-03	290.331	1.251.574
2012	FIP 2012-04	273.954	1.013.309
2013	FIP 2013-12	224.997	896.575
2014	ASIPA	204.997	880.559
2015	ASIPA	211.884	871.708
2016	ASIPA	242.920	1.126.077
2017	ASIPA	301.330	940.070
2018	ASIPA	304.710	978.661



Tabla 2. Principales características del B/C Abate Molina.



Eslora	43,6 m
Manga	8,3 m
Puntal	4,2 m
Calado	3,3 m
Velocidad de crucero	9 nudos
Tonelaje de registro bruto	426 t
Tonelaje de registro neto	128 t
Tripulación	14
Personal científico	14
Autonomía	8.000 millas náuticas
Tipo de embarcación	Arrastrero
Propietario	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura



Tabla 3. Resumen operacional de los lances de pesca de identificaci3n y capturas realizadas durante el crucero de evaluaci3n directa de merluza com3n, julio - agosto de 2019.

Lance	Fecha	Hora		Caido		Longitud	Profundidad (fondo (m))	Duraci3n (hora)	Rumbo	Velocidad (nudos)	Distancia (mn)	Captura (kg)		Captura (kg) total Lance	Merluza com3n	Proporci3n (%)	Otras
		Inicio	Fin	Latitud	Longitud							Merluza com3n	Otras				
1	26-07-2019	0901	29°16'9"	71°37'1"	29°16'9"	71°36'7"	483	0,3	015	3,0	0,9	1	210	211	0,3	99,7	
2	26-07-2019	1244	29°17'8"	71°26'7"	29°16'4"	71°26'1"	361	0,5	042	3,1	1,5	410	98	508	60,7	19,3	
3	26-07-2019	1635	29°27'7"	71°24'3"	29°27'1"	71°24'8"	170	0,1	317	3,1	0,7	109	109	527	79,3	20,7	
4	26-07-2019	1804	29°28'5"	71°27'6"	29°27'8"	71°27'8"	240	0,2	340	3,2	0,7	557	17	573	97,1	2,9	
5	27-07-2019	0845	29°37'2"	71°22'3"	29°38'7"	71°21'7"	131	0,5	162	3,0	1,6	332	0	332	99,9	0,1	
6	27-07-2019	1036	29°39'5"	71°22'7"	29°38'1"	71°23'2"	234	0,5	341	3,2	1,5	1.645	29	1.674	98,3	1,7	
7	27-07-2019	1257	29°40'	71°23'7"	29°41'6"	71°23'5"	303	0,5	180	3,0	1,6	1.797	28	1.825	98,4	1,6	
8	27-07-2019	1507	29°43'1"	71°25'1"	29°44'4"	71°25'4"	400	0,5	197	2,7	1,3	246	6	252	97,5	2,5	
9	27-07-2019	1720	29°47'3"	71°22'5"	29°48'6"	71°22'4"	260	0,4	175	3,2	1,3	138	73	211	1.825	34,7	
10	28-07-2019	0830	30°10'1"	71°29'4"	30°11'3"	71°30'5"	121	0,5	218	3,2	1,5	2.177	13	2.189	99,4	0,6	
11	28-07-2019	1017	30°11'5"	71°32'5"	30°10'9"	71°32'1"	180	0,2	030	3,0	0,7	469	92	560	83,7	16,3	
12	28-07-2019	1227	30°04'7"	71°28'8"	30°04'3"	71°28'6"	271	0,2	018	2,7	0,4	350	161	511	68,6	31,4	
13	28-07-2019	1411	30°05'1"	71°30'6"	30°06'7"	71°30'9"	382	0,3	210	2,9	1,6	443	36	479	92,4	7,6	
14	29-07-2019	0830	30°36'2"	71°45'5"	30°35'2"	71°45'5"	150	0,4	005	3,0	1,0	129	129	129	100,0		
15	29-07-2019	1311	31°03'2"	71°44'4"	31°01'6"	71°44'2"	256	0,5	005	3,1	1,6	43	57	101	43,1	56,9	
16	29-07-2019	1610	31°12'2"	71°41'7"	31°11'1"	71°42'2"	210	0,4	340	3,2	1,3	71	89	161	44,5	55,5	
17	29-07-2019	1808	31°13'4"	71°43'4"	31°12'7"	71°43'4"	340	0,3	360	3,1	0,7	135	41	185	73,1	22,3	
18	30-07-2019	0912	31°45'8"	71°35'8"	31°44'4"	71°36'7"	144	0,5	323	3,0	1,6	165	0	166	99,8	0,2	
19	30-07-2019	1111	31°46'2"	71°36'3"	31°45'7"	71°38'5"	192	0,2	349	2,7	0,5	871	99	970	89,8	10,2	
20	30-07-2019	1310	31°45'	71°39'6"	31°44'7"	71°39'7"	240	0,1	340	2,8	0,8	2.493	5	2.497	99,8	0,2	
21	30-07-2019	1521	31°45'3"	71°40'3"	31°44'5"	71°40'6"	341	0,3	331	2,7	0,8	948	51	1.002	94,6	5,1	
22	31-07-2019	0900	31°58'3"	71°35'6"	31°57'4"	71°35'9"	158	0,3	340	3,1	0,9	388	6	393	98,6	1,4	
23	31-07-2019	1104	32°00'2"	71°36'7"	31°58'8"	71°37'7"	212	0,5	349	3,1	1,6	274	34	308	89,0	11,0	
24	03-08-2019	0840	32°27'4"	71°27'9"	32°26'	71°28'4"	98	0,5	343	2,7	1,5	313	0	313	99,9	0,1	
25	03-08-2019	1052	32°28'6"	71°32'9"	32°26'9"	71°33'8"	163	0,5	003	2,6	1,9	52	56	108	52	48,5	
26	03-08-2019	1202	32°28'	71°36'2"	32°27'4"	71°36'1"	224	0,2	003	3,1	0,6	410	112	521	78,6	21,4	
27	03-08-2019	1511	32°28'1"	71°36'2"	32°27'4"	71°38'1"	356	0,2	003	2,8	0,7	798	22	824	96,9	2,7	
28	04-08-2019	0840	32°55'7"	71°36'8"	32°54'1"	71°36'8"	96	0,5	358	3,1	1,6	578	13	592	97,8	2,2	
29	04-08-2019	1111	32°53'1"	71°39'8"	32°54'7"	71°39'7"	134	0,5	185	3,0	1,1	82	118	200	41,1	58,9	
30	04-08-2019	1336	32°54'5"	71°43'6"	32°55'1"	71°44'	175	0,3	200	2,4	0,7	117	74	191	61,4	38,6	
31	04-08-2019	1540	32°56'5"	71°45'9"	32°55'9"	71°45'6"	276	0,2	028	2,7	0,7	936	4	970	96,5	3,1	
32	04-08-2019	1704	32°55'	71°45'8"	32°55'7"	71°46'2"	350	0,3	200	3,0	0,8	1.653	9	1.670	99,0	0,5	
33	06-08-2019	1517	33°11'2"	71°46'7"	33°11'9"	71°46'7"	132	0,3	184	2,8	0,7	3.029	83	3.029	100,0		
34	06-08-2019	1834	33°20'6"	71°53'4"	33°20'	71°53'4"	430	0,3	358	3,1	0,6	59	83	142	41,3	58,7	
35	07-08-2019	0842	33°40'4"	71°45'1"	33°39'6"	71°44'1"	81	0,4	044	2,8	1,2	208	12	220	94,7	5,3	
36	07-08-2019	1145	33°42'1"	71°59'9"	33°41'8"	71°59'8"	136	0,1	018	3,4	0,3	794	7	801	98,1	0,9	
37	07-08-2019	1517	33°50'5"	72°07'	33°50'1"	72°06'8"	246	0,1	021	3,6	0,4	555	23	579	95,9	4,1	
38	08-08-2019	0900	34°19'3"	72°06'7"	34°19'1"	72°06'7"	162	0,1	001	3,1	0,2	2.973	14	2.973	100,0		
39	08-08-2019	1120	34°26'1"	72°11'1"	34°25'3"	72°11'	258	0,2	004	2,9	0,8	612	40	666	92,0	5,9	
40	08-08-2019	1425	34°09'5"	72°15'9"	34°08'9"	72°15'6"	317	0,3	017	3,0	0,6	821	55	876	93,7	6,3	
41	08-08-2019	1623	34°07'5"	72°12'8"	34°07'1"	72°12'8"	225	0,1	225	3,0	1,4	1.445	11	1.467	98,6	1,4	
42	09-08-2019	0850	34°36'	72°06'5"	34°34'7"	72°06'2"	116	0,4	010	3,0	1,4	96	11	107	89,6	10,4	
43	09-08-2019	1100	34°34'	72°12'	34°35'3"	72°12'2"	260	0,5	185	2,7	1,3	173	35	274	63,0	24,1	
44	09-08-2019	1318	34°44'2"	72°12'9"	34°44'5"	72°13'1"	161	0,1	204	2,7	0,3	2.687	10	2.687	100,0		
45	09-08-2019	1700	34°51'7"	72°32'3"	34°51'7"	72°32'3"	354	0,2	040	3,1	0,6	591	123	724	81,7	16,9	



Tabla 3. Resumen operacional de los lances de pesca de identificaci3n y capturas realizadas durante el crucero de evaluaci3n directa de merluza com3n, julio - agosto de 2019. Continuaci3n.

Lance	Fecha	Calado		Hora	Profundidad (fondo (m))	Duraci3n (hora)	Rumbo	Velocidad (nudos)	Distancia (mn)	Captura (kg)		Proporci3n (%)		Otras
		Latitud	Longitud							Merluza com3n	Jibia	Merluza com3n	Jibia	
46	10-08-2019	35°00'2"	72°16'8"	0858	58	0,4	221	3,3	1,2	14	6	71,4	28,6	28,6
47	10-08-2019	34°58'8"	72°29'9"	1117	143	0,2	190	2,6	0,7	752	2	98,7	0,3	0,3
48	10-08-2019	35°04'9"	72°38'1"	1358	250	0,6	204	2,8	1,0	74	101	34,0	46,5	46,5
49	10-08-2019	35°09'9"	72°41'2"	1538	334	0,2	020	3,0	0,2	567	8	84,6	14,2	14,2
50	11-08-2019	35°27'9"	72°48'6"	0904	101	0,1	203	3,0	0,3	2865		100,0		
51	11-08-2019	35°30'2"	72°59'9"	1133	180	0,3	197	2,5	0,7	500	23	95,7	4,3	4,3
52	11-08-2019	35°39'9"	73°06'1"	1357	275	0,4	214	2,9	1,2	362	162	69,1	30,9	30,9
53	11-08-2019	35°40'1"	73°08'9"	1600	371	0,3	026	2,8	0,7	175	84	47,9	47,9	47,9
54	12-08-2019	35°53'5"	72°51'3"	0920	141	0,5	171	3,0	1,1	570	14	97,7	2,3	2,3
55	12-08-2019	35°59'	72°57'6"	1112	242	0,2	188	2,8	0,5	607	13	97,9	2,1	2,1
56	12-08-2019	36°00'7"	73°02'1"	1535	345	0,6	009	3,0	1,8	358	44	416	10,6	10,6
57	12-08-2019	36°03'8"	73°16'1"	1658	280	0,3	357	3,0	0,8	440	32	472	6,8	6,8
58	13-08-2019	36°20'4"	73°00'6"	0912	85	0,4	193	2,7	1,3	47	4	92,4	7,6	7,6
59	13-08-2019	36°25'5"	73°17'7"	1129	115	0,0	180	2,5	0,1	1811		100,0		
60	13-08-2019	36°28'6"	73°32'5"	1347	174	0,5	195	3,1	1,1	408	83	83,0	17,0	17,0
61	13-08-2019	36°34'8"	73°35'1"	1606	339	0,3	349	3,1	0,9	248	167	59,8	40,2	40,2
62	13-08-2019	36°31'6"	73°34'6"	1751	250	0,2	350	3,1	0,7	472	41	51,3	8,0	8,0
63	14-08-2019	36°49'	73°38'1"	0856	262	0,1	029	2,9	0,3	492	207	70,4	29,6	29,6
64	14-08-2019	36°53'6"	73°22'7"	1133	127	0,3	021	3,0	1,0	362	2	385	98,4	0,6
65	14-08-2019	36°57'7"	73°17'1"	1331	131	0,2	002	2,8	0,7	393		100,0		
66	14-08-2019	36°45'9"	73°21'2"	1605	135	0,2	185	2,9	0,8	232	90	72,0	28,0	28,0
67	15-08-2019	37°16'4"	73°48'1"	1333	367	0,1	173	2,8	0,3	79	321	19,8	80,2	80,2
68	15-08-2019	37°17'9"	73°44'7"	1531	143	0,2	170	3,2	0,5	293	16	309	94,8	5,2
69	15-08-2019	37°16'3"	73°47'2"	1718	260	0,3	360	2,9	0,7	493	117	100,0	19,2	19,2
70	16-08-2019	36°26'6"	73°17'7"	0937	116	0,0	360	2,7	0,3	433		100,0		
71	16-08-2019	36°34'	73°12'3"	1136	106	0,2	348	2,4	0,5	389		100,0		
72	18-08-2019	37°49'1"	73°42'5"	0848	105	0,3	328	2,6	1,1	217	55	79,9	20,1	20,1
73	18-08-2019	37°50'3"	73°52'7"	1100	345	0,4	211	2,5	1,1	27	359	6,9	93,1	93,1
74	18-08-2019	37°38'3"	73°48'6"	1435	258	0,3	6	2,7	1,0	195	92	67,9	32,1	32,1
75	18-08-2019	37°32'2"	73°45'2"	1611	142	0,1	360	2,8	0,4	605	6	61,1	0,9	0,9
76	18-08-2019	37°16'5"	73°46'3"	1826	194	0,1	360	3,0	0,2	539	3	98,4	0,6	0,6
77	21-08-2019	38°06'5"	73°36'5"	0957	142	0,1	360	3,0	0,2	556		100,0		
78	21-08-2019	38°07'3"	73°39'5"	1035	120	0,5	177	2,5	1,4	407	34	63,6	36,4	36,4
79	21-08-2019	38°08'3"	73°43'4"	1248	150	0,2	160	3,2	0,5	482	50	90,6	9,4	9,4
80	21-08-2019	38°09'3"	73°44'7"	1424	250	0,3	170	3,0	0,9	231	142	61,9	38,1	38,1
81	21-08-2019	38°11'3"	73°45'9"	1550	335	0,3	180	2,9	0,7	109	373	22,5	77,5	77,5
82	22-08-2019	38°40'8"	73°59'7"	0942	325	0,2	150	3,0	0,6	4	316	1,2	98,8	98,8
83	22-08-2019	38°44'7"	73°58'6"	1146	270	0,4	195	2,6	0,9	2	177	1,1	98,9	98,9
84	22-08-2019	38°42'2"	73°57'6"	1329	218	0,1	163	3,1	0,2	347	100	77,6	22,4	22,4
85	22-08-2019	38°43'3"	73°51'5"	1501	160	0,1	170	3,2	0,3	566	17	97,1	2,9	2,9
86	22-08-2019	38°42'1"	73°42'7"	1647	120	0,3	355	3,1	1,1	106	226	54,3	92,1	92,1
87	23-08-2019	39°08'1"	73°39'6"	0936	120	0,2	171	3,1	0,7	106	90	196	54,3	45,7
88	24-08-2019	39°44'2"	73°53'7"	0852	241	0,2	353	2,1	0,5	94	318	41,2	77,2	77,2
89	24-08-2019	39°18'	73°46'9"	1056	143	0,4	174	2,2	1,1	90	102	88,7	11,3	11,3
90	24-08-2019	39°31'2"	73°45'8"	1310	88	0,3	209	3,2	0,8	1	23	4,4	95,6	95,6



Tabla 3. Resumen operacional de los lances de pesca de identificaci3n y capturas realizadas durante el crucero de evaluaci3n directa de merluza com3n, julio - agosto de 2019. Continuaci3n.

Lance	Fecha	Hora	Calado		Hora	Hora	Virado		Profundidad fondo (m)	Duraci3n (hora)	Rumbo	Velocidad (nudos)	Distancia (mn)	Captura (kg)		Captura (kg) total Lance	Proporci3n (%)		Otras
			Latitud	Longitud			Latitud	Longitud						Merluza com3n	Jibia		Merluza com3n	Jibia	
91	24-08-2019	1435	38°30.7'	73°50.4'	1450	39°31.4'	73°50.7'	124	0.3	197	3.0	0.7	34	14	49	0.0	97.9	29.6	
92	24-08-2019	1630	39°36.6'	73°58.9'	1644	39°37.2'	73°59.2'	174	0.2	210	3.0	0.6	413	9	422	77.0	23.0	2.1	
93	25-08-2019	0850	39°58.9'	73°51.7'	0915	39°57.8'	73°51.4'	141	0.4	019	2.4	1.1	44	13	57	99.8	0.2	0.2	
94	26-08-2019	1215	40°01.8'	73°55.7'	1218	40°01.9'	73°55.8'	162	0.1	190	3.3	0.1	596	1	597	87.8	12.2	100.0	
95	26-08-2019	1410	40°00.4'	74°03.4'	1413	40°00.6'	74°03.4'	220	0.1	196	3.1	0.2	854	118	972	63.9	36.1	57.9	
96	26-08-2019	1534	40°01.8'	74°06.2'	1550	40°01.6'	74°05.3'	330	0.3	209	2.9	0.7	0	292	292	43.6	56.4	100.0	
97	29-08-2019	0850	40°18.5'	73°49.5'	0915	40°17.4'	73°49.1'	130	0.4	017	2.5	1.1	159	90	249	63.9	36.1	100.0	
98	29-08-2019	1130	40°15.7'	74°01.1'	1150	40°14.6'	74°00.6'	152	0.3	015	2.7	1.2	33	43	76	42.1	42.1	57.9	
99	29-08-2019	1338	40°17.1'	74°05.9'	1347	40°16.6'	74°05.7'	240	0.2	016	3.2	0.5	148	203	350	100.0	0.0	87.9	
100	29-08-2019	1501	40°15.9'	74°07.2'	1507	40°15.6'	74°07.1'	341	0.1	016	3.0	0.3	0	279	279	12.1	87.9	36.1	
101	30-08-2019	0840	40°39.3'	73°52.9'	0907	40°38.1'	73°52.4'	125	0.5	020	2.7	1.3	9	65	74	64.4	35.6	100.0	
102	30-08-2019	1209	40°44'	74°13.9'	1236	40°45.4'	74°14.3'	197	0.4	197	2.9	1.4	240	132	372	22.2	77.8	100.0	
103	30-08-2019	1500	41°00'	74°15.1'	1502	41°00'	74°15.1'	255	0.0	178	3.2	0.0	0	260	250	55.5	44.5	100.0	
104	31-08-2019	0845	41°22.8'	74°00.5'	0911	41°24.2'	74°00.7'	142	0.4	191	3.2	1.4	6	20	25	24.2	75.8	83.4	
105	31-08-2019	1040	41°20.6'	74°06.8'	1057	41°19.8'	74°06.8'	174	0.3	006	3.0	0.8	108	86	195	16.6	83.4	89.6	
106	31-08-2019	1234	41°21.3'	74°15.2'	1249	41°20.5'	74°15.3'	204	0.3	357	3.0	0.8	115	361	476	24.2	75.8	83.4	
107	31-08-2019	1417	41°21.5'	74°17.1'	1428	41°20.9'	74°17.2'	218	0.2	330	3.0	0.6	58	288	346	16.6	83.4	89.6	
108	31-08-2019	1600	41°21'	74°20.7'	1604	41°20.8'	74°20.7'	250	0.1	355	3.2	0.2	38	331	369	10.4	89.6	89.6	



Tabla 4. Escala macroscópica para determinar el estadio de madurez sexual de hembras de *M. gayi* (Balbontín y Fisher, 1981).

Estadio	Denominación	Aspecto macroscópico
I	Virginal	Sexo indeterminado, gónadas pequeñas, filiformes, generalmente juveniles menores de 24 centímetros.
II	Inmaduro	Comienzo de maduración de juveniles y reincidentes, ovario bien definido de color rosado claro, sin óvulos visibles al ojo desnudo. En ejemplares grandes es normal que el ovario en esta fase presente lúmen claramente apreciable, pero su pared es más gruesa que en la fase V (indica reposo gonádico).
III	En maduración	Gónadas de gran volumen con óvulos visibles de color amarillo pálido, pero no translúcido, con escasa vascularización. Por lo general, el lúmen desaparece cuando los óvulos alcanzan un diámetro mayor de 500 micrones. Ovario turgente.
III A	Maduración con desove parcial reciente	Ovario muy vascularizado y con óvulos visibles a simple vista, una pequeña proporción presenta una gota oleosa (de color verde amarillento), que corresponde a restos de un desove anterior reciente. En este caso la gónada es más flácida que en la fase III.
IV	Desovante	Ovario turgente con óvulos visibles y transparentes de color anaranjado. Al apretarlo escurren óvulos transparentes.
V	Desovado y En regresión	Ovario vacío, distendido, lúmen amplio, muy flácido, de color rojizo de aspecto hemorrágico, sin óvulos visibles. Este ovario pasa al estado II, inmaduro.



Tabla 5. Escala microscópica para determinar el estadio de madurez sexual en hembras de *M. gayi* (modificada) (Herrera *et al.*, 1988).

Estadio	Denominación	Caracterización histomorfológica
1	Virginal	Parénquima virginal, representado por ovogonias y ovocitos previtelogénicos primitivos con escaso citoplasma basófilo y una gran vesícula germinativa.
2	Inmaduro	Predominancia de ovocitos previtelogénicos y en vitelogénesis endógena, las ovogonias menos numerosas. Los ovocitos rodeados por una capa de células tecales aplanadas.
3	Vitelogénesis Temprana	Predominio de ovocitos en estadio temprano de deposición de vitelo, abarcando no más de las $\frac{3}{4}$ partes del citoplasma. La vesícula germinativa central. La envoltura folicular y la capa de células tecal son más prominentes. Durante esta fase, un corion puede ser encontrado entre el ovocito y las células foliculares.
4	Vitelogénesis Tardía	Ovocitos cargados de vitelo, desde la periferia a la región perinuclear. La vesícula germinativa mantiene su posición central. La capa foliculo – tecal esta bien desarrollada.
5	Próximo Hidratación	El ovario muestra grandes ovocitos cuyo citoplasma esta completamente cargado de glóbulos de vitelo (término deposición de vitelo). La vesícula germinativa esta desplazada a la periferia por la maduración del ovocito.
6	Hidratado	Presencia importante de ovocitos hidratados (hialinos). Debido a la pérdida de agua durante la técnica histológica, adquieren un aspecto estrellado.
7	Desovando	Presencia de ovocitos hidratados y remanentes foliculares (foliculos postovulatorios) recientes, entre ovocitos en deposición de vitelo.
8	Postdesovanda	Aspecto similar al estadio 3, pero con la presencia de foliculos postovulatorios de diferentes edades, indicando un desove anterior.
9	Desovado	Gran actividad lítica en los ovocitos y foliculos, evidenciado por atresia folicular. Se aprecia ovocitos previtelogénicos y eventualmente foliculos postovulatorios.



Tabla 6. Posici3n geogr3fica de las estaciones oceanogr3ficas.

Estaci3n	Latitud	Longitud	Estaci3n	Latitud	Longitud
1	29°10'	71°41,4'	39	35°40'	72°58'
2	29°10'	71°35,7'	40	35°40'	72°45'
3	29°10'	71°32,8'	41	36°10'	73°36'
4	29°40'	71°30,2'	42	36°10'	73°22'
5	29°40'	71°25,2'	43	36°10'	73°08'
6	29°40'	71°21,2'	44	36°10'	72°51'
7	30°10'	71°39,7'	45	36°40'	73°38'
8	30°10'	71°34'	46	36°40'	73°24'
9	30°10'	71°29,3'	47	36°40'	73°12'
10	30°40'	71°53,4'	48	37°10'	73°42'
11	30°40'	71°47,8'	49	37°10'	73°45'
12	30°40'	71°44,6'	50	37°10'	73°50'
13	31°10'	71°48,4'	51	37°40'	73°43'
14	31°10'	71°44,9'	52	37°40'	73°48'
15	31°10'	71°41,5'	53	37°40'	73°53'
16	31°40'	71°43,4'	54	38°10'	73°51'
17	31°40'	71°39,6'	55	38°10'	73°42'
18	31°40'	71°35,5'	56	38°10'	73°34'
19	32°10'	71°42,6'	57	38°40'	74°03'
20	32°10'	71°34,5'	58	38°40'	73°41'
21	32°40'	71°35'	59	38°40'	73°53'
22	32°40'	71°40,7'	60	39°10'	73°57'
23	33°10'	71°55,7'	61	39°10'	73°29'
24	33°10'	71°44,1'	62	39°40'	73°31'
25	33°10'	71°50,1'	63	39°40'	73°47'
26	33°40'	72°04,3'	64	39°40'	74°04'
27	33°40'	71°53,5'	65	40°13'	74°11'
28	33°40'	71°42'	66	40°13'	74°02'
29	34°10'	72°11'	67	40°13'	73°47'
30	34°10'	72°03'	68	40°40'	74°19'
31	34°10'	72°21'	69	40°40'	74°07'
32	34°40'	72°16'	70	40°40'	73°55'
33	34°40'	72°11'	71	41°10'	74°22'
34	34°40'	72°05'	72	41°10'	74°10'
35	35°10'	72°40'	73	41°10'	73°60'
36	35°10'	72°33'	74	41°26'	74°29'
37	35°10'	72°24'	75	41°26'	74°13'
38	35°40'	73°11'	76	41°27'	73°55'



Tabla 7. Calibración del sistema de ecointegración.

Nave	B/C "ABATE MOLINA"	
Fecha	18-07-2019	
Lugar	33°01,5' S - 71°35,9' O	
Velocidad del viento (nudos)	3	
Dirección del viento	060°	
Presión atmosférica (hPa)	1022,1	
Condición de mar	Llana	
Profundidad del fondo (m)	36 m	
Temperatura promedio columna de agua	12,03 °C	
Salinidad promedio columna de agua	34,4 psu	
Coefficiente de absorción	dB/Km	
Velocidad del sonido (m/s) calculada	1500,3	
Ecosonda	Simrad EK60	
Software de calibración	Simrad ER60 (versión 2.1.0.12)	
Transductor (modelo)	ES38B	ES120-7C
Tipo de ángulo	Haz dividido (<i>SplitBeam</i>)	Haz dividido (<i>SplitBeam</i>)
Frecuencia (kHz)	38	120
Pulso (ms)	1024	1024
Potencia de trabajo (Watt)	2000	250
Esfera utilizada	Cobre (60 mm)	Tungsteno (38 mm)
Profundidad de la esfera (m)	21	16
TS esfera (dB)	-36,5	-39,5
Ganancia inicial (dB)	26,01	26,8
ganancia final calibración (dB)	26,32	27,35
S _A corregido (dB)	-0,6	-0,35
RMS modelo	0,18	0,25
Sensibilidad del haz acústico		
Frecuencia 38 kHz	Longitudinal (<i>Alongship</i>)	Transversal (<i>Athwartship</i>)
Ángulo (°) del haz acústico	6,99	6,57
Desplazamiento (°) ángulo haz acústico	-0,02	-0,03
Frecuencia 120 kHz		
Ángulo (°) del haz acústico	7,01	6,5
Desplazamiento (°) ángulo haz acústico	0,02	0,06

Tabla 8. Estimados de biomasa total, límites de confianza y densidad de merluza común. Crucero de Evaluación julio – agosto 2019.

Método	Area (mn ²)	Biomasa (t)	CV (%)	Densidad (t*mn ⁻²)
Bootstrap	8.809	356.833 [328.389 y 385.277]	4,1	40,5
Geoestadístico	8.809	351.906 [326.457 y 377.350]	3,7	40,0



Tabla 9. Biomasa (t) y abundancia (Nº) de merluza común estimada por subzona. Crucero de Evaluación julio – agosto 2019.

Método	Zona	Área (mn ²)	Biomasa (t)	CV(%)	Densidad (t/mn ²)	Abundancia Machos	Abundancia Hembras	Abundancia Total
Geostatístico	Total	8.809	356.833 [328.489 – 385.277]	4,1	40,5	382.011.155	538.881.375	920.892.531
	1	858	18.467 [17.198 – 19.736]	3,5	21,5	11.630.744	26.498.911	38.129.655
	2	2.559	165.856 [158.674 – 173.039]	2,2	64,8	202.193.823	152.536.531	354.730.354
	3	3.262	153.118 [147.079 – 159.158]	2	46,9	137.650.062	315.879.764	453.529.826
	4	2.129	19.441 [7.327 – 46.209]	70,2	9,1	30.536.526	43.966.169	74.502.695
Bootstrap	Total	8.809	351.906 [326.457 – 377.350]	3,7	40,0	375.508.446	529.708.374	905.216.820
	1	858	18.973 [17.881 – 20.065]	2,9	22,1	11.432.762	26.047.839	37.480.601
	2	2.559	159.591 [153.646 – 165.532]	1,9	62,4	198.752.019	149.940.008	348.692.027
	3	3.262	155.946 [150.704 – 161.188]	1,7	47,8	135.306.941	310.502.764	445.809.705
	4	2.129	17.396 [6.761 – 41.553]	70,8	8,2	30.016.724	43.217.763	73.234.487



Tabla 10. Composición porcentual de las estimaciones de biomasa (t) por subzona, abundancia y peso medio de merluza común. Serie histórica. Cruceos de evaluación 2001 a 2019.

Años	2001	2002	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
B (t)	917.133	1.555.422	273.860	223.721	266.596	278.700	313.778	322.729	284.575
Abund. (N°)	1.969.153.928	2.879.290.984	876.465.659	1.159.097.721	1.205.602.209	1.213.918.248	1.636.309.370	1.350.332.891	1.201.201.176
Composición (%) de la Biomasa por zona									
Subzona 1	16,5	4,7	6,5	7,0	7,2	4,6	6,7	4,8	
Subzona 2	37,6	36,0	30,9	36,3	34,2	39,3	32,4	35,4	46,5
Subzona 3	36,6	46,2	36,2	29,2	37,8	45,8	42,8	44,1	45,5
Subzona 4	9,4	13,0	26,5	27,5	20,8	10,3	18,1	15,7	7,9
Peso promedio (g)	466	540	312	193	221	230	192	239	237
Composición (%) de la Abundancia por zona									
Subzona 1	17,1	4,2	2,5	7,0	5,9	4,7	5,3	4,1	
Subzona 2	40,8	36,6	32,8	36,3	37,9	46,8	33,3	37,9	44,6
Subzona 3	34,2	41,2	22,6	29,2	38,7	38,1	41,3	36,1	46,9
Subzona 4	7,9	18,0	42,1	27,5	17,5	10,4	20,1	21,8	8,4
Composición (%) de la Biomasa por zona									
B (t)	290.331	273.954	224.997	204.997	211.883	242.920	301.330	304.710	356.883
Abund. (N°)	1.251.573.751	1.013.309.311	896.575.182	880.559.869	871.707.912	1.126.077.739	940.069.928	978.660.812	920.892.531
Composición (%) de la Biomasa por zona									
Subzona 1	6,6	8,4	7,4	7,6	9,0	4,0	3,3	5,1	4,1
Subzona 2	47,9	40,2	32,8	37,8	48,0	27,7	42,5	45,8	38,5
Subzona 3	35,3	45,4	54,9	47,7	39,6	60,4	46,9	33,6	49,2
Subzona 4	10,3	6,0	5,0	6,9	3,4	7,8	7,3	15,5	8,1
Peso promedio (g)	232	270	251	233	243	216	321	311	388
Composición (%) de la Abundancia por zona									
Subzona 1	6,6	8,2	6,6	8,0	8,9	6,7	3,6	14,2	4,1
Subzona 2	47,9	46,0	34,4	37,7	49,9	28,5	43,3	45,0	38,5
Subzona 3	35,3	38,5	52,7	46,4	38,0	57,4	48,7	35,8	49,2
Subzona 4	10,3	7,3	6,3	7,9	3,2	7,3	4,4	4,9	8,1

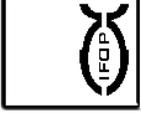


Tabla 11. Resumen modelaci3n geostatística por subzona de estudio. Cruceo julio-agosto 2019.

Subzona	Estimador	Direcci3n	Modelo ajustado	Rango(mm)	Nugget	Sill	Dependencia espacial (%)	Media Kriging	Varianza Kriging
1	matheron	omni	Exponencial	1,2	1,2E+04	5,2E+04	43,5	160,217	4,4E+02
2	matheron	omni	Exponencial	3	0,0E+00	5,9E+05	50,0	503,389	1,7E+03
3	matheron	omni	Exponencial	3,6	0,0E+00	4,0E+05	50,0	349,612	9,0E+02
4	matheron	omni	Exponencial	2,4	1,3E+04	4,2E+04	41,1	68,001	1,3E+02

Tabla 12. N3mero de ejemplares por subzona medidos en los muestreos de frecuencia de longitud y biol3gicos de merluza com3n. Cruceo de evaluaci3n directa de merluza com3n, julio-agosto 2019.

Subzona	Muestreo de longitud			Muestreo biol3gico					
	Indeterminados	Machos	Hembras	Indeterminados	Machos	Hembras	Total	Otolitos	G3nadas
1 (29°10' - 31°24')		747	895		214	267	481	481	63
2 (31°25' - 35°30')	229	1.674	1.650	55	468	547	1.070	1.020	164
3 (35°31' - 38°39')	123	1.069	1.909	89	329	621	1.039	952	223
4 (38°40' - 42°00')	40	805	1.122	33	278	395	706	677	
Total	392	4.295	5.576	177	1.289	1.830	3.296	3.130	450

Tabla 13. Parámetros de la relaci3n peso - longitud de merluza com3n cruceo julio-agosto 2019.

Parámetros	Valor Estimado
$\alpha =$	0,006282
$\beta =$	3,027144
$R^2 =$	0,989984
$n =$	3.022



Tabla 14. Clave edad talla de merluza común machos, crucero de evaluación julio-agosto 2019.

TALLAS (cm)	FREC.	GRUPOS DE EDAD														
		O	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV+
8 - 9																
10 - 11	2	2														
12 - 13	7	7														
14 - 15	6	6														
16 - 17	2	2														
18 - 19	3	3														
20 - 21	7	3	4													
22 - 23	5	1	4													
24 - 25	13	1	11	1												
26 - 27	26		21	5												
28 - 29	36		22	14												
30 - 31	40		1	35	4											
32 - 33	38			20	18											
34 - 35	63			13	48	2										
36 - 37	42			2	34	6										
38 - 39	19				11	8										
40 - 41	11				1	9	1									
42 - 43	4					2	1	1								
44 - 45	3				1	2										
46 - 47																
48 - 49																
50 - 51																
52 - 53																
54 - 55																
56 - 57																
58 - 59																
60 - 61																
62 - 63																
64 - 65																
66 - 67																
68 - 69																
70 - 71																
72 - 73																
74 - 75																
76 - 77																
78 - 79																
80 - 81																
TOTAL	327	25	63	90	117	29	2	1								



Tabla 15. Clave edad talla de merluza común hembras, crucero de evaluación julio - agosto de 2019.

TALLAS (cm)	FREC.	GRUPOS DE EDAD														
		O	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV+
8 - 9																
10 - 11																
12 - 13	2	2														
14 - 15	8	8														
16 - 17	7	7														
18 - 19	3	3														
20 - 21	4	3	1													
22 - 23	4	2	2													
24 - 25	6		5	1												
26 - 27	9		8	1												
28 - 29	20		7	13												
30 - 31	24		1	23												
32 - 33	20			13	7											
34 - 35	20			6	14											
36 - 37	35				33	2										
38 - 39	40				24	14	1	1								
40 - 41	33				6	25	1	1								
42 - 43	30				2	18	9	1								
44 - 45	20					6	8	5	1							
46 - 47	12						3	4	4		1					
48 - 49	10						1	3	4	1		1				
50 - 51	8							1	1	5		1				
52 - 53	4								1		1				1	
54 - 55	6									1	2	1	2			
56 - 57	2										1		1			
58 - 59	1											1				
60 - 61	2												1			1
62 - 63	7										1	1			3	2
64 - 65	4										1	1				2
66 - 67	2															2
68 - 69	4															4
70 - 71	2															2
72 - 73																
74 - 75	2															2
76 - 77	1															1
78 - 79																
80 - 81																
TOTAL	352	25	24	57	86	65	23	16	11	7	1	7	6	4	4	16



Tabla 16. Abundancia de merluza com3n (n3mero y %) por grupo de edad y sexo. Crucero julio-agosto de 2019.

	Grupo de edad (GE)														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14+
Total															
Abundancia (x 10 ⁶)	8,4	101,5	206,7	306,0	153,4	44,4	32,3	20,8	11,0	2,0	8,5	9,8	5,4	3,3	7,4
(%)	0,9	11,0	22,4	33,2	16,7	4,8	3,5	2,3	1,2	0,2	0,9	1,1	0,6	0,4	0,8
Machos															
Abundancia (x 10 ⁶)	2,6	66,0	114,5	150,2	42,1	3,7	2,7	0,2		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
(%)	0,7	17,3	30,0	39,3	11,0	1,0	0,7	0,04	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hembras															
Abundancia (x 10 ⁶)	5,8	35,5	92,2	155,8	111,3	40,7	29,5	20,6	11,0	2,0	8,5	9,8	5,4	3,2	7,4
(%)	1,1	6,6	17,1	28,9	20,7	7,6	5,5	3,8	2,0	0,4	1,6	1,8	1,0	0,6	1,4



Tabla 17. Composici3n de la abundancia por grupo de edad en merluza com3n. Machos subzona 1. Crucero julio - agosto 2019.

TALLAS (cm)	FREC.	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV+
8 - 9																
10 - 11																
12 - 13																
14 - 15																
16 - 17																
18 - 19	41.661	41.661														
20 - 21	76.746	32.891	43.855													
22 - 23	343.513	68.703	274.810													
24 - 25	732.164	56.320	619.523	56.320												
26 - 27	1.198.113	967.707	230.406	230.406												
28 - 29	2.495.738	1.525.173	970.565	970.565												
30 - 31	3.803.004	3.327.628	380.300	380.300												
32 - 33	1.952.631	1.027.700	924.930	924.930												
34 - 35	685.982	141.552	522.653	522.653												
36 - 37	189.160	9.008	153.130	153.130	21.777											
38 - 39	32.428	18.774	13.654	13.654	7.237											
40 - 41	79.605	7.237	65.131	65.131	7.237											
42 - 43																
44 - 45																
46 - 47																
48 - 49																
50 - 51																
52 - 53																
54 - 55																
56 - 57																
58 - 59																
60 - 61																
62 - 63																
64 - 65																
66 - 67																
68 - 69																
70 - 71																
72 - 73																
74 - 75																
76 - 77																
78 - 79																
80 - 81																
TOTAL	11.630.744	199.575	3.526.143	5.763.180	2.007.025	127.585	7.237									
PORCENTAJE		1,72	30,32	49,55	17,26	1,10	0,06									
TALLA PROM. (cm)		21,9	26,7	30,4	33,0	38,4	40,5									
VARIANZA		4,8	4,5	2,8	3,3	5,6	4,32									
PESO PROM (g)		67	123	181	233	372	432									

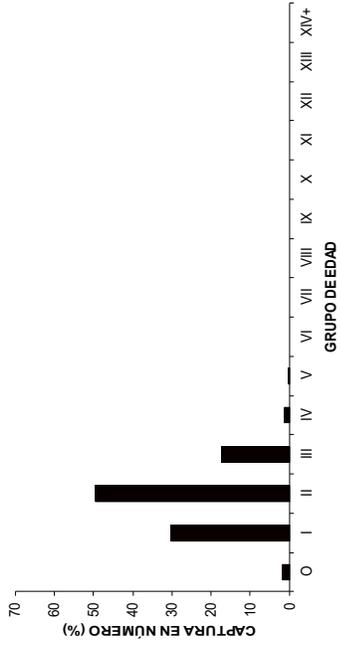




Tabla 18. Composición de la abundancia en número por grupo de edad en merluza común. Machos subzona 2, julio-agosto de 2019.

TALLAS (cm)	FREC.	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV+
8 - 9																
10 - 11																
12 - 13	3.524	3.524														
14 - 15	5.286	5.286														
16 - 17	51.465	51.465														
18 - 19	107.774	107.774														
20 - 21	332.788	142.624	190.165													
22 - 23	1.343.045	268.609	1.074.436													
24 - 25	2.075.651	159.665	1.766.320	159.665												
26 - 27	6.516.877	5.263.631	1.253.246	1.253.246												
28 - 29	14.418.787	8.811.481	5.607.306	5.607.306												
30 - 31	20.539.986	513.500	17.972.488	2.053.999												
32 - 33	39.419.537	33	20.747.125	18.672.412												
34 - 35	59.289.607	12.234.363	45.173.034	45.173.034	1.882.210											
36 - 37	32.088.628	1.528.030	25.976.509	25.976.509	4.584.090											
38 - 39	16.277.472		9.423.799	6.853.672												
40 - 41	6.561.685		596.517	596.517	596.517											
42 - 43	2.297.654		1.148.827	1.148.827	1.148.827											
44 - 45	699.591		233.197	233.197	233.197											
46 - 47	164.466															
48 - 49																
50 - 51																
52 - 53																
54 - 55																
56 - 57																
58 - 59																
60 - 61																
62 - 63																
64 - 65																
66 - 67																
68 - 69																
70 - 71																
72 - 73																
74 - 75																
76 - 77																
78 - 79																
80 - 81																
TOTAL	202.193.823	738.947	17.609.533	59.502.223	102.129.467	20.303.844	1.170.930	738.879								
PORCENTAJE		0,37	8,71	29,43	50,51	10,04	0,58	0,37								
TALLA PROM. (cm)		21,4	27,1	31,9	35,0	38,6	41,5	43,4								
VARIANZA		6,3	3,9	4,5	3,7	5,2	1,0	2,8								
PESO PROM (g)		72	138	220	286	379	464	530								

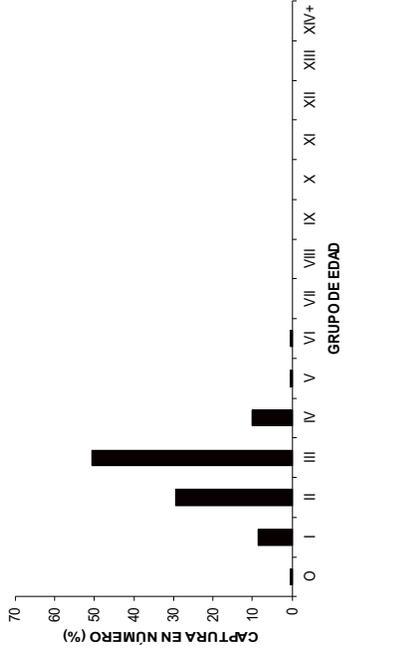




Tabla 19. Composición de la abundancia por grupo de edad en merluza común. Machos subzona 3, julio-agosto de 2019.

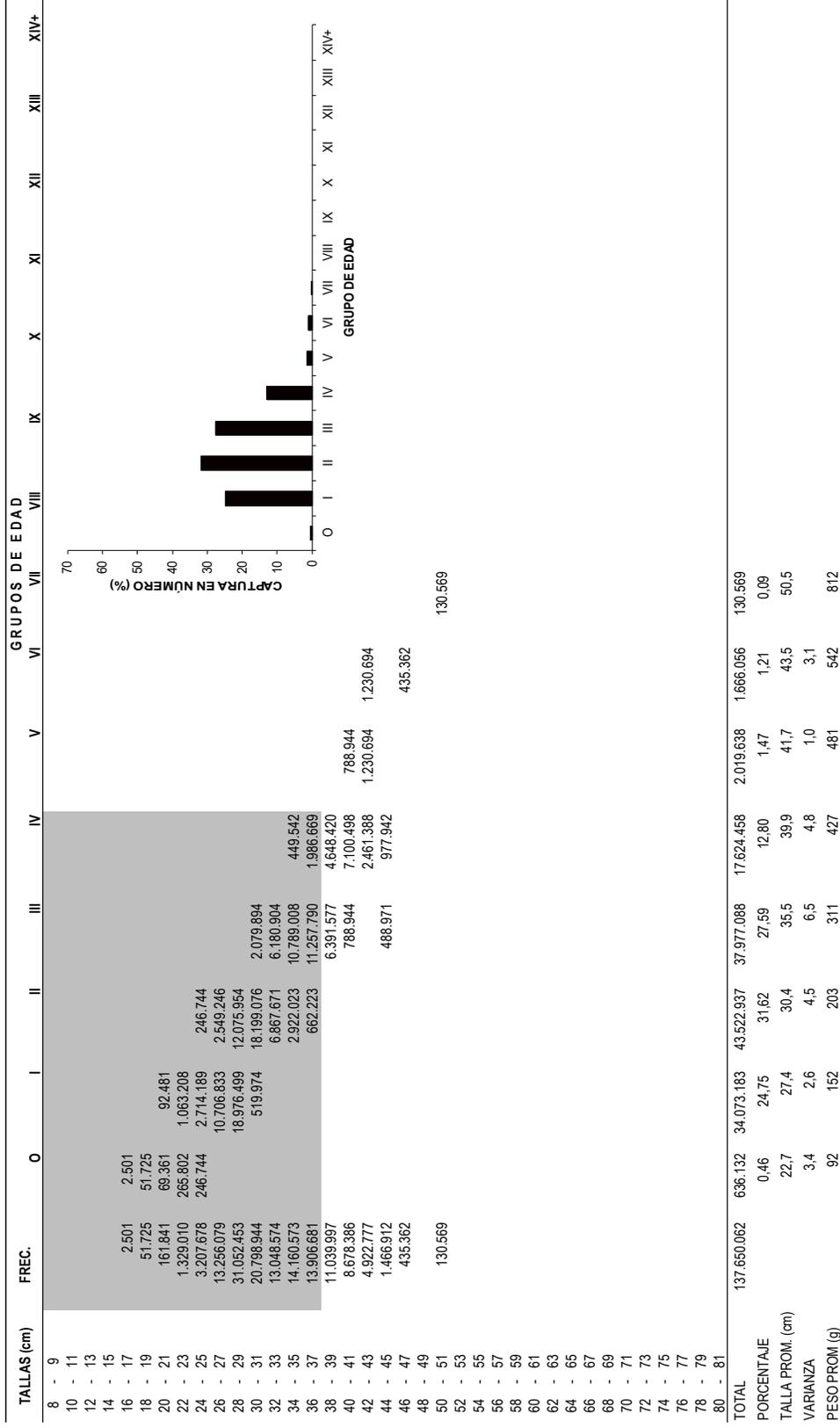




Tabla 20. Composici3n de la abundancia por grupo de edad en merluza com3n. Machos subzona 4, julio-agosto de 2019.

TALLAS (cm)	FREC.	O	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV+
8 - 9																
10 - 11																
12 - 13																
14 - 15																
16 - 17		3.819														
18 - 19		7.637														
20 - 21		543.079	310.331													
22 - 23		2.432.365	1.945.892													
24 - 25		3.664.573	3.100.793	281.890												
26 - 27		3.937.424	3.180.227	757.197												
28 - 29		3.576.579	2.185.687	1.390.892												
30 - 31		2.307.688	57.692	2.019.227	230.769											
32 - 33		901.544		474.497	427.047											
34 - 35		3.102.691		640.238	2.363.955	98.498										
36 - 37		3.663.105		1.74.434	2.965.370	523.301										
38 - 39		3.355.336			1.942.563	1.412.773										
40 - 41		1.645.206			149.564	1.346.078	149.564									
42 - 43		1.240.367			620.183	310.092	310.092									
44 - 45		20.478														
46 - 47		40.956			6.826	13.652										
48 - 49		20.478														
50 - 51		40.956														
52 - 53																
54 - 55	20.478							20.478								
56 - 57																
58 - 59																
60 - 61																
62 - 63																
64 - 65	11.768															
66 - 67																
68 - 69																
70 - 71																
72 - 73																
74 - 75																
76 - 77																
78 - 79																
80 - 81																
TOTAL	30.536.526	1.012.567	10.780.622	5.738.375	8.086.095	4.014.485	500.611	330.569	40.956	20.478						11.768
PORCENTAJE		3,32	35,30	18,79	26,48	13,15	1,64	1,08	0,13	0,07						0,04
TALLA PROM. (cm)		22,5	25,5	30,0	36,1	39,5	42,2	42,9	50,5	54,5						62,5
VARIANZA		2,3	4,9	7,8	4,2	3,9	2,4	2,1	0,0	0,0						0,0
PESO PROM (g)		78	112	184	315	410	500	523	850	1.067						1.606

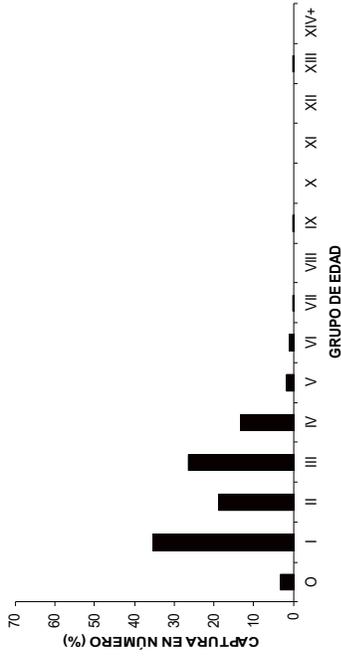




Tabla 22. Composición de la abundancia por grupo de edad en merluza común. Hembras subzona 2, julio-agosto de 2019.

TALLAS (cm)	FREC.	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV+
8 - 9																
10 - 11	700.950	700.950														
12 - 13	695.664	695.664														
14 - 15	6.649	6.649														
16 - 17	812.015	812.015														
18 - 19	403.710	302.783	100.928													
20 - 21	1.915.008	957.504	957.504													
22 - 23	2.607.375	2.172.812	434.562													
24 - 25	2.944.833	2.617.629	327.204													
26 - 27	9.822.162	3.437.757	6.384.405													
28 - 29	10.357.520	431.563	9.925.956													
30 - 31	10.804.591		7.022.984	3.781.607												
32 - 33	12.372.941		3.711.882	8.661.058												
34 - 35	24.188.785			22.806.568	1.382.216											
36 - 37	18.267.116			20.960.270	6.393.491											
38 - 39	17.368.790			3.157.962	13.158.175											
40 - 41	14.523.617			968.241	8.714.170											
42 - 43	11.521.409				3.456.423											
44 - 45	5.116.210															
46 - 47	2.367.249															
48 - 49	774.929															
50 - 51	689.615															
52 - 53	396.212															
54 - 55	274.985															
56 - 57	316.493															
58 - 59	279.044															
60 - 61	429.538															
62 - 63	236.424															
64 - 65	494.696															
66 - 67	1.181.787															
68 - 69	160.918															
70 - 71	344.890															
72 - 73	101.911															
74 - 75	58.496															
76 - 77																
78 - 79																
80 - 81																
TOTAL	152.536.531	3.475.565	9.718.193	27.806.994	60.335.706	33.104.474	11.464.431	6.859.922	3.497.643	787.091	172.404	988.787	836.588	409.085	356.491	2.723.157
PORCENTAJE		2,28	6,37	18,23	33,00	21,70	7,52	4,50	2,29	0,52	0,11	0,65	0,55	0,27	0,23	1,79
TALLA PROM. (cm)		17,8	26,5	30,9	36,7	40,9	43,6	44,6	47,1	50,2	52,5	52,1	55,1	57,2	57,7	68,3
VARIANZA		14,7	5,0	4,6	4,4	4,0	3,7	7,0	3,6	2,5	2,5	32,9	29,4	6,2	25,0	11,3
PESO PROM (g)		39	122	197	335	470	576	623	733	894	1.024	1.039	1.234	1.351	1.410	2.361

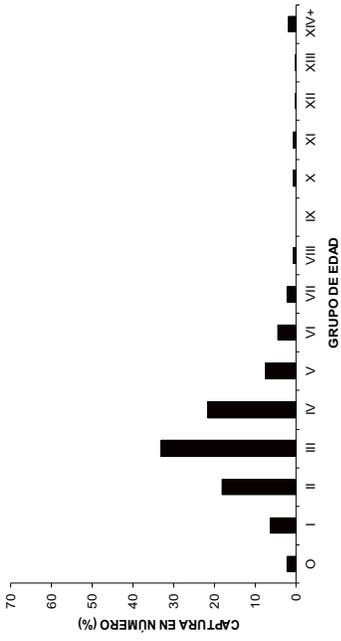




Tabla 25. Valores promedios del Índice gonadosomático en hembras de todas las tallas y mayores a 34 cm. Total área prospectada y por subzonas, julio – agosto 2019.

IGS	Todas		Mayores a 34 cm				
	Area prospección		Area prospección	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
Media	2,8		3,9	3,8	4,8	3,1	4,6
sd	3,0		3,3	3,4	3,2	2,4	5,8
n	1.789		1.092	180	393	449	70

Tabla 26. Valores promedios del Índice gonadosomático por grupos de tamaños de las hembras. Total área prospectada y por subzonas, julio – agosto 2019.

Grupos tallas	Area prospección			Zona 1			Zona 2			Zona 3			Zona 4		
	IGS	sd	n	IGS	sd	n	IGS	sd	n	IGS	sd	n	IGS	sd	n
< 30	0,9	0,8	389	1,3	1,1	29	0,9	1,4	93	0,8	0,3	87	0,8	0,3	180
30 - 34	1,3	1,6	308	1,7	1,2	59	2,2	1,4	52	1,0	1,4	73	1,0	1,9	124
35 - 39	3,2	2,5	333	2,8	2,8	76	4,1	2,6	129	2,6	2,0	95	2,2	1,9	33
40 - 49	4,1	3,2	587	4,1	3,3	86	5,2	3,3	226	3,1	2,3	255	4,2	5,5	20
50 - 59	4,1	4,1	113	5,2	5,3	13	4,9	5,0	16	3,2	2,6	73	8,0	7,0	11
60 - 69	4,9	3,6	44	8,0	4,1	2	4,9	3,0	16	4,4	3,5	23	6,6	7,4	3
≥ 70	8,3	7,1	15	8,1	3,8	3	3,8	2,4	6	7,7	4,8	3	18,2	9,6	3
Total			1.789			268			538			609			374

Tabla 27. Incidencia de estadios macroscópicos de madurez. Crucero julio-agosto de 2019.

	Fases macroscópicas de madurez ovárica					
	I	II	III	IIIA	IV	V
N° ejemplares	30	707	1.005	30	11	9
(%)	1,7	39,5	56,1	1,7	0,6	0,5

Tabla 28. Talla media de madurez e intervalos de confianza de hembras de merluza común, para el área global y por subzonas, estimadas en el período 2001 al 2019.

Año	Area global			Sector norte (zona 1-2)			Sector sur (zona 3-4)		
	L _{50%} (cm)	LI	LS	L _{50%} (cm)	LI	LS	L _{50%} (cm)	LI	LS
2001	36,7	35,6	37,9	37,5	36,5	38,3	35,1	33,7	37,3
2002	37,0	35,7	38,2	37,0	36,0	37,8	36,9	32,8	41,6
2004	38,9	37,4	40,4	38,9	36,9	40,9	39,0	37,5	40,2
2005	36,3	35,3	37,3	35,8	34,5	37,2	37,1	35,2	38,3
2006	35,2	34,3	36,1	35,3	34,3	36,7	35,2	33,6	36,5
2007	34,2	32,9	35,4	32,1	30,3	33,7	36,0	34,8	37,4
2008	34,0	33,5	34,6	30,8	29,6	31,9	36,0	35,5	36,9
2009	29,5	28,1	30,5	29,9	28,0	31,7	29,1	27,2	30,5
2010	31,2	29,8	32,0	29,1	26,4	31,0	32,3	30,9	33,6
2011	28,9	27,8	29,8	28,6	26,8	29,8	29,5	27,6	31,4
2012	29,9	28,7	31,0	28,6	26,4	30,2	31,0	29,4	32,6
2013	30,1	29,3	30,9	29,2	27,6	30,5	30,8	29,7	31,8
2014	26,9	25,4	28,0	25,3	22,5	27,4	28,9	27,0	29,9
2015	27,1	23,2	29,0	-	-	-	-	-	-
2016	30,0	28,9	31,1	-	-	-	31,8	30,5	34,4
2017	29,0	27,4	30,5	28,0	25,3	30,0	30,5	26,9	32,5
2018	32,2	31,4	32,8	30,0	28,6	31,2	34,2	33,3	35,0
2019	32,5	31,7	33,2	30,1	27,7	31,7	33,6	32,7	34,6



Tabla 29. Resultados del ajuste de la fecundidad con el peso corporal y longitud total de ejemplares muestreados en el 1rea de estudio. Crucero julio-agosto del 2019.

Año	Variable	Regresi3n	a	Sa	b	Sb	gl	SCE	r ²
2019	Peso corporal	Lineal	14553	18298	105,4	15,24	6	6854000000	0,89
		Potencial	332,2	312	0,8594	0,125	6	6309000000	0,90
		Exponencial	56500	14639	0,0006	0,0001	6	11110000000	0,82
2019	Longitud total	Lineal	-222683	43518	6886	872,4	6	5407000000	0,91
		Potencial	3,716	5,551	2,625	0,3584	6	5479000000	0,91
		Exponencial	10715	4762	0,0450	0,0066	6	6831000000	0,89

Tabla 30. Estimados de fecundidad parcial y relativa de merluza com3n en el 1rea de prospecci3n a partir de evaluaciones entre 2001 y 2019.

Año	Sector	Fecundidad parcial		Fecundidad relativa		N° hembras
		Media	sd	Media	sd	
2001	Norte	150.712	74.230	153	68	79
2001	Sur	139.615	72.978	160	56	96
2002	Norte	185.591	143.177	156	67	85
2002	Sur	217.687	135.005	232	92	105
2004	Norte	87.881	59.189	122	57	50
2004	Sur	143.585	102.898	135	62	51
2005	Norte	62.621	31.789	99	43	70
2005	Sur	85.531	61.472	91	42	43
2006	Norte	55.278	72.852	99	69	66
2006	Sur	79.153	91.625	86	61	71
2007	Norte	69.031	63.906	121	70	83
2007	Sur	63.113	70.843	84	46	102
2008	Norte	73.035	58.586	133	64	74
2008	Sur	85.796	143.403	99	71	55
2009	Global	74.593	21.009	157	33	19
2010	Global	65.494	32.297	158	45	56
2011	Global	105.724	78.853	162	49	88
2012	Global	67.802	40.786	126	38	14
2013	Global	98.367	76.741	147	45	15
2014	Global	41.576	16.559	102	27	10
2015	Global	84.183	65.094	135	49	30
2016	Global	77.706	85.195	113	50	26
2017	Global	107.086	86.452	135	46	14
2018	Global	58.566	28.629	102	19	9
2019	Global	110.440	93.768	123	46	8



Tabla 31. Valores promedios de fecundidad de merluza com3n en el periodo reproductivo principal, de la serie de evaluaciones entre 2004 y 2019.

Año	N° hembras	Fecundidad parcial				Fecundidad relativa			
		Media	sd	Mínimo	Máximo	Media	sd	Mínimo	Máximo
2004	101	116.009	88.284	26.077	570.813	129	60	38	313
2005	113	71.339	46.524	11.242	255.431	96	43	32	246
2006	137	67.651	83.672	2.812	568.943	92	65	7	302
2007	185	65.768	67.702	7.657	468.129	100	61	13	394
2008	129	78.476	103.312	8.452	854.793	119	69	18	368
2009	19	74.593	21.009	40.663	119.821	157	33	96	210
2010	56	65.494	32.297	25.358	202.628	158	45	79	283
2011	88	105.724	78.853	27.709	446.354	162	49	67	304
2012	14	67.802	40.786	7.181	169.375	126	38	26	185
2013	15	98.367	76.741	16.066	304.869	147	45	58	241
2014	10	41.576	16.559	16.427	68.826	102	27	66	151
2015	30	84.183	65.094	12.349	284.473	135	49	45	231
2016	26	77.706	85.195	8.162	409.832	113	50	36	253
2017	14	107.086	86.452	17.473	311.406	135	46	52	213
2018	9	58.566	28.629	13.360	93.927	102	19	69	137
2019	8	110.440	93.768	23.602	304.700	123	46	77	216



Tabla 32. Especies capturadas durante el crucero de evaluación directa de merluza común, invierno 2019. *C*Test ($kg*0,5h^{-1}$): Captura total estandarizada; *IRCT*(%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada; *IRFA*(%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada fauna acompañante y *L-P*(%): Lances positivos.

Nombre común	Nombre científico	CTest	IRCT (%)	IRFA(%)	L-P (%)
Merluza común	<i>Merluccius gayi gayi</i>	189.610	85,5		98,1
Chancharro	<i>Helicolenus lengerichi</i>	10.391	4,7	32,3	26,9
Merluza de cola	<i>Macruronus magellanicus</i>	4.112	1,9	12,8	19,4
Langostino amarillo	<i>Cervimunida johni</i>	3.010	1,4	9,4	20,4
Camarón nailon	<i>Heterocarpus reedi</i>	2.489	1,1	7,7	28,7
Langostino colorado	<i>Pleuroncodes monodon</i>	2.434	1,1	7,6	10,2
Granadero aconcagua	<i>Coelorrhynchus aconcagua</i>	2.160	1,0	6,7	32,4
Besugo	<i>Epigonus crassicaudus</i>	1.705	0,8	5,3	16,7
Lenguado de ojo grande	<i>Hippoglossina macrops</i>	1.086	0,5	3,4	56,5
Merluza del sur	<i>Merluccius australis</i>	854	0,4	2,7	11,1
Congrio dorado	<i>Genypterus blacodes</i>	684	0,3	2,1	16,7
Pejegallo	<i>Callorhynchus callorhynchus</i>	418	0,2	1,3	13,9
Blanquillo	<i>Prolatilus jugularis</i>	382	0,2	1,2	22,2
Pampanito	<i>Stromateus stellatus</i>	304	0,1	0,9	5,6
Raya volantín	<i>Zearaja chilensis</i>	258	0,1	0,8	15,7
Jibia	<i>Dosidicus gigas</i>	256	0,1	0,8	11,1
Tollo pajarito	<i>Deania calcea</i>	251	0,1	0,8	1,9
Granadero chileno	<i>Coelorinchus chilensis</i>	237	0,1	0,7	9,3
Tollo negro raspa	<i>Centroscyllium granulatum</i>	202	0,1	0,6	3,7
Tollo narigón	<i>Etmopterus granulosus</i>	144	0,1	0,4	1,9
Gamba	<i>Haliporoides diomedea</i>	129	0,1	0,4	9,3
Calamar	<i>Loligo gahi</i>	100	<0,1	0,3	6,5
Jurel	<i>Trachurus murphyi</i>	97	<0,1	0,3	4,6
Granadero escamoso	<i>Macrourus carinatus</i>	96	<0,1	0,3	3,7
Cojinoba azul	<i>Seriola violacea</i>	94	<0,1	0,3	3,7
Reineta	<i>Brama australis</i>	64	<0,1	0,2	4,6
Pateador	<i>Pterygosquilla armata</i>	47	<0,1	0,1	10,2
Brótula	<i>Salilota australis</i>	43	<0,1	0,1	13,9
Centolla	<i>Lithodes santolla</i>	30	<0,1	0,1	1,9
Talisman de ojos grandes	<i>Bajacalifornia megalops</i>	20	<0,1	0,1	0,9
Lenguado de ojo chico	<i>Paralichthys microps</i>	14	<0,1	<0,1	7,4
Raya moteada	<i>Psammobatis scobina</i>	11	<0,1	<0,1	1,9
Jaiba paco	<i>Mursia gaudichaudii</i>	9	<0,1	<0,1	10,2
Jaiba araña	<i>Libidoclaea granaria</i>	6	<0,1	<0,1	3,7
Tiburón galludo	<i>Squalus mitsukurii</i>	4	<0,1	<0,1	0,9
Raya costera chilena	<i>Sympterygia brevicaudata</i>	4	<0,1	<0,1	3,7
Tollo de cachos	<i>Squalus acanthias</i>	3	<0,1	<0,1	0,9
Granadero pulgar	<i>Nezumia pulchella</i>	3	<0,1	<0,1	1,9
Sierra	<i>Thyrstites atun</i>	3	<0,1	<0,1	0,9
Alfonsino	<i>Beryx splendens</i>	2	<0,1	<0,1	3,7
Jaiba limón	<i>Cancer porteri</i>	2	<0,1	<0,1	5,6
Róbalo	<i>Eleginops maclovinus</i>	2	<0,1	<0,1	0,9
Mictófido	<i>Myctophum sp.</i>	2	<0,1	<0,1	1,9
Jaiba reina	<i>Cancer coronatus</i>	1	<0,1	<0,1	1,9
Jaiba mochilera	<i>Lophorochinia parabranchia</i>	1	<0,1	<0,1	0,9
Wlaky	<i>Xenomystax atrarius</i>	1	<0,1	<0,1	0,9
Mote	<i>Normanichthys crockeri</i>	1	<0,1	<0,1	0,9
Granadero cabeza de armadura	<i>Trachirincus helolepis</i>	1	<0,1	<0,1	0,9
Pulpo	<i>Octopus sp.</i>	0	<0,1	<0,1	0,9
Merluza de tres aletas	<i>Micromesistius australis</i>	0	<0,1	<0,1	0,9
Cabrilla	<i>Paralabrax humeralis</i>	0	<0,1	<0,1	0,9
Congrio negro	<i>Genypterus maculatus</i>	0	<0,1	<0,1	0,9
Jaiba mora	<i>Homolaspis plana</i>	0	<0,1	<0,1	0,9
Camarón navaja	<i>Stereomastis suhmi</i>	0	<0,1	<0,1	0,9
Sardina común	<i>Strangomera bentincki</i>	0	<0,1	<0,1	0,9



Tabla 33. Especies capturadas por grupo taxonómico. Crucero de evaluación directa de merluza común, invierno 2019. *CTest* ($kg*0,5hr^{-1}$): Captura total estandarizada; *IRCT*(%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada; *IRFA*(%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada, fauna acompañante y *IRGT*(%): Importancia relativa respecto captura total estandarizada, grupo taxonómico.

Nombre común	Peces óseos			Peces cartilaginosos			Crustáceos			Cefalópodos				
	<i>CT_{est}</i>	<i>IRCT</i> (%)	<i>IRFA</i> (%)	<i>IRGT</i> (%)	Nombre común	<i>CT_{est}</i>	<i>IRCT</i> (%)	<i>IRFA</i> (%)	<i>IRGT</i> (%)	Nombre común	<i>CT_{est}</i>	<i>IRCT</i> (%)	<i>IRFA</i> (%)	<i>IRGT</i> (%)
Merluza común	189.610	85,5		89,5		418	0,2	1,3	32,3	Langostino amarillo	3.010	1,4	9,4	36,9
Chancharro	10.391	4,7	32,3	4,9	Reya volatin	258	0,1	0,8	20,0	Camarón neilon	2.489	1,1	7,7	30,5
Merluza de cola	4.112	1,9	12,8	1,9	Tollo pajaro	251	0,1	0,8	19,4	Langostino costrato	2.434	1,1	7,6	29,8
Granadero aconagua	2.160	1,0	6,7	1,0	Tollo negro respa	202	0,1	0,6	15,6	Gamba	129	0,1	0,4	1,6
Basupo	1.705	0,8	5,3	0,8	Tollo negro	144	0,1	0,4	11,1	Pataador	47	<0,1	0,1	0,6
Lenguado de ojo grande	1.086	0,5	3,4	0,5	Reya moteada	11	<0,1	<0,1	0,8	Centolla	30	<0,1	0,1	0,4
Merluza del sur	854	0,4	2,7	0,4	Tiburón galludo	4	<0,1	<0,1	0,3	Jabba paco	6	<0,1	<0,1	0,1
Congrio dorado	684	0,3	2,1	0,3	Reya costera chilena	4	<0,1	<0,1	0,3	Jabba arafia	9	<0,1	<0,1	0,1
Blenquillo	382	0,2	1,2	0,2	Tollo de cachos	3	<0,1	<0,1	0,3	Jabba limón	2	<0,1	<0,1	<0,1
Pamparito	304	0,1	0,9	0,1						Jabba reña	1	<0,1	<0,1	<0,1
Granadero chileno	237	0,1	0,7	0,1						Jabba mochilera	1	<0,1	<0,1	<0,1
Jurel	97	<0,1	0,3	<0,1						Jabba mora	0,2	<0,1	<0,1	<0,1
Granadero escamoso	96	<0,1	0,3	<0,1						Camarón naiaja	0,2	<0,1	<0,1	<0,1
Cojinoba azul	94	<0,1	0,3	<0,1										
Reñeta	64	<0,1	0,2	<0,1										
Brócula	43	<0,1	0,1	<0,1										
Talismán de ojos grandes	20	<0,1	0,1	<0,1										
Lenguado de ojo chico	14	<0,1	<0,1	<0,1										
Granadero pulgar	3	<0,1	<0,1	<0,1										
Sierra	3	<0,1	<0,1	<0,1										
Alfonso	2	<0,1	<0,1	<0,1										
Róbalo	2	<0,1	<0,1	<0,1										
Micodifido	2	<0,1	<0,1	<0,1										
Wbky	1	<0,1	<0,1	<0,1										
Mole	1	<0,1	<0,1	<0,1										
Granadero cabeza de amadura	1	<0,1	<0,1	<0,1										
Merluza de tres aletas	0,3	<0,1	<0,1	<0,1										
Cabrilla	0,3	<0,1	<0,1	<0,1										
Congrio negro	0,2	<0,1	<0,1	<0,1										
Sardina común	0,03	<0,1	<0,1	<0,1										



Tabla 34. Especies capturadas por subzona y grupo taxonómico. Crucero de evaluación directa de merluza común, invierno 2019. *CTes (kg*0,5h⁻¹):* Captura total estandarizada; *IRCTsz(%)*: Importancia relativa respecto captura total estandarizada en la subzona y *IRFAsz(%)*: Importancia relativa respecto captura total estandarizada de la fauna acompañante en la subzona.

	Peces óseos			Peces cartilagosos			Crustáceos			Cefalópodos							
	Nombre común	CT _{est}	IRCTsz (%)	IRFAsz (%)	Nombre común	CT _{est}	IRCTsz (%)	IRFAsz (%)	Nombre común	CT _{est}	IRCTsz (%)	IRFAsz (%)	Nombre común	CT _{est}	IRCTsz (%)	IRFAsz (%)	
Subzona 1 (28°10' - 31°24')	Merluza común	13.953,5	77,0		Tollo pajarito	229,1	1,3	5,5	Langostino colorado	1.892,8	10,4	45,3	Jibia	16,8	0,1	0,4	
	Lenguado de ojo grande	636,1	3,5	15,2	Tollo negro raspa	26,6	0,1	0,6	Camarón nailon	637,7	3,5	15,3					
	Besugo	34,2	0,2	0,8					Langostino amarillo	592,1	3,3	14,2					
	Granadero aconcagua	32,1	0,2	0,8					Jaiba paco	1,9	<0,1	<0,1					
	Granadero escamoso	24,3	0,1	0,6					Jaiba limón	1,17	<0,1	<0,1					
	Talisman de ojos grandes	19,5	0,1	0,5					Jaiba mochilera	0,7	<0,1	<0,1					
	Merluza de cola	11,1	0,1	0,3					Camarón navaja	0,2	<0,1	<0,1					
	Granadero chileno	10,7	0,1	0,3					Pateador	0,0	<0,1	<0,1					
	Brótula	8,5	<0,1	0,2													
	Alfonsino	1,0	<0,1	<0,1													
	Wlaky	0,7	<0,1	<0,1													
Granadero cabeza de armadura	0,5	<0,1	<0,1														
Subzona 2 (31°25' - 35°36')	Merluza común	103.664,2	95,7		Tollo negro raspa	175,5	0,2	3,8	Langostino amarillo	1.499,8	1,4	32,2	Jibia	186,6	0,2	4,0	
	Merluza de cola	221,0	0,2	4,7	Raya volatin	39,0	<0,1	0,8	Camarón nailon	1.496,9	1,4	32,1	Pulpo	0,3	<0,1	<0,1	
	Lenguado de ojo grande	184,5	0,2	4,0	Tollo pajarito	21,8	<0,1	0,5	Langostino colorado	527,0	0,5	11,3					
	Granadero aconcagua	111,8	0,1	2,4	Tollo de cachos	3,3	<0,1	0,1	Gamba	47,5	<0,1	1,0					
	Besugo	109,6	0,1	2,3					Jaiba paco	5,1	<0,1	0,1					
	Cojinoba azul	10,5	<0,1	0,2					Jaiba limón	0,4	<0,1	<0,1					
	Granadero chileno	7,3	<0,1	0,2					Jaiba mora	0,2	<0,1	<0,1					
	Congrio dorado	6,6	<0,1	0,1													
	Brótula	4,2	<0,1	0,1													
	Merluza del sur	3,6	<0,1	0,1													
	Blanquillo	1,5	<0,1	<0,1													
	Alfonsino	0,8	<0,1	<0,1													
	Congrio negro	0,2	<0,1	<0,1													
Subzona 3 (35°3' - 38°38')	Merluza común	48.709,2	87,9		Raya volatin	164,9	0,3	2,5	Langostino amarillo	918,1	1,7	13,8	Calamar	88,5	0,2	1,3	
	Granadero aconcagua	1.624,7	2,9	24,3	Tollo narigón	144,0	0,3	2,2	Camarón nailon	354,3	0,6	5,3	Jibia	52,3	0,1	0,8	
	Besugo	1.524,7	2,8	22,8	Pejgallo	44,7	0,1	0,7	Gamba	81,9	0,1	1,2					
	Congrio dorado	592,6	1,1	8,9	Raya moteada	9,2	<0,1	0,1	Langostino colorado	13,9	<0,1	0,2					
	Merluza de cola	466,1	0,8	7,0	Raya costera chilena	0,3	<0,1	<0,1	Pateador	6,7	<0,1	0,1					
	Granadero chileno	219,0	0,4	3,3					Jaiba paco	1,5	<0,1	<0,1					
	Lenguado de ojo grande	213,3	0,4	3,2					Jaiba reina	1,4	<0,1	<0,1					
	Blanquillo	88,9	0,2	1,3					Jaiba araña	0,4	<0,1	<0,1					
	Chancharro	27,7	<0,1	0,4					Jaiba limón	0,1	<0,1	<0,1					
	Merluza del sur	21,6	<0,1	0,3													
	Lenguado de ojo chico	8,5	<0,1	0,1													
	Jurel	2,8	<0,1	<0,1													
	Pampanito	2,6	<0,1	<0,1													
	Brótula	1,1	<0,1	<0,1													
Alfonsino	0,1	<0,1	<0,1														
Subzona 4 (38°40' - 42°00')	Merluza común	23.283,3	58,3		Pejgallo	373,7	0,9	2,2	Pateador	40,5	0,1	0,2	Calamar	11,9	<0,1	0,1	
	Chancharro	10.363,4	26,0	62,2	Raya volatin	54,5	0,1	0,3	Centolla	30,4	0,1	0,2					
	Merluza de cola	3.414,3	8,6	20,5	Tiburón galludo	3,9	<0,1	<0,1	Jaiba araña	5,8	<0,1	<0,1					
	Merluza del sur	828,9	2,1	5,0	Raya costera chilena	3,4	<0,1	<0,1	Jaiba paco	0,3	<0,1	<0,1					
	Granadero aconcagua	391,5	1,0	2,4	Raya moteada	1,3	<0,1	<0,1									
	Pampanito	301,5	0,8	1,8													
	Blanquillo	291,9	0,7	1,8													
	Jurel	94,1	0,2	0,6													
	Congrio dorado	84,6	0,2	0,5													
	Cojinoba azul	83,5	0,2	0,5													
	Granadero escamoso	71,4	0,2	0,4													
	Reineta	63,9	0,2	0,4													
	Lenguado de ojo grande	52,5	0,1	0,3													
	Besugo	36,9	0,1	0,2													
	Brótula	29,4	0,1	0,2													
	Lenguado de ojo chico	5,1	<0,1	<0,1													
	Granadero pulgar	3,0	<0,1	<0,1													
	Sierra	2,6	<0,1	<0,1													
	Róbalo	1,6	<0,1	<0,1													
Mictófido	1,5	<0,1	<0,1														
Mole	0,7	<0,1	<0,1														
Merluza de tres aletas	0,3	<0,1	<0,1														
Cabrilla	0,3	<0,1	<0,1														
Sardina común	0,0	<0,1	<0,1														



Tabla 35. Listado de las especies más recurrentes en los cruceros de evaluación directa de merluza común realizados entre 1993 y 2019 y su importancia relativa respecto de la captura total estandarizada por crucero.

Nombre común	CRUCEROS DE EVALUACIÓN																										
	1993	1995	1997	1999	2000	2001	2002	2004	2005(1)	2005(2)	2006(1)	2006(2)	2007	2008	2009	2010(1)	2010(2)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Besugo	10,2	2,0	1,1	2,6	0,5	0,2	1,3	1,9	1,9	0,1	2,0	0,6	0,7	0,4	0,6	1,1	0,1	0,8	0,1	0,1	<-1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,8	0,8
Bianquillo	0,1	0,4	0,2	0,1	0,2	0,3	0,9	0,4	0,2	0,1	<-1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	<-1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,4	0,5	0,2
Camaronón naíon	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1
Chancharro	1,6	2,0	1,2	1,6	0,9	1,1	1,4	2,6	3,0	3,6	3,0	3,3	5,2	20,7	6,8	1,1	6,5	16,9	12,0	9,8	5,0	4,5	9,4	6,9	4,7	4,7	
Congito dorado	0,7	0,7	0,5	1,2	1,7	0,8	0,1	0,4	0,1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1
Congito negro	0,7	0,3	0,3	0,2	0,5	0,2	0,1	0,3	0,1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1
Gamba	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1
Granaleso aconagua	0,7	0,1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1
Granaleso chileno	1,4	0,1	0,2	1,5	0,7	0,9	1,8	2,4	0,1	1,3	1,5	2,0	2,0	0,3	1,2	0,3	0,2	0,3	0,7	0,5	0,3	<-1	0,4	<-1	0,2	0,1	0,1
Granaleso cola de laglo	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	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Jalisco	0,9	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1
Jalisco paco	0,2	<-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	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Jibia	0,2	<-1	1,5	0,3	0,2	0,5	2,6	0,1	0,5	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	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Jurel	1,7	4,3	1,0	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1
Langostino amarillo	9,3	1,0	3,0	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	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Langostino colorado	2,5	0,8	0,3	0,3	0,3	0,9	0,4	0,6	1,0	2,2	0,2	1,6	1,2	1,5	1,2	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Lengüado de ojo grande	59,5	81,1	84,9	85,9	80,1	86,0	28,9	61,3	39,1	62,7	77,8	77,0	73,1	55,0	72,8	84,2	76,8	62,3	65,3	65,3	68,4	81,8	85,5	78,3	79,8	85,5	
Merluza común	0,6	1,9	1,0	2,9	7,3	1,1	19,4	1,7	1,8	0,5	3,6	0,4	1,8	1,4	1,6	4,2	1,7	3,5	3,6	4,7	2,5	1,6	0,1	3,8	5,6	1,9	
Merluza del sur	<-1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,2	<-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	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Pamparito	<-1	0,1	0,2	0,4	<-1	0,4	0,1	0,4	0,4	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	0,1	0,1	0,1	0,1	
Peludador	<-1	0,6	0,5	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1
Pejeaglo	<-1	0,6	0,5	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1
Raya eléctrica	<-1	1,9	1,2	0,5	0,7	1,0	1,4	1,2	1,8	0,1	0,7	0,6	0,5	0,2	0,8	0,3	0,1	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1
Raya moteada	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1
Raya volatin	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1
Raya volatin espinuda	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1
Remeta	<-1	0,2	0,9	0,5	<-1	0,6	<-1	0,2	1,0	0,1	1,2	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1
Sierra	0,5	0,2	0,1	<-1	<-1	0,5	0,4	0,4	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1	0,2	<-1	0,3	<-1	0,2	2,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	<-1
Tiburón negro narigón	0,5	0,2	0,1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1
Tiburón vaca	0,9	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1
Tolito de cachos	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1
Tolito narigón	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	0,2	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1
Tolito negro	0,6	0,3	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1
Tolito negro piete	0,2	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	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Tolito negro respa	0,2	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	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Tolito pagarito	0,2	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	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

(1)=Cruceros de otoño; (2)=Crucero de invierno



Tabla 36. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de *Merluccius gayi*, Cruceros de Invierno. Período 1993-2019.

Fase	Año	No. Total Estaciones	No. Estaciones Positivas	No. Huevos total	Densidad Promedio por estaciones		Constancia o Frecuencia (%)	Dominancia Numérica (%)
					Totales	Positivas		
Huevos	1993	77	49	18.061	235	369	63,64	33,82
	1994							
	1995	50	12	9.069	181	756	24,00	47,65
	1996							
	1997	93	49	38.927	419	794	52,69	56,66
	1998							
	1999	84	28	8.209	98	293	33,33	10,25
	2000	82	34	10.905	133	321	41,46	15,03
	2001	88	33	11.057	126	335	37,50	7,98
	2002	92	42	12.620	137	300	45,65	18,32
	2003							
	2004	87	37	4.033	46	109	42,53	6,23
	2005	94	25	2.375	25	95	26,60	1,50
	2006	77	17	5.493	71	323	22,08	1,42
	2007	90	35	13.777	153	394	38,89	11,38
	2008	89	10	1.552	17	155	11,24	3,20
	2009	82	17	14.790	180	870	20,73	5,63
	2010	73	36	11.794	162	328	49,32	13,63
	2011	85	18	2.707	32	150	21,18	2,15
	2012	89	20	870	10	44	22,47	1,57
2013	81	21	1.743	22	83	25,93	1,42	
2014	78	20	1.973	25	99	25,64	2,17	
2015	54	29	19.120	354	659	53,70	33,53	
2016	88	33	13.888	158	421	37,50	5,83	
2017	72	35	19.261	268	550	48,61	15,21	
2018	77	11	1.119	15	102	14,29	0,67	
2019	76	12	1.378		123	15,79	4,60	

Fase	Año	No. Total Estaciones	No. Estaciones Positivas	No. Larvas total	Densidad Promedio por estaciones		Constancia o Frecuencia (%)	Dominancia Numérica (%)
					Totales	Positivas		
Larvas	1993	77	58	7.133	93	123	75,32	17,52
	1994							
	1995	50	19	292	6	15	38,00	1,93
	1996							
	1997	93	61	20.222	217	332	65,59	25,80
	1998							
	1999	84	26	692	8	27	30,95	2,33
	2000	82	36	1.181	14	33	43,90	1,42
	2001	88	23	3.036	34	132	26,14	15,98
	2002	92	24	1.812	20	75	26,09	2,89
	2003							
	2004	87	10	121	1	12	11,49	0,21
	2005	94	7	171	2	24	7,45	0,70
	2006	77	15	881	11	59	19,48	0,31
	2007	90	20	401	4	20	22,22	0,66
	2008	89	11	136	2	12	12,36	1,01
	2009	82	9	690	8	77	10,98	2,87
	2010	73	19	337	5	18	26,03	1,22
	2011	85	15	370	4	25	17,65	0,35
	2012	89	8	83	1	10	8,99	0,18
2013	81	4	34	0	8	4,94	0,06	
2014	78	10	126	2	13	12,82	0,26	
2015	54	17	3.192	59	188	31,48	7,33	
2016	88	18	1.528	17	85	20,45	0,81	
2017	72	13	554	8	43	18,06	0,95	
2018	77	9	201	3	22	11,69	0,95	
2019	76	7	265		22	9,09	1,10	



Tabla 37. Estimaciones del Índice de abundancia de huevos y larvas. Cruceros Invierno 1993 - 2019.

Estadio	Año	Índice de Abundancia	Varianza (Índice de Abundancia)	Límite inferior	Límite superior
Huevos	1993	6,07E+11	4,88E+24	-3,72E+12	4,94E+12
	1994				
	1995	5,97E+11	5,64E+25	-1,41E+13	1,53E+13
	1996				
	1997	1,36E+12	4,26E+25	-1,14E+13	1,42E+13
	1998				
	1999	3,45E+11	9,04E+24	-5,55E+12	6,24E+12
	2000	4,56E+11	4,72E+24	-3,80E+12	4,72E+12
	2001	4,41E+11	5,75E+24	-4,26E+12	5,14E+12
	2002	5,34E+11	6,73E+24	-4,55E+12	5,62E+12
	2003				
	2004	1,94E+11	3,79E+23	-1,01E+12	1,40E+12
	2005	1,14E+11	3,78E+23	-1,09E+12	1,32E+12
	2006	3,06E+11	5,91E+24	-4,46E+12	5,07E+12
	2007	6,99E+11	1,66E+25	-7,29E+12	8,69E+12
	2008	7,79E+10	3,97E+23	-1,16E+12	1,31E+12
	2009	8,03E+11	8,92E+25	-1,77E+13	1,93E+13
	2010	5,67E+11	3,90E+24	-3,30E+12	4,44E+12
	2011	1,32E+11	2,24E+24	-2,80E+12	3,06E+12
	2012	4,28E+10	1,00E+23	-5,79E+11	6,64E+11
	2013	9,29E+10	2,85E+23	-9,53E+11	1,14E+12
2014	1,05E+11	4,29E+23	-1,18E+12	1,39E+12	
2015	1,36E+12	2,98E+25	-9,35E+12	1,21E+13	
2016	6,06E+11	3,97E+24	-3,30E+12	4,51E+12	
2017	9,52E+11	1,27E+25	-6,04E+12	7,95E+12	
2018	5,04E+10	3,51E+23	-1,11E+12	1,21E+12	
2019	7,59E+10	6,27E+23	-1,48E+12	1,63E+12	

Estadio	Año	Índice de Abundancia	Varianza (Índice de Abundancia)	Límite inferior	Límite superior
Larvas	1993	2,40E+11	2,67E+23	-7,73E+11	1,25E+12
	1994				
	1995	1,92E+10	4,46E+21	-1,12E+11	1,50E+11
	1996				
	1997	7,09E+11	3,42E+24	-2,91E+12	4,33E+12
	1998				
	1999	2,91E+10	9,47E+21	-1,62E+11	2,20E+11
	2000	4,94E+10	3,79E+22	-3,32E+11	4,31E+11
	2001	1,21E+11	1,55E+24	-2,32E+12	2,56E+12
	2002	7,66E+10	2,10E+23	-8,21E+11	9,74E+11
	2003				
	2004	5,81E+09	2,82E+20	-2,71E+10	3,87E+10
	2005	8,18E+09	1,05E+22	-1,93E+11	2,09E+11
	2006	4,91E+10	1,55E+23	-7,22E+11	8,20E+11
	2007	2,04E+10	1,14E+22	-1,89E+11	2,30E+11
	2008	6,83E+09	1,98E+21	-8,03E+10	9,39E+10
	2009	3,75E+10	5,31E+23	-1,39E+12	1,47E+12
	2010	1,62E+10	6,39E+21	-1,40E+11	1,73E+11
	2011	1,80E+10	1,37E+22	-2,11E+11	2,47E+11
	2012	4,06E+09	2,39E+21	-9,19E+10	1,00E+11
	2013	1,79E+09	1,24E+21	-6,71E+10	7,07E+10
2014	6,74E+09	1,36E+21	-6,57E+10	7,91E+10	
2015	2,27E+11	1,51E+24	-2,18E+12	2,64E+12	
2016	6,67E+10	2,67E+23	-9,46E+11	1,08E+12	
2017	2,74E+10	1,38E+22	-2,03E+11	2,58E+11	
2018	9,12E+09	2,31E+21	-8,52E+10	1,03E+11	
2019	1,43E+10	2,17E+22	-2,75E+11	3,03E+11	



Tabla 38. Grupos zooplanctónicos presentes en la zona de estudio, invierno 2019.

Taxa	N°Total ind	Estaciones (+)	Mínimo	Máximo	Mediana	Promedio	Desv Estand	Dominancia numérica (%)	Frecuencia de ocurrencia (%)
Copépodos	4.598.469	75	1.352	516.697	12.871	61.313	94.561	83,3	100,0
Quetognatos	303.892	75	125	40.044	1.397	4.052	6.593	5,5	100,0
Ostrácodos	209.911	75	60	15.625	917	2.799	3.681	3,8	100,0
Larva de decápodos	145.072	75	19	19.376	469	1.934	3.240	2,6	100,0
Apendicularias	73.905	65	28	7.750	609	1.137	1.491	1,3	86,7
Eufáusidos	43.586	42	19	7.145	647	1.038	1.322	0,8	56,0
Nauplius	32.026	75	9	3.875	103	427	665	0,6	100,0
Anfípodos	24.092	73	9	2.182	101	330	452	0,4	97,3
Larva cypris	23.306	74	13	1.953	108	315	418	0,4	98,7
Salpas	17.572	73	8	1.466	94	241	308	0,3	97,3
Medusas	16.738	71	8	1.292	83	236	305	0,3	94,7
Poliquetos	15.545	51	9	2.583	103	305	440	0,3	68,0
Pteropodos	13.134	33	9	2.583	295	398	482	0,2	44,0
Sifonóforos	281	10	10	47	26	28	12	0,0	13,3
Larva eufáusidos	157	3	20	96	41	52	39	0,0	4,0
Paralarvas cefalópodos	67	4	5	26	18	17	9	0,0	5,3

Tabla 39. Estadísticos descriptivos globales de las variables morfológicas, batimétricas y energía. Agregaciones de merluza común crucero 2019.

Variable	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv.Est.	C.V.
Largo (m)	2.710	1,3	11.358,00	298,3	142,3	660,30	2,21
Alto (m)	2.710	0,1834	53,2241	2,1224	1,3885	3,5086	1,65
Elongación	2.710	0,56	3.850,33	158,34	100,47	218,21	1,38
Perímetro (m)	2.710	10	414.109	3.228	599	16.048	4,97
Área (m ²)	2.710	1	298.808	1.976	159	12.657	6,41
Dimensión fractal	2.710	1,3282	12,0946	1,966	1,9584	0,2538	0,13
Profundidad agregación (m)	2.710	10,7	482,91	182,42	164,41	93,67	0,51
Fondo (m)	2.710	60,16	524,44	230,4	211,6	107,6	0,47
Índice Altura (%)	2.710	0,014	94,441	20,416	15,391	18,414	0,9
NASC (m ² /mn ²)	2.710	5	24.180,50	172,5	10,9	1.215,20	7,05
Densidad (NASC*100/m ²)	2.710	1,62	3.039,02	20,53	7,44	87,74	4,27



Tabla 40. Estadísticos descriptivos de las variables morfológicas, batimétricas y energía según zona de estudio. Agregaciones de merluza común crucero 2019.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv.Est.	C.V.	
Subzona 1	Largo (m)	123	14,2	4.040	379,6	194,8	587,9	1,55
	Alto (m)	123	0,183	24,1	3,008	1,818	3,605	1,2
	Elongación	123	13,6	2.351,10	155,6	97,3	241,1	1,55
	Perímetro (m)	123	40	69.857	3.810	904	9.254	2,43
	Área (m ²)	123	11	97.475	2.653	261	9.921	3,74
	Dimensión fractal	123	1,6848	2,5237	1,9159	1,921	0,1143	0,06
	Profundidad agregación (m)	123	45,7	482,9	308,3	341,8	114,3	0,37
	Fondo (m)	123	76,72	493,73	338,98	372,42	110,27	0,33
	Índice Altura (%)	123	0,15	72,98	10,97	5,97	14,02	1,28
	NASC (m ² /mn ²)	123	5	3.891,50	128,4	12,7	407,4	3,17
	Densidad (NASC*100/m ²)	123	1,84	100,64	8,85	4,43	14,85	1,68
Subzona 2	Largo (m)	953	1,6	9.340	334	141,9	765	2,29
	Alto (m)	953	0,257	50,739	2,318	1,371	4,005	1,73
	Elongación	953	0,56	3.850,33	153,87	100,36	215,4	1,4
	Perímetro (m)	953	10	293.127	3.980	589	17.327	4,35
	Área (m ²)	953	3	298.808	2.655	155	15.680	5,91
	Dimensión fractal	953	1,3282	4,0577	1,9614	1,9581	0,1491	0,08
	Profundidad agregación (m)	953	37,85	439,36	181,01	149,42	94,5	0,52
	Fondo (m)	953	66,25	524,44	228,59	205,16	104,19	0,46
	Índice Altura (%)	953	0,237	80,779	20,915	16,152	17,24	0,82
	NASC (m ² /mn ²)	953	5	23.156	242,1	10,9	1.560	6,44
	Densidad (NASC*100/m ²)	953	1,622	522,955	15,735	7,943	30,846	1,96
Subzona 3	Largo (m)	1.432	1,3	11.358,00	268,8	135,1	614,10	2,28
	Alto (m)	1.432	0,3096	53,2241	1,9554	1,3532	3,3341	1,71
	Elongación	1.432	0,57	3.417,45	158,46	98,93	216,83	1,37
	Perímetro (m)	1.432	10	414.109	2.898	562	16.678	5,76
	Área (m ²)	1.432	1	183.310	1.650	147	11.406	6,91
	Dimensión fractal	1.432	1,3709	12,0946	1,9752	1,9609	0,3214	0,16
	Profundidad agregación (m)	1.432	10,7	414,24	171,16	156,83	85,53	0,5
	Fondo (m)	1.432	60,16	497,68	220,33	203,03	107,75	0,49
	Índice Altura (%)	1.432	0,181	94,441	21,068	17,205	17,98	0,85
	NASC (m ² /mn ²)	1.432	5	24.180,50	146,7	11	1.073,80	7,32
	Densidad (NASC*100/m ²)	1.432	1,85	3.039,02	25,74	7,82	117,22	4,55
Subzona 4	Largo (m)	202	8,4	3.978	287,2	170,3	440	1,53
	Alto (m)	202	0,4252	11,1696	1,8428	1,4411	1,4057	0,76
	Elongación	202	3,7	1.904,00	180,2	111,1	226,8	1,26
	Perímetro (m)	202	23	34.550	1.664	795	3.264	1,96
	Área (m ²)	202	6	23.091	666	198	1.955	2,94
	Dimensión fractal	202	1,4111	2,3534	1,9526	1,9686	0,1301	0,07
	Profundidad agregación (m)	202	13,06	354,78	192,2	198,99	72,35	0,38
	Fondo (m)	202	106,99	520,83	244,13	229,53	80,17	0,33
	Índice Altura (%)	202	0,01	91,7	19,19	6	26,1	1,36
	NASC (m ² /mn ²)	202	5	1.915	53,5	9,8	174	3,26
	Densidad (NASC*100/m ²)	202	1,95	232,92	13,35	5,16	29,25	2,19



Tabla 41. Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores según zona. Agregaciones de merluza común crucero 2019.

Variable		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sigma
Largo	Inter-grupos	3,32E+06	3	1,11E+06	2,546	0,054
	Intra-grupos	1,18E+09	2.706	4,35E+05		
	Total	1,18E+09	2.709			
Alto	Inter-grupos	1,89E+02	3	6,29E+01	5,133	0,002
	Intra-grupos	3,32E+04	2.706	1,23E+01		
	Total	3,33E+04	2.709			
Elongación	Inter-grupos	1,17E+05	3	3,90E+04	0,818	0,484
	Intra-grupos	1,29E+08	2.706	4,76E+04		
	Total	1,29E+08	2.709			
Perímetro	Inter-grupos	1,23E+09	3	4,10E+08	1,594	0,189
	Intra-grupos	6,96E+11	2.706	2,57E+08		
	Total	6,98E+11	2.709			
Área	Inter-grupos	9,94E+08	3	3,31E+08	2,071	0,102
	Intra-grupos	4,33E+11	2.706	1,60E+08		
	Total	4,34E+11	2.709			
Dimensión fractal	Inter-grupos	4,86E-01	3	1,62E-01	2,522	0,056
	Intra-grupos	1,74E+02	2.706	6,43E-02		
	Total	1,74E+02	2.709			
Profundidad agregación	Inter-grupos	2,15E+06	3	7,18E+05	89,83	0
	Intra-grupos	2,16E+07	2.706	7,99E+03		
	Total	2,38E+07	2.709			
Fondo	Inter-grupos	1,64E+06	3	5,45E+05	49,653	0
	Intra-grupos	2,97E+07	2.706	1,10E+04		
	Total	3,14E+07	2.709			
Índice Altura	Inter-grupos	1,21E+04	3	4,04E+03	12,059	0
	Intra-grupos	9,06E+05	2.706	3,35E+02		
	Total	9,19E+05	2.709			
NASC	Inter-grupos	8,67E+06	3	2,89E+06	1,959	0,118
	Intra-grupos	3,99E+09	2.706	1,48E+06		
	Total	4,00E+09	2.709			
Densidad	Inter-grupos	8,80E+04	3	2,93E+04	3,821	0,01
	Intra-grupos	2,08E+07	2.706	7,67E+03		
	Total	2,09E+07	2.709			



Tabla 42. Estadísticos descriptivos de las variables morfológicas, batimétricas y energía según rango de fondo. Agregaciones de merluza común crucero 2019.

		N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv.Est.	C.V.
Rango 0 - 99 m	Largo (m)	150	2	1.471	103,9	50,2	162,90	1,57
	Alto (m)	150	0,3774	4,7106	1,4291	1,299	0,6263	0,44
	Elongación	150	1,54	840,34	82,76	38,51	116,9	1,41
	Perímetro (m)	150	9,9	10.059	471	177	1.008	2,14
	Área (m ²)	150	1,8	3.564	158	51,8	382	2,41
	Dimensión fractal	150	1,474	5,7199	1,947	1,9232	0,3509	0,18
	Profundidad agregación (m)	150	10,7	96,97	63,61	62,6	17,18	0,27
	Fondo (m)	150	60,159	99,821	86,182	88,594	10,278	0,12
	Índice Altura (%)	150	0,78	86,44	25,84	21,04	19,14	0,74
	NASC (m ² /mn ²)	150	5,11	1.003	34,5	12,83	95	2,77
Densidad (NASC*100/m ²)	150	3,9	3.039	74,2	25,2	262,9	3,55	
Rango 100 - 199 m	Largo (m)	1.111	1,6	9.340	265,5	118,7	679	2,56
	Alto (m)	1.111	0,1834	18,8293	1,6091	1,2782	1,3323	0,83
	Elongación	1.111	0,56	2.380,08	162,79	99	232,19	1,43
	Perímetro (m)	1.111	10	108.409	1.773	466	7.071	3,99
	Área (m ²)	1.111	2	173.764	1.019	121	7.341	7,21
	Dimensión fractal	1.111	1,3282	4,0577	1,9604	1,952	0,159	0,08
	Profundidad agregación (m)	1.111	13,06	198,83	114,86	111,78	35,35	0,31
	Fondo (m)	1.111	100,02	199,97	141,74	135,27	27,69	0,2
	Índice Altura (%)	1.111	0,146	91,703	19,265	14,45	17,484	0,91
	NASC (m ² /mn ²)	1.111	5	24.181	161,2	11,1	1.354	8,4
Densidad (NASC*100/m ²)	1.111	1,62	1.852,26	27,25	10,44	87,91	3,23	
Rango 200 - 299 m	Largo (m)	695	1,7	11.358	314,1	150,8	750	2,39
	Alto (m)	695	0,257	53,224	2,333	1,382	4,653	1,99
	Elongación	695	0,57	3.850,33	160,78	107,81	222,51	1,38
	Perímetro (m)	695	15	414.109	4.444	664	24.925	5,61
	Área (m ²)	695	3	298.808	2.858	168	18.700	6,54
	Dimensión fractal	695	1,438	3,8771	1,9764	1,9713	0,1573	0,08
	Profundidad agregación (m)	695	16,34	295,8	197,75	203	51,63	0,26
	Fondo (m)	695	200,1	299,8	248,27	244,98	30,6	0,12
	Índice Altura (%)	695	0,181	94,441	20,223	15,483	18,675	0,92
	NASC (m ² /mn ²)	695	5	23.156	208,1	10,6	1.405	6,75
Densidad (NASC*100/m ²)	695	1,88	805,48	12,5	6,51	38,97	3,12	
Rango 300 - 399 m	Largo (m)	551	1,3	5.752	388	176,5	637	1,64
	Alto (m)	551	0,378	48,835	2,992	1,622	5,043	1,69
	Elongación	551	0,94	1.381,35	155,14	109,06	149,82	0,97
	Perímetro (m)	551	27	214.007	5.484	917	18.727	3,42
	Área (m ²)	551	1	161.159	3.411	232	14.549	4,26
	Dimensión fractal	551	1,4111	12,0946	1,9706	1,9572	0,4446	0,23
	Profundidad agregación (m)	551	38,6	392,76	281,49	295,13	67,49	0,24
	Fondo (m)	551	300,07	399,69	345,09	343,8	30,1	0,09
	Índice Altura (%)	551	0,014	87,456	18,578	14,919	17,8	0,96
	NASC (m ² /mn ²)	551	5	9.713	224,9	10,7	1.016	4,52
Densidad (NASC*100/m ²)	551	1,836	459,98	7,923	5,057	21,475	2,71	
Rango 400 - 499 m	Largo (m)	203	12,7	4.040	323,8	196,3	444	1,37
	Alto (m)	203	0,471	24,1	2,362	1,638	2,71	1,15
	Elongación	203	8,5	3.417,40	190,1	102,9	309,2	1,63
	Perímetro (m)	203	30	69.857	2.937	921	7.258	2,47
	Área (m ²)	203	12	97.475	1.639	260	7.659	4,67
	Dimensión fractal	203	1,6241	2,29	1,9623	1,9649	0,0985	0,05
	Profundidad agregación (m)	203	57,53	482,91	318,5	329,13	85,17	0,27
	Fondo (m)	203	400,21	524,44	449,63	445,3	36,47	0,08
	Índice Altura (%)	203	0,37	87,38	28,36	24,92	20,85	0,74
	NASC (m ² /mn ²)	203	5	3.892	71,6	10,3	314	4,38
Densidad (NASC*100/m ²)	203	1,845	94,31	5,845	4,431	7,266	1,24	



Tabla 43. Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparaci3n de los valores medios de los descriptores segun rango de fondo. Agregaciones de merluza comun crucero 2019.

Variable		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sigma
Largo	Inter-grupos	1,16E+07	4	2,90E+06	6,708	0
	Intra-grupos	1,17E+09	2.705	4,32E+05		
	Total	1,18E+09	2.709			
Alto	Inter-grupos	8,24E+02	4	2,06E+02	17,129	0
	Intra-grupos	3,25E+04	2.705	1,20E+01		
	Total	3,33E+04	2.709			
Elongaci3n	Inter-grupos	1,09E+06	4	2,73E+05	5,78	0
	Intra-grupos	1,28E+08	2.705	4,73E+04		
	Total	1,29E+08	2.709			
Perimetro	Inter-grupos	7,34E+09	4	1,84E+09	7,192	0
	Intra-grupos	6,90E+11	2.705	2,55E+08		
	Total	6,98E+11	2.709			
Área	Inter-grupos	3,21E+09	4	8,03E+08	5,043	0
	Intra-grupos	4,31E+11	2.705	1,59E+08		
	Total	4,34E+11	2.709			
Dimensi3n fractal	Inter-grupos	1,78E-01	4	4,44E-02	0,689	6,00E-01
	Intra-grupos	1,74E+02	2.705	6,44E-02		
	Total	1,74E+02	2.709			
Profundidad agregaci3n	Inter-grupos	1,65E+07	4	4,13E+06	1.540,39	0
	Intra-grupos	7,25E+06	2.705	2,68E+03		
	Total	2,38E+07	2.709			
Fondo	Inter-grupos	2,91E+07	4	7,27E+06	8.610,24	0
	Intra-grupos	2,28E+06	2.705	8,44E+02		
	Total	3,14E+07	2.709			
Índice altura	Inter-grupos	2,06E+04	4	5,15E+03	15,5	0
	Intra-grupos	8,98E+05	2.705	3,32E+02		
	Total	9,19E+05	2.709			
NASC	Inter-grupos	7,46E+06	4	1,86E+06	1,263	0,282
	Intra-grupos	3,99E+09	2.705	1,48E+06		
	Total	4,00E+09	2.709			
Densidad	Inter-grupos	6,58E+05	4	1,64E+05	22,021	0
	Intra-grupos	2,02E+07	2.705	7,47E+03		
	Total	2,09E+07	2.709			



Tabla 44. Matriz de correlaciones entre las variables originales. Agregaciones de merluza común crucero 2019.

	Largo(m)	Alto(m)	Elongación	Perímetro(m)	Área(m ²)	Dfractal	Prof. Agreg.(m)	Prof. Fondo(m)	Índ. Altura(m)	NASC	Densidad
Largo(m)	1										
Alto(m)	0,59	1									
Elongación	0,383	-0,049	1								
Perímetro(m)	0,827	0,707	0,12	1							
Área(m ²)	0,785	0,815	0,075	0,918	1						
Dfractal	-0,099	-0,173	0,123	-0,083	-0,097	1					
Prof. Agreg.(m)	0,104	0,156	0,026	0,09	0,078	0,016	1				
Prof. Fondo(m)	0,074	0,134	0,05	0,07	0,059	0,027	0,854	1			
Índ. Altura(m)	-0,091	-0,046	-0,023	-0,053	-0,047	-0,016	-0,428	0,048	1		
NASC	0,757	0,676	0,102	0,725	0,851	-0,1	0,021	0,008	-0,034	1	
Densidad	-0,058	-0,019	-0,096	-0,029	-0,021	0,266	-0,191	-0,148	0,199	0,003	1



Tabla 45. Valores propios y porcentaje de variabilidad explicada por los componentes. Agregaciones de merluza común crucero 2019.

Componente	Valor propio	% Variabilidad	% Acumulado
1	4,098	58,544	58,544
2	1,84	26,279	84,822
3	0,429	6,129	
4	0,282	4,03	
5	0,171	2,448	
6	0,143	2,039	
7	0,037	0,533	

Tabla 46. Correlación de las variables originales con los componentes principales. Agregaciones de merluza común crucero 2019.

Variable	Componente	
	1	2
Largo	0,877	-0,056
Alto	0,84	0,03
Perímetro	0,927	-0,069
Área	0,967	-0,088
Profundidad Agregación	0,169	0,948
Fondo	0,146	0,951
NASC	0,882	-0,143

A N E X O S

A N E X O 1

Talleres



Taller metodológico

El taller se desarrolló el día 22 de julio de 2019 en dependencias del Instituto de Fomento Pesquero. El objetivo de éste fue dar a conocer aspectos metodológico y principales hitos a desarrollar durante la ejecución del crucero de evaluación directa.

Durante la exposición se dio a conocer la zona de estudio a cubrir, la distribución geográfica tentativa de los lances de pesca de identificación y las estaciones bio-oceanográficas a realizar, además, del itinerario tentativo.

Al finalizar el taller, se hizo hincapié en que las principales actividades detalladas, se basan en el supuesto que durante el período del crucero de prospección habrá condiciones que permitan un desarrollo normal de éste, para lo cual se considera un resguardo por reducción meteorológica con el objeto de salvaguardar el cumplimiento de las actividades requeridas para el logro de los objetivos del proyecto. Y que, no obstante, siempre existe el riesgo de la ocurrencia de eventos, que se pueden considerar como de fuerza mayor y que pueden alterar los diseños de muestreo que se proponen, entre estos, condiciones meteorológicas adversas o fallas en sistemas mecánicos, electrónicos, etc.

El taller finalizó alrededor de las 13 horas,



Participantes Taller de difusión de resultados

Proyecto Convenio de Desempeño ASIPA 2019 - 2020

El taller de entrega de resultados se realizó, en modalidad video conferencia, el día jueves 11 de junio de 2020. El objetivo del taller fue dar a conocer los resultados más relevantes obtenidos durante el estudio, respecto de: estimados de biomasa, abundancia y aspectos biológico-pesqueros del stock de merluza común, así como también, los principales aspectos relacionados con las condiciones bio-oceanográficas presentes durante el desarrollo del estudio.

ANTECEDENTES:

De acuerdo con la Ley General de Pesca y Acuicultura esta unidad de pesquería fue declarada en estado de plena explotación. Su manejo está orientado a mantener controlado el acceso a la pesquería y la aplicación, a partir de 1992, de cuotas globales anuales de capturas asignadas bajo el sistema de límite máximo de captura por armador (LMCA) que, actualmente, se asignan como Licencias Transables de Pesca (LTP). Las cuotas globales anuales se establecen considerando las estimaciones de capturas totales permisibles (CTP), las que en su proceso de estimación son calibradas con información auxiliar, considerándose gravitante la evaluación directa del stock, pues permite obtener de manera independiente de la actividad pesquera antecedentes acerca del tamaño, distribución y características biológicas del stock.

Si bien, en los último cinco años, se ha venido observado una tendencia positiva en los estimados de biomasa del stock, este indicador aún se mantiene en niveles bajos y con un limitado rango de grupos de edad que lo sustentan. Lo anterior, ratifica la ausencia de señales claras que den cuenta de un repunte del stock. A pesar de esta “tendencia” positiva en el stock de merluza común, lo que también se ha visto reflejado en la actividad extractiva (artesanal e industrial) con una mejoría en los rendimientos de pesca y tallas medias de captura, el stock evaluado de merluza común, aún se encuentra clasificado como sobreexplotado, a pesar de las medidas de manejo que operan sobre este recurso.

Desde el año 1993 se han realizado un total de 23 cruceros invernales de prospección pesquera de tipo ecosistémicos, donde se han registrado datos acústicos, biológico-pesqueros, demográficos, estructura de comunidades (fauna acompañante) e información bio-oceanográfica. Estos cruceros, han cubierto la plataforma continental del área de la pesquería, abarcando un área de prospección que ha variado entre 12.000 y 13.000 mn², y desde la primera milla de la línea de costa (límite oriental) hasta el veril de los 500 m de profundidad (límite occidental), mientras que latitudinalmente, los límites de la zona de estudio han variado entre los 29°10'S y 31°00'S por el norte y desde los 41°30'S a 42°00'S por el sur. En la escala temporal, los cruceros se han realizado durante el período invernal.



OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el stock de merluza común, a través del método hidroacústico, entre el límite norte de la Región de Coquimbo y la Región de Los Lagos, año 2019.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Estimar el tamaño del stock de merluza común y su distribución espacial en el área y período de estudio.
- ii. Caracterizar la composición demográfica del stock evaluado mediante indicadores biológicos analizados en un contexto espacial.
- iii. Caracterizar la actividad reproductiva del stock evaluado de merluza común partir de los datos obtenidos en los lances de investigación.
- iv. Caracterizar la fauna acompañante en la pesca dirigida a merluza común en el área y período de estudio, con especial énfasis en la jibia (*Dosidicus gigas*).
- v. Caracterizar la distribución espacial y batimétrica del ictioplancton, huevos y larvas de merluza común y determinar las condiciones bio-oceanográficas presentes en el área y período de estudio.
- vi. Caracterizar y analizar las agregaciones de merluza común en el área y período de estudio.



RESUMEN DE PRESENTACIONES

Importancia relativa de la fauna acompañante en la pesca dirigida a la merluza común.

Esteban Molina. Investigador (Instituto de Fomento Pesquero).

En el total de lances realizados (108), el 97,2% presentó merluza común como parte de la captura retenida. Se identificaron 55 especies, las que fueron agrupadas en 4 niveles taxonómicos superiores: peces óseos, que aportaron el 95,6% de la captura total; crustáceos con 3,7% de la captura total; peces condriictios y cefalópodos con aportes de 0,6% y 0,2%, respectivamente.

El grupo de los peces óseos son la base que da forma a las comunidades bentodemersales que caracterizan la fauna de la plataforma continental. La merluza común se ha posicionado como la principal especie dentro de este ecosistema, desplazando a la jibia, la cual tuvo un rol predominante entre los años 2004 a 2015. En este sentido, la presencia de jibia durante el crucero fue marginal, capturándose sólo 46 individuos.

Las comunidades presentes en la zona de estudio, presentan un patrón de distribución espacial que se asocia a la batimetría y latitud. Latitudinalmente, se distinguen dos zonas biogeográficas, una que se ubica al norte del paralelo 38°S y que la conforman grupos de crustáceos decápodos y peces, mientras que la segunda zona, se localiza al sur del paralelo 38°S y se caracteriza por presencia significativa de peces y presencia marginal de crustáceos.

Distribución espacial y batimétrica de los huevos y larvas de merluza común.

Jessica Bonicelli y Francisca Osorio. Investigadoras (Instituto de Fomento Pesquero).

En la prospección 2019, tanto la biomasa como la abundancia total del zooplancton fueron inferiores a los registros obtenidos en igual período de 2018, siendo el valor de abundancia el más bajo de la serie histórica 2006-2019. En el área de estudio estuvieron presentes 16 grupos taxonómicos, de los cuales, el grupo de los copépodos aportó más del 80% de la abundancia, mientras que el grupo de los eufáusidos estuvo escasamente representado con un aporte inferior al 1%, siendo uno de los estimados más bajos de la serie 2006-2019. Los índices ecológicos de diversidad, riqueza y uniformidad presentaron un alza, respecto de los estimados en igual período de 2018, lo que da cuenta de una mejor distribución de los principales grupos zooplanctónicos, en cuanto a su abundancia.

En análisis de las pendientes de las clases de tamaños del zooplancton, muestra que, durante el estudio de 2019 se observaron organismos de mayor tamaño, respecto de lo registrado durante 2018, esto debido, principalmente, a una mayor presencia de organismos de mayor volumen como son las salpas y sifonóforos.

La densidad promedio fue superior la estimada durante de 2018, mientras que la densidad promedio de larvas similar a lo observado durante 2018. La distribución espacial de ambos estadios fue costera, identificándose focos de abundancia que se localizaron entre Constitución y Puerto Saavedra. En el caso



de los huevos se identificaron tres focos principales de abundancia frente a Punta Nugurne, Punta Lavapié y Puerto Saavedra, mientras que para las larvas se identificaron dos focos principales frente a Constitución y Punta Nugurne. Además, ambos estadios presentaron un foco secundario que se localizó al norte del puerto de Coquimbo, foco que también se observó durante el estudio realizado en 2018. La distribución batimétrica de huevos y larvas estuvo acotada a los estratos superficiales de la columna de agua (< 50 m).

Condiciones oceanográficas asociadas a la distribución espacial de la merluza común.

Erika Sagardia y Samuel Hormazábal. Investigadores (Pontificia Universidad Católica de Valparaíso).

En la zona de estudio se detectó la presencia de 5 masas de agua predominantes. En el estrato superior (< 100 m) se encontró presencia de Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS), Agua Subantártica (ASAA), Agua Subantártica Modificada (ASAAM) por el aporte de agua dulce continental, Agua Estuarina (AE) y a profundidades mayores de 100 m se apreció mezcla de masas de agua AESS y ASAA con el agua Intermedia Antártica (AIAA). La AESS predominó en la zona norte (< 31°S) abarcando toda la columna de agua y su núcleo se localizó entre 75 y 250 m de profundidad. Al sur de paralelo 30°S en profundidades menores de 100 m, se apreció intrusión de ASAA, seguida en profundidad por una lengua de AESS que abarcó toda la región de estudio. En el estrato más profundo (> 400 m) se observó predominio de AIAA. Se encontró que la lengua de AESS, si bien estuvo centrada en torno a los 200 m de profundidad, esta presentó mayor cobertura hacia la superficie en la zona central del área de estudio (32°S a 35°S).

El análisis de los datos meteorológicos, durante el crucero, dieron cuenta de que toda la zona se encontró dominada por la circulación asociada al Anticiclón del Pacífico Sur, el cual bloqueó los sistemas frontales que se desplazaban desde el oeste y suroeste, y favoreciendo la circulación de vientos de componente sur.

Las agregaciones de merluza común se localizaron, preferentemente, sobre el límite inferior de la AESS, siguiendo las isopícnas de 26,7 y 26,8 kg/m³ y concentraciones de oxígeno disuelto asociadas al límite inferior de la Zona Mínima de Oxígeno (<1 ml/l), característica típica de las aguas enriquecidas por AESS. La batimetría local limita la presencia de esta masa de agua y, por ende, la merluza común tiende a posicionarse en el límite inferior de la masa de agua, siguiendo la topografía del fondo marino.

Aspectos reproductivos de merluza común, estimados durante el crucero.

Sr. Eduardo Díaz R. Investigador (Instituto de Fomento Pesquero).

La fracción parental de merluza común se encontró mayoritariamente con actividad reproductiva, principalmente en fases de maduración ovárica (EMS III inicial y EMS IV tardío), y con menor aporte al desove, condición que se mantuvo al analizar las hembras por zonas. La actividad ovárica se



incrementó a partir del grupo de tamaños 30 – 34 cm, mientras que en hembras inferiores a 30 cm predominaron hembras virginales (EMS I), con mayor aporte en el sector sur del área de estudio.

La distribución batimétrica, mostró que los ejemplares virginales (< 30 - 34 cm y EMS I) se localizaron preferentemente en profundidades menores a 250 m. Hembras con evidencias de actividad reproductiva (> 30 - 34 cm y EMS III - IV) presentaron una amplia distribución batimétrica, mientras que hembras con desove activo (EMS VI) y reciente (EMS VIII) se ubicaron preferentemente en profundidades inferiores a 300 m. Hembras adultas (> 35 cm) inactivas (EMS IX en regresión) se ubicaron en profundidades mayores de 250 m. Latitudinalmente, las hembras con actividad reproductiva, y en diferentes fases de maduración gonadal, se distribuyeron en toda la zona.

El estimado de talla de madurez ($L_{50\%}$) fue 32,5 cm LT., valor que fue similar al estimado en 2018, observándose una tendencia al alza de este indicador desde el estudio realizado en 2014. El potencial de fecundidad parcial promedio fue 110.440 ovocitos, mientras que la fecundidad relativa promedio de 123 ovocitos por gramo de peso corporal, resultando un 17% mayor, respecto del valor estimado en 2018.

Estructura demográfica de la merluza común.

Esteban Molina y Juan Olivares. Investigadores (Instituto de Fomento Pesquero).

- **Estructura de edades**

El stock de merluza común estuvo compuesto por los GE 0 a 14+, en distintas proporciones. Para la zona de estudio los GE I a VI fueron los más representativos aportando alrededor del 92% de la estructura demográfica. La estructura etaria de los machos estuvo sustentada por los GE I a IV, los que aportaron el 97,6% de los casos, mientras que, en las hembras la estructura demográfica estuvo representada, principalmente, por los GE I a VI aportando el 86,3% de los casos.

- **Estructura de longitudes**

La longitud total de los individuos estuvo en el rango 10 a 77 cm con longitud promedio de 36 cm. La distribución de longitudes estuvo compuesta por dos grupos modales principales localizados en torno a 30 y 36 cm. Individuos inferiores a 20 cm tuvieron baja representación. Machos y hembras presentaron distribuciones polimodales. En machos, el grupo modal predominante se localizó en 35 cm, mientras que en las hembras este grupo estuvo en torno a 36 cm.

Latitudinalmente las estructuras fueron polimodales, pero con al menos un grupo modal en el rango 35 a 40 cm. Entre los 29°10' S y 38°30' S (subzonas 1 a 3) se observa un gradiente positivo de la longitud con grupos modales en torno a 33, 34 y 36 cm, subzonas 1 a 3, respectivamente, y baja participación individuos menores de 20 cm. Al sur de 38°30' S (subzona 4) presencia importante de individuos entre 20 a 30 cm, pero se mantiene la tendencia de las subzonas precedentes con participación marginal de individuos menores a 20 cm. Los machos presentan estructuras relativamente homogéneas, mientras que las hembras, presentan un gradiente hacia hembras de mayor tamaño en las subzonas 1 a 3. La distribución batimétrica de cuenta de que los



individuos de menor tamaño se localizan en profundidades menores de 200 m, mientras que los de mayor tamaño en los estratos más profundos (> 200 m).

La talla media estuvo conformada por individuos en el rango 20 cm a mayores de 37 cm de longitud total. Especialmente, estos grupos estuvieron presentes en toda en toda el área prospectada, así como también, en un amplio rango batimétrico. Individuos menores de 37 cm estuvieron acotados a los veriles más someros (< 200 m), mientras que superiores a 37 cm, estuvieron presentes en los veriles más profundos (> 200 m).

Resultados de la evaluación directa de merluza común.

Sr. Esteban Molina G. Investigador (IFOP).

La estimación de biomasa del stock de merluza común presentó un incremento de 17%, mientras que la abundancia tuvo un descenso de 6%, respecto de los estimados de 2018. La disminución de la abundancia del stock, tuvo incidencia directa en el aumento del peso medio de los individuos, aumentando de 311 g en 2018 a 388 g durante el 2019.

Especialmente, el stock evaluado de merluza común se distribuyó en toda el área de estudio, ocupando un 73% de las 12.114 mn² cubiertas durante el estudio concentrando. Los mayores focos de abundancia se distribuyeron entre Valparaíso y Talcahuano. El centro de gravedad de la distribución se localizó entre Constitución y Punta Nugurne, ubicación que se mantiene dentro de los límites geográficos históricos observados durante último decenio.

La estructura etaria presentó una tendencia positiva, en términos de la participación, de los GE II a VI con dominio de los Ge II, III y IV. Durante el presente estudio, las hembras mostraron un leve incremento de los GE V y VI, alrededor del 8%, condición biológica que también se observó durante 2018. No obstante, el stock continúa en una condición desmejorada y sustentado en gran medida por GE juveniles.

La condición reproductiva dominante durante el estudio fue de hembras en proceso reproductivo incipiente y bajo aporte de hembras en procesos de maduración avanzados y desove. La talla media de madurez (32,5 cm), estimada en el presente estudio, fue similar a la estimada en el estudio de 2018. Cabe destacar que, en los últimos seis años, este indicador viene mostrando una tendencia al alza, no obstante, estos valores aún están por debajo de los estimados en el período previo al colapso.



DISCUSIÓN Y CONSIDERACIONES

Los antecedentes aportados por el estudio dan indicios de que el stock de merluza común, probablemente, estaría en una etapa incipiente de recuperación. No obstante, se debe tener presente que el stock aún está en una condición muy desmejorada, debido a la ausencia de una señal clara de los principales indicadores biológicos, que den cuenta de un proceso de recuperación como, por ejemplo, el hecho de que su estructura etaria aún se sustenta en grupos juveniles (GE II, II y IV).

Otro antecedente que se destacó durante el taller, fue el hecho de que las hembras, en su gran mayoría, presentaron un proceso de maduración incipiente. Proceso que se ha venido observando los último tres años. Al respecto, se hace un llamado de atención al hecho de que las condiciones oceanográficas (ambientales) estarían jugando un rol en el proceso reproductivo provocando, eventualmente, un desfase de este proceso.

Otro punto de interés durante la discusión fue la baja presencia de huevos y larvas. Al respecto, se destaca el hecho de que el crucero de evaluación se realiza en el período previo al máximo reproductivo y, por ende, no recoge la información suficiente de estos dos estadios. No obstante, se discutió respecto de la “mala calidad de los huevos”, lo que podría tener incidencia en una elevada tasa de mortalidad larval con consecuencias negativas en los niveles de reclutamiento de la merluza común.

Como punto de cierre del taller, los asistentes concuerdan en que se deben correlacionar los factores antrópicos, ambientales y biológicos para buscar señales que den pistas del colapso del stock de la merluza común, y tenerlas presentes para poder anticipar medidas tendientes a evitar la caída del stock, en el futuro.



- **Biomasa y abundancia**

**EVALUACIÓN DIRECTA DE MERLUZA COMÚN,
AÑO 2019**

Convenio de desempeño 2019 – 2020

Esteban Molina G.
Investigador
Jefe de Proyecto

OBJETIVOS

General:

- Evaluar el stock de merluza común, a través del método hidroacústico, entre el límite norte de la REGIÓN DE Coquimbo y la Región de Los Lagos, año 2019.

Específicos:

- Estimar el tamaño del stock de merluza común y su distribución espacial en el área y periodo de estudio.
- Caracterizar la composición demográfica del stock evaluado mediante indicadores biológicos analizados en un contexto espacial.
- Caracterizar la actividad reproductiva del stock evaluado de merluza común partir de los datos obtenidos en los lances de investigación.
- Caracterizar la fauna acompañante en la pesca dirigida a merluza común en el área y periodo de estudio, con especial énfasis en la jibia (*Dosidicus gigas*).
- Caracterizar la distribución espacial y batimétrica del ictioplancton, huevos y larvas de merluza común y determinar las condiciones bio-oceanográficas presentes en el área y periodo de estudio.
- Caracterizar y analizar las agregaciones de merluza común en el área y periodo de estudio.

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



ANTECEDENTES DEL CRUCERO

• **Itinerario:**

ACTIVIDAD	FECHA
Zarpe Valparaiso - Zona de estudio.	24 de julio.
1° Recalada - Valparaiso	05 de agosto.
Zarpe Valparaiso - Zona de estudio.	06 de agosto.
2° Recalada - Talcahuano	19 de agosto.
Zarpe Talcahuano - Zona de estudio	20 de agosto.
Recalada Valparaiso - Fin crucero evaluación.	04 de septiembre.

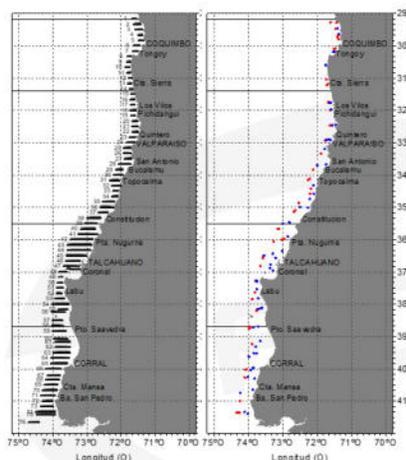
• **Embarcación:**

- B/C "Abate Molina", nave equipada con sistemas de pesca, ecointegración y oceanográficos.

• **Equipos:**

- Ecointegrador SIMRAD © modelo EK60 y cuatro transductores de haz dividido de 18, 38, 120 y 200 KHz.
- Red de arrastre de fondo. Abertura vertical ~5 m y apertura horizontal entre 19 y 22 m.
- CTD/OF SeaBird modelo SBE 911 conectado a muestreador automático (roseta) GENERAL OCEANICS con 12 botellas NISKIN de 5 litros.

ANTECEDENTES DEL CRUCERO



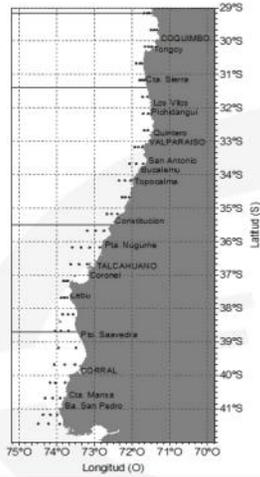
• **Zona de estudio:**

- Abarcó desde 29°10'S a 41°40'S y desde la primera milla náutica de la costas hasta el veril de 500 m.
- Se realizaron 76 transectas nocturnas con orientación este - oeste, separadas cada 10 mn. Su extensión varió entre 6 y 34 mn, longitud promedio de ~ 15 mn. El área cubierta por el crucero alcanzó a 12.114 mn²
- Se efectuaron 108 lances de pesca de identificación. 54 en profundidades menores a 200 m y 54 mayores a 200 m.

Subzona 1	29°10' - 31°24'
Subzona 2	31°25' - 35°30'
Subzona 3	35°31' - 38°40'
Subzona 4	38°41' - 42°00'



ANTECEDENTES DEL CRUCERO



Zona de estudio:

- Se realizaron un total de 76 estaciones de muestreo bio-oceanográfico, distribuidas en 26 transectas.
- El número de estaciones varió entre 3 y 4, dependiendo de la longitud de la transecta.
- En cada estación se registraron perfiles verticales de temperatura, salinidad, oxígeno y fluorescencia. Además, en cada estación se tomaron muestras de la columna de agua para posteriores análisis en laboratorio.

I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

ANTECEDENTES DEL CRUCERO

Muestreos biológico pesqueros

Subzona	Muestreo de longitud				Muestreo biológico					
	Indeterminados	Machos	Hembras	Total	Indeterminados	Machos	Hembras	Total	Otolitos	Gónadas
1 (29°10' - 31°24')		747	895	1.642		214	267	481	481	63
2 (31°25' - 35°30')	229	1.674	1.650	3.553		440	535	975	975	164
3 (35°31' - 38°39')	123	1.069	1.909	3.101	2	312	608	922	922	223
4 (38°40' - 42°00')	40	805	1.122	1.967	2	260	382	644	644	
Total	392	4.295	5.576	10.263	4	1.226	1.792	3.022	3.022	450

Capturas

- Merluza común estuvo presente en 105 de los 108 lances de identificación realizados. La captura total del estudio estuvo compuesta por merluza común (82,3%), jibia (0,3%) y otras especies (17,5%).

I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O



TAMAÑO DEL STOCK Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

Esteban Molina G
Investigador
Jefe de Proyecto



RESULTADOS

• **Biomasa:**

Método	Zona	Área (mn ²)	Biomasa (t)	CV(%)	Densidad (t*mn2)
Geostatístico	Total	8.809	356.833 [328.489 – 385.277]	4,1	40,5
	1	858	18.467 [17.198 – 19.736]	3,5	21,5
	2	2.559	165.856 [158.674 – 173.039]	2,2	64,8
	3	3.262	153.118 [147.079 – 159.158]	2,0	46,9
	4	2.129	19.441 [7.327 – 46.209]	70,2	9,1

- La biomasa total de tuvo un aumento de 17%, respecto de la estimación de 2018.
- Alrededor del 90% de la biomasa se concentró entre los 31°25' S y 38°40' S (subzonas 2 y 3). Estas subzonas, históricamente han concentrado la mayor fracción del stock evaluado.



RESULTADOS

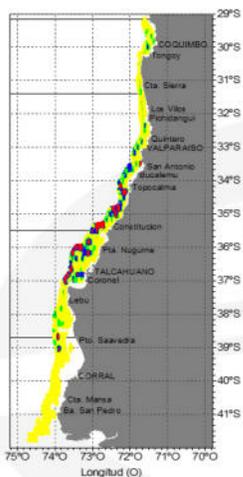
Abundancia:

- La abundancia total merluza común fue de 920.892.531 de individuos. De este total, el 41,5% fueron machos y 58,5% hembras.

Método	Zona	Machos	Hembras	Total
Geoestadístico	1	11.630.744	26.498.911	38.129.655
	2	202.193.823	152.536.531	354.730.354
	3	137.650.062	315.879.764	453.529.826
	4	30.536.526	43.966.169	74.502.695
	Total		382.011.155	538.881.375

- El estimado de abundancia de merluza común descendió un 6% respecto de 2018.
- Cerca del 88% de la abundancia está contenida entre los paralelos 31°25' S y 38°40' S (subzonas 2 y 3).

RESULTADOS



Distribución espacial:

- El stock evaluado estuvo presente en toda la zona de estudio.
- El stock estuvo concentrado entre Valparaíso y Talcahuano con centro de gravedad de la distribución en 35°27,8'S (sector Constitución).
- El centro de gravedad del stock de desplazó levemente hacia el norte, respecto del estimado en 2018, manteniéndose dentro del rango latitudinal del sector de Constitución.

Densidad (t/mn²)

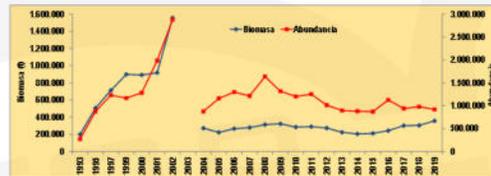
- 1 - 31
- 32 - 62
- 63 - 124
- > 124



RESULTADOS

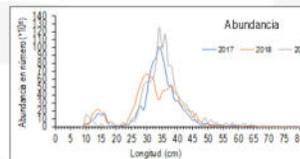
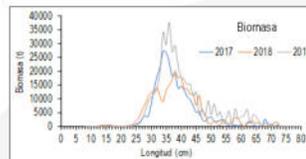
Año	Biomasa (t)	Abundancia ('1000)
1993	198.540	272.000
1995	505.765	876.828
1997	712.878	1.229.112
1999	899.207	1.166.228
2000	891.598	1.282.682
2001	917.122	1.986.000
2002	1.555.422	2.879.000
2004	272.084	876.466
2005	223.721	1.159.097
2006	266.596	1.299.181
2007	278.700	1.213.918
2008	313.778	1.636.310
2009	322.729	1.316.664
2010	284.575	1.202.201
2011	290.331	1.251.574
2012	273.954	1.013.309
2013	224.997	896.575
2014	204.997	880.559
2015	211.884	871.708
2016	242.920	1.126.078
2017	301.330	940.070
2018	304.710	978.661
2019	356.883	920.893

Evolución histórica de la biomasa de merluza común



ANÁLISIS DE RESULTADOS

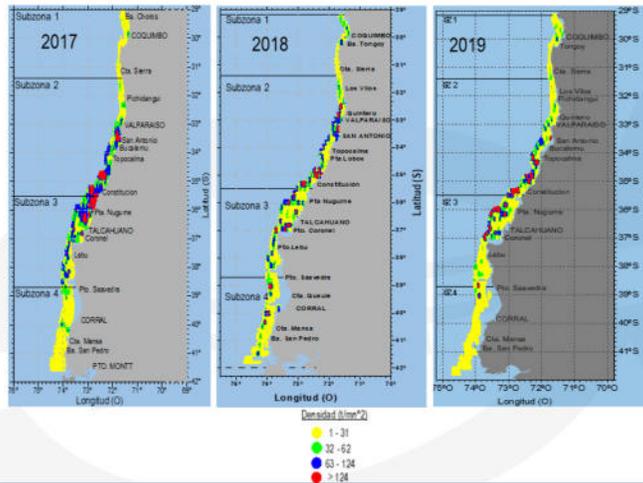
- La biomasa presentó un aumento de 17,1%, respecto de 2018, sustentado por individuos cuya longitud modal estuvo en torno a 35 cm, mientras que la abundancia disminuyó 6%. La disminución de la abundancia incidió directamente en un aumento del peso medio con respecto al estimado el 2018.



- Especialmente merluza común estuvo presente en toda área de estudio, similar a lo que se observó en 2018. Los focos de mayor densidad se distribuyeron entre Valparaíso y Talcahuano y bajo el veril de 200 m.
- La distribución espacial de merluza común ocupó alrededor de 73% de las 12.114 mn² cubiertas durante el estudio.



ANÁLISIS DE RESULTADOS



CONCLUSIONES

- La estimación de biomasa de la merluza común presentó un incremento de 17% y un descenso de la abundancia de 6%, con respecto a 2018. Esto se reflejó en el aumento del peso medio de los individuos.
- Especialmente, el recurso se distribuyó en toda el área, con centro de gravedad de la distribución entre Constitución y Punta Nugurne. Esta ubicación se ha mantenido dentro de los límites geográficos observados durante las últimas evaluaciones.
- La estructura demográfica presentó un repunte, en términos de proporción, de los GE III a VI, sin embargo, el stock continúa sustentado por grupos de edad juveniles.

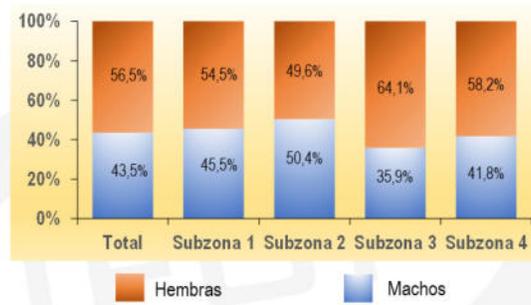


- Estructura demogr3fica



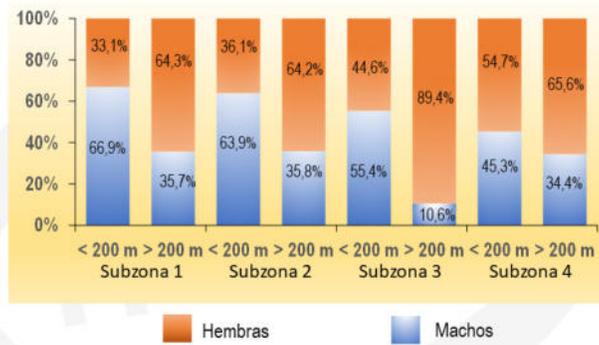
RESULTADOS

Proporci3n Sexual

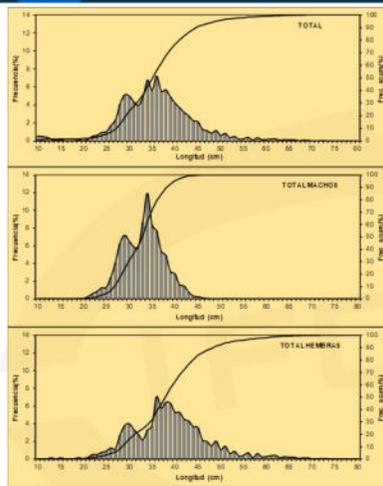




Proporción Sexual

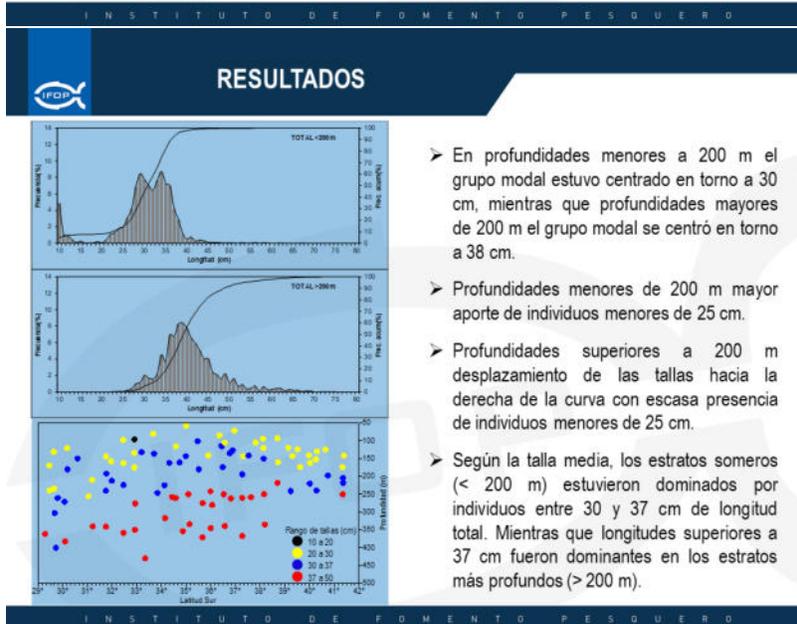


RESULTADOS



• Estructura de talla:

- La longitud total de los individuos estuvo entre 10 y 77 cm. La longitud promedio fue aproximadamente de 36 cm.
- Dos grupos modales principales centrados en torno a 30 y 36 cm.
- Ambos sexos presentan estructuras polimodales. Los grupos modales principales estuvieron centrados en 35 cm para machos y 36 cm en hembras. Presencia marginal de individuos menores de 25 cm.





- Estructura de edades



2. Resultados

Clave edad – talla

En la elaboración de las claves edad-talla (CET), se analizaron un total de 678 otolitos provenientes del muestreo biológico del Crucero de Investigación realizado durante julio y agosto de 2019. Las claves para machos fueron construidas con 327 ejemplares, cuya longitud total estuvo en el rango de los 10-11 cm y hasta los 44-45 cm. En cambio, en las hembras se observaron 351 ejemplares en un rango de talla de 12-13 cm hasta los 76-77 cm.



TALLAS (cm)	FREC.	GRUPOS DE EDAD														
		0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
8 - 9																
10 - 11	2	2														
12 - 13	7	7														
14 - 15	5	5														
16 - 17	2	2														
18 - 19	3	3														
20 - 21	7	3	4													
22 - 23	5	1	4													
24 - 25	15	1	11	1												
26 - 27	30	1	21	5												
28 - 29	36		22	14												
30 - 31	42			35												
32 - 33	38			20	18											
34 - 35	83			12	48	4										
36 - 37	42			2	34	6	2									
38 - 39	19				11	8	8									
40 - 41	11					1	9									
42 - 43	4						2	1	1							
44 - 45	3						1	2	1	1						
46 - 47																
48 - 49																
50 - 51																
52 - 53																
54 - 55																
56 - 57																
58 - 59																
60 - 61																
62 - 63																
64 - 65																
66 - 67																
68 - 69																
70 - 71																
72 - 73																
74 - 75																
76 - 77																
78 - 79																
80 - 81																
82 - 83																
84 - 85																
86 - 87																
88 - 89																
TOTAL	327	28	63	90	117	28	2	1								

Tabla 1. Clave edad talla de merluza común machos, crucero de evaluación julio-agosto de 2019.

TALLAS (cm)	FREC.	GRUPOS DE EDAD														
		0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
8 - 9																
10 - 11																
12 - 13	2	2														
14 - 15	8	8														
16 - 17	7	7														
18 - 19	3	3														
20 - 21	4	3	1													
22 - 23	4	2	2													
24 - 25	6		5	1												
26 - 27	9		5	1												
28 - 29	20		7	13												
30 - 31	24		1	23												
32 - 33	35			13												
34 - 35	35			6												
36 - 37	35			14												
38 - 39	40			33	2											
40 - 41	33			24	14	1	1									
42 - 43	30			5	25	1	1									
44 - 45	20			2	18	5	1									
46 - 47	12				3	4	4	1								
48 - 49	10				6	3	3	4	1							
50 - 51	6				1	1	1	5	1							
52 - 53	4					1	1	1	1	1						
54 - 55	5							1	1	1	1					
56 - 57	2								2	1	1					
58 - 59	1									1	1					
60 - 61	2										1					
62 - 63	7											1				
64 - 65	4												1			
66 - 67	2													1		
68 - 69	4														1	
70 - 71	2															1
72 - 73																
74 - 75	2															
76 - 77	1															
78 - 79																
80 - 81																
82 - 83																
84 - 85																
86 - 87																
88 - 89																
TOTAL	352	25	24	57	85	65	23	16	11	7	1	7	5	4	4	10

Tabla 2. Clave edad talla de merluza común hembras, crucero de evaluación julio-agosto de 2019.

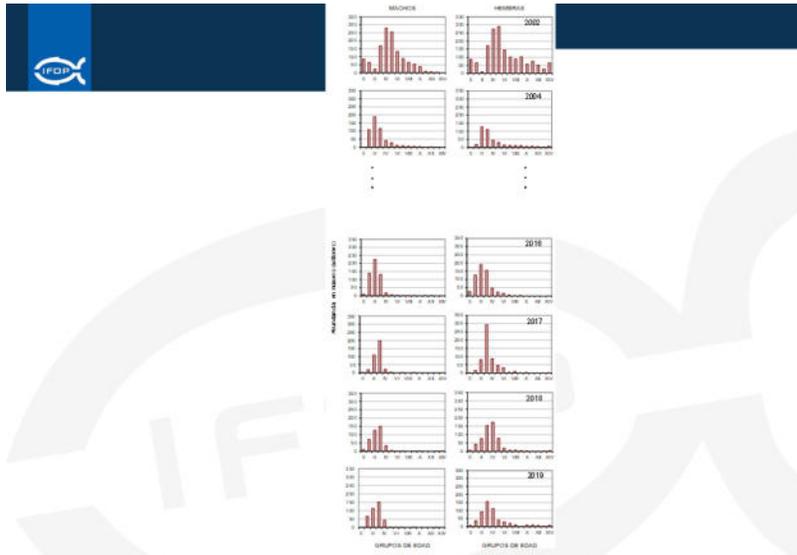


Figura 3. Abundancia por grupos de edad de merluza común, cruceros de Evaluación, período 2002-2004 y 2016-2019

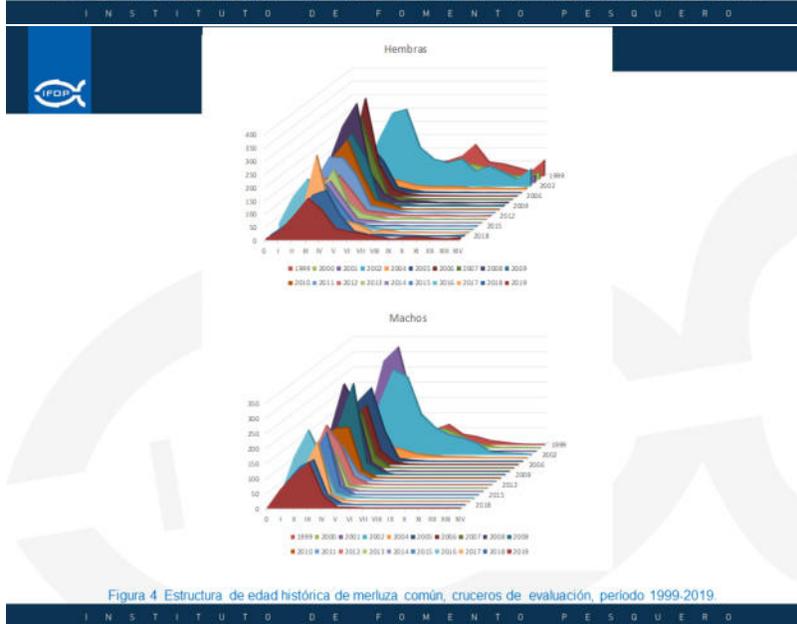


Figura 4. Estructura de edad histórica de merluza común, cruceros de evaluación, período 1999-2019.



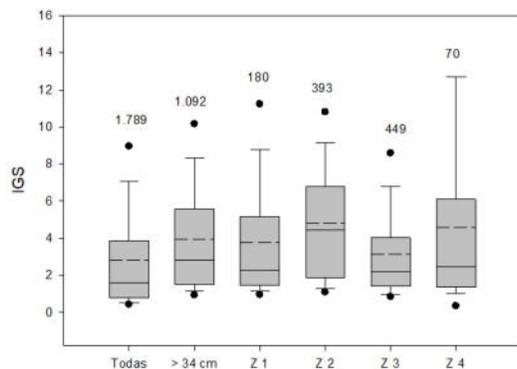
- La abundancia en número en los machos, estuvo sustentada principalmente por cuatro grupos de edades (con a lo menos el 5% de la abundancia en número de los ejemplares), que van desde el GE I al GE IV que representó el 97,6% de los ejemplares, con moda el GE III. En cambio, en las hembras la mayor abundancia se encuentra sostenida por seis grupos de edades, que van desde GE I al GE VI, con un 86,3% de la abundancia en número, con moda en el GE III. Los demás grupos de edades tuvieron una participación marginal .
- La estructura demográfica del stock en las hembras, mantiene la tendencia observada desde el año 2017, donde se afianza el grupo de edad GE V por sobre el 8% la abundancia en número, este aumento que se aprecia en los últimos tres años en este grupo de edad, no se observaba desde el año 2004.
- La estructura demográfica de merluza común, sigue sostenida por pocos grupo de clases anuales y mantiene al stock en un estado crítico en términos de su estructura y tamaño.



- Aspectos reproductivos



Resultados: índice gonadosomático (IGS)

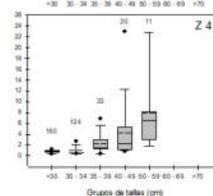
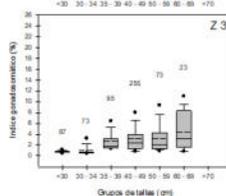
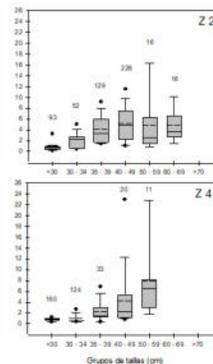
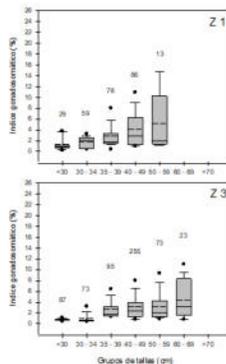
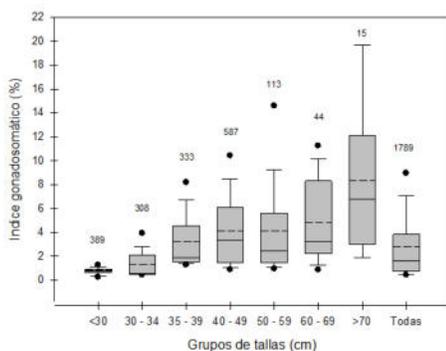


Media: línea discontinua; mediana: línea continua

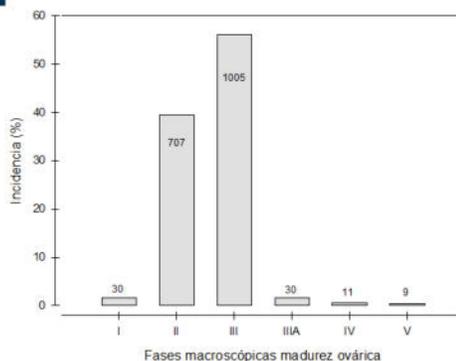
IGS	Todas		Mayores a 34 cm			
	Area prospección	Area prospección	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
Media	2,8	3,9	3,8	4,8	3,1	4,6
sd	3,0	3,3	3,4	3,2	2,4	5,8
n	1.789	1.092	180	393	449	70



IGS por grupos de tallas, área y subzonas:



Estadios macroscópicos de madurez ovárica

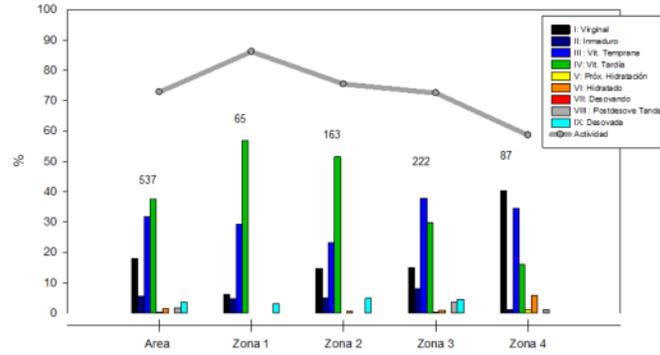


I: Virginal; II: Inmaduro; III: En maduración; IIIA: Maduración con desove parcial reciente; IV: Desovante; V: En regresión.

- Agrupar las fases: 58% hembras sexualmente activas, principalmente en maduración



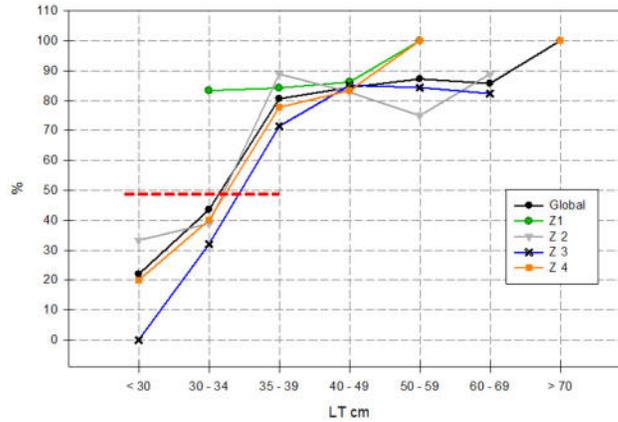
Análisis microscópico; hembras activas



I: Virginal II: Inmaduro; III: Vit. inicial; IV: Vit. tardía; V: Maduración; VI: Hidratado; VII: Desovando; VIII: Desove parcial; IX: Regresión

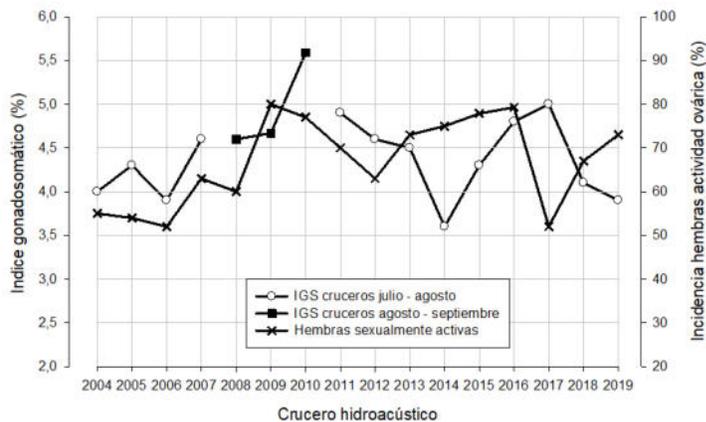
Sexualmente activas: área: 73%; Z1: 86%; Z2: 76%; Z3: 73%; Z4: 59%

Hembras sexualmente activas por grupos de tallas

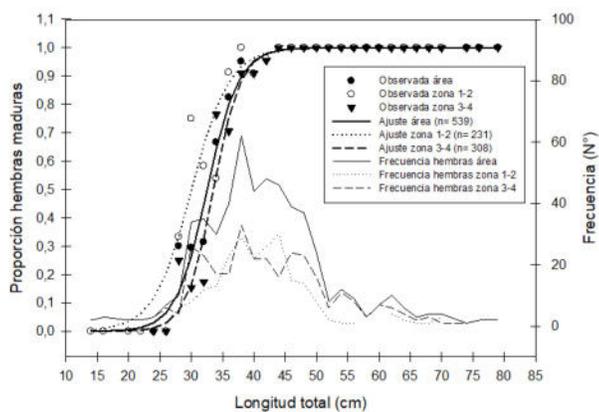




Histórico IGS (> 34 cm) y hembras sexualmente activas (histológico)



Ojiva de madurez a la talla de hembras (cm)

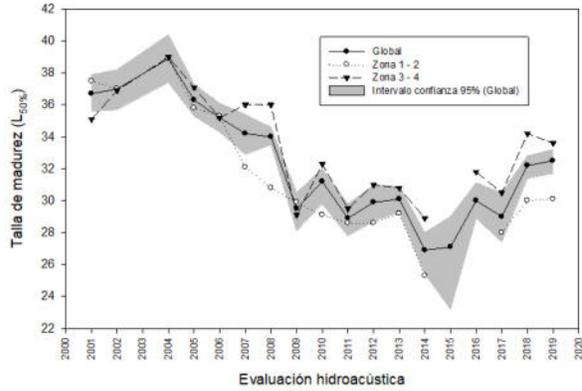


• 539 registros histológicos entre 13 y 79 cm.

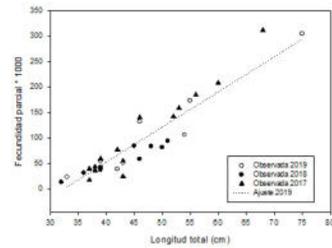
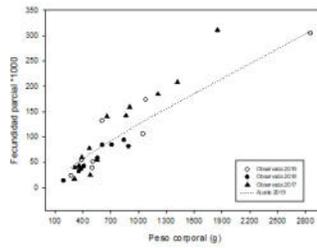
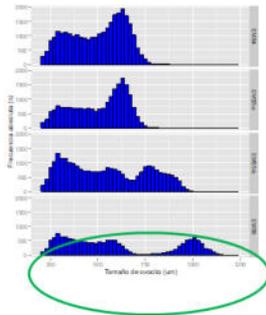
- Hembras área: $L_{50\%} = 32,5$ cm (IC: 31,7 - 33,2 cm).
- Hembras sector norte (1+2): $L_{50\%} = 30,1$ cm (IC: 27,7 - 31,7 cm).
- Hembras sector sur (3+4): $L_{50\%} = 33,6$ cm (IC: 32,7 - 34,6 cm).



Histórico: estimados $L_{50\%}$ (cm) de la serie de evaluaciones



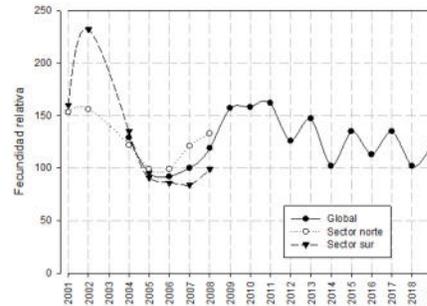
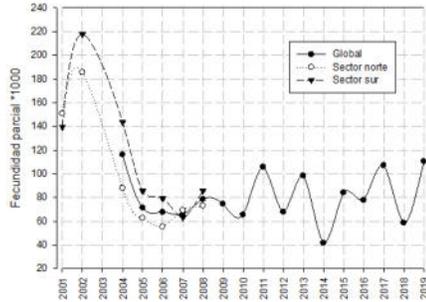
Fecundidad parcial



- Hembras = 8, únicas condición hidratadas.
- Tamaños 33 y 75 cm.
- Fecundidad parcial = 110.440 ovocitos (23.602 (33 cm) y 304.700 (75 cm).
- Fecundidad relativa = 123 ovocitos * g PC (77 y 216 ovocitos); 17% mayor 2018.



Histórico: fecundidad de la serie de evaluaciones



Conclusiones

- ❑ La fracción parental de merluza común en el periodo y área prospectada se encontró mayoritariamente con actividad reproductiva, principalmente en fases de maduración inicial y tardío, y baja incidencia de desove, sin mostrar indicios claros del termino próximo del evento reproductivo.
- ❑ El estimado de la talla de madurez ($L_{50\%}$) de las hembras fue 32,5 cm LT, valor similar al obtenido en 2018 (32,2 cm).
- ❑ El potencial de fecundidad parcial promedio fue 110.440 ovocitos y la fecundidad relativa promedio de 123 ovocitos, resultando 17% mayor respecto al promedio de 2018.

A N E X O 2

Secciones oceanográficas verticales

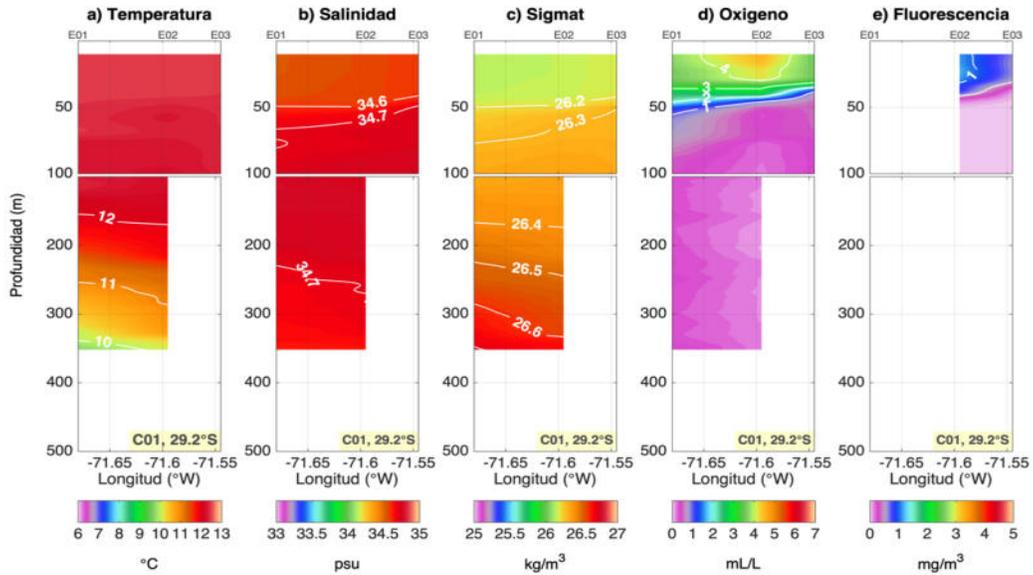


Figura 1. Distribuci3n zonal de los parámetros hidrográficos en secci3n C01 (29.2°S).

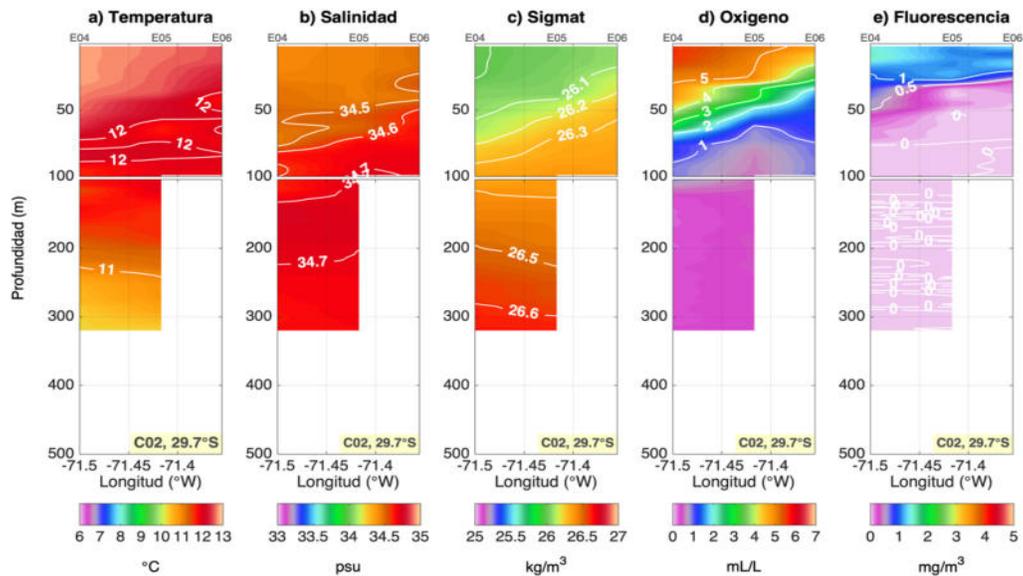


Figura 2. Distribuci3n zonal de los parámetros hidrográficos en secci3n C02 (29.7°S).

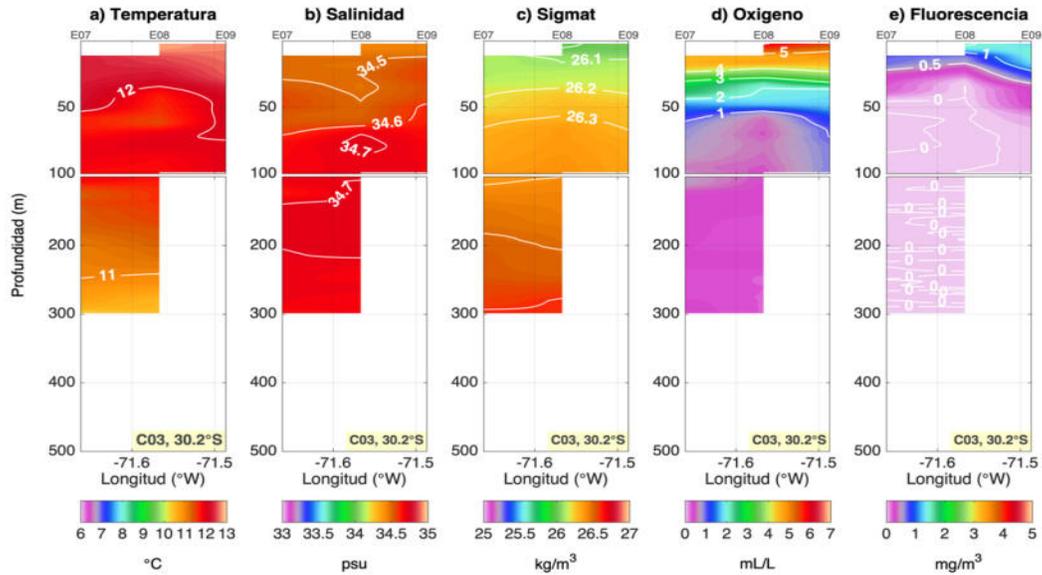


Figura 3. Distribución zonal de los parámetros hidrográficos en sección C03 (30.2°S).

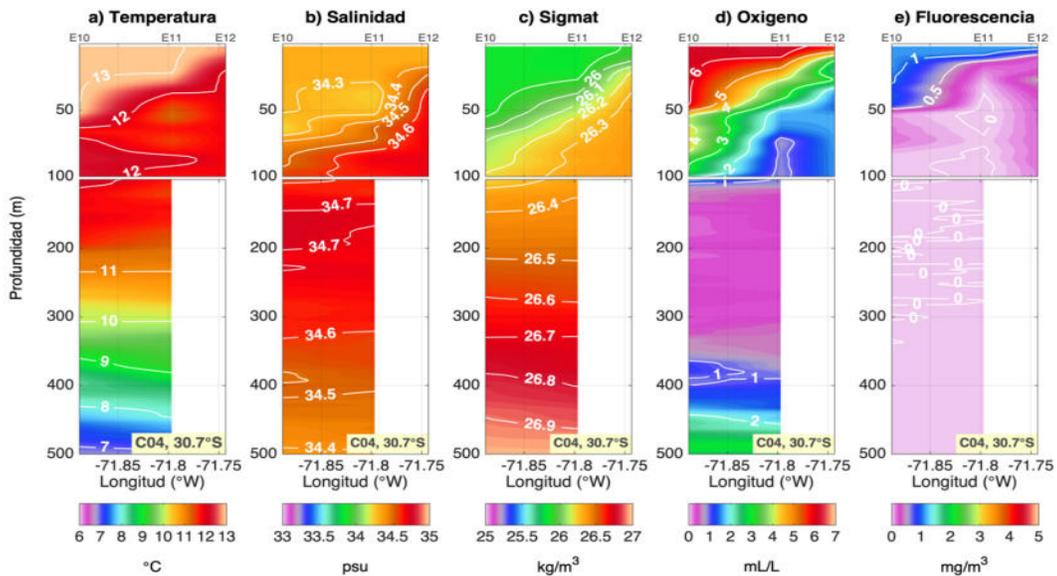


Figura 4. Distribución zonal de los parámetros hidrográficos en sección C04 (30.7°S).

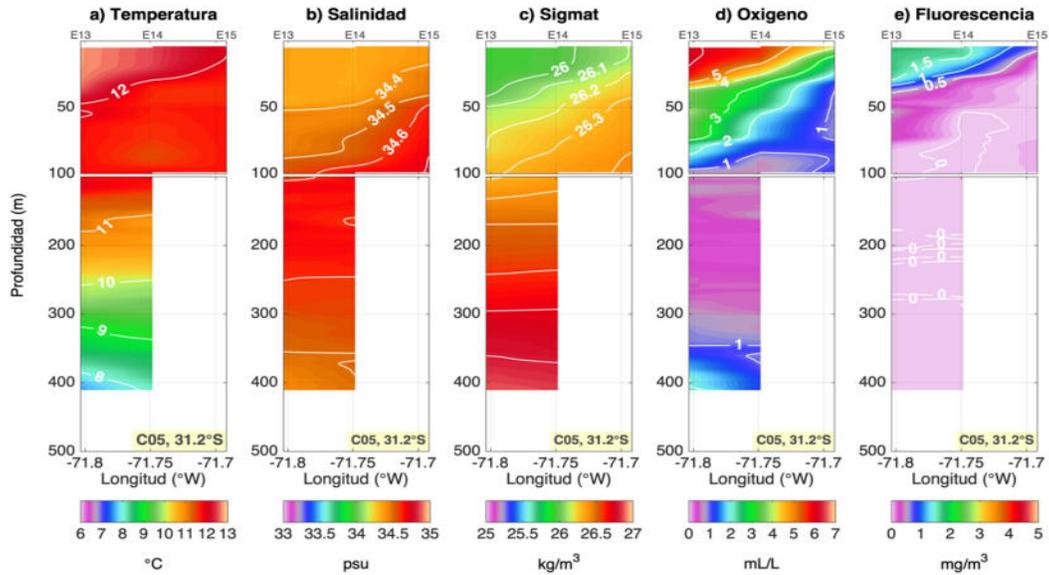


Figura 5. Distribuci3n zonal de los par3metros hidrogr3ficos en secci3n C05 (31.2°S).

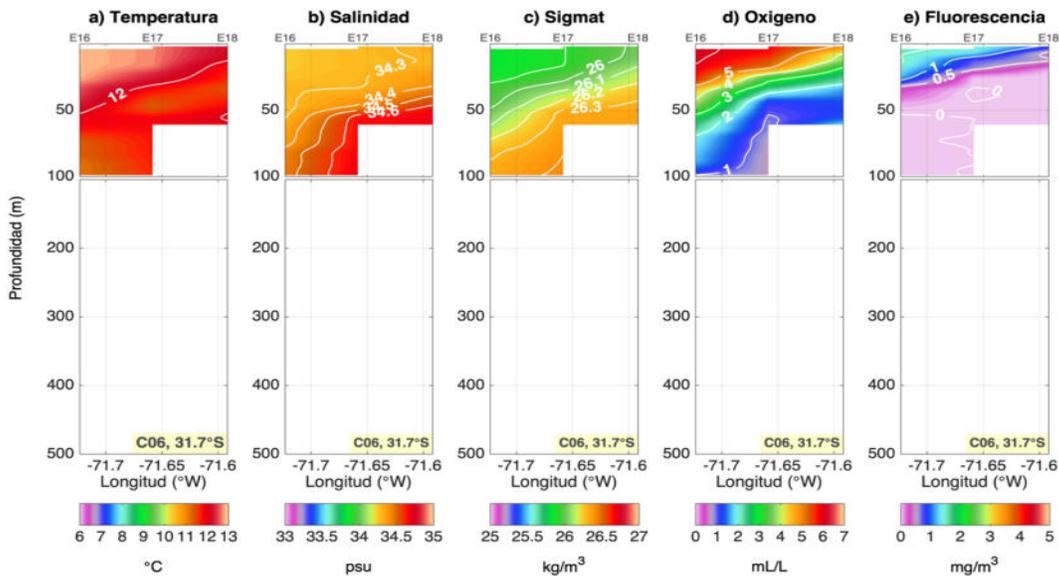


Figura 6. Distribuci3n zonal de los par3metros hidrogr3ficos en secci3n C06 (31.7°S).

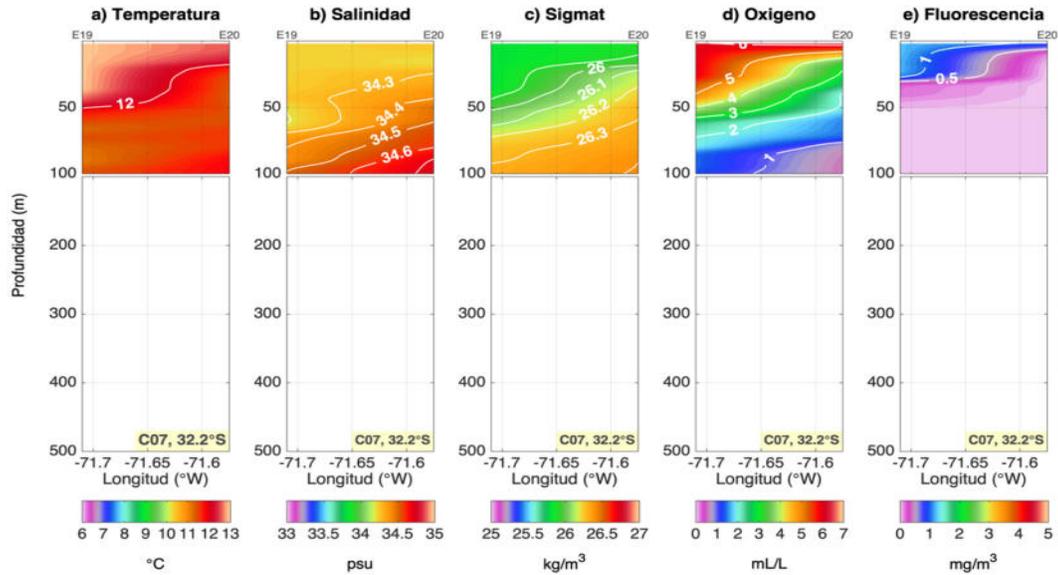


Figura 7 Distribución zonal de los parámetros hidrográficos en sección C07 (32.2°S).

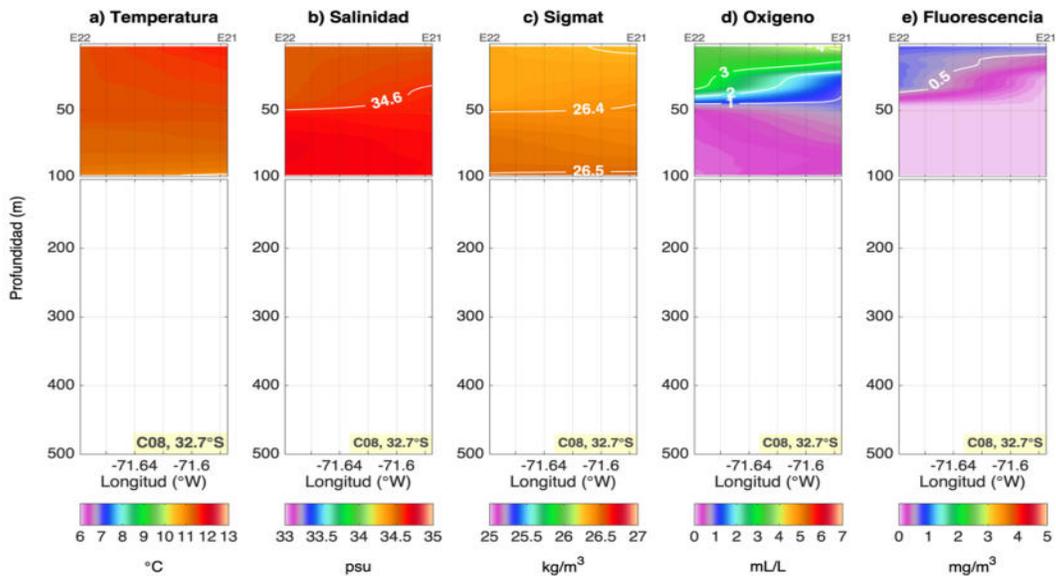


Figura 8. Distribución zonal de los parámetros hidrográficos en sección C08 (32.7°S).

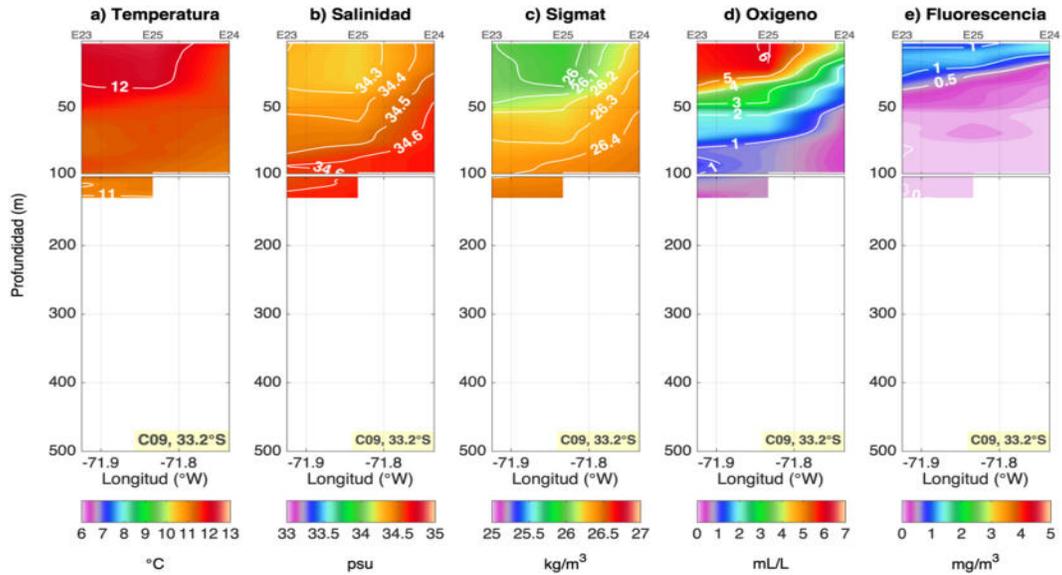


Figura 9. Distribución zonal de los parámetros hidrográficos en sección C09 (33.2°S).

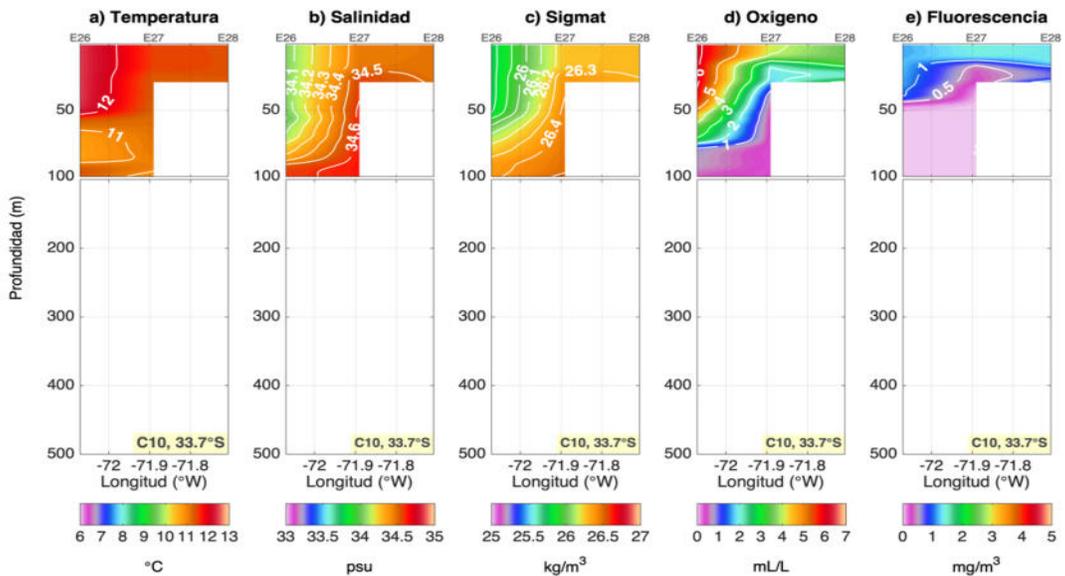


Figura 10. Distribución zonal de los parámetros hidrográficos en sección C10 (33.7°S).

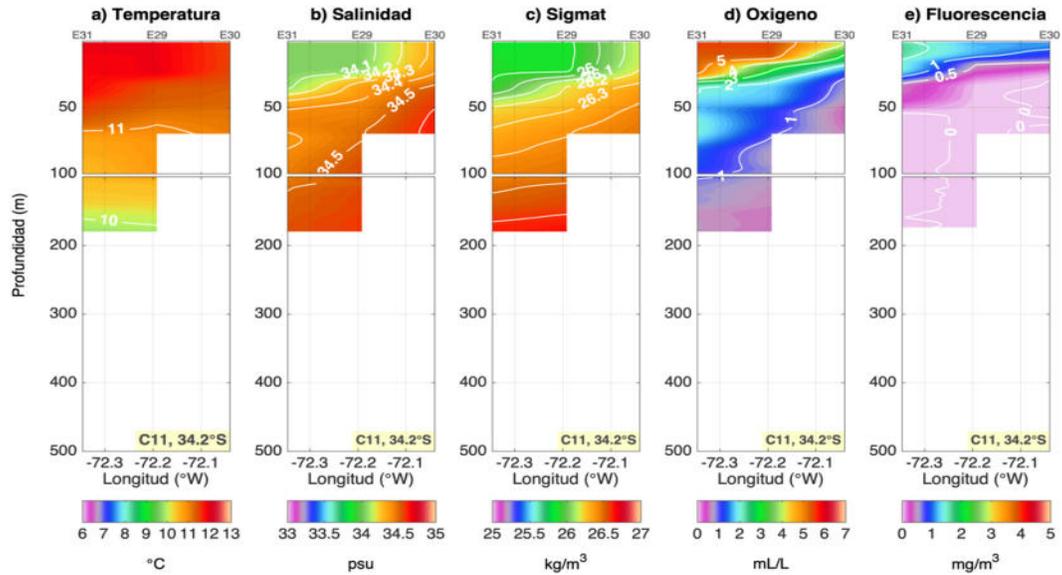


Figura 11. Distribución zonal de los parámetros hidrográficos en sección C11 (34.2°S).

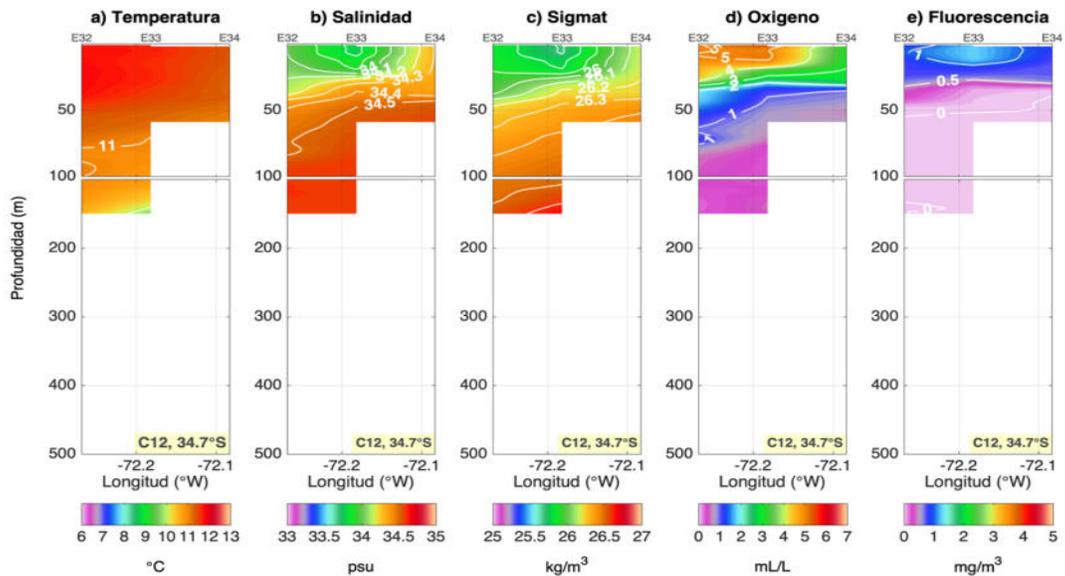


Figura 12. Distribución zonal de los parámetros hidrográficos en sección C12 (34.7°S).

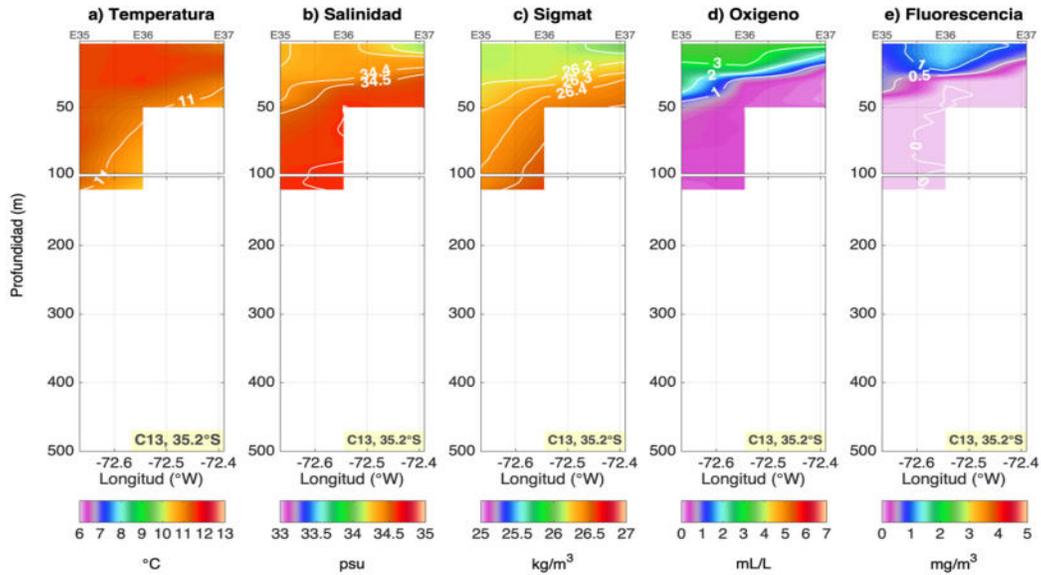


Figura 13. Distribución zonal de los parámetros hidrográficos en sección C13 (35.2°S).

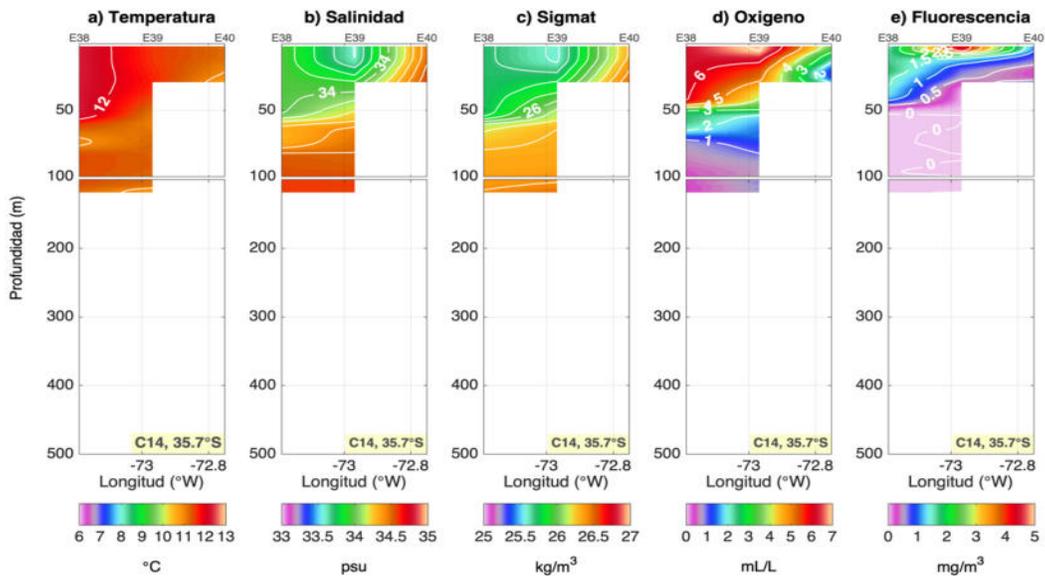


Figura 14. Distribución zonal de los parámetros hidrográficos en sección C14 (35.7°S).

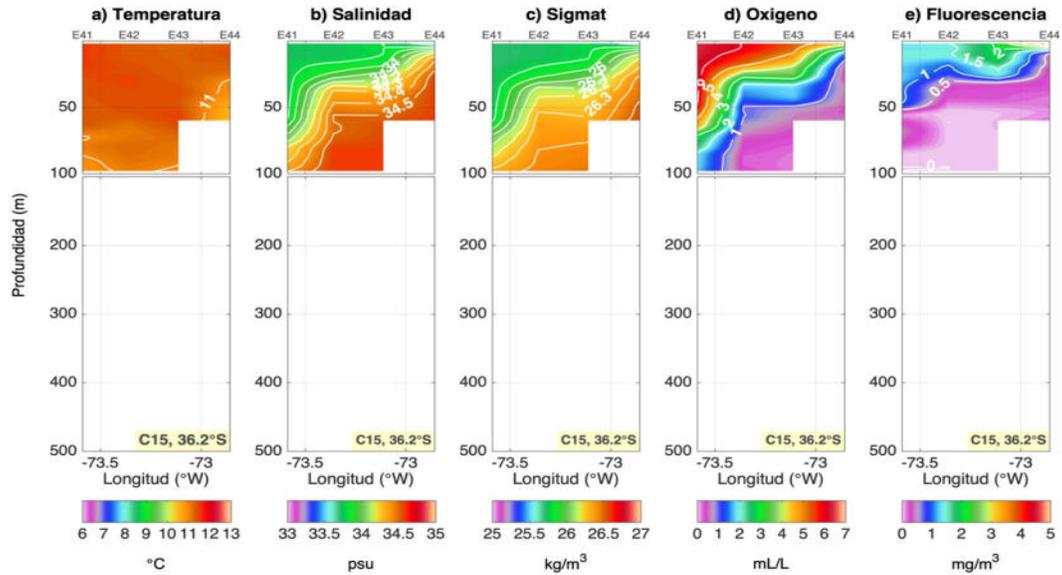


Figura 15. Distribuci3n zonal de los par3metros hidrogr3ficos en secci3n C15 (36.2°S).

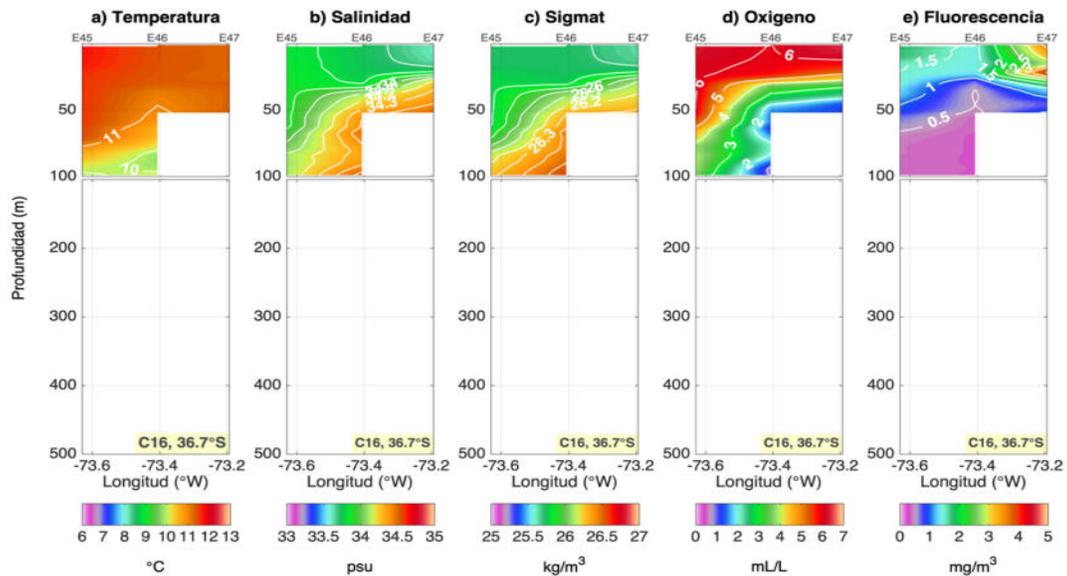


Figura 16. Distribuci3n zonal de los par3metros hidrogr3ficos en secci3n C16 (36.7°S).

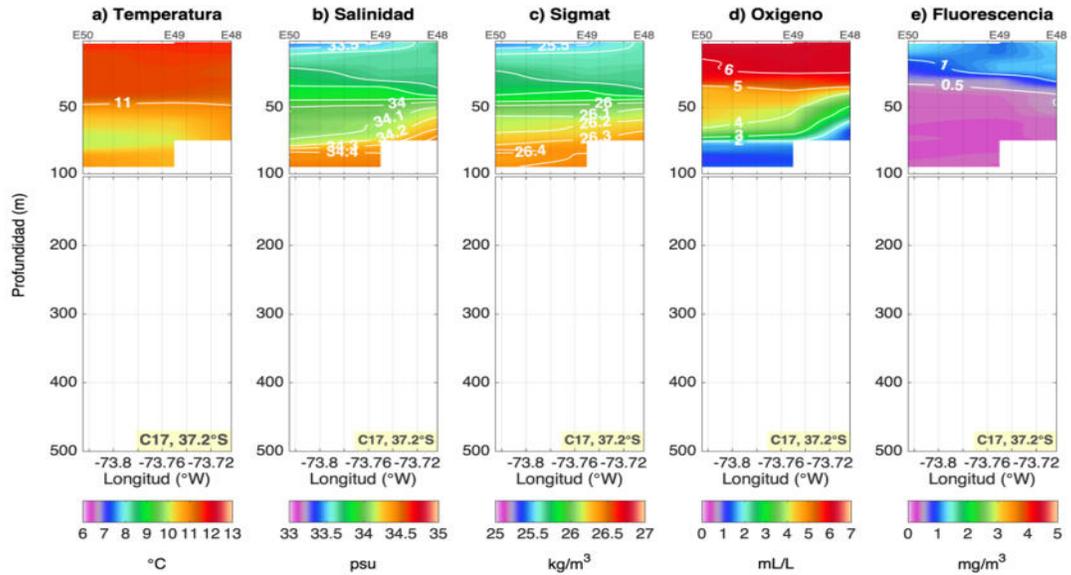


Figura 17. Distribuci3n zonal de los par3metros hidrogr3ficos en secci3n C17 (37.2°S).

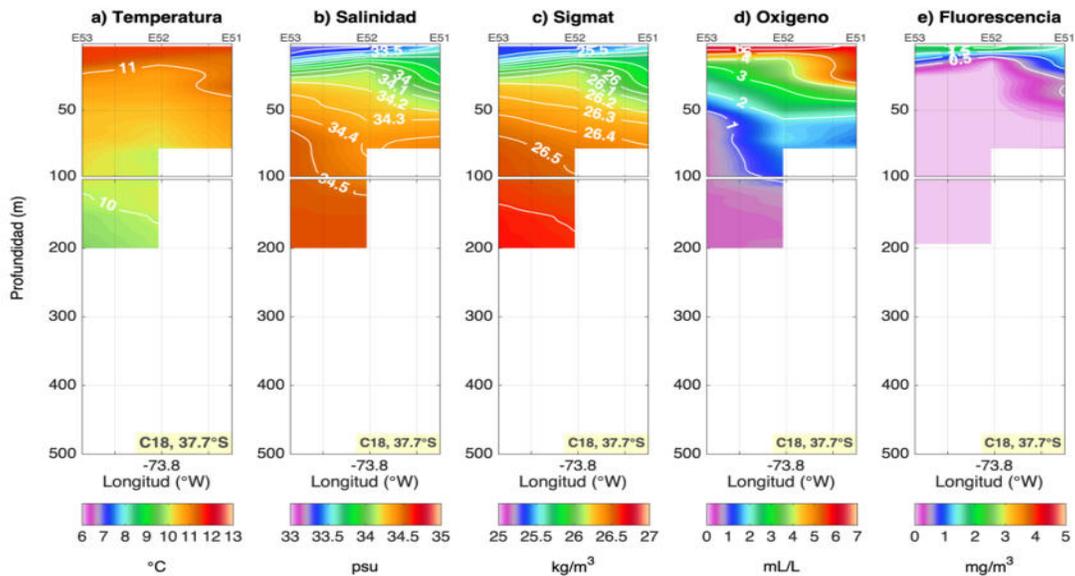


Figura 18. Distribuci3n zonal de los par3metros hidrogr3ficos en secci3n C18 (37.7°S).

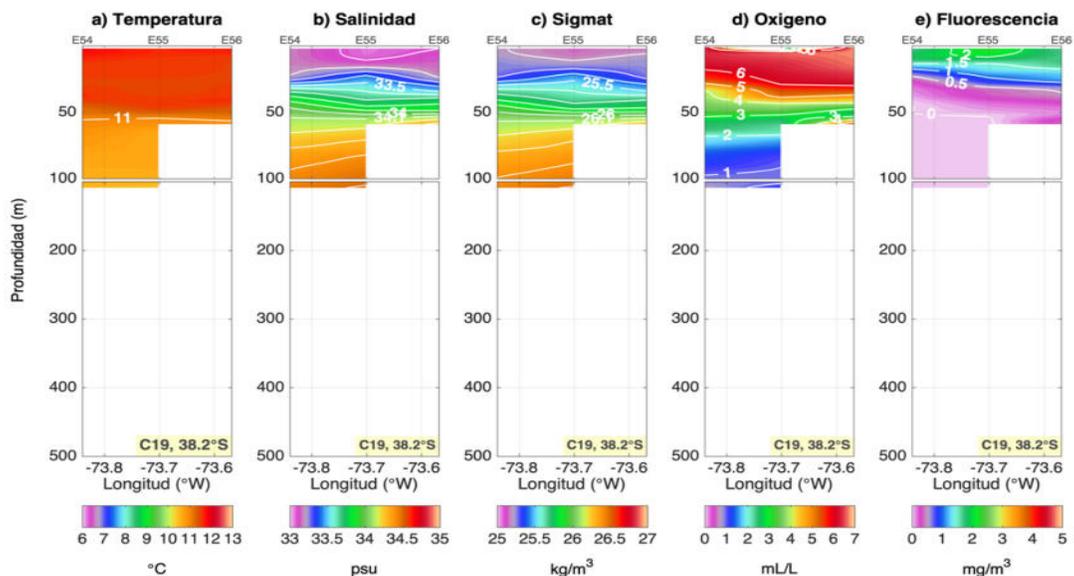


Figura 19. Distribución zonal de los parámetros hidrográficos en sección C19 (38.2°S).

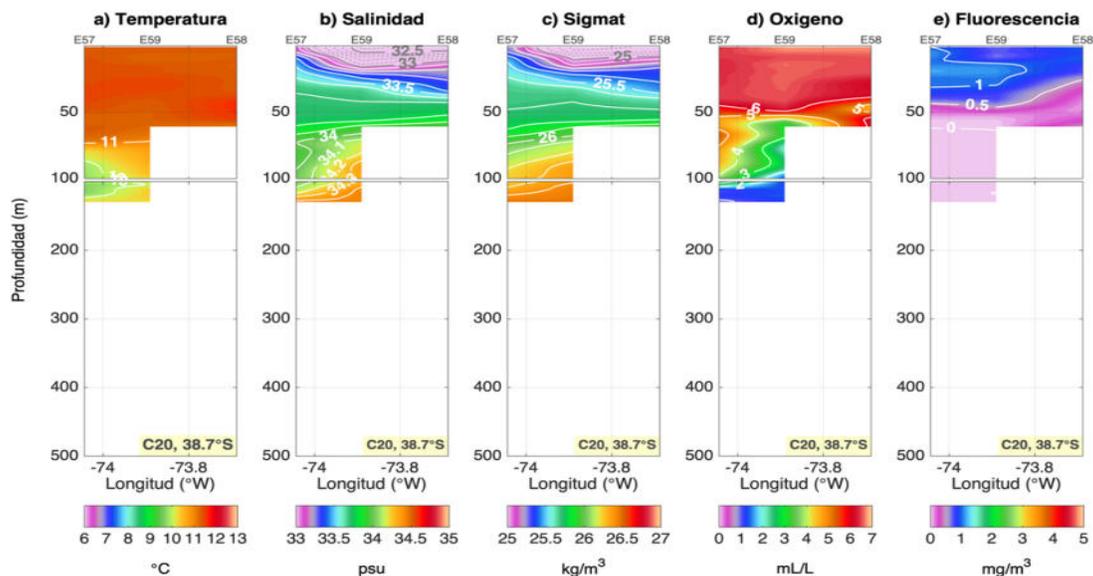


Figura 20. Distribución zonal de los parámetros hidrográficos en sección C20 (38.7°S).

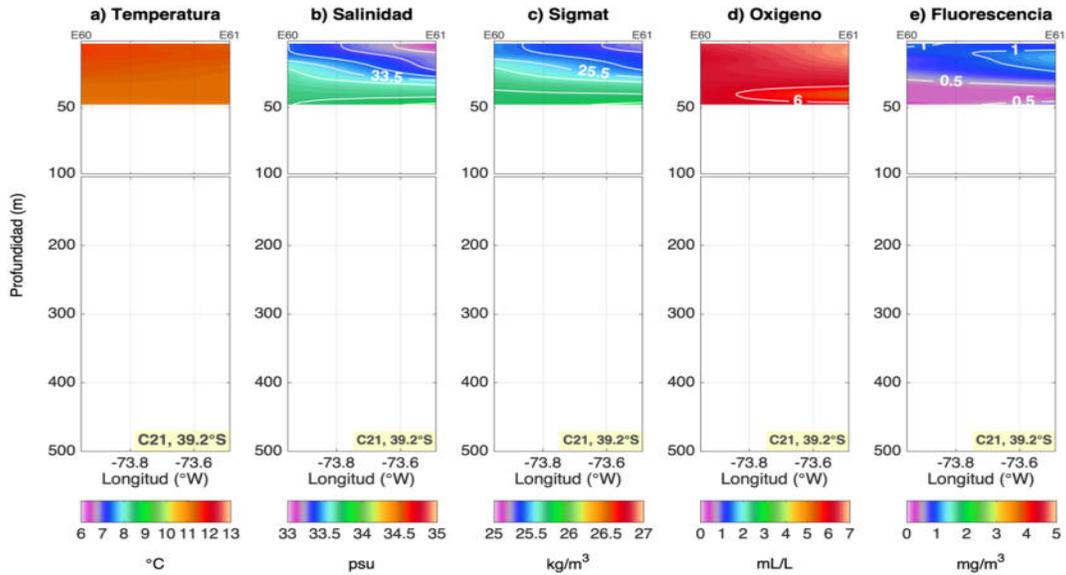


Figura 21. Distribuci3n zonal de los par3metros hidrogr3ficos en secci3n C21 (39.2°S).

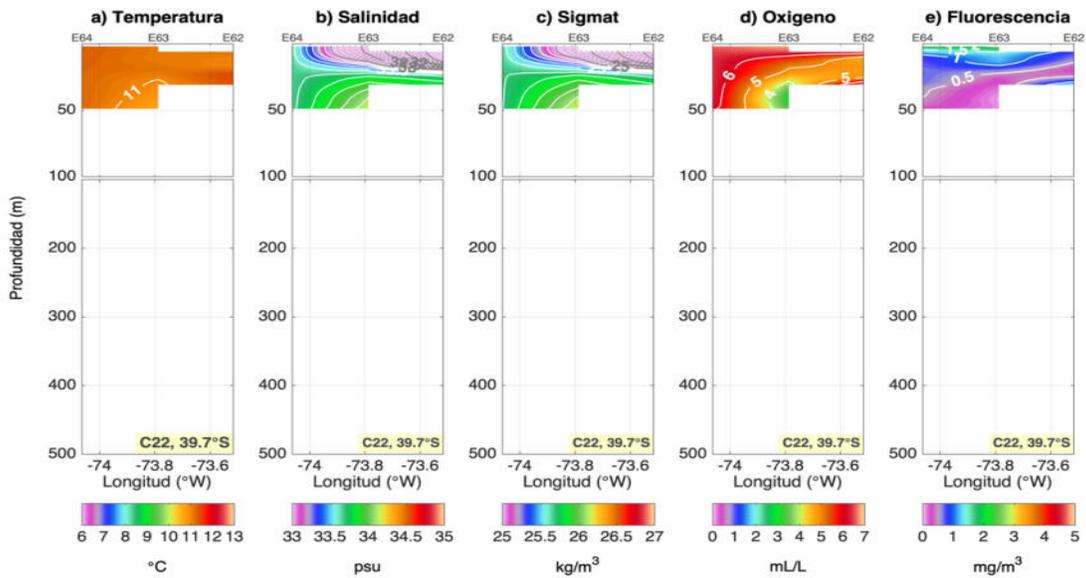


Figura 22. Distribuci3n zonal de los par3metros hidrogr3ficos en secci3n C22 (39.7°S).

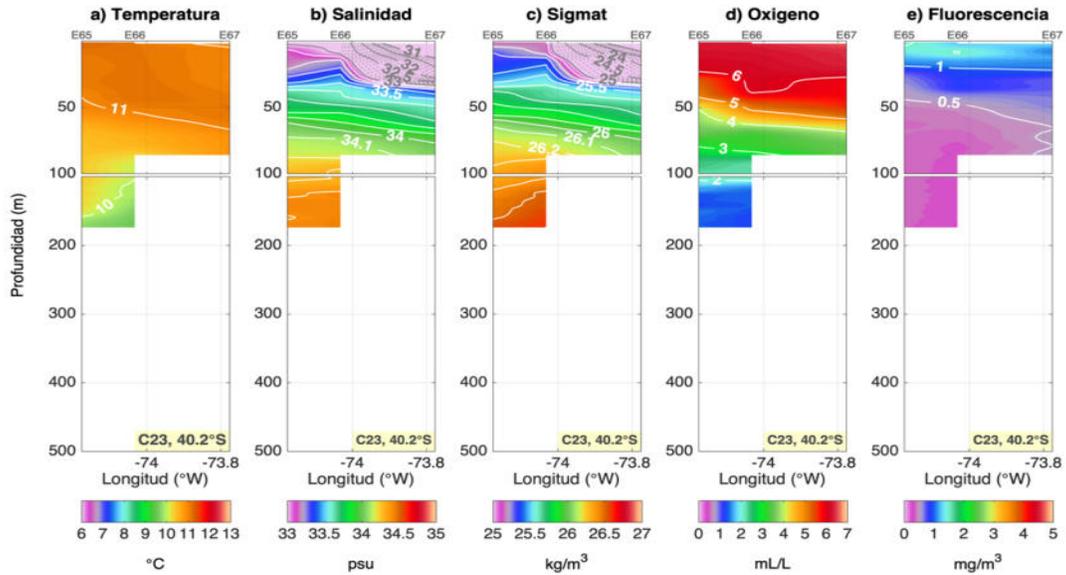


Figura 23. Distribuci3n zonal de los par3metros hidrogr3ficos en secci3n C23 (40.2°S).

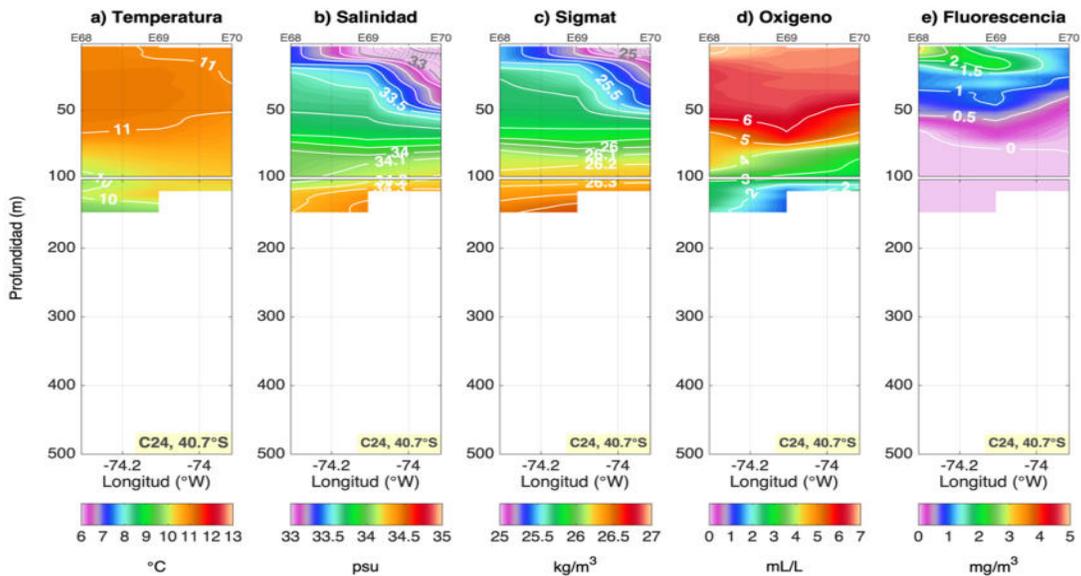


Figura 24. Distribuci3n zonal de los par3metros hidrogr3ficos en secci3n C24 (40.7°S).

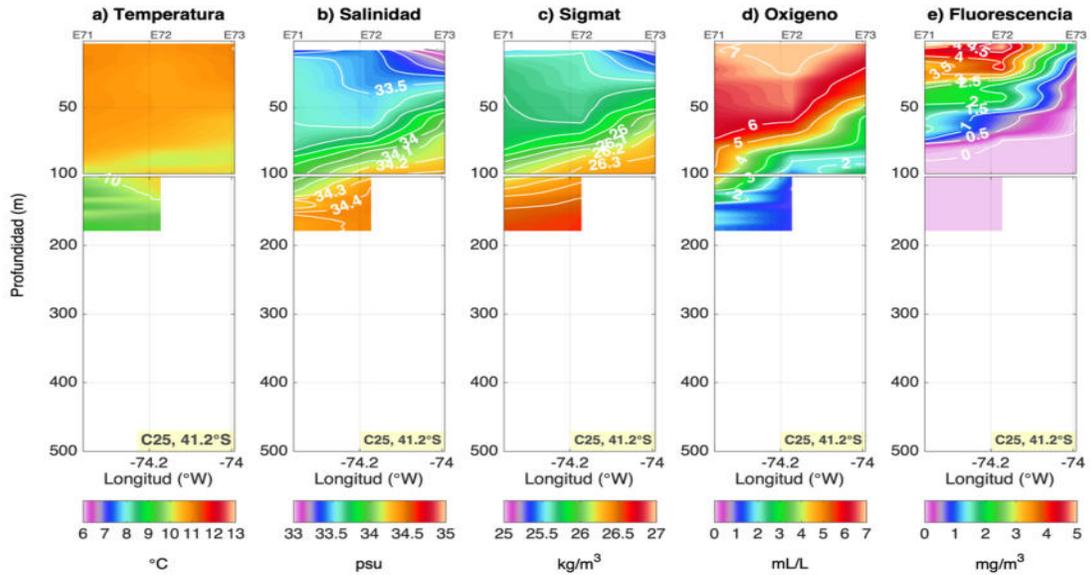


Figura 25. Distribuci3n zonal de los par3metros hidrogr3ficos en secci3n C25 (41.2°S).

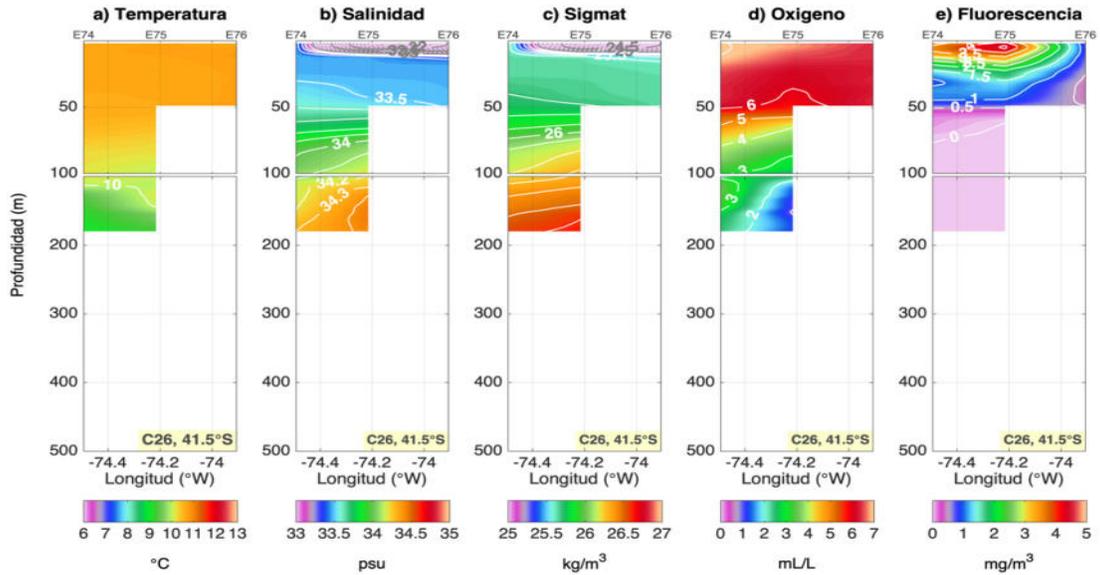


Figura 26. Distribuci3n zonal de los par3metros hidrogr3ficos en secci3n C26 (41.7°S).

A N E X O 3

Nutrientes
(Sobreoferta a la licitación)



- **Nitrato**

La concentración superficial de nitrato varió entre 5,2 y 25,1 μM , siendo las menores concentraciones de la distribución vertical (**Fig. 1**) La concentración superficial de nitrato presentaron un gradiente meridional, aumentando estas de sur a norte. Algunos máximos de nitrato, sin embargo, se observaron a 30°S, 33°S y 35°S (**Fig. 2**), asociados a aguas más frías y con menor concentración de oxígeno disuelto. En la zona norte de la región de estudio (al norte de 33°S), se observó una profundización de las isolíneas de concentración de nitrato de 25 y 30 μM , ubicándose esta última hasta 320 m. Esta disminución en las concentraciones de nitrato estuvo asociada a aguas con menor concentración de oxígeno disuelto. Esta disminución sugiere que en estas transectas existió una advección de aguas de alta salinidad y bajo contenido de oxígeno, características del AES, con desnitrificación activa, proceso anaeróbico que utiliza nitrato, en vez de oxígeno, como aceptor de electrones para la oxidación de la materia orgánica. Evidencias de la existencia de este proceso se observa en los perfiles verticales de nitrato como un mínimo subsuperficial de nitrato, así como también en un aumento del déficit de nitrógeno.

En el crucero Merluza 2018, la profundización de las isolíneas fue más intensa que lo observado en el crucero Merluza 2019, donde la isolínea de 30 μM se profundizó hasta 420 m. Sin embargo, la región en donde se observó esta profundización fue acotada más al norte, observándose al norte de 31°S. Hacia el sur, en cambio, la distribución de nitrato en la capa superficial se observó en ambos cruceros con concentraciones similares. Sin embargo, las aguas superficiales con bajo contenido de nitrato asociadas al ASA, que en el año 2018 se observaron al sur de 34°S, en el año 2019 se presentaron solo al sur de 36°S.

- **Nitrito**

La capa de mezcla de la transecta meridional oceánica de la zona de estudio presentó concentraciones de nitrito que variaron entre 0,0 y 0,5 μM . La distribución en la capa de mezcla no fue homogénea, sino que presentó un máximo primario de nitrito (MPN), asociado a las concentraciones de clorofila-a. A lo largo de la transecta se observaron varios núcleos de máximos de concentración de nitrito asociados al MPN. Estos núcleos de MPN estuvieron asociados a mínimos de concentración de nitrato a lo largo de toda la transecta. Sin embargo, las mayores concentraciones de nitrito se observaron al sur de 35°S en aguas asociadas al ASA. En esta región, además, la capa de agua con altas concentraciones de nitrito fue más profunda que lo observado en la zona norte, existiendo una relación inversa con la profundidad de la capa de mezcla.

Bajo la capa de mezcla, las concentraciones de nitrito disminuyeron considerablemente observándose concentraciones iguales o menores a 0,1 μM . Incluso a lo largo de la ZMO desarrollada en la región, no se observó el característico máximo secundario de nitrito asociado a una desnitrificación activa en la región. Esta ausencia de nitrito sugiere que la disminución de nitrato en aguas de la ZMO observada



al norte de la zona de estudio son producto de la advección de aguas con déficit de nitrógeno ($N^* = -24,6 \mu\text{M}$) y no por el consumo *in-situ* de nitrato por procesos anaeróbicos.

En el crucero Merluza 2018, la distribución de nitrito en la capa superficial fue diferente a la observada en el crucero Merluza 2019. El año 2018, la zona norte presentó mayores concentraciones de nitrito (hasta $0,3 \mu\text{M}$) que en el año 2019 (hasta $0,2 \mu\text{M}$), mientras que, en la zona sur, las concentraciones de nitrito fueron considerablemente menores el año 2018 respecto del año 2019. Por otra parte, durante el año 2018, la capa subsuperficial presentó altas concentraciones de nitrito en la zona norte formando un importante máximo secundario de nitrito asociado a una desnitrificación activa (hasta $1,44 \mu\text{M}$), situación que no fue observada durante el año 2019.

- **Fosfato**

La capa superficial de la zona de estudio presentó concentraciones de fosfato que variaron entre $0,7$ y $2,7 \mu\text{M}$. Las mayores concentraciones se presentaron a 30°S , 33°S y 35°S (**Fig. 2**), al igual que lo observado para la distribución de nitrato, asociadas a aguas más frías y con menor concentración de oxígeno disuelto.

A diferencia de lo observado para la distribución de nitrato, la distribución de fosfato no presentó una profundización de las isolíneas de concentración en la zona norte. Por el contrario, en la región de profundización de concentración de nitrato, las isolíneas de concentración de fosfato se somerizaron. Este es un patrón característico de las zonas de surgencia de aguas de la ZMO en donde ha ocurrido una desnitrificación activa, debido a que durante los procesos de oxidación de materia orgánica anaeróbica que utilizan nitrato como aceptor de electrones, generan una disminución de esta especie de nitrógeno, pero producen fosfato como producto final de la remineralización, al igual que todos los procesos remineralización aeróbicos. Así, la distribución meridional de fosfato en la capa subsuperficial se observó un máximo de fosfato (hasta $3,22 \mu\text{M}$) a lo largo de toda la transecta disminuyendo en concentración y espesor de norte a sur. Bajo la capa de máximo fosfato se observó una disminución de las concentraciones con la profundidad (**Fig. 2**).

En relación a lo observado en la distribución de fosfato durante el crucero Merluza del año 2018, las concentraciones asociadas a la ZMO fueron mayores (hasta $3,4 \mu\text{M}$) que lo observado el año 2019. Adicionalmente, el núcleo de altas concentraciones fue vertical y horizontalmente más extenso el año 2018. Así, por ejemplo, el año 2018 la isolínea de concentración de fosfato de $2,5 \mu\text{M}$ bajo la ZMO se somerizó hasta 380 m al sur de 35°S , mientras que durante el año 2019 estas concentraciones se observaron sobre los 400 m de profundidad a lo largo de toda la transecta alcanzando los 300 m en las estaciones de más al sur.



- **Ácido Silícico**

La concentración de ácido silícico en la capa superficial de la zona de estudio varió entre 0 y 19 μM . Al igual que lo observado para las concentraciones de nitrato y fosfato, la capa de mezcla a lo largo de la transecta oceánica presentó bajas concentraciones de ácido silícico, con máximos centrados a 30°S, 33°S y 35°S (**Fig. 2**) asociados a aguas de surgencia que presentan bajas temperatura y concentraciones de oxígeno disuelto.

Meridionalmente, existió una disminución de la concentración de ácido silícico en la capa de mezcla hacia el sur, con las menores concentraciones en aguas asociadas al ASA (concentraciones incluso más bajas que el límite de detección de la técnica de determinación de ácido silícico).

La capa subsuperficial las concentraciones de ácido silícico aumentaron con la profundidad formando un máximo entre 100 y 400 m de profundidad (hasta 26 μM), localizándose en la base de la ZMO asociado a la masa de agua ecuatorial subsuperficial. Este máximo es más profundo que el máximo de fosfato y nitrato. Este máximo subsuperficial disminuye de norte a sur en concentración y espesor.

Respecto de la distribución de ácido silícico observada durante el crucero Merluza del año 2018, la capa superficial presentó menores concentraciones que lo observado el año 2019. Hacia la zona sur, adicionalmente, se observó que las aguas de bajo contenido de ácido silícico ocuparon una capa de agua más profunda, donde las concentraciones fueron menores a las observadas en el año 2018.

Por otra parte, en el crucero Merluza 2019, las concentraciones de ácido silícico en la capa subsuperficial fueron menores, así como también la extensión vertical y horizontal del máximo subsuperficial asociado a la ZMO. Las diferencias tanto en la capa superficial como subsuperficial respecto de las concentraciones de ácido silícico podrían tener consecuencias importantes en la productividad primaria de la región, generando una variabilidad en las especies dominantes que se ven favorecidas luego de la fertilización que produce la surgencia costera. Así, una menor disponibilidad de ácido silícico, podría resultar en una menor proliferación de diatomeas, especies fitoplanctónicas que utilizan el ácido silícico para sus estructuras externas.

- **Amonio**

La capa superficial presentó concentraciones de amonio que variaron entre 0,2 y 0,8 μM . Las mayores concentraciones se observaron en las estaciones más australes, formando un núcleo de altas concentraciones centrado a 40°S (hasta 0,8 μM). Adicionalmente se observó un núcleo con máximas concentraciones 37°S y 29°S (hasta 0,3 μM). La determinación de amonio sumada a otros nutrientes es fundamental para comprender el reciclaje del nitrógeno. En la capa superficial, su disponibilidad para los organismos autótrofos es de suma importancia, ya que estos organismos prefieren esta especie reducida como fuente de nitrógeno para ser asimilada y formar biomoléculas como las proteínas. El amonio es producido durante la degradación de la materia orgánica y la excreción por



animales, incluyendo crustáceos y peces, además de ser indicativo de contaminaci3n orgánica proveniente de actividades antropogénicas en los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, la asociaci3n de la acumulaci3n de amonio y los máximos de clorofila sugiere que es en las aguas superficiales donde gran parte de la materia orgánica que se genera por la alta productividad es remineralizada rápidamente.

Bajo la capa de mezcla las concentraciones de amonio disminuyeron con la profundidad, con concentraciones entre el límite de detecci3n (0,01 μM) y 0,2 μM .

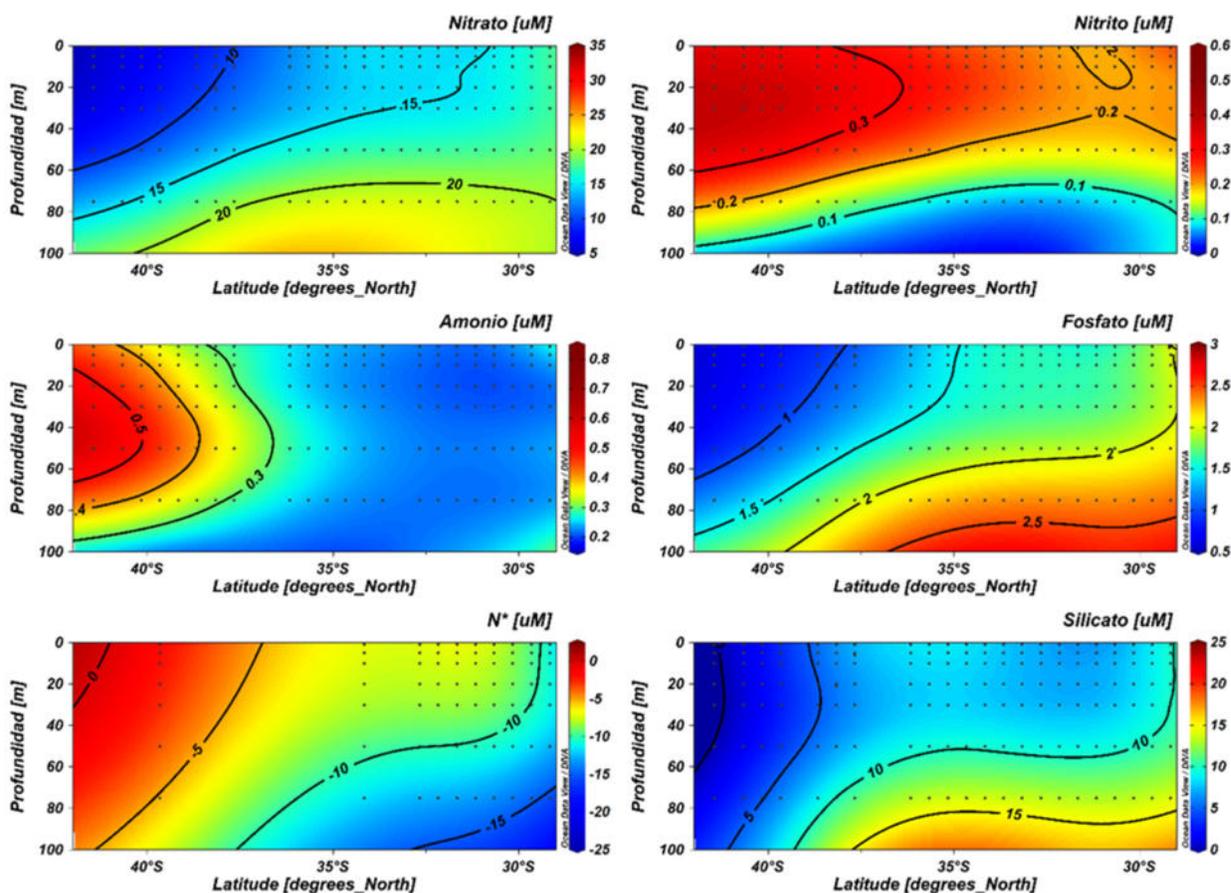


Figura 1. Distribuci3n vertical en los primeros 100 m de profundidad de nitrato, nitrito, amonio, fosfato, ácido silícico y N^* a lo largo de la secci3n meridional oceánica (L01) durante el crucero Merluza 2019.

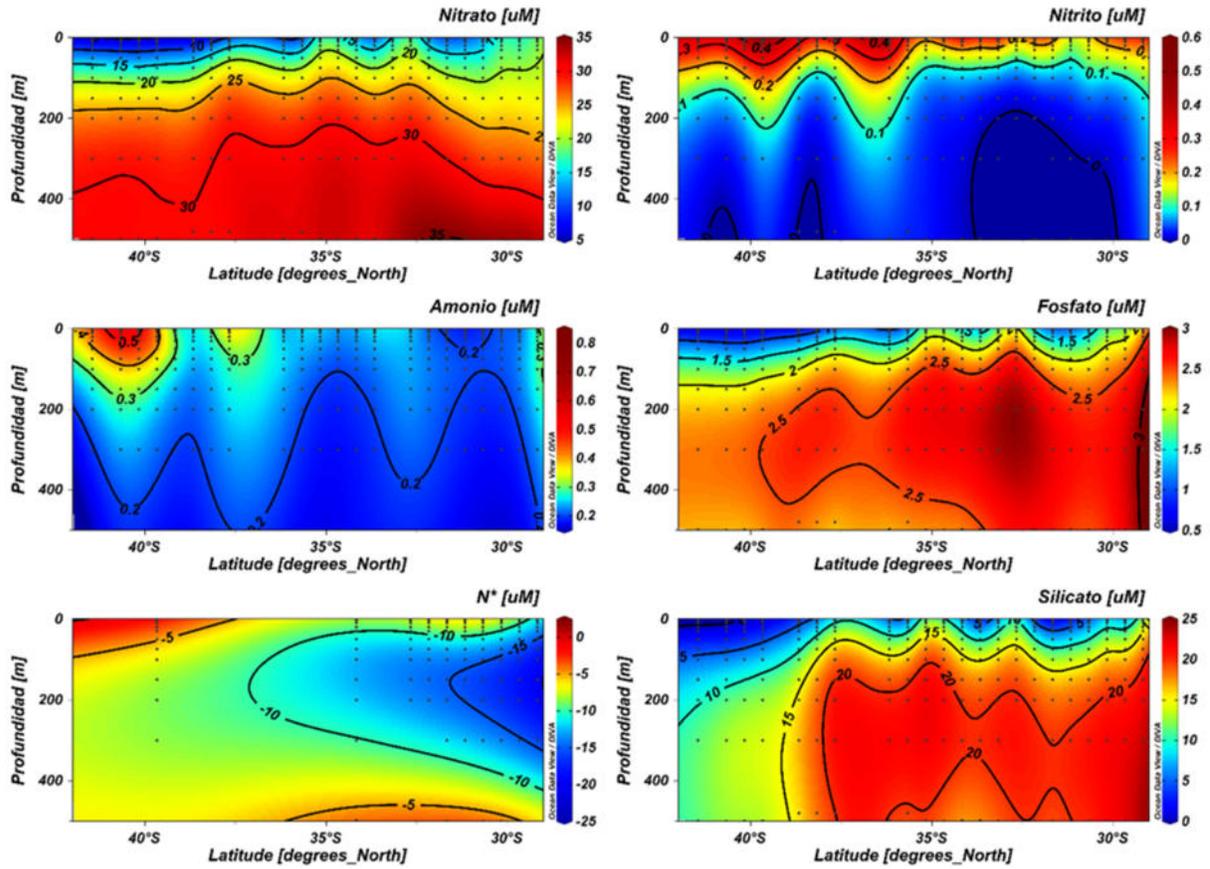


Figura 2. Distribuci3n vertical entre superficie y 500 m de nitrato, nitrito, amonio, fosfato, 3cido sil3cico y N* a lo largo de la secci3n meridional oce3nica (L01) durante el crucero Merluza 2019.

A N E X O 4

Personal participante



Actividad	Personal	Institución
Puesta en marcha		
Licitación	Esteban Molina G.	IFOP
Solicitud de autorizaciones	Esteban Molina G.	IFOP
Logística crucero	Esteban Molina G.	IFOP
	Manuel Rojas G.	IFOP
Taller coordinación	Esteban Molina G.	IFOP
Crucero		
Ejecución crucero	Esteban Molina G.	IFOP
	Manuel Rojas G.	IFOP
	Víctor Catasti B.	IFOP
	Roberto Lorca A.	IFOP
	Eduardo Iribarra R.	IFOP
	Carlos Concha P.	IFOP
	Raúl Venegas O.	IFOP
	Judith Díaz Q.	IFOP
	Debora Albornoz	IFOP
	Francisco Gallardo P.	PUCV
Andrea Soto M.	PUCV	
Procesamiento e informe		
Objetivo específico 1	Esteban Molina G.	IFOP
Objetivo específico 2	Esteban Molina G.	IFOP
	Juan Olivares C.	IFOP
Objetivo específico 3	Eduardo Díaz R.	IFOP
Objetivo específico 4	Esteban Molina G.	IFOP
	Manuel Rojas G.	IFOP
Objetivo específico 5	Francisco Osorio Z.	IFOP
	Jessica Bonicelli P.	IFOP
	Samuel Hormazabal F.	PUCV
	Tomás Berger M.	PUCV
	Marcela Cornejo D.	PUCV
	Alejandro Murillo	PUCV
	Nelson Silva	PUCV
	Joaquim Bento	PUCV
	Miguel fernández D.	PUCV
	Paula Muñoz	PUCV
Erika Sagardia	PUCV	
Josseline Fernández	PUCV	
Davis Donoso Q.	PUCV	
Objetivo específico 6	Bernardo Leiva P.	IFOP

A N E X O 5

Pesca de investigación

Autorización para realizar actividades de investigación



MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y TURISMO

SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA

PINV Nº 163-2019. EVALUACIÓN DIRECTA MCOMÚN 2019



AUTORIZA AL INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO
PARA REALIZAR PESCA DE INVESTIGACIÓN QUE
INDICA

VALPARAÍSO, 23 JUL. 2019

R. EX Nº 2563

VISTO: Lo solicitado por el Instituto de Fomento Pesquero mediante Oficio IFOP/2019/LC/Nº019/DIR/0475 SUBPESCA, C.I. SUBPESCA Nº 7827-2019 de fecha 20 de junio de 2019; lo informado por la División de Administración Pesquera de esta Subsecretaría en Memorándum Técnico (P.INV.) Nº 163/2019, de fecha 05 de julio de 2019; los Términos Técnicos de Referencia del proyecto denominado **"Evaluación Directa de Merluza Común, Año 2019"** elaborados por el peticionario y aprobados por esta Subsecretaría de Pesca y Acuicultura; lo dispuesto en el D.F.L. Nº 5 de 1983, del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo; la Ley Nº 19.880; la Ley General de Pesca y Acuicultura Nº 18.892 y sus modificaciones, cuyo texto refundido fue fijado por el D.S. Nº 430 de 1991, del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo; los D.S. Nº 461 de 1995 y el Nº 411 de 2000, ambos del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo; el Convenio de Desempeño (ASIPA) suscrito entre la Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño y el Instituto de Fomento Pesquero, aprobado mediante D.S. Nº 170 de 2018, del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo; los Decretos Exentos Nº 140 de 1996, Nº 795 y Nº 167, ambos de 2013, Nº 456, Nº 457, Nº 458, Nº 459, Nº 526, Nº 527, Nº 534 y Nº 541, todos del año 2018, Nº 81 y Nº 85, todos de 2019, todos del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo y las Resoluciones Exentas Nº 2808 de 2005 y Nº 1840 de 2017 de esta Subsecretaría.

CONSIDERANDO:

Que el Instituto de Fomento Pesquero ingresó mediante, Oficio citado en Visto, una solicitud para desarrollar la pesca de investigación conforme los Términos Técnicos de Referencia del proyecto denominado **"Evaluación Directa de Merluza Común, Año 2019"**.

Que mediante Memorándum Técnico (P.INV.) Nº 163/2019 citado en Visto, la División de Administración Pesquera de esta Subsecretaría, informa que los objetivos y las actividades planteadas en la solicitud califican como pesca de investigación con carácter de pesca de prospección de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 2º Nº 29 de la Ley General de Pesca y Acuicultura y que los montos de captura solicitados para el estudio son adecuados en función de los objetivos planteados.



Que, en efecto, el estudio plantea evaluar la biomasa y abundancia de merluza común en el área de su unidad de pesquería a través de una prospección hidroacústica con lances de identificación, lo que representa un aporte sustancial para evaluar la condición del recurso durante el presente año y estimar la Captura Total Permissible para el año 2019.

Que las actividades planteadas en la solicitud son indispensables para el cumplimiento de los objetivos de los Términos Técnicos de Referencia del proyecto **"Evaluación Directa de Merluza Común, Año 2019"**, establecido en el Convenio de Desempeño ASIPA año 2019 SUBECON y EMT, citado en Visto.

Que, para lograr el objetivo antes señalado, el crucero de prospección acústica requiere cuantificar la abundancia del stock sin restricción con la finalidad de evitar sesgos estadísticos por lo que resulta necesario eximir a la pesca de investigación de las medidas de administración del recurso en estudio en lo relativo al tamaño de malla y uso de cubre copo como asimismo los porcentajes de desembarque de las especies que sean extraídas en calidad de fauna acompañante.

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

RESUELVO:

1.- Autorízase al Instituto de Fomento Pesquero, R.U.T. N° 61.310.000-8, domiciliado en Blanco N° 839, Casilla N° 8-V, Valparaíso, para efectuar una pesca de investigación de conformidad con los Términos Técnicos de Referencia del proyecto denominado **"Evaluación Directa de Merluza Común, Año 2019"** elaborados por el peticionario y aprobados por esta Subsecretaría y el informe técnico citado en Visto, los que se consideran parte integrante de la presente resolución.

2.- El objetivo principal de la pesca de investigación que por la presente resolución se autoriza, consiste en evaluar el stock de merluza común, a través del método hidroacústico, entre el límite norte de la Región de Coquimbo y la Región de Los Lagos, año 2019.

3.- La pesca de investigación se efectuará en el área de la plataforma continental comprendida entre el límite norte de la Región de Coquimbo (29°10'S) y el paralelo 42° 00' S, por fuera de primera milla de la costa hasta el veril de 500 metros o una distancia de 7 millas náuticas de la costa cuando el veril esté a una distancia menor, representado un área de estudio aproximado de 13.000 m², desde la fecha de publicación de la presente resolución, de conformidad con lo establecido en el Artículo N° 174 de la Ley General de Pesca y Acuicultura y el 04 de septiembre de 2019, ambas fechas inclusive.

4.- En la pesca de investigación que se autoriza, participará realizando tareas de prospección hidroacústica y muestreo, utilizando red de arrastre de fondo, el B/C **"ABATE MOLINA"**, matrícula N° 2732.



5.- En cumplimiento del objetivo de la presente pesca de investigación, la nave participante podrá extraer una cuota total de 80 toneladas del recurso hidrobiológico Merluza común *Merluccius gayi gayi*, en calidad de especie objetivo.

Asimismo, podrá capturar, en calidad de fauna acompañante de la especie objetivo del estudio, las cuotas de los siguientes recursos hidrobiológicos que en cada caso se indican:

Ítem	Nombre común	Nombre científico	Cuota autorizada (t)	Regiones	Decreto Exento
Fauna Acompañante	Merluza de cola	<i>Macruronus magellanicus</i>	2	Valparaíso a Los Lagos	534/2018
	Merluza del sur	<i>Merluccius australis</i>	1	41° 28,6' L.S.-47° 00' L.S.	459/2018
	Congrio dorado	<i>Genypterus blacodes</i>	0,5	Norte 41° 28,6' L.S.	459/2018
	Langostino amarillo	<i>Cervimunida johni</i>	1	Atacama a Coquimbo	526/2019
	Langostino amarillo	<i>Cervimunida johni</i>	3	Valparaíso a Biobío	457/2018
	Jurel	<i>Trachurus murphyi</i>	2	Atacama -Los Lagos	541/2018
	Langostino colorado	<i>Pleuroncodes monodon</i>	0,5	Atacama -Coquimbo	526/2018
	Langostino colorado	<i>Pleuroncodes monodon</i>	0,5	Valparaíso -Biobío	456/2018
	Anchoveta	<i>Engraulis ringens</i>	1	Atacama a Coquimbo	85/2019
	Anchoveta	<i>Engraulis ringens</i>	2	Valparaíso a Los Lagos	81/2019
	Sardina	<i>Strangomera bentincki</i>	2	Valparaíso a Los Lagos	81/2019
	Camarón nailon	<i>Heterocarpus reedi</i>	1	Coquimbo - Biobío	526/2018
	Jibia	<i>Dosidicus gigas</i>	20	Coquimbo a Los Lagos	527/2018

Las capturas efectuadas en el marco de la presente pesca de investigación se imputarán a las fracciones reservadas con fines de investigación autorizadas mediante los Decretos Exentos N° 459, N° 456, N° 457, N° 526, N° 527, N° 534 y N° 541, todos del año 2018, N° 81 y N° 85, todos de 2019, todos del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo

6.- Asimismo, en cumplimiento de los objetivos de la presente pesca de investigación, la nave participante podrá capturar los siguientes recursos hidrobiológicos, que constituyen fauna acompañante del recurso Merluza común:

Nombre común	Nombre científico
Besugo	<i>Pagellus bogaraveo</i>
Blanquillo	<i>Prolatilus jugularis</i>
Calamar	<i>Loligo sp.</i>
Calamar antártico	<i>Todadores filippovae</i>
Centolla	<i>Lithodes santolla</i>
Chancharro	<i>Helicolenus lengerichi</i>
Cojinoba	<i>Seriollela sp.</i>
Congrio negro	<i>Genypterus maculatus</i>
Congrio colorado	<i>Genypterus chilensis</i>
Corvinilla	<i>Sciaena deliciosa</i>
Granadero	<i>Coelorinchus sp.</i>

Nombre común	Nombre científico
Jaibas	<i>Cancer sp.</i>
Lenguado	<i>Hippoglossina macrops</i>
Pampanito	<i>Stromateus stellatus</i>
Zapateador	<i>Pterygosquilla armata</i>
Pejagallos	<i>Callorhynchus callorhynchus</i>
Raya espinosa	<i>Dipturus trachiderma</i>
Raya volantín	<i>Zearaja chilensis</i>
Reineta	<i>Brama australis</i>
Sierra	<i>Thyrsites atun</i>
Tollo pajarito	<i>Deania calcea</i>
Tollo negro	<i>Centroscyllium sp.</i>



La captura total de especies en calidad de fauna acompañante autorizada en el presente numeral no podrá exceder de un máximo total de 20 toneladas.

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

- a) Veda biológica de los recursos merluza del sur, merluza de cola y besugo establecida mediante Decretos Exentos N° 140 de 1996, N° 795 y N° 167 de 2013, todos del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.
- b) Tamaño mínimo de malla y uso de cubre copo de acuerdo a Resolución Exenta N° 2808 de 2005 y de los porcentajes máximos de fauna acompañante establecidos en el Decreto Supremo N° 411 de 2000, ambas normas del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.
- c) Prohibición de descarte las capturas efectuadas de conformidad con lo establecido en el Plan de Reducción del Descarte de la Pesca Incidental de la pesquería de merluza común, aprobado mediante Resolución Exenta N° 1840 de 2017, imputándose a las cuotas de reserva de investigación pertinentes.

8.- Para el cumplimiento de esta pesca de investigación se exceptuará al peticionario de las medidas de administrativos relativas a las especies que sean extraídas en calidad de fauna acompañante, señaladas en los resueltos 5 y 6 de la presente resolución.

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

10.- En el desarrollo de la presente pesca de investigación, el peticionario deberá cumplir con las siguientes obligaciones:

- a) Informar las capturas efectivas y su destino conforme las normas legales y reglamentarias vigentes;
- b) Tener en funcionamiento un sistema de posicionamiento satelital, de conformidad al reglamento, y
- c) Dar cumplimiento a las obligaciones legales y reglamentarias establecidas para la realización de actividades pesqueras extractivas y medidas de administración establecidas para las especies en estudio, con exclusión de aquellas expresamente exceptuadas mediante la presente pesca de investigación.



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

Además, se deberá disponer los resultados en un archivo electrónico en formato *shape* el cual deberá estar en coordenadas geográficas (grados, minutos y segundos) referida al *datum WGS-84* considerando como atributo la categoría antes mencionada.

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

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

12.- Sin perjuicio de lo dispuesto en el numeral anterior, el peticionario deberá reportar los resultados del presente estudio en los informes de avance y finales del mencionado seguimiento a la Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño, en el marco del Convenio de Desempeño ASIPA año 2019, citado en Visto.

13.- Desígnase al Jefe de la División de Administración Pesquera de esta Subsecretaría como funcionario encargado de velar por el oportuno y debido cumplimiento de la obligación establecida en el numeral anterior.

14.- El Instituto designa como persona responsable de esta pesca de investigación, a su Director Ejecutivo, don Luis Parot Donoso, ambos domiciliados en Blanco N° 839, Valparaíso.

15.- La presente resolución deberá publicarse en extracto en el Diario Oficial, por cuenta del interesado.

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

17.- El Instituto de Fomento Pesquero deberá dar cumplimiento a las obligaciones establecidas en los D.S. N° 430 de 1991 y N° 461 de 1995, ambos del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, sin perjuicio del cumplimiento de las obligaciones que se establecen en la presente Resolución. El incumplimiento hará incurrir al titular en el término inmediato de la pesca de investigación sin que sea necesario formalizarlo.



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

19.- La infracción a las disposiciones legales y reglamentarias sobre pesca de investigación, será sancionada con las penas y conforme al procedimiento establecido en la Ley N° 18.892 y sus modificaciones.

20. El Servicio Nacional de Pesca deberá adoptar las medidas y efectuar los controles que sea necesarios para lograr un efectivo cumplimiento de las disposiciones de la presente resolución.

21.- La presente resolución podrá ser impugnada por la interposición del recurso de reposición contemplado en el artículo 59 de la Ley N° 19.880, ante esta misma Subsecretaría y dentro del plazo de 5 días hábiles contados desde la respectiva notificación, sin perjuicio de la aclaración del acto dispuesta en el artículo 62 del citado cuerpo legal y de las demás acciones y recursos que correspondan de acuerdo con la normativa vigente.

22.- Transcribese copia de esta resolución a la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante y al Servicio Nacional de Pesca.

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


ROMAN ZELAYA RÍOS
Subsecretario de Pesca y Acuicultura

CS/FOM/MTV/css




ARMADA DE CHILE
SERVICIO HIDROGRÁFICO
Y OCEANOGRÁFICO

SHOA ORDINARIO N° 13270/24/ 36 / Vrs.

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

VALPARAÍSO, 05 JUL. 2019

VISTO: lo solicitado por el INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, mediante Solicitud N° 8660, de fecha 21 de junio de 2019, e información complementaria de las actividades a desarrollar en terreno; lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 192, de fecha 6 de marzo de 1969, modificado por Decreto Supremo N° 784, de fecha 14 de agosto de 1985; las atribuciones que me confiere el Decreto Supremo N° 711, de fecha 22 de agosto de 1975, "Reglamento de Control de las Investigaciones Científicas y Tecnológicas Marinas efectuadas en la Zona Marítima de Jurisdicción Nacional" y lo señalado en la Resolución SHOA Ordinario N° 6070/1/6 Vrs., de fecha 17 de junio de 2019,

RESUELVO:

- 1.- AUTORIZASE al INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, para que con el apoyo del B/C "ABATE MOLINA", y por mandato de la SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA, realice actividades de investigación científica marina en el área marítima comprendida entre las latitudes 29° 10'S y 42° 00' S y desde la costa hasta el veril de los 500 m (entre las Regiones de Coquimbo y Los Lagos – Cartas Náuticas SHOA N° 4000, 5000, 6000 y 7000), dentro del marco del Programa de crucero denominado "Evaluación directa de merluza común, año 2019", consistentes en mediciones de la columna de agua de parámetros físico-químicos y biológicos, toma de muestras de organismos ictio y zooplanctónicos, fauna acompañante y evaluación acústica del recurso merluza común, las cuales se realizarán a contar de esta fecha y hasta el 30 de septiembre de 2019.
- 2.- DECLÁRASE:
 - a.- De acuerdo a la información proporcionada por la institución citada en VISTO, este trabajo no requiere de inspección en terreno, ni revisión de los antecedentes finales del estudio por parte del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), en razón al carácter exploratorio de ellos. Por ende, este estudio se considerará sin valor oceanográfico.
 - b.- Considerar que previo al inicio de los trabajos e independiente al trámite de zarpe de la embarcación, el Jefe de Grupo responsable de los trabajos en terreno y representante del INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, Sr. Esteban Molina Guerrero, deberá concurrir a las Capitanías de Puerto de Valparaíso y Talcahuano, para coordinar las actividades de investigación a ejecutar; requerir información respecto de las medidas de seguridad que se deben adoptar durante las operaciones de navegación y buceo, sin perjuicio de la obligación del Jefe de Terreno de solicitar ante dichas Capitanías y/o a otros organismos competentes del Estado, otras autorizaciones reglamentarias, según corresponda. Asimismo, se deberá informar la posición geográfica en que se instalarán los instrumentos oceanográficos y posteriormente su retiro, como también cualquier variación a lo autorizado.



SHOA ORD. N° 13270/24/364/Vrs.
Fecha: 05 JUL. 2019

Hoja N° 2.-

- c.- La nave deberá emitir su posición (Q.T.H.) diariamente a las 12:00 Z y 24:00 Z, en horario de invierno, según el procedimiento chileno de notificación de la situación de los buques (CHILREP), dirigido a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, a través de las radio estaciones costeras.
 - d.- La entidad ejecutora deberá comunicar por escrito al SHOA, si la investigación tecnológica marina autorizada en la presente Resolución no se lleva a cabo, a fin de informar a la Autoridad Marítima oportunamente.
 - e.- Conforme a lo dispuesto en el Artículo 17° del Decreto Supremo N° 711, citado en VISTO, al término del estudio el Representante Legal del INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, Sr. Luis Parot Donoso, deberá remitir al SHOA, una copia de los datos (en medio digital) y un informe escrito de los resultados obtenidos, en consideración a que esta información es de especial interés para el Servicio. Lo anterior, deberá ser efectuado en un plazo no superior a 6 meses.
 - f.- Lo expuesto y dispuesto en los considerandos anteriores, no podrá bajo ningún pretexto perjudicar o amenazar los derechos de terceros, válidamente constituidos en el área de estudio.
- 3.- ANÓTESE y comuníquese a quienes corresponda, para su conocimiento y cumplimiento.




PEDRO FIGUEROA MANZANO
CAPITÁN DE NAVÍO
DIRECTOR SUBROGANTE



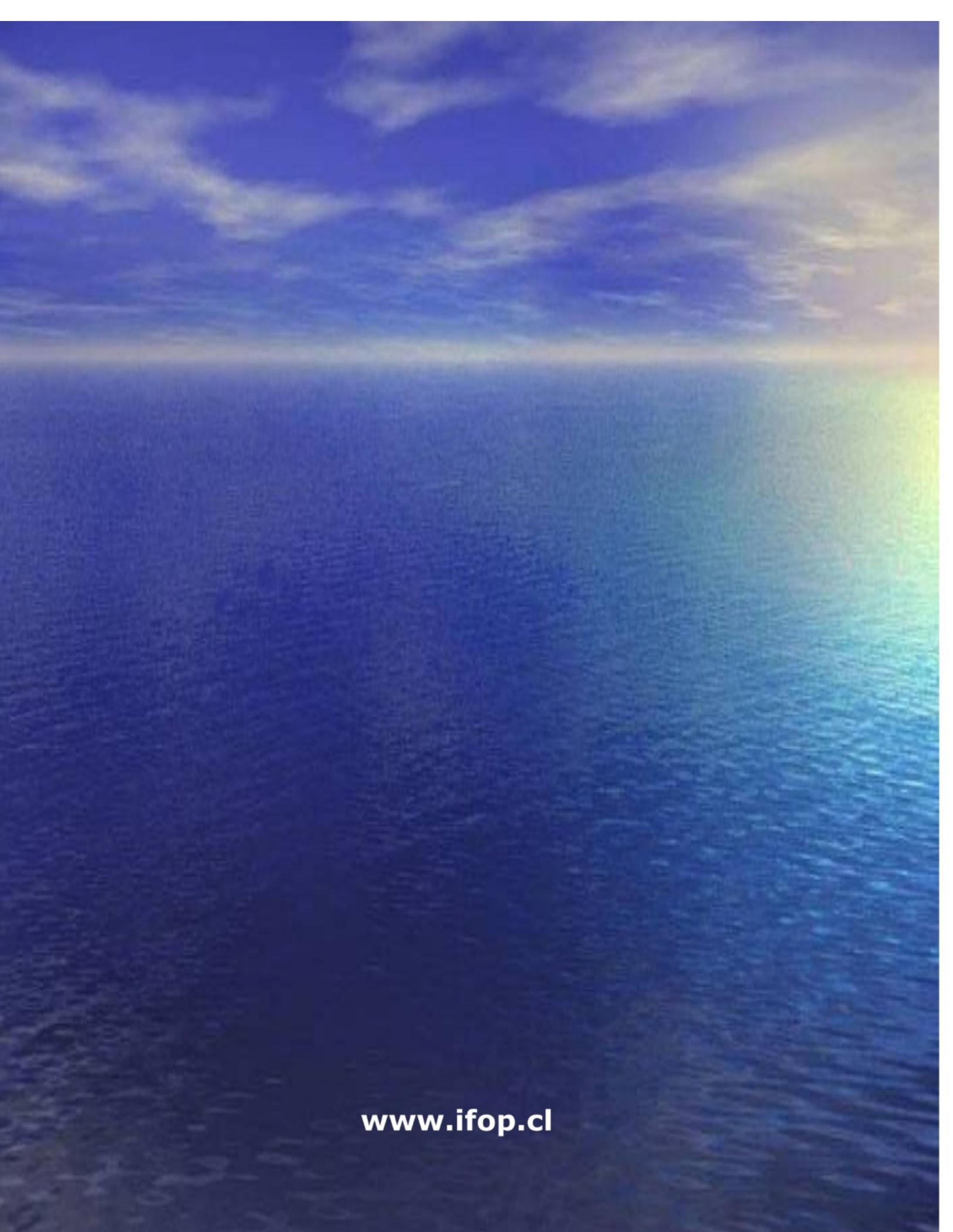
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Almte. Manuel Blanco Encalada 839

Fono 56-32-2151500

Valparaíso, Chile

www.ifop.cl



www.ifop.cl