



**Universidad de Concepción**

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas

Departamento de Oceanografía

**INFORME FINAL  
VERSION CORREGIDA**

---

**PROYECTO FIP 2013-11**

**Evaluación Hidroacústica de Pelágicos Pequeños en aguas interiores de la X y XI  
Regiones, año 2013  
Concepción - 2015**

---



**EVALUACION DE POBLACIONES MARINAS**

Laboratorio de L.A. Cubillos

<http://www.udec.cl/lucubillos>



**Programa Sur-Austral**

Ciencia y Desarrollo para el sur de Chile

[sur-austral.udec.cl](http://sur-austral.udec.cl)

## PROYECTO FIP 2013-11

EVALUACIÓN HIDROACÚSTICA DE PELÁGICOS PEQUEÑOS EN AGUAS INTERIORES DE LA X Y XI REGIONES, AÑO 2013

Fondo de Investigación Pesquera - Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

---

Autores

**LA Cubillos, L Castro, M Gutierrez, E Navarro**

**2014**

**Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile**

**Concepción - 2015**

---



**EVALUACION DE POBLACIONES MARINAS**

Laboratorio de L.A. Cubillos

<http://www.udec.cl/lucubillos>



**Programa Sur-Austral**

Ciencia y Desarrollo para el sur de Chile

[sur-austral.udec.cl](http://sur-austral.udec.cl)

Presentación de autores por función o tema desarrollado:

Autor	Función
Luis A. Cubillos	Estimación de la abundancia acústica y análisis espacial.
Leonardo Castro	Condiciones bio-oceanográficas.
Mariano Gutierrez	Estimación de la abundancia acústica.
Eduardo Navarro	Condiciones ambientales generales.

–

Cubillos LA, Castro LR, Gutierrez M, Navarro E (2015) Evaluación hidroacústica de pelágicos pequeños en aguas interiores de la X y XI Regiones, año 2013. Informe Técnico FIP 2013-11.

## PROYECTO

EVALUACIÓN HIDROACÚSTICA DE PELÁGICOS PEQUEÑOS EN AGUAS INTERIORES DE LA X Y XI REGIONES, AÑO 2013 Fondo de Investigación Pesquera - Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

---

Investigadores y colaboradores:

Carolina Alarcón, Miguel Araya, Pamela Barrientos, Claudio Carrasco, Leticia Cisternas, María José Cuevas, Sandra Curin, Eduardo Escalona, María C. Pérez, Sandra Montecinos, Cristian Parra, Daniel Pezo, Hernán Rebolledo, Samuel Soto, Roberto Torres, Paulina Vásquez, Germán Vásquez, Alejandro Yáñez

---



### **EVALUACION DE POBLACIONES MARINAS**

Laboratorio de L.A. Cubillos

<http://www.udec.cl/lucubillos>



### **Programa Sur-Austral**

Ciencia y Desarrollo para el sur de Chile

[sur-austral.udec.cl](http://sur-austral.udec.cl)

## Resumen

Se comunican resultados de la evaluación acústica de biomasa de sardina austral (*Sprattus fuenguensis*), anchoveta (*Engraulis ringens*) y sardina común (*Strangomera bentincki*) en la Región de Los Lagos y Región de Aysén, a partir de los cruceros realizados en mayo y junio de 2013, respectivamente. Se utilizó el método estratificado (basado en el diseño de muestreo), el método geoestadístico paramétrico, y la estimación basada en el ajuste de la función de densidad. La evaluación de la biomasa consideró 6 subzonas en la Región de Los Lagos y 5 subzonas en la Región de Aysén, y además cuatro estratos de profundidad (0 a 50 m, 50 a 100 m, 100 a 150 m, y 150 a 200 m). La estimación estratificada de la biomasa de sardina austral fue de 118173 toneladas (CV=11,6 %) en la Región de Los Lagos y 101630 toneladas (CV=9,0 %) en la Región de Aysén, mientras que la estimación con el método geoestadístico fue de 122469 toneladas (CV=7,6 %) en la Región de Los Lagos y 92890 (7,0 %) toneladas en la Región de Aysén. A su vez, la evaluación basada en el modelo de distribución de probabilidad indicó una biomasa de 100145 toneladas de sardina austral en la Región de Los Lagos, y de 81965 toneladas en la Región de Aysén. Aunque los estimadores son consistentes entre sí, se prefiere el estimador basado en el diseño, dada la heterogeneidad espacial que se registra en aguas interiores de la X y XI Región.

La evaluación acústica reveló que la anchoveta fue la especie secundaria en la Región de Los Lagos con 50079 toneladas, y en la Región de Aysén con 18668 toneladas. La sardina común contribuyó marginalmente, con solamente 5327 toneladas en la Región de Los Lagos.

Se destaca que las estimaciones que aquí se comunican para la sardina austral consideran una fuerza de blanco de 67,6 dB, la cual fue determinada a partir de blancos individuales de sardina austral confinados en una jaula. Sin embargo, es aconsejable establecer relaciones entre el tamaño y la fuerza del blanco como una función de la profundidad y la localización geográfica a partir de blancos individuales detectados en el terreno. De hecho, la fuerza de blanco podría cambiar debido tanto a la heterogeneidad espacial como a los cambios de comportamiento que se han descrito para especies similares (por ejemplo, *Sprattus sprattus*) en fiordos y canales.

Al considerar que hay aspectos de comportamiento que no han sido demostrados o completamente descritos para la sardina austral bajo diferentes condiciones ambientales y estacionales, más que considerar que la biomasa o abundancia de la población es un estimado absoluto, nuestras estimaciones deben ser consideradas como un índice de abundancia relativa. En este contexto, y desde el punto de vista de la dinámica de los pequeños pelágicos, el índice de biomasa acústico será de valor cuando se pueda comparar los cambios espacio-temporales en la densidad acústica.

Se presentan los resultados de hidrografía, ictioplancton y mesozooplancton en las X y XI regiones obtenidos de los cruceros hidroacústicos del 2013. En cada estación de muestreo se obtuvo perfiles hidrográficos y muestras planctónicas estratificadas hasta los 100 m de profundidad. Para efectos de análisis, ambas regiones fueron divididas en 3 sectores (X región: Seno Reloncaví, Costero Continental, Costero Chiloé; XI región: sectores Interno, Intermedio, y Externo).

### *Hidrografía*

El análisis de la serie de imágenes satelitales semanales de temperatura superficial el mar muestran durante los cruceros i) aguas más cálidas en la zona exterior que interior de la X región, ii) un gradiente latitudinal con una disminución de temperaturas hacia el sur durante todo el periodo de muestreo y ii) un enfriamiento generalizado del agua en superficie especialmente durante las dos últimas semanas de muestreo en junio. La serie de imágenes satelitales semanales de color del mar (clorofila a) mostró i) mayores concentraciones de clorofila-a en la zona externa de Chiloé-Canal de Chacao, luego la zona de agua interiores y finalmente la zona externa norte. Las imágenes correspondientes al promedio mensual, sin embargo, muestran mayores concentraciones en la zona de aguas interiores frente a la Boca del Guafo en mayo y luego en junio en la zona externa de Chiloé.

Las tres zonas de la X región presentaron una columna de agua con escasos cambios en temperatura con la profundidad pero con un estrato somero con variaciones importantes en salinidad, densidad y alta estabilidad. Las máximas temperatura en el estrato somero fueron levemente mayores en el sector costero de Chiloé, seguido por el sector costero continental y luego el Seno del Reloncaví. Las diferencias en características hidrográficas más notorias entre sectores fue en salinidad en el estrato más somero en el cual los valores fueron mayores en el sector costero de Chiloé, intermedios en el sector costero continental y menores en el sector del Seno de Reloncaví producto del mayor aporte de aguas dulces en esta última zona comparado con el reducido aporte de ríos en la costa de Chiloé. La columna de agua presentó concentraciones mayores a 2.5 mlO<sub>2</sub>/l en todos los sectores siendo el Seno del Reloncaví el que mostró valores levemente menores a las otras zonas.

Las condiciones oceanográficas en la XI región variaron significativamente en comparación a las de la X región. Los tres sectores estudiados (Canal Puyuhuapi, Aysén y Canal Moraleda) mostraron marcados gradientes en la vertical en todas las características hidrográficas. El Canal Puyuhuapi y Fiordo Aysén presentaron una termoclina inversa con menores temperaturas en superficie (8.5-9°C) , un ascenso hasta un máximo (10.5-11°C) a los 30-40m de profundidad, y luego un descenso hacia mayores profundidades. Muy bajos valores de salinidad en superficie ocurrieron en estos dos sectores reflejo del fuerte aporte de aguas dulces; los menores valores de salinidad y temperatura en superficie (ca. 12 psu y 8°C) ocurrieron en el Fiordo Aysén. El Canal Moraleda también presentó una termoclina inversa y baja salinidad y densidad en superficie pero con valores superiores a los observados en los fiordos Puyuhuapi y Aysén. En general, las concentraciones de oxígeno disuelto en los 3 sectores fueron mayores a 2.5 mlO<sub>2</sub>/L excepto en el Fiordo Aysén donde éstas descendieron hasta 1 mlO<sub>2</sub>/l. Las concentraciones

de oxígeno disuelto fueron mayores en el Canal Moraleda producto de la mayor influencia de aguas oceánicas en ese sector.

### *Ictioplancton*

Un muy bajo número de estaciones positivas con huevos y larvas fueron observadas tanto en la X como la XI regiones. En la X región, huevos de anchoveta ocurrieron solo en una estación del Seno del Reloncaví y en una estación de la zona costera continental. Huevos de sardina común ocurrieron en una estación de la zona costera continental y en una estación de la costa de Chiloé. Huevos de sardina austral ocurrieron solo en una estación de la zona costera de Chiloé. Huevos de sardina no identificados (Clupeidos) ocurrieron solo en una estación en la costa de Chiloé. En la XI región hubo solo una estación con huevos de anchoveta en la zona externa, solo 2 estaciones con huevos de sardina común también en la zona externa y una estación con huevos indeterminados de sardina (Clupeidos) en la zona externa. No se encontró huevos de sardina austral en la XI región. Las abundancia de huevos en ambas regiones fueron bajas en todas las estaciones. La mayor abundancia de huevos de las tres especies en la X región ocurrió en el estrato 0-25 m. Para huevos de anchoveta esta abundancia fue de 55 h/1000m<sup>3</sup> en el sector costero continental; para sardina común fue 277 h/1000m<sup>3</sup> también en el sector costero continental, mientras que la de sardina fueguina fue 143 h/1000m<sup>3</sup> y ocurrió en el sector costero de Chiloé. Solo en una estación fueron encontradas larvas en pre-flexión notocordal en la X región (larvas de sardina austral en una estación de la costa de Chiloé). No hubo larvas en estado post-flexión en la X región ni larvas pre- o post-flexión notocordal en la XI región.

Los rangos de temperatura y salinidad en los cuales se encuentran los huevos de anchoveta y sardina común se sobreponen dentro de cada región, siendo los rangos de temperatura menores en la XI región. Los huevos y larvas de sardina austral se ubicaron en el extremo inferior de temperaturas en que ocurrieron las otras 2 especies en la X región y en aguas con salinidades altas dentro del rango total en que ocurrieron las otras 2 especies.

### *Análisis retrospectivo de ictioplancton y mesozooplancton*

La distribuciones de huevos y larvas observadas en los cruceros de evaluación hidroacústica de Enero 2011 coinciden en rasgos generales con los sectores donde se observó huevos y larvas en Junio 2013. El número de estaciones positivas, sin embargo, fue marcadamente mayor el 2011 (particularmente los huevos de anchoveta), siendo también mayores las abundancias de huevos y larvas. Las mayores frecuencias de estaciones positivas y las mayores abundancias de huevos y larvas de las tres especies ocurrieron en la X región en ambos cruceros. La mayor proporción de estaciones positiva con huevos de anchoveta ocurrieron en ambos cruceros en la zona norte y costa continental. Los huevos de sardina común ocurrieron en ambos cruceros de la X región en solo dos estaciones, una en la costa de Chiloé y otra en la costa continental. Las condiciones hidrógráficas en los estratos en que se observó huevos y larvas de ambas especies también presentó semejanzas. En ambos años el rango de temperatura y salinidades en que ocurrieron huevos y larvas fue más amplio en la X que en la XI región. Adicionalmente, en

ambos años los huevos y larvas de anchoveta y sardina común se presentaron más abundantemente en aguas con menores salinidades y mayores temperaturas que huevos y larvas de sardina austral.

La distribución de copépodos y eufáusidos en los cruceros hidroacústicos 2011 y 2013 mostró muy pequeñas diferencias entre la X región y XI Región. La abundancia entre regiones de los 3 grupos zooplancónicos fue muy marcada con mayores abundancias de los 3 grupos en la X región, coincidiendo con las mayores abundancias de huevos de las especies objetivo. La comparación de las abundancias promedios de copépodos entre meses del año (data histórica de cruceros CIMAR) mostró que las mayores abundancias concordarían con los periodos reproductivos y de mayor abundancia larval de las tres especies objetivo (primavera).

## Abstract

Results are communicated to show the acoustic biomass evaluation of the austral sardine (*Sprattus fuenguen-sis*), anchovy (*Engraulis ringens*), and the common sardine (*Strangomera bentincki*) in the Region of Los Lagos and Region of Aysén. The acoustic cruises were carried out during May and June of 2013 in each region, respectively. The evaluation of biomass of each fish considered the stratified design-based method, the Gaussian geostatistical estimates and the probability density method. The assessment of biomass included six strata in the Region of Los Lagos and five strata in the Region of Aysén, as well as four depth strata (0-50, 50-100, 100-150 and 150-200 m). The stratified estimates of the austral sardine biomass were 118173 tons (CV=11.6 %) in the Region of Los Lagos and 101630 tons (CV=9.0 %) in the Region of Aysén. The estimates of biomass based on Gaussian geostatistic were 122469 tons (CV=7.6 %) in the Region of Los Lagos and 92890 (70 %) tons in the Region de Aysén. In addition, the assessment based on the probability density function method estimated 100145 tons of austral sardine in the Region of Los Lagos and 81965 tons in the Region of Aysén. Although the estimates were consistent among methods, it is preferred the estimates of biomass based on the stratified method because the spatial heterogeneity registered in the inner sea of the Region of Los Lagos and Region of Aysén.

The acoustic assessment showed that the anchovy was the second species in abundance in the Region of Los Lagos with 50079 tons and 18668 tons in the Region of Aysén. The common sardine contribution of biomass was minima with only 5327 tons in the Region of Los Lagos.

The estimates here communicated for austral sardine were based on the target strength (TS) of 67.6 dB. The TS was determined from individual targets of austral sardine contained on a jail specially constructed for this activity. However, it is advisable to establish relationships between size and target strength as a function of depth and geographic locality due to both the spatial heterogeneity and the changes in behavior that have been described for similar species (e.g., *Sprattus spratus*) in fjords and channels.

Considering that behavioral aspects of the austral sardine have not been demonstrated or described under different environmental conditions and seasons, the estimates of biomass here obtained must be regarded as relative abundance rather than absolute estimates. In this context, and from the point of view of the dynamics of pelagic fish, the acoustic biomass indices will be of value when the acoustic density can be compared spatiotemporally.

Results are communicated to show the hydrography, ichthyo-plankton and the meso-zooplankton in the Region of Los Lagos and Region of Aysén. The data come from vertical profiles, and stratified planktonic samples (up to 100 m) obtained in each of the stations. The analysis considered three strata in each Region. The Reloncaví, Continental Coastal, and Chiloé Coastal were the strata in the Region of Los Lagos. Instead, Inner Sector, Medium Sector, and Outer Sector were the strata in the Region of Aysén.

### *Hydrography*

The analysis of the time series of weekly satellite images of sea surface temperature showed the following: a) warmer waters in the outer zone in comparison with the inner sector of the Region of Los Lagos, b) latitudinal gradients with temperature colder toward south during all the time period, and c) a generalized cooling of surface waters particularly during the last two weeks of cruise in June. The time series of weekly color satellite images (chlorophyll-*a*) showed higher concentration of chlorophyll-*a* in the outer zone of Chiloé and Canal of Chacao, followed by waters in the inner zone, and finally in the outer area. The monthly average of images, however, showed higher concentrations in the area of inner waters off the Boca del Guafo in May and in the outer zone of Chiloé in June.

Three zones in Los Lagos presented a column water with scarce changes in temperature by depth, but with a shallow stratum with important variations in salinity, density and higher stability. Maxima temperatures within the shallow stratum were slightly higher than the coastal sector of Chiloé, followed by the continental coastal area and the Seno de Reloncaví. In the shallow stratum, higher salinity was elevated in the coastal sector of Chiloé, moderate in the continental coastal sector, and lower in the Seno de Reloncaví. In the latter zone, the greater river runoff can explain the lower salinity that the river runoff of the coastal area of Chiloé. The water column presented concentrations higher than 2.5 mlO<sub>2</sub>/L in all of the sectors, but the Seno de Reloncaví showed lower concentrations than the other sectors.

In the Región de Aysén, the oceanographic conditions showed higher variations than the Región de Los Lagos. The three sectors (Canal Puyuhuapi, Aysén and Canal Moraleda) showed notable vertical gradients in temperature, salinity and oxygen. The Canal Puyuhuapi and the Fiordo Aysén presented an inverse thermocline. The surface temperatures were between 8.5 and 9 °C and increases until 10.5-11 °C at 30-40 m depth, and after decreasing temperature with depth. The lower surface temperature and salinity occurred in the Fiordo Aysén (ca. 12 psi and 8°C). The salinity was low in the sectors because the input of fresh water. The Canal Moraleda presented an inverse thermocline, lower salinity and density in surface layers, but with higher values than the Canal Puyuhuapi and Fiordo Aysén. The dissolved oxygen was higher than 2.5 mlO<sub>2</sub>/L with exception of the Fiordo Aysén in which the dissolved oxygen was minimal (1 mlO<sub>2</sub>/L). Concentrations of dissolved oxygen were higher in Canal Moraleda because the influence of oceanic waters in this sector.

### *Ichthyoplankton*

The number of stations with egg and larvae was low in both the Región de Los Lagos and the Región de Aysén. In Los Lagos, the eggs of anchovy occurred in one station of the Seno de Reloncaví and another station in the continental coastal sector. Eggs of the common sardine occurred in one station of the continental coastal area and another station close to the coast of Chiloé. Eggs of austral sardine occurred only in one station on the coast of Chiloé. Unidentified eggs of Clupeids occurred in one station of the coast of Chiloé. In the outer zone of Aysén occurred one station with anchovy eggs, two stations with common sardine eggs, and another station

with non-identified eggs of clupeids. Eggs of austral sardine were not found in the Región de Aysén. The egg abundance was lower in all of the stations. The abundance of the three species was higher in the stratum 0-25 m. The abundance of anchovy was 55 egg/1000m<sup>3</sup> in the continental coastal sector. The abundance of the common sardine was 277 egg/1000m<sup>3</sup> in the same sector, and the abundance of the austral sardine was 143 egg/1000m<sup>3</sup> in the coast of Chiloé. Larvae of austral sardine with notochordal pre-flexion occurred only in one station on the coast of Chiloé. In the Región de Aysén, there were not larvae either in notochordal pre-flexion or post-flexion.

Ranges of temperature and salinity in which eggs of the anchovy and the common sardine overlapped in each region, but the range of temperature was low in the Región de Aysén. Eggs and larvae of austral sardine occurred at the low extreme of temperature. In terms of salinity, the eggs and larvae of austral sardine were in the higher values as compared with anchovy and sardine.

*Retrospective analysis of ichthyoplankton y mesozooplankton*

The distribution of egg and larvae of small pelagic is coincident with the sectors with egg and larvae obtained during hydroacoustic surveys carried out in January 2011. The number of stations with egg and larvae was higher in January 2011, particularly the anchovy eggs. The frequency of positive stations and greater abundance of egg and larvae of the three species occurred in the Los Lagos. Higher proportion of positive station with anchovy eggs tends to occur northern and along the continental coast in the Los Lagos. Eggs of the common sardine tend to occur in both the coast of Chiloé and the continental coastal sectors. The hydrographic conditions in those strata in which egg and larvae occurred were similar to January 2011 and May-June 2013. The range of temperature and salinity in which egg and larvae occurred was wider in the Los Lagos than in the Región de Aysén. In addition, egg and larvae of the anchovy and the common sardine were abundant in waters with lower salinities and higher temperatures than the egg and larvae of the austral sardine.

The distribution of small copepods, large copepods and euphausiids during the cruises of January 2011 and May-June 2013 showed small differences between the Región de Los Lagos and the Región de Aysén. The abundance of the three groups of zooplankton was higher in Los Lagos than in Aysén, and the distribution is coincident with sectors in which eggs and larvae occurred. The monthly average abundance of copepods, which was obtained from the CIMAR database, showed higher abundance during the reproductive seasons and the higher larval abundance of the three small pelagic fish during spring.

# Índice general

<b>Objetivos</b>	<b>18</b>
1.1. Objetivo general . . . . .	18
1.2. Objetivos específicos . . . . .	18
<b>Antecedentes</b>	<b>19</b>
<b>Metodología general</b>	<b>21</b>
3.1. Area y periodo de estudio . . . . .	21
3.1.1. Muestreo acústico . . . . .	21
3.1.1.1. Ecosondas . . . . .	24
3.1.1.2. Calibración de equipos . . . . .	25
3.1.2. Pesca de identificación . . . . .	26
3.1.3. Procesamiento y análisis de los datos acústicos . . . . .	30
3.2. Estimación de la abundancia y biomasa . . . . .	32
3.2.1. Método estratificado . . . . .	32
3.2.2. Estimación modelo-basada . . . . .	33
3.2.2.1. Método geoestadístico . . . . .	33
3.2.2.2. Funciones de distribución de probabilidad . . . . .	35
3.3. Composición de especies, tallas, edades, sexo y estadios de madurez sexual . . . . .	38
3.3.1. Tamaño de muestra efectivo . . . . .	38

3.3.2.	Tamaño de muestra composición por tallas y edades . . . . .	39
3.3.3.	Otolitos . . . . .	40
3.3.3.1.	Lectura de otolitos . . . . .	40
3.3.3.2.	Claves talla-edad . . . . .	41
3.3.4.	Estructura de tallas . . . . .	42
3.3.5.	Determinación del sexo y madurez . . . . .	42
3.3.5.1.	Estimador de la proporción de estados de madurez por estratos . . . . .	42
3.4.	Fauna acompañante e incidental . . . . .	44
3.5.	Hidrografía del área en el periodo de estudio . . . . .	45
3.5.1.	Muestreo oceanográfico y de ictioplancton . . . . .	45
3.5.2.	Trabajo en laboratorio . . . . .	45
3.5.2.1.	Análisis de muestras de zooplancton . . . . .	45
3.5.3.	Análisis hidrográfico . . . . .	48
3.5.4.	Asociación entre variables oceanográficas y densidad de pequeños pelágicos . . . . .	48
3.5.4.1.	Ictioplancton e hidrografía . . . . .	48
3.5.5.	Análisis retrospectivo de distribución de huevos y larvas y distribución de mesozooplancton quitinoso . . . . .	50
3.5.6.	Análisis de la circulación y relaciones ambiente-recurso . . . . .	50
3.5.6.1.	Análisis histórico . . . . .	50
3.5.6.2.	Correntometría . . . . .	51
3.5.6.3.	Imágenes satelitales . . . . .	52
3.5.6.4.	Análisis de la correntometría y series de tiempo . . . . .	52
3.6.	Relación talla-fuerza de blanco (L-TS) de sardina austral . . . . .	53
3.6.1.	Plataforma experimental . . . . .	53
3.6.2.	Diseño de experimentos y registros acústicos . . . . .	59
3.6.3.	Estimación de la fuerza de blanco . . . . .	59

3.6.4. El análisis biológico . . . . .	61
<b>Resultados</b>	<b>62</b>
4.1. Abundancia y biomasa de pelágicos pequeños . . . . .	62
4.1.1. Estimación estratificada . . . . .	62
4.1.1.1. Sardina austral . . . . .	62
4.1.1.2. Anchoveta . . . . .	81
4.1.1.3. Sardina común . . . . .	81
4.1.2. Estimación geoestadística paramétrica . . . . .	88
4.1.2.1. Funciones de distribución de probabilidad . . . . .	90
4.1.2.2. Estimación bootstrap . . . . .	95
4.2. Composición de especies, tallas, edades, sexo y estadios de madurez sexual . . . . .	97
4.2.1. Estructura de tallas . . . . .	97
4.2.2. Proporción sexual . . . . .	101
4.2.3. Muestreos biológicos . . . . .	101
4.2.4. Relación longitud-peso . . . . .	101
4.2.5. Aspectos reproductivos: Estados de madurez e índice gonadosomático . . . . .	108
4.2.6. Estructura de edad . . . . .	111
4.2.6.1. Clave talla-edad . . . . .	111
4.2.7. Abundancia a la edad . . . . .	116
4.2.8. Tamaño muestral . . . . .	120
4.2.8.1. Tamaño de muestra efectivo . . . . .	120
4.2.8.2. Coeficiente de variación promedio ponderado (MWCV) . . . . .	120
4.3. Hidrografía del área en el periodo de estudio . . . . .	122
4.3.1. Zona y periodo de estudio . . . . .	122
4.3.2. Temperatura Superficial del Mar y Clorofila- <i>a</i> superficial . . . . .	122
4.3.3. Perfiles de características hidrográficas. . . . .	128

4.3.4.	Secciones verticales de las variables hidrográficas . . . . .	133
4.3.5.	Distribución del ictioplancton . . . . .	140
4.3.5.1.	Abundancia de huevos y larvas 2013 . . . . .	140
4.3.6.	Comparación del ictioplancton entre enero 2011 y Junio 2013 . . . . .	141
4.3.7.	Distribución de mesozooplancton . . . . .	141
4.3.8.	Crucero hidroacústico de Junio 2013 . . . . .	142
4.3.9.	Serie histórica de cruceros en primavera (noviembre) 2006-2010. . . . .	142
4.3.10.	Características hidrográficas y de circulación general . . . . .	155
4.3.10.1.	Hidrografía y circulación en el estuario y seno de Reloncaví y mar interior de Chiloé . . . . .	157
4.3.10.2.	Productividad biológica y flujos de carbono en estuario y seno de Reloncaví y mar interior de Chiloé . . . . .	157
4.3.11.	Correntometría . . . . .	159
4.3.11.1.	Distribución vertical de velocidad . . . . .	159
4.3.11.2.	Diagramas de dispersión y de trazos . . . . .	160
4.3.11.3.	Distribución vertical de velocidad media . . . . .	160
4.3.11.4.	Histogramas de frecuencias de la dirección y magnitud de las velocidades . . . . .	161
4.3.11.5.	Distribuciones verticales de velocidades residuales . . . . .	161
4.3.12.	Imágenes satelitales . . . . .	165
4.3.12.1.	Temperatura superficial del mar . . . . .	165
4.3.12.2.	Clorofila (CHL) . . . . .	166
4.3.12.3.	Análisis histórico satelital . . . . .	166
4.4.	Estimación de la relación talla-fuerza de blanco . . . . .	180
4.4.0.4.	Descripción de las actividades realizadas . . . . .	180
	<b>Análisis y discusión de resultados</b>	<b>192</b>
	<b>Conclusiones</b>	<b>197</b>

<b>Referencias</b>	<b>199</b>
<b>A. Modificaciones al diseño de evaluación hidroacústica</b>	<b>1</b>
A.1. Antecedentes . . . . .	1
A.1.1. Términos de Referencia . . . . .	1
A.1.2. Objetivos . . . . .	2
A.1.3. Participantes . . . . .	2
A.2. Desarrollo de los talleres . . . . .	2
A.2.1. Primer taller de trabajo - Puerto Montt . . . . .	2
A.2.1.1. Acuerdos y compromisos . . . . .	4
A.2.2. Segundo taller de trabajo - Puerto Montt . . . . .	4
A.2.2.1. Acuerdos y compromisos . . . . .	4
A.2.2.2. Tercer taller de trabajo - Coyhaique . . . . .	5
A.3. Diseño muestral hidroacústico . . . . .	5
A.4. Listado de participantes . . . . .	9
<b>B. Taller de Trabajo: Difusión de resultados de la evaluación acústica de sardina austral</b>	<b>13</b>
B.1. Presentación . . . . .	13
B.2. Objetivo . . . . .	13
B.3. Metodología general . . . . .	14
B.3.1. Áreas y periodo de estudio . . . . .	14
B.3.2. Procesamiento y análisis de los datos acústicos . . . . .	15
B.3.3. Estimación de la biomasa . . . . .	18
B.3.3.1. Método estratificado . . . . .	18
B.3.3.2. Método geoestadístico . . . . .	18
B.4. Resultados . . . . .	18
B.4.1. Método estratificado . . . . .	18

B.4.2. Geoestadística . . . . .	19
B.5. Consideraciones finales . . . . .	19
<b>C. Informe y base de datos</b>	<b>23</b>

# Índice de tablas

3.1. Información de distribución geográfica de lances de comprobación, zona donde se realizaron y características generales de la captura. Región de los Lagos. . . . .	28
3.2. Información de distribución geográfica de lances de comprobación, zona donde se realizaron y características generales de la captura. Región de Aysén. . . . .	29
3.3. Funciones de distribución de probabilidad utilizadas para describir la probabilidad de observar valores de densidad acústica de pequeños pelágicos. . . . .	37
3.4. Escala empírica de estados de madurez sexual (EMS) para hembras de especies desovantes parciales (adaptada de Holden y Raitt, 1975). . . . .	43
3.5. Constantes empleadas en el proceso de estimación de la TS de sardina común. . . . .	60
4.6. Estadísticos descriptivos de la densidad media ( $t \times mn^2$ ) de sardina austral, por zona y estrato de profundidad en la Región de Los Lagos, según TS = 67.8 de Niklitschek et al. (2009.) . . . . .	64
4.7. Estadísticos descriptivos de la densidad media ( $t \times mn^2$ ) de sardina austral, por zona y estrato de profundidad en la Región de Los Lagos, según TS = 67.59 (este estudio). . . . .	65
4.8. Estimación de biomasa (ton) de sardina austral por estratos geográficos y de profundidad en la Región de Los Lagos. Se incluye estadísticos. . . . .	66
4.9. Estimación de biomasa (ton) de sardina austral por estratos geográficos y de profundidad en la Región de Los Lagos. Se incluye estadísticos. . . . .	67
4.10. Biomasa de sardina austral por estructura de talla en cada zona de estudio empleando un valor de TS = 67,8 (Niklitschek et al. 2009). Integración rango profundidad 0 – 200 m. . . . .	68
4.11. Biomasa de sardina austral por estructura de talla en cada zona de estudio empleando un valor de TS = 67,59 (este estudio). Integración rango profundidad 0 – 200 m. . . . .	69

4.12. Abundancia de Sardina austral ( $N^{\circ}$ ind $\times 10^6$ ) por estructura de talla en cada zona de estudio empleando un valor de TS = 67,8 (Niklitschek et al. 2009). Integración rango profundidad 0 – 200 m. . . . .	70
4.13. Abundancia de Sardina austral ( $N^{\circ}$ ind $\times 10^6$ ) por estructura de talla en cada zona de estudio empleando un valor de TS = 67,59 (este estudio). Integración rango profundidad 0 – 200 m. . . . .	71
4.14. Estadísticos descriptivos de la densidad media ( $t \times mn^2$ ) de sardina austral, por zona y estrato de profundidad en la Región de Aysén, según TS = 67.8 de Niklitschek et al. (2009). . . . .	73
4.15. Estadísticos descriptivos de la densidad media ( $t \times mn^2$ ) de sardina austral, por zona y estrato de profundidad en la Región de Aysén, TS = 67.59 (este estudio). . . . .	74
4.16. Estimación de biomasa (ton) de sardina austral por estratos geográficos y de profundidad en la Región de Aysén. Se incluye estadísticos. . . . .	75
4.17. Estimación de biomasa (ton) de sardina austral por estratos geográficos y de profundidad en la Región de Aysén. Se incluye estadísticos. . . . .	76
4.18. Biomasa de sardina austral por estructura de talla en cada estrato geográficos empleando un valor de TS = 67,8 (Niklitschek et al. 2009). Integración rango profundidad 0 – 200 m. . . . .	77
4.19. Biomasa de sardina austral por estructura de talla en cada zona de estudio empleando un valor de TS = 67,59 (este estudio). Integración rango profundidad 0 – 200 m. . . . .	78
4.20. Abundancia de Sardina austral ( $N^{\circ}$ ind $\times 10^6$ ) por estructura de talla en cada zona de estudio empleando un valor de TS = 67,8 (Niklitschek et al. 2009). Integración rango profundidad 0 – 200 m. . . . .	79
4.21. Abundancia de Sardina austral ( $N^{\circ}$ ind $\times 10^6$ ) por estructura de talla en cada zona de estudio empleando un valor de TS = 67,59 (este estudio). Integración rango profundidad 0 – 200 m. . . . .	80
4.22. Estadísticos descriptivos de la densidad media ( $t \times mn^2$ ) de anchoveta, por zona y estrato de profundidad en las Regiones de Los Lagos y de Aysén. . . . .	82
4.23. Estimación de biomasa (ton) de anchoveta por estratos geográficos y de profundidad en la Región de Los Lagos y Región de Aysén. Se incluye estadísticos. . . . .	83
4.24. Biomasa (ton) de anchoveta por clases de talla en cada estrato geográfico. Integración rango profundidad 0 – 200 m. . . . .	84
4.25. Abundancia de anchoveta por clases de talla en cada estrato geográfico. Integración rango profundidad 0 – 200 m. . . . .	85

4.26. Estimación de biomasa (ton) de sardina común en el estrato geográfico A y por estratos de profundidad en la Región de Los Lagos. . . . .	86
4.27. Biomasa y abundancia de sardina común por clases de talla en la Región de Los Lagos. Integración rango profundidad 0 – 200 m. . . . .	87
4.28. Estimación por máxima verosimilitud de la densidad media ( $t/km^2$ ) de sardina austral, X y XI Región. El error estándar se presentan entre paréntesis, para la densidad media se presenta su coeficiente de variación . . . . .	89
4.29. Resumen del desempeño del ajuste de modelos de distribución de probabilidad a los datos de densidad acústica de sardina austral en la X Región. . . . .	90
4.30. Resumen del desempeño del ajuste de modelos de distribución de probabilidad a los datos de densidad acústica de sardina común en la X Región. . . . .	91
4.31. Resumen del desempeño del ajuste de modelos de distribución de probabilidad a los datos de densidad acústica de anchoveta en la X Región. . . . .	92
4.32. Resumen de estimación de biomasa (B) para pequeños pelagicos de la X región, donde Var es la varianza, sd es desviación estandar y CV es coeficiente de variación. . . . .	93
4.33. Resumen del desempeño del ajuste de modelos de distribución de probabilidad a los datos de densidad acústica de sardina austral en la XI Región. . . . .	93
4.34. Resumen del desempeño del ajuste de modelos de distribución de probabilidad a los datos de densidad acústica de anchoveta en la XI Región. . . . .	94
4.35. Resumen de estimacion de biomasa (B) para pequeños pelagicos de la XI región, donde Var es la varianza, sd es desviación estandar y CV es coeficiente de variación. . . . .	95
4.36. Resultados de las densidades medias remuestreadas a nivel regional y por zonas de estudio para la cada uno de los valores de TS evaluadas . . . . .	96
4.37. Resultados de las densidades medias remuestreadas a nivel regional y por zonas de estudio para la cada uno de los valores de TS evaluadas . . . . .	96
4.38. Estructura de tallas de sardina austral por región y sexo . . . . .	100
4.39. Proporción sexual de sardina austral de la X y XI Regiones. . . . .	103
4.40. Proporción sexual de sardina austral de la X y XI Regiones por estratos geográficos. . . . .	104
4.41. Estadígrafos de parámetros biológicos, longitud total (Lt,cm) y peso total (Pt,g) de anchoveta (an), sardina común (sa) y sardina austral (sau), por región y zona de estudio. . . . .	105

4.42. Parámetros de la relación longitud-peso log-transformada de sardina austral, anchoveta y sardina común. . . . .	106
4.43. Frecuencia en número y porcentaje de los estados de madurez sexual macroscópicos registrados para sardina común (sc) y anchoveta (an) a nivel regional y zonas de estudio. . . . .	108
4.44. Frecuencia en número y porcentaje de los estados de madurez sexual macroscópicos registrados para sardina austral nivel regional y zonas de estudio. . . . .	109
4.45. Número de otolitos obtenidos en los muestreos (NOM) y número de otolitos leídos (NOL) para edad en sardina austral. (NOL %) . . . . .	111
4.46. Clave talla-edad de sardina austral de la X región . . . . .	112
4.47. Clave talla-edad de sardina austral de la XI región . . . . .	115
4.48. Abundancia a la edad de sardina austral de la X región . . . . .	118
4.49. Abundancia a la edad de sardina austral de la XI región. It:longitud total, var(It):varianza. . . . .	119
4.50. Resumen estadísticos para la evaluación de la precisión de los estimados de longitudes de sardina austral, anchoveta. . . . .	120
4.51. Resumen de la precisión de los estimados de la estructura de tallas de sardina austral (sau) y anchoveta (an). Donde sp denota la especie, st la región, n el número de individuos medidos, $\mu$ es la longitud promedio, c es el número clases de talla, n/c es el número de individuos por clases de talla medidos. $\sum pi * CV = \sum \sigma/n$ es el MWCV obtenido para cada región, y $MWCV = (n/c)^{-0.5}$ es la medida máxima teórica. . . . .	121
4.52. Embarcaciones utilizadas en los distintos cruceros en el muestreo de ictioplancton, coordenadas de las Regiones, periodo de muestreo y número de estaciones por sector. . . . .	122
4.53. Número de estaciones totales por estrato y sector, estaciones con huevos de anchoveta, sardina común, sardina fueguina y clupeidos, y el porcentaje que representan las estaciones por estrato con huevos de cada especie del total de estaciones muestreadas por sector, X región. . . . .	150
4.54. Número de estaciones totales por estrato y sector, estaciones con huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos, y el porcentaje que representan las estaciones por estrato con huevos de cada especie del total de estaciones muestreadas por sector, XI región. . . . .	151
4.55. Presencia de huevos y larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos asociados a las variables ambientales en los estratos en que estuvieron presentes. . . . .	152

4.56. Abundancia promedio de copépodos por grupo de tamaño y totales por región, periodo de estudio (año/mes) y sector. . . . .	153
4.57. Abundancia promedio de eufáusidos totales por región, periodo de estudio (año/mes) y sector. . . . .	154
4.58. Resultados del numero de registros y frecuencia de TS desde el escrutinio de la información diurna. Se incluye frecuencia de la talla de los ejemplares en cautiverio . . . . .	189
4.59. Resultados del numero de registros y frecuencia de TS desde el escrutinio de la información nocturna. Se incluye frecuencia de la talla de los ejemplares en cautiverio . . . . .	190
4.60. Resultados de la estimación de ecuaciones de TS para sardina austral desde registro acústico de ejemplares en cautiverio . . . . .	191
5.61. Estimaciones estratificadas de la biomasa de sardina austral en la Región de Los Lagos (mayo de 2013) y en la Región de Aysén (junio de 2013). . . . .	193
5.62. Resumen de la evaluación de la biomasa y abundancia de sardina austral realizados en aguas interiores de la X y XI Región. . . . .	194
A.1. Descripción del lugar, fecha, y participantes en los talleres de trabajo realizados para discutir la metodología general de evaluación hidroacústica de pelágicos pequeños. . . . .	3
B.1. Estimaciones estratificadas de la biomasa de sardina austral en la Región de Los Lagos (mayo de 2013) y en la Región de Aysén (junio de 2013). . . . .	19
B.2. Estimación por máxima verosimilitud de la densidad media ( $t/km^2$ ) de sardina austral, X y XI Región. El error estándar se presentan entre paréntesis, para la densidad media se presenta su coeficiente de variación . . . . .	21
B.3. Personal participante por actividad y horas-hombre realizadas. . . . .	22
C.1. Descriptores de los datos. . . . .	23

# Índice de figuras

3.1. Estratificación del área de estudio considerando 10 millas náuticas de la costa y según la localización de zonas de pesca de pelágicos pequeños (Cubillos et al., 2011) . . . . .	22
3.2. Recorrido del crucero de prospección acústica en la Región de Los Lagos (13 al 31 de Mayo de 2013) y en la Región de Aysén (3 al 30 de Junio de 2013) . . . . .	23
3.3. Procedimiento de instalación de los equipos acústicos a la banda de las embarcaciones. . . . .	25
3.4. Distribución espacial de los lances de pesca (totales) realizados en la Región de Los Lagos y en la Región de Aysén. . . . .	27
3.5. Distribución total de NASC para pequeños pelágicos en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén. . . . .	31
3.6. Estaciones de plancton y CTD realizados entre diciembre (2010) a enero (2011) en el crucero de Hidroacústico en la X Región, cubriendo los sectores costeros (Amarillo: Sector Seno Reloncavi; Celeste: Sector Costero Continental; Verde: Sector Costero Isla Chiloé). . . . .	46
3.7. Estaciones de plancton y CTD realizados en enero (2011) en el crucero Hidroacústico en la XI Región, cubriendo los sectores costeros (Café: Sector Interno; Amarillo: Sector Intermedio; Morado: Sector Externo; Círculos verdes: estaciones extras). . . . .	47
3.8. Clasificación de métodos para estimar la fuerza de blanco (de Foote 1991, en Lillo et al. 2007) . . . . .	54
3.9. Diagrama del diseño de la plataforma experimental a construir. Prototipo tomado de Howell (2008). . . . .	56
3.10. Plataforma experimental construida para obtener la fuerza de blanco de sardina austral. . . . .	57
3.11. Sector costero ubicado en la Fundación Chinquihue, Puerto Montt, Región de Los Lagos. . . . .	58
4.12. Distribución de NASC para sardina austral en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén. . . . .	63
4.13. Variograma exponencial que caracteriza la distribución espacial de la densidad poblacional ( $t/km^2$ ) de sardina austral en la Región de Los Lagos (izquierda) y Región de Aysén (derecha). . . . .	89

4.14. Estructura de tallas de pequeños pelágicos de la Región de los Lagos (X Región), donde an=anchoveta, sc=sardina común, y sau=sardina austral. . . . .	98
4.15. Estructura de tallas de pequeños pelágicos de la Región de Aysén (XI Región), donde an=anchoveta, y sau=sardina austral. . . . .	98
4.16. Estructura de tallas de sardina austral por zonas de estudio. B:Península Huequi, C:Islas Desiertos, E:Quellón, F:Islas Butachauques, H:Canal Moraleda, J:Fiordo Aysén, Quitralco y Cupquelan, L:zona de fiordos y canales occidentales y K:Fiordo Elefante y Quitralco . . . . .	99
4.17. Diagrama de caja de la Longitud (cm) de pequeños pelagicos de la X y XI Regiones. . . . .	102
4.18. Diagrama de caja del peso total (g) de pequeños pelagicos de la X y XI Regiones. . . . .	102
4.19. Diagrama de caja de la longitud (cm) y peso total (g) de sardina austral por zonas. A:Seno de Reloncaví, B:Península Huequi, C:Islas Desiertos, E:Quellón, F:Islas Butachauques, H:Canal Moraleda,I:Canal Puyuhuapi, J:Fiordo Aysén, Quitralco y Cupquelan y L:zona de fiordos y canales occidentales. . . . .	104
4.20. Proyección log-transformada del peso a la talla de sardina austral para ambas regiones . . . . .	106
4.21. Proyección log-transformada del peso a la talla de anchoveta para ambas regiones . . . . .	107
4.22. Proyección log-transformada del peso a la talla de sardina común para la X región . . . . .	107
4.23. Índice gonadosomatico para sardina austral, anchoveta y sardina común. . . . .	110
4.24. Distribución de frecuencia de longitud total de los individuos de sardina austral utilizados en la estimación de la edad en ambas regiones . . . . .	113
4.25. Distribución de frecuencia de individuos de sardina austral por grupo de edad en ambas regiones. . . . .	114
4.26. Abundancia a la edad por longitud (cm) de sardina austral.lt:longitud total, var(lt):varianza. . . . .	116
4.27. Abundancia a la longitud promedio a la edad de sardina austral. . . . .	117
4.28. Estaciones bio-oceanográficas (plancton - CTD) efectuadas en la X y XI regiones durante el crucero de mayo y junio del 2013, separadas por sector. X región: Circulo amarillo: Sector Seno Reloncaví; Circulo rojo: Sector Costero Continental; Circulo azul: Sector Costero Isla Chiloé. XI región: Círculo morado: Sector Interno; Circulo calipso: Sector Intermedio; Circulo verde: Sector Externo. . . . .	123
4.29. Imágenes satelitales semanales de temperatura superficial del mar (°C) durante el periodo de muestreo 2013 . . . . .	124

4.30. Imágenes satelitales mensuales de temperatura superficial del mar ( $^{\circ}\text{C}$ ) durante el periodo de muestreo 2013 . . . . .	125
4.31. Imágenes satelitales semanales de la concentración de clorofila $a$ ( $\text{mg m}^{-3}$ ) durante el periodo de muestreo 2013 . . . . .	126
4.32. Imágenes satelitales mensuales de la concentración de clorofila $a$ ( $\text{mg m}^{-3}$ ) durante el periodo de muestreo 2013 . . . . .	127
4.33. Perfiles de temperatura, salinidad, densidad y frecuencia de Brunt-Vaisala con todos los datos del sector del Seno de Reloncaví. Los colores representan la concentración de oxígeno, fluorescencia y salinidad. . . . .	129
4.34. Perfiles de temperatura, salinidad, densidad y frecuencia de Brunt-Vaisala con todos los datos del sector costero continental. Los colores representan la concentración de oxígeno, fluorescencia y salinidad. . . . .	130
4.35. Perfiles de temperatura, salinidad, densidad y frecuencia de Brunt-Vaisala con todos los datos del sector costero de la Isla de Chiloé. Los colores representan la concentración de oxígeno, fluorescencia y salinidad. . . . .	130
4.36. Perfiles verticales de temperatura, salinidad, densidad y frecuencia de Brunt-Vaisala con todos los datos del sector interno (Canal Puyuhuapi). Los colores representan la concentración de oxígeno, fluorescencia y salinidad. . . . .	131
4.37. Perfiles de temperatura, salinidad, densidad y frecuencia de Brunt-Vaisala con todos los datos del sector interno (Seno Aysén). Los colores representan la concentración de oxígeno, fluorescencia y salinidad. . . . .	131
4.38. Perfiles de temperatura, salinidad, densidad y frecuencia de Brunt-Vaisala con todos los datos del sector intermedio (Canal Moraleda). Los colores representan la concentración de oxígeno, fluorescencia y salinidad. . . . .	132
4.39. Secciones de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (PSU), oxígeno ( $\text{ml/l}$ ), densidad ( $\text{sigma-t}$ ), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala ( $\text{cycl/h}$ ) en el sector del Seno Reloncaví (X región) . . . . .	134
4.40. Secciones de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (PSU), oxígeno ( $\text{ml/l}$ ), densidad ( $\text{sigma-t}$ ), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala ( $\text{cycl/h}$ ) en el sector costero continental (X región). . . . .	135
4.41. Secciones de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (PSU), oxígeno ( $\text{ml/l}$ ), densidad ( $\text{sigma-t}$ ), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala ( $\text{cycl/h}$ ) en el sector costero de la Isla de Chiloé (X región). . . . .	136

4.42. Secciones de temperatura (°C), salinidad (PSU), oxígeno (ml/l), densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (cycl/h) en el sector interno (Canal Puyupuahi, XI región). . . . .	137
4.43. Secciones de temperatura (°C), salinidad (PSU), oxígeno (ml/l), densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (cycl/h) en el sector interno (Seno Aysén, XI región). . . . .	138
4.44. Secciones de temperatura (°C), salinidad (PSU), oxígeno (ml/l), densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (cycl/h) en el sector intermedio (Canal Moraleda, XI región). . . . .	139
4.45. Distribución de huevos, larvas pre-flexión y post-flexión de anchoveta durante mayo-junio 2013 (panel superior) y durante Enero 2011 (panel inferior), X Región. . . . .	143
4.46. Distribución de huevos, larvas pre-flexión y post-flexión de sardina común durante mayo-junio 2013 (panel superior) y durante Enero 2011 (panel inferior), X Región. . . . .	144
4.47. Distribución de huevos, larvas pre-flexión y post-flexión de sardina austral durante mayo-junio 2013 (panel superior) y durante Enero 2011 (panel inferior), X Región. . . . .	145
4.48. Distribución de huevos, larvas pre-flexión y post-flexión de anchoveta durante mayo-junio 2013 (panel superior) y durante Enero 2011 (panel inferior), XI Región. . . . .	146
4.49. Distribución de huevos, larvas pre-flexión y post-flexión de sardina común durante mayo-junio 2013, XI Región. . . . .	147
4.50. Distribución de huevos, larvas pre-flexión y post-flexión de sardina austral durante mayo-junio 2013 (panel superior) y durante Enero 2011 (panel inferior), XI Región. . . . .	148
4.51. Abundancia de A) copépodos y B) eufáusidos en estrato 0-50m en noviembre a) 2006, b) 2007, c) 2008, d) 2009 y e) 2010. Cruceros CIMAR 12-16. . . . .	149
4.52. Modelo de circulación de tres capas propuesto por Silva et al. (1998), a = 0-30 m, b = 30-150 m, c 0 >150 m). . . . .	156
4.53. Componentes zonales y meridionales de la velocidad en el anclaje sur Calbuco en la profundidad de 0 a 24 m. . . . .	159
4.54. Diagrama de dispersión de las componentes U(E-W) y V(N-S) de la velocidad para el anclaje Sur Calbuco y los diagramas de trazos en las capas de fondo (22.5 hasta 24 m). . . . .	160
4.55. Diagrama de dispersión de las componentes U(E-W) y V(N-S) de la velocidad para el anclaje Sur Calbuco y los diagramas de trazos en las capas de fondo (2.5 hasta 4 m). . . . .	161

4.56. Distribución vertical de velocidades medias de la componente zonal y meridional (color azul). Y la distribución vertical media de velocidades medias de la componente zonal y meridional para el periodo de Junio 2013 (color rojo). . . . .	162
4.57. Histogramas de frecuencias de la presencia de la dirección y magnitud de la corriente de fondo (23.5 y 22.5 m) para Junio y Julio 2013. . . . .	163
4.58. Histogramas de frecuencias de la presencia de la dirección y magnitud de la corriente de superficie (3.5 y 2.5 m) para Junio y Julio 2013. . . . .	163
4.59. Distribución vertical de velocidades residuales E-O y N-S para Junio y Julio 2013. . . . .	164
4.60. Vectores progresivos integrados de Fondo (14 a 25 m), subsuperficial (7 a 14 m) y superficial (1 a 7 m) para Junio y Julio 2013. . . . .	164
4.61. Imágenes satelitales semanales de temperatura superficial del mar para Mayo 2013. . . . .	168
4.62. Imágenes satelitales semanales de temperatura superficial del mar para Mayo 2013. . . . .	169
4.63. Imágenes satelitales semanales de temperatura superficial del mar para Mayo 2013. . . . .	170
4.64. Imágenes satelitales semanales de temperatura superficial del mar para Mayo 2013. . . . .	171
4.65. Imágenes satelitales semanales de temperatura superficial del mar para Mayo 2013. . . . .	172
4.66. Imágenes satelitales semanales de temperatura superficial del mar para Mayo 2013. . . . .	173
4.67. Series temporales de anomalías de la TSM satelital entre 2003-2013. . . . .	174
4.68. Series temporales de anomalías acumuladas de la TSM satelital entre 2003-2013. . . . .	175
4.69. Series temporales de anomalías de la CHL satelital entre 2005-2012. . . . .	176
4.70. Series temporales de anomalías acumuladas de la CHL satelital entre 2003-2013. . . . .	177
4.71. Series temporales de las componentes de la velocidad U y V del viento satelital entre 2003-2013. . . . .	178
4.72. Series temporales de la anomalía acumulada de las componentes de la velocidad U y V del viento satelital entre 2003-2013. . . . .	179
4.73. Construcción de plataforma de mantención para ejemplares vivos. . . . .	180
4.74. Transporte hacia la plataforma de mantención. . . . .	181
4.75. Instalación de la plataforma de mantención en muelle industrial Fundación Chiquihue. Inclusion de malla. . . . .	182
4.76. Transporte de ejemplares vivos de sardina austral para experimento de TS. . . . .	183

4.77. Ingreso de ejemplares vivos de sardina austral a la plataforma de mantención . . . . .	184
4.78. Ejemplares vivos de sardina austral empleados en experimento determinación TS . . . . .	184
4.79. Adecuación del equipo acústico antes de su instalación sobre plataforma de mantención . . . . .	185
4.80. Instalación del equipo acústico sobre plataforma de mantención . . . . .	185
4.81. Registro acústico Nocturno . . . . .	186
4.82. Registro acústico Diurno . . . . .	186
4.83. Registro acústico de los ejemplares de sardina austral mantenidos en cautiverio. . . . .	187
4.84. Frecuencia de valores de TS sobrepuesta al histograma de tallas de los ejemplares en cautiverio, registro de información diurna . . . . .	188
A.1. Diseño del track de navegación sistemático propuesto para realizar el muestreo hidroacústico la Región de Los Lagos. . . . .	7
A.2. Diseño del track de navegación sistemático propuesto para realizar el muestreo hidroacústico la Región de Aysén. . . . .	8
A.3. Ejemplo de las minigrillas adaptativas y del track de navegación sistemático en canales y fiordos. . . . .	8
B.1. Estratificación del área de estudio considerando 10 millas náuticas de la costa y según la localiza- ción de zonas de pesca de pelágicos pequeños (Cubillos et al., 2011) . . . . .	14
B.2. Recorrido del crucero de prospección acústica en la Región de Los Lagos (13 al 31 de Mayo de 2013) y en la Región de Aysén (3 al 30 de Junio de 2013) . . . . .	15
B.3. Distribución total de NASC para pequeños pelágicos en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén. . . . .	16
B.4. Variograma exponencial que caracteriza la distribución espacial de la densidad poblacional ( $t/km^2$ ) de sardina austral en la Región de Los Lagos (arriba) y Región de Aysén (abajo). . . . .	20

# Objetivos

## 1.1. Objetivo general

Evaluar el stock de las principales especies de pelágicos pequeños en el mar interior de Chiloé, estructurado en edad y talla, mediante el método hidroacústico, determinando los principales indicadores biológico-pesqueros de cada uno de los recursos.

## 1.2. Objetivos específicos

1. Estimar abundancia y biomasa por clase de talla, grupo de edad y estrato geográfico, de los recursos anchoveta, sardina común y sardina austral, presentes en la zona de estudio.
2. Determinar la composición de especies, tallas, edades, sexo y estadios de madurez sexual de los pelágicos pequeños, según distribución espacial y batimétrica detectados acústicamente en la zona de estudio.
3. Caracterizar la hidrografía del área en el periodo de estudio.
4. Estimar la relación talla-fuerza de blanco (L-TS) de sardina austral.

# Antecedentes

En aguas interiores de la Región de Los Lagos se desarrolla la pesquería de peces pelágicos pequeños, sustentada por anchoveta *Engraulis ringens*, sardina común *Strangomera bentincki* y sardina austral *Sprattus fuenguensis*. Asimismo, en aguas interiores de la Región de Aysén la pesquería se sustenta únicamente en sardina austral. Sin embargo, en esta última región los desembarques de sardina austral son bajos e irregulares. En la Región de Los Lagos, las zonas de pesca se localizan en las áreas costeras, aunque los mayores rendimientos de pesca se obtienen en las cercanías de Calbuco y Puerto Montt (Aranis et al. 2006, 2009).

En 2006, Niklitschek et al. (2009) realizaron una evaluación hidroacústica en el mar interior de Chiloé, estimando 18,3 millones de individuos y biomasa de 335 mil toneladas en otoño de ese año. Además, dos evaluaciones hidroacústicas adicionales han cubierto el mar interior y fiordos de la Región de Los Lagos y de la Región de Aysén (Niklitschek et al. 2009, Cubillos et al. 2011). De acuerdo con Niklitschek et al. (2009), el nivel de biomasa fue similar entre la Región de Los Lagos (Puerto Montt-Golfo de Corcovdo) y la Región de Aysén (Golfo de Corcovado-Estero Elefantes). Sin embargo, debido a problemas logísticos y climáticos no fue posible evaluar simultáneamente toda el área, correspondiendo las estimaciones a los meses de otoño en Los Lagos y a la primavera en Aysén. Cubillos et al. (2011) realizaron una evaluación casi simultánea en ambas regiones, iniciándose en diciembre de 2010 y finalizando en enero de 2011. Estos resultados despertaron el interés por conocer el nivel de conectividad entre las dos regiones y estudiar posibles migraciones estacionales entre ellas.

Niklitschek et al. (2009) evaluaron mediante hidroacústica una abundancia de 6800 millones de ejemplares en la Región de Los Lagos en otoño, y de 29,2 millones de ejemplares en la Región de Aysén en primavera. La biomasa de sardina austral fue evaluada en 114,6 mil toneladas en otoño ( $CV \pm 22\%$ ) en la Región de Los Lagos, y de 150,7 mil ton ( $CV \pm 13\%$ ) en primavera para la Región de Aysén. Cubillos et al. (2011), estimaron niveles de biomasa más bajos en verano de 2011, estimándose 68 mil ton en la Región de Los Lagos y de 48 mil ton en la Región de Aysén.

La disminución de biomasa detectada por Cubillos et al. (2011) coincidió con la caída de las capturas, y de los rendimientos de pesca. En este contexto, es oportuno evaluar el nivel de biomasa actual de sardina austral. Sin embargo, de acuerdo con las Bases Especiales, se solicita que la biomasa de sardina austral sea evaluada en otoño.

En dicho periodo se verifica el ingreso de la fracción juvenil de sardina austral en las capturas, lo que implica una probable evaluación del reclutamiento y biomasa sobreviviente a la temporada 2013.

En este contexto, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura a través del Fondo de Investigación Pesquera llamaron a una licitación para ejecutar el proyecto FIP 2013-11: “EVALUACIÓN HIDROACÚSTICA DE PEQUEÑOS PELÁGICOS EN AGUAS INTERIORES DE LA X Y XI REGIONES, AÑO 2013”, llamado al cual la Universidad de Concepción participó y obtuvo la ejecución del proyecto con la participación de investigadores adscritos al Programa COPAS Sur-Austral (Proyecto PFB-31/2007) y del Laboratorio de Evaluación de Poblaciones Marinas (EPOMAR). La experiencia del equipo de trabajo, incluye la adjudicación y desarrollo de la evaluación acústica de pequeños pelágicos en el año 2010-2011. Adicionalmente, en esta propuesta se resalta la asociación, colaboración y compromisos de participación de entidades con reconocida trayectoria en investigación como la Fundación Chiquihue y la colaboración del Dr. Mariano Gutierrez como consultor independiente de amplia experiencia en estudios acústicos y en terreno.

# Metodología general

## 3.1. Area y periodo de estudio

El área de estudio se localiza en aguas interiores de la Región de Los Lagos y de la Región de Aysén, cuyos límites geográficos comprenden desde el Seno de Reloncaví hasta el sur del Canal Costa. Esta cobertura espacial es comparable con la de estudios previos realizados (Niklitschek et al. 2009, Cubillos et al. 2011). En la Región de Los Lagos y de Aysén, el área de estudio quedó definida por 6 y 5 estratos, respectivamente (**Figura 3.1**). El tamaño de los estratos fue definido por una distancia de 10 mn de la costa, y sus límites fueron acordados según la conformación de zonas de pesca, e información *ad hoc* provista por los pescadores de cada región. Al interior de la Región de los Lagos la cobertura espacial abarcó desde el Seno y Estuario Reloncaví, sector Islas Desertores, Islas Puduguapi (Ensenada Chaitén) hasta el sur de Punta Cucagua; además del área de la costa este de Chiloé, Quellón, Queilén, Chonchi y los sectores aledaños de Islas Chauques e Islas Butachauques (**Figura 3.1**). Mientras que en la Región de Aysén, el área de evaluación comprendió parte del Canal Moraleda, el fiordo Aysén, los canales Puyuhuapi y Jacaf (sector isla Gala), y los canales Costa, Quitralco, Cupuelan (**Figura 3.1**).

### 3.1.1. Muestreo acústico

El muestreo acústico de estos estratos fue realizado mediante un trazado de navegación continuo, el cual involucró 1080 millas náuticas en la Región de Los Lagos y de 937 millas náuticas en la Región de Aysén (**Figura 3.2**). El periodo de estudio quedó definido entre el 13 de mayo y 31 de mayo de 2013 en la Región de Los Lagos, y entre el 3 y 30 de junio de 2013 en la Región de Aysén.

El trazado de navegación fue acordado con los pescadores, con el objeto de evaluar acústicamente las zonas de pesca donde ellos operan regularmente. Las Bases Especiales de licitación del proyecto solicitaban que se cubriera "... *adecuada y extensivamente los sectores de pesca visitados tradicionalmente por la flota de cerco artesanal*". En este contexto, las primeras actividades desarrolladas en el proyecto consistieron en realizar una

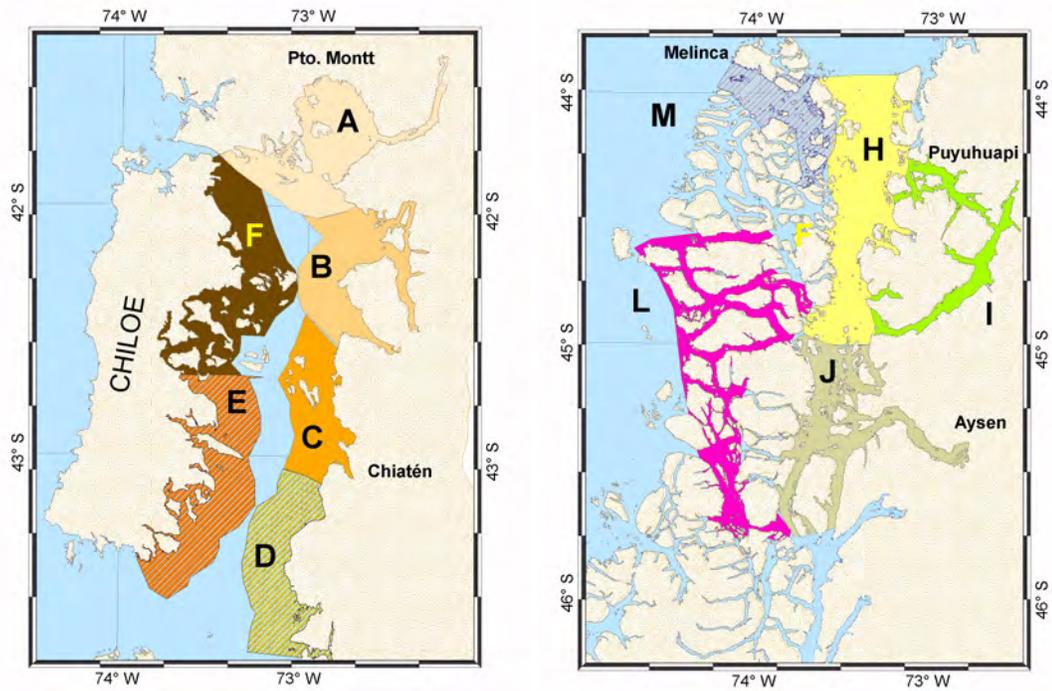


Figura 3.1: Estratificación del área de estudio considerando 10 millas náuticas de la costa y según la localización de zonas de pesca de pelágicos pequeños (Cubillos et al., 2011)

serie de reuniones y talleres de trabajo para comunicar y someter a discusión los aspectos metodológicos relativos al muestreo hidroacústico de peces pelágicos pequeños en el área de estudio. Uno de los aspectos relevantes fue establecer con los usuarios de la pesquería aquellas zonas de pesca en las que opera frecuentemente la flota artesanal con el propósito considerarlas durante los recorridos de prospección del crucero.

Producto de estas reuniones, de carácter técnico, se resolvió realizar modificaciones al diseño de muestreo hidroacústico propuesto en la Oferta Técnica y contó con el acuerdo de sectorialistas de Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y aprobadas por Fondo de Investigación Pesquera (FIP) (ver **ANEXO 1**). Las modificaciones realizadas tuvieron el propósito de mejorar la evaluación hidroacústica de los pelágicos pequeños en aguas interiores de la Región de Los Lagos y de la Región de Aysén.

El diseño de prospección indicado permitió un esfuerzo de prospección continua, donde el proceso de estimación de la varianza procede como si las líneas de prospección acústica constituyeran líneas aleatorias, independientemente asignadas dentro del área de estudio (Buckland et al. 2001). Aunque la estimación de la varianza puede ser sesgada, los diseños sistemáticos son más eficientes que las transectas aleatorias. El proceso de aleatorización quedó establecido al asignar la primera línea del track en el área de estudio. En áreas particularmente estrechas

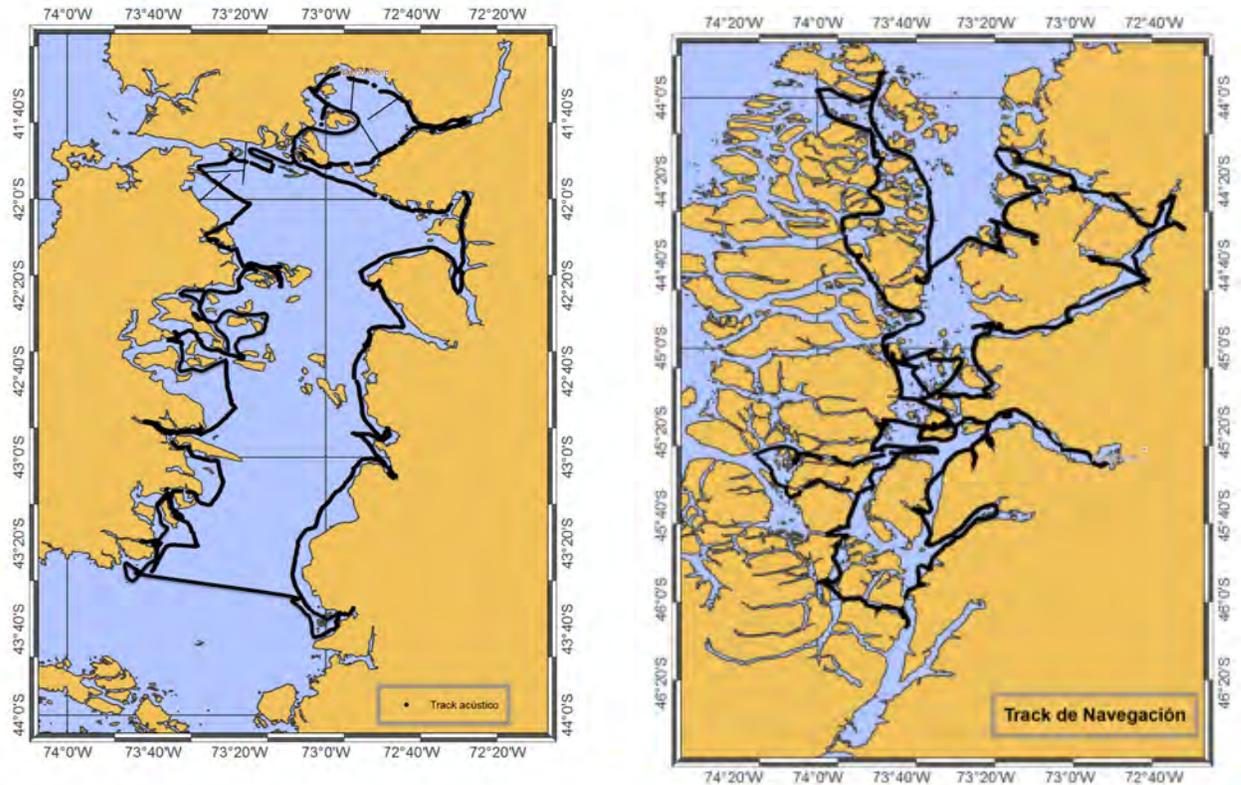


Figura 3.2: Recorrido del crucero de prospección acústica en la Región de Los Lagos (13 al 31 de Mayo de 2013) y en la Región de Aysén (3 al 30 de Junio de 2013)

(principalmente canales y fiordos de la Región de Aysén), se realizó una prospección en zigzag, efectuando cortos trayectos en una ribera cruzando en una transecta diagonal hacia la ribera opuesta. De esta manera, la navegación fue mejor y a su vez permite una cobertura transversal de canales y fiordos para minimizar probables efectos de desplazamientos del recurso a lo largo de cada fiordo o canal.

Finalmente y como parte de los acuerdos y compromisos generados en los talleres de trabajo, se consideró la participación de una embarcación acompañante con el objetivo de contribuir en la detección y pesca de agregaciones con sonar a lo largo del track de navegación. Estas agregaciones fueron evaluadas acústicamente a través de minigrillas con la nave de evaluación hidroacústica. El muestreo de minigrillas en los focos de abundancia tiene como propósito dimensionar el tamaño del foco y de esta manera mejorar los estimados de la abundancia y distribución espacial. Esta configuración especial del diseño de muestreo obedece a un muestreo adaptativo de agregaciones con minigrillas, una vez detectadas con sonar

El muestreo acústico se realizó con dos embarcaciones, a cada una de las cuales se les incorporó una ecosonda científica EK-60 y transductor de 38 KHz, adosado por banda y localizado a 2 m bajo la línea de flotación. Los cruceros de prospección en ambas regiones y actividades atingentes al proyecto (lances de pesca y muestreo oceanográfico), fueron realizadas mediante autorización de Pesca de Investigación Res. Ex. N° 1210 del 10 de mayo de 2014. En la Región de Los Lagos se usó la L/M Huracán y en la Región de Los Lagos la L/M Don Luis II, cuyas características fueron las siguientes:

Embarcación	Señal distintiva	Eslora (m)	Manga (m)	Puntal (m)
Don Luis II	CB-2736	17.96	5.96	2.60
Don Huracán I	CB-5575	16.65	6.46	2.60

Además, con el objeto de realizar mini grillas de evaluación sobre agregaciones de densidad detectadas con sonar y realizar lances de pesca de identificación, se utilizó una embarcación asistente que acompañó a la nave de evaluación acústica. Se optó por una nave extra con el objeto de evitar la interferencia electromagnética del sonar sobre la ecosonda científica y permitir contar con un número suficiente de lances.

### 3.1.1.1. Ecosondas

En cada nave se acondicionó un ecosonda científico SIMRAD EK60 compuesto de un transductor de 38 kHz y otro de 120 kHz (ver **Figura 3.3**). Los ecosondas fueron administrados mediante el software SIMRAD ER60 e inter-conectados a un GPS, permitiendo la obtención de información georeferenciada. El dispositivo de prospección se instaló en una de las bandas de la embarcación, orientado hacia popa para evitar los efectos de la navegación, y a una profundidad no superior a 2 metros. Esto incluye un brazo y dispositivo hidrodinámico de acero inoxidable para la protección del transductor (ver Cubillos et al. 2011). Las características de la ecosonda fueron las siguientes:

- Frecuencia: 38 kHz.
- Transductor: ES38B (Split Beam).
- Rango: 3 - 500 m TVG = 20logR.
- Longitud de pulso: medio (1.024 ms)
- Potencia: máxima (2000 W)
- Frecuencia: 120 kHz

- Transductor: ES120-7C
- Rango: 3 - 500 m TVG = 20logR.
- Longitud de pulso: medio (1.024 ms)
- Potencia: máxima (2000 W)



Figura 3.3: Procedimiento de instalación de los equipos acústicos a la banda de las embarcaciones.

### 3.1.1.2. Calibración de equipos

La calibración del sistema acústico fue realizada después de la ejecución del crucero de evaluación. Involucró las frecuencias de 38 y 120 KHz, y se realizó en cercanías del Puerto de Calbuco los días 5 y 6 de junio de 2013. En la Región de Aysén, la calibración del equipo acústico (frecuencia 38 KHz) se realizó en cercanías de Puerto Chacabuco el 30 de junio de 2014. Se utilizó un blanco estándar de cobre y de densidad conocida, fabricada por SIMRAD para estos efectos (Foote et al. 1987). Los ajustes a la ganancia y señal de eointegración (NASC) consideran las intensidades observadas y esperadas del eco producido por un blanco estándar (esfera de carburo de tungsteno de 38,1 mm) con fuerza de blanco conocida (TS *ca.* -42,4 dB para frecuencia de 38 kHz y TS *ca.* -39,54 dB para frecuencia 120 kHz).

### 3.1.2. Pesca de identificación

Con el objeto de obtener muestras de peces que permitan ayudar en la identificación de los ecotrazos y estimar la densidad de peces, se realizaron lances de pesca por las embarcaciones artesanales que acompañaron al muestreo acústico. En la Región de Los Lagos se utilizó la L/M Rodi Alfa (RPA 951070) y la L/M El Chono (RPA 955736) en la Región de Aysén.

En la Región de Los Lagos, los lances de pesca fueron ejecutados durante el desarrollo del crucero de evaluación (13 al 31 de mayo) empleando red de cerco comercial. Se realizaron 19 lances de pesca, de los cuales en 17 se obtuvo captura efectiva de los recursos en estudio (2 con captura mixta y 15 con captura monoespecífica) y dos lances sin pesca. No hubo fauna acompañante en la pesca. Asimismo, se realizó un lance con red científica de arrastre de media agua, sin éxito de pesca<sup>1</sup>. Se colectaron 4213 individuos, 3909 ejemplares de sardina austral, 246 ejemplares de anchoveta y 58 ejemplares de sardina común. La cobertura espacial de los lances de pesca fue la siguiente: 1 lance en la zona A, 3 lances en la zona B, 1 lance en la zona C, 2 lances en la Zona D, 6 lances en la zona E, y 6 lances en la zona E. En la (Tabla 3.1) y (Figura 3.4) se presenta la distribución geográfica de los lances realizados en la Región de Los Lagos.

En la Región de Aysén, se realizaron 11 lances de pesca, en 8 de los cuales se obtuvo captura efectiva de los recursos en estudio (2 con captura mixta y 6 con captura monoespecífica) y tres lances sin pesca. Se realizaron tres lances con red científica de arrastre de media agua, sin éxito de pesca. Se colectó un total de 2590 individuos, en ocho lances efectivos de pesca. Del total de organismos colectados, 2198 ejemplares correspondieron al recurso sardina austral y 392 ejemplares de anchoveta. La cobertura espacial de los lances de comprobación en el área total de estudio, arrojó resultados positivos en cinco de las seis zonas definidas en la propuesta técnica, abarcando principalmente el sector central del canal Moraleda, Rodríguez y sector Americano (Zonas H-J). El número de lances según zona de extracción de muestras corresponde: 3 lance en Zona J, 2 lance en Zona H, 1 lance en Zona L, 1 lance en Zona I y 1 lance en Zona K. En la (Tabla 3.2) y (Figura 3.4) se presenta información de la distribución geográfica de los lances realizados sobre la XI Región.

---

<sup>1</sup>El éxito de pesca fue nulo, y al considerar los tiempos involucrados en un lance de pesca, se optó por sólo considerar lances con red de cerco.

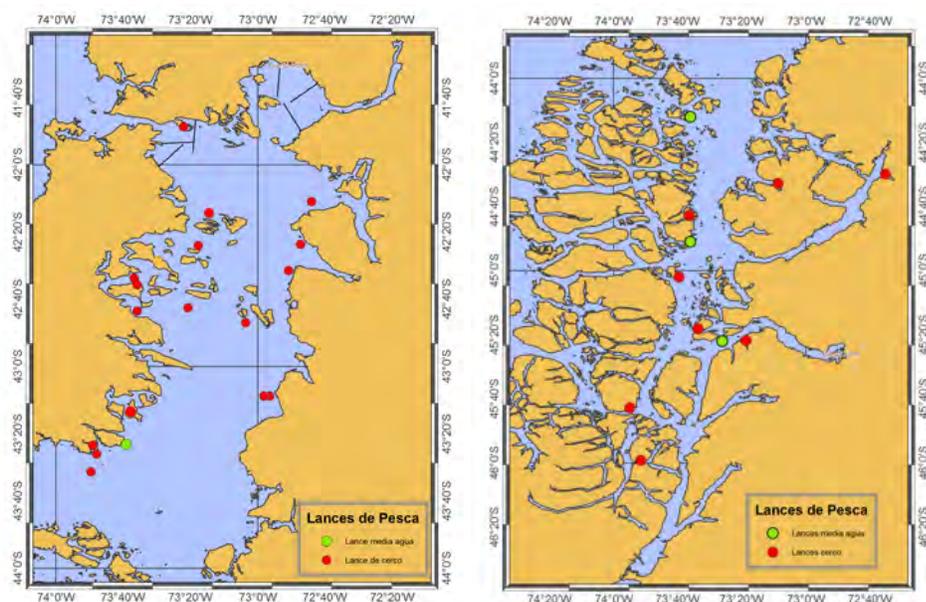


Figura 3.4: Distribución espacial de los lances de pesca (totales) realizados en la Región de Los Lagos y en la Región de Aysén.

Tabla 3.1: Información de distribución geográfica de lances de comprobación, zona donde se realizaron y características generales de la captura. Región de los Lagos.

Fecha	Lance	Zona	Posición	Sardina austral	Anchoveta	Sardina común	Otras especies
14/05/2013	1	F	42°16.490/73°17.040	X			
15/05/2013	2	F	42°27.410/73°28.520	X			
15/05/2013	3	F	42°27.935/73°15.341	X			
15/05/2013	4	F	42°28.035/73°14.933	X			
16/05/2013	5	F	42°33.170/73°33.170	X			
17/05/2013	6	F	42°39.330/73°41.160	X			
17/05/2013	7	E	42°53.650/73°37.300	X			
19/05/2013	8	E	43°12.690/73°34.900		sin pesca		
19/05/2013	9	E	43°12.850/73°34.830	X			
20/05/2013	10	E	43°09.290/73°23.890	X			X
20/05/2013	19	E	43°19.252/73°39.236		sin pesca		
21/05/2013	11	E	43°15.980/73°39.630	X			
24/05/2013	12	D	43°02.400/72°45.360	X			
24/05/2013	13	D	42°56.760/72°47.340	X			
25/05/2013	14	C	42°43.240/72°58.330	X			
25/05/2013	15	B	42°33.210/72°29.820	X			
26/05/2013	16	B	42°11.660/72°27.860		X		
27/05/2013	17	B	42°02.540/72°38.360	X		X	
08/06/2013	18	A	41°46.171/73°22.361	X		X	

Tabla 3.2: Información de distribución geográfica de lances de comprobación, zona donde se realizaron y características generales de la captura. Región de Aysén.

Fecha	Lance	Zona	Posición	Sardina austral	Anchoqueta	Otras especies
5/06/2013	1	J	45°18/73°33	X		
8/06/2013	2	L	45°43/73°54	X		
9/06/2013	3	K	45°59/73°51	X		
11/06/2013	4	J	45°22/73°18	X		
16/06/2013	5	J	45°22/73°26		sin pesca	
19/06/2013	6	I	44°29/72°35	X	X	
21/06/2013	7	H	44°32/73°08	X		
22/06/2013	8	H	44°42/73°36	X		
23/06/2013	9	H	44°12/73°36		sin pesca	
29/06/2013	10	J	44°51/73°36		sin pesca	
29/06/2013	11	J	45°02/73°39	X		

### 3.1.3. Procesamiento y análisis de los datos acústicos

El procesamiento de los datos acústicos contó con la asesoría directa del Dr. Mariano Gutiérrez (UNFV, Perú). Se utilizó el software ECHOVIEW (versión 5.4.1) para la interpretación y eco-integración de los ecogramas. El proceso se ajustó a un estrato batimétrico de análisis de 5-200 m y a un intervalo básico de 0.5 millas náuticas. En cada ecotrazo se analizó la pertinencia de las especies en estudio eliminándose aquellos ecos de otro origen, p.e. capas de plancton, ruido de la embarcación, fondos levantados, ruido ambiental, burbujas de aire, entre otros (Simmonds et al., 1992).

Para el caso particular de la Región de Los Lagos donde se contaba con registros acústicos multifrecuencia (38 y 120 Khz), se utilizó el algoritmo de escrutinio de Ballon (2010) y Ballon et al. (2011). Se obtuvo valores de eco-integración NASC (Nautical Area-Scattering Coeficient o Coeficiente Náutico de Dispersión Acústica) para peces pelágicos pequeños cada 0.5 milla náutica. Para el caso de la información obtenida en la Región de Aysén, solamente se contó con registros de la frecuencia de 38 Khz, razón por la cual se utilizó el criterio de separación del umbral de -65 dB (según Simmonds and MacLennan, 2005; Kaltenberg y Benoit-Bird, 2009). La distribución de los NASC totales da cuenta de la distribución y abundancia relativa de peces pelágicos pequeños en cada región (Figura 3.5).

La estimación de biomasa fue realizada aplicando lo descrito por Simmonds y MacLennan (2005), considerando que los valores NASC son derivados en número de peces al utilizar valores de Fuerza de Blanco (TS) para la determinación de la sección transversal de retrodispersión ( $\sigma_{BS}$ ). MacLennan y Simmonds (1992) presentan la estimación de la biomasa como función de la densidad o número de peces:

$$\rho = \frac{NASC}{\sigma} = \frac{NASC}{4\pi 10^{TS/10}} \quad (3.1)$$

donde  $TS$  representa la fuerza de blanco, y es la expresión logarítmica de la sección transversal de retrodispersión. Para transformar esta densidad de peces a unidades de biomasa, se utilizó la relación longitud-peso con el objeto de considerar la estructura de tamaños. En este sentido, es importante asignar los lances de identificación a las NASC más cercanas al lance.

El Coeficiente Náutico de Dispersión Acústica se mide en  $m^2/mn^2$  (Foote y Knudsen 1994) y es una medida de densidad acústica que se puede convertir a una medida biológica de densidad en unidades de ( $ton/mn^2$ ) para la especie  $i$  en la localidad  $(x,y)$ , al dividirlo por la sección transversal de retrodispersión y por unidad de peso. En nuestro caso para el procesamiento de información se prefiere utilizar  $Z(x,y)$ , debido a que los valores de densidad están referenciados a una localidad geográfica  $(x,y)$ , por lo tanto:

$$Z(x,y)_i = NASC(x,y)_i / \sigma_{ton}(x,y)_i$$

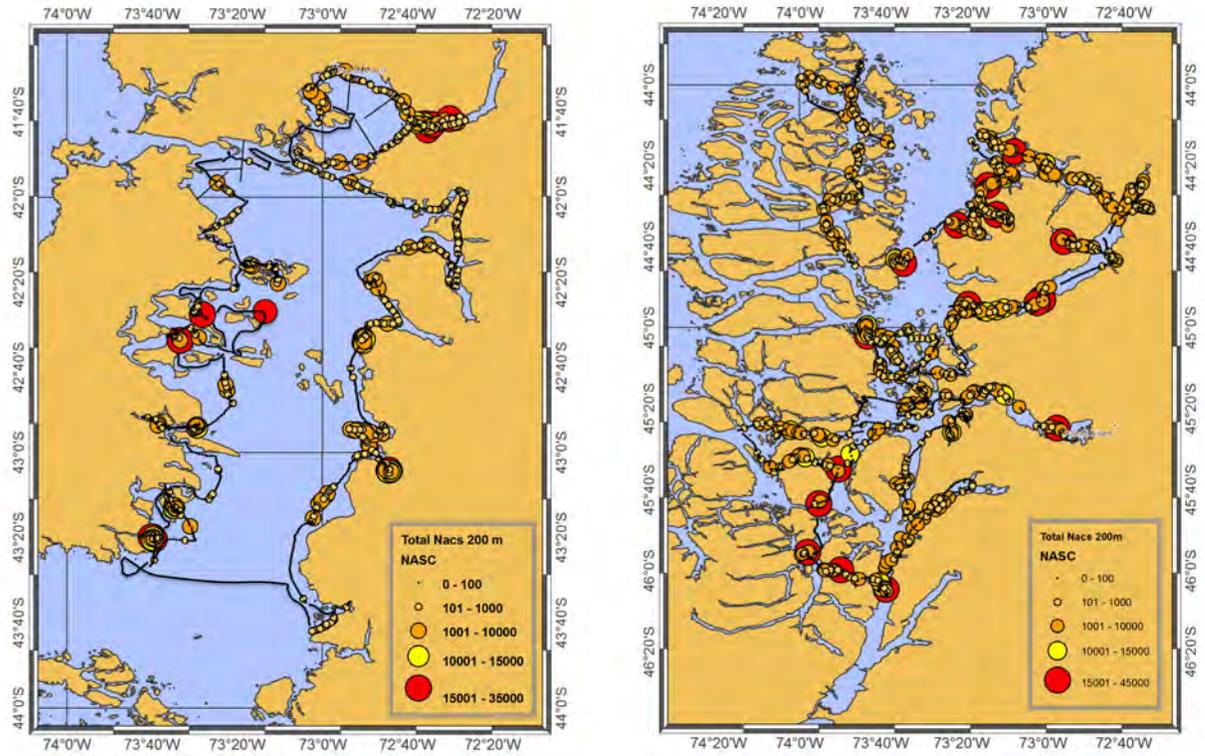


Figura 3.5: Distribución total de NASC para pequeños pelágicos en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén.

donde

$$\sigma_{ton}(x, y)_i = \bar{\sigma}(x, y)_i / \bar{W}(x, y)_i$$

donde  $\bar{W}(x, y)_i$  es el peso promedio (ton) de la especie  $i$  del lance que representa la localidad  $(x, y)$ , y  $\bar{\sigma}(x, y)_i$  es la sección promedio transversal de retrodispersión sonora (en  $m^2$ ) de la especie  $i$ , la que fue calculada mediante:

$$\bar{\sigma}(x, y)_i = 4\pi \sum_j^n f_j 10^{TS_j/10}$$

donde  $f_j$  es la frecuencia de clases de tamaños  $j$  a partir de los lances de pesca de identificación y  $TS$  es la fuerza de blanco de la clase de tamaño  $L_j$ . Al considerar la presencia de más de una especie en los lances de pesca de identificación, el coeficiente de retrodispersión,  $NASC(x, y)_i$ , para la especie  $i$  fue obtenido a partir de la combinación lineal convexa (MacLennan y Simmonds, 1992):

$$NASC(x, y)_i = NASC(x, y)_m \varpi_i \bar{\sigma}_i / \sum \varpi_i \bar{\sigma}_i$$

donde  $NASC(x, y)_m$  es el coeficiente de retrodispersion sonora para la mezcla y  $\varpi_i$  es la proporción de la especie  $i$ , y fue calculada como el promedio ponderado de la composición de especies las capturas.

Las ecuaciones de TS utilizadas fueron:

Especie	Ecuación	Referencia
sardina austral	$TS = 20\log(L) - 67, 59$	Este estudio
sardina austral	$TS = 20\log(L) - 67, 8$	Niklitschek et al. (2009)
anchoveta	$TS = 20\log(L) - 72, 485$	Castillo et al. (2005)
sardina común	$TS = 20\log(L) - 72, 59$	Castillo et al. (2005)

En el caso de la sardina austral, la  $TS = 67, 59$  corresponde a resultados obtenidos en este estudio, y proviene de registros obtenidos a partir de peces confinados en balsas (ver más adelante). Las estimaciones de biomasa estarán referida a este valor de TS, ya que las estimaciones en que se aplicó la TS de Niklitschek et al. (2009) solo tuvo el propósito de comparar con resultados de estimaciones realizados por Cubillos et al. (2011).

## 3.2. Estimación de la abundancia y biomasa

### 3.2.1. Método estratificado

A partir de los NASC totales, se determinó la densidad acústica de sardina austral, anchoveta y sardina común considerando la proporción de especies estimada desde los lances de identificación y asignando la estructura de tallas.

El método consideró los estratos mostrados en la **Figura 3.1** y cuatro estratos de profundidad mediante la metodología descrita por Gutiérrez y Peraltila (2000), cuya ventaja radica en una mejor representación de la densidad mediante la asignación de la estructura de tallas de los lances de pesca de identificación, y porque permite estimaciones de abundancia para cada UBM diferenciando por tallas los valores NASC obtenidos para cada recurso.

En primer término se calcularon las proporciones en peso  $p$  por lance y clase de talla, a partir de las muestras obtenidas en los lances efectuados, i.e.,

$$p_{i,j} = \frac{w_{i,j}n_{i,j}}{\sum w_{i,j}n_{i,j}} \quad (3.2)$$

Asimismo, se determinó el Factor de Conversión (CF), definido como el cociente del peso medio del pez ( $w$ ) y su correspondiente área de sección transversal de retrodispersión ( $\sigma$ ). Ambos valores se obtienen considerando toda la distribución de tallas de los especímenes colectados durante los muestreos en cada estrato geográfico:

$$CF_{i,j} = \frac{w_{i,j}}{\sigma_j} = \frac{w_{i,j}}{4\pi 10^{TS_j/10}} 10^{-6} \quad (3.3)$$

donde  $TS$  es la fuerza de blanco en la clase de tallas  $j$  (Foote 1987). Dos de los factores de las ecuaciones anteriores ( $CF_{i,j}$  y  $w(L_{i,j})$ ) se calcularon para cada lance  $i$  y clase de talla  $j$ . En el caso del peso individual  $w_{ij}$  (gramos) se obtuvo a través de la relación talla-peso  $w_{i,j} = aL_{i,j}^b$ , donde  $a$  y  $b$  son coeficientes estimados por regresión lineal.

La biomasa en cada clase de talla en cada estrato geográfico ( $h$ ) se calculó a partir del NASC promedio, i.e.,

$$B_h = \sum p_{h,j} CF_{h,j} \overline{NAS C}_h A_h \quad (3.4)$$

donde  $A_h$  es el área del estrato geográfico. La varianza de la biomasa en cada estrato se obtuvo a partir de la varianza del NASC promedio, i.e.,

$$Var(B_h) = \left( \frac{B_h}{\overline{NAS C}_h} \right)^2 Var(\overline{NAS C}_h) \quad (3.5)$$

donde la razón entre  $B_h$  y  $\overline{NAS C}_h$  representa una constante que da cuenta de un promedio ponderado de las constantes involucradas la estimación de la biomasa, esto es entre el factor CF y el área del estrato, i.e.,  $\langle \overline{CF}_h A_h \rangle$ .

## 3.2.2. Estimación modelo-basada

### 3.2.2.1. Método geoestadístico

Se utilizó el método geoestadístico paramétrico para estimar la biomasa de sardina austral, el cual considera una distribución de probabilidad condicional normal para los datos y una función de verosimilitud normal multivariada para los parámetros (Roa-Ureta y Niklitschk 2007). Los métodos geoestadísticos paramétricos fueron descritos por Ribeiro y Diggle (2001), y los algoritmos de estimación están disponibles a través del programa de análisis espacial geoR para el lenguaje y programa R (<http://www.r-project.org>).

El análisis geoestadístico paramétrico está orientado a la estimación máximo verosímil de la densidad media y la estructura espacial de las agregaciones, aspectos que son independientes del polígono definido para calcular el área total. La densidad media se estima simultáneamente con los parámetros de correlación espacial, y no resultan del kriging como en el caso de la geoestadística convencional. El kriging solamente constituye un proceso posterior que se utiliza para mapear las zonas de mayor y menor densidad y no necesita ser realizado en geoestadística paramétrica para la estimación de la abundancia absoluta en el área investigada (Roa-Ureta y Niklitschek 2007). En nuestro caso, la abundancia absoluta se refiere a la densidad promedio del recurso durante la duración del crucero en el área prospectada.

Las coordenadas espaciales (latitud, longitud) de cada registro acústico fueron transformadas a unidades métricas (UTF), calculando el Northing y Easting. A su vez, la estimación geoestadística de la densidad media consideró solamente registros medidos, descartándose los registros nulos. En efecto, en geoestadística paramétrica las observaciones nulas (cero) y la presencia de registros constituyen un proceso probabilístico binomial (Roa-Ureta y Niklitschek 2007). Se utilizó la transformación Box-Cox para que los registros acústicos representen una función de distribución normal (Ribeiro y Diggle 2001, Ribeiro et al. 2003). En este sentido, los datos obtenidos se conciben como realizaciones de una variable aleatoria continua que representa la densidad local  $Z_{x,y} \in \mathfrak{R}^+$  y que corresponde a una observación incompleta (sólo en localidades específicas) de la verdadera señal espacial de la densidad, i.e.,  $\check{Z}_{x,y}$ . El análisis geoestadístico paramétrico se realizó sobre la base de  $\check{Z}_{x,y} \in \mathfrak{R}^+$ , que es una variable aleatoria de distribución normal y que corresponde a una transformación Box-Cox de la densidad local, i.e.,

$$\check{Z}_{x,y} = \begin{cases} (Z_{x,y}^\lambda - 1)/\lambda, & \text{si } \lambda \neq 0 \\ \log(Z_{x,y}), & \text{si } \lambda = 0 \end{cases} \quad (3.6)$$

Al considerar que  $E(\check{Z}_{x,y}) = \check{Z}_{x,y}$ , con  $VAR(\check{Z}_{x,y}) = \tau^2$ , se estimó la densidad media original a partir de las realizaciones ( $Z_{x,y}$ ) provisto que se cuenta con la estimación del parámetro de la transformación Box-Cox, i.e.  $\check{Z}_{x,y} = f_\lambda(Z_{x,y})$ . Al asumir estacionaridad e isotropía el modelo Gaussiano es:

$$\check{Z}_{x,y} = \check{Z}(x_i, y_i) + \varepsilon_i, \quad \varepsilon_i \sim N(0, \tau^2)$$

Ya que hay una función de correlación espacial, la distribución de  $\check{Z}$  es normal multivariada, i.e.

$$\check{Z} \sim NMV(\beta \mathbf{1}, \sigma^2 \mathbf{R} + \tau^2 \mathbf{I})$$

donde  $\mathbf{1}$  es un vector de tamaño  $m$ ,  $\mathbf{R}$  es una matriz, cuyo elemento  $(i, i')$  es igual a  $\rho(h_{i,j} | k, \varphi)$  y donde  $\rho$  es una función de correlación válida en función de la distancia  $h_{i,j}$ , y  $k$  y  $\varphi$  son parámetros del modelo, e  $\mathbf{I}$  es  $m$  veces la matriz identidad (Diggle et al. 2003). El vector de parámetros a ser estimado corresponde a:

$$\theta = [\lambda, \beta, \sigma^2, \tau^2, k, \varphi]$$

Estos parámetros se estiman por máxima verosimilitud. Un modelo sin correlación espacial se considera con efecto pepita puro ("pure nugget"), lo que implica que la varianza viene dada solamente por  $\tau^2$ . La correlación espacial, i.e.  $\rho(h | k, \varphi)$ , se puede generalizar con la función Whittle-Matèrn, i.e.,

$$\rho(h | k, \varphi) = \left(1 / \left[2^{(\kappa-1)\Gamma(\kappa)}\right]\right) (h/\varphi)^\kappa \kappa_\kappa(h/\varphi), \quad \varphi > 0, \kappa > 0 \quad (3.7)$$

donde  $\kappa$  es un parámetro que da la forma y determina el grado de suavizamiento del proceso espacial,  $\kappa_k(\cdot)$  representa una función de Bessel de segundo orden, y  $\Gamma$  es la función gamma. En general, si  $\kappa$  es alto ( $\kappa \rightarrow \infty$ ), el modelo de correlación espacial llega a ser similar al modelo gaussian de variograma. Si  $\kappa$  es bajo ( $\kappa \rightarrow 0$ ) el modelo de correlación tiende a ser similar al de variograma exponencial (Roa-Ureta y Niklitschek 2007). La conexión con la geoestadística intrínseca, los parámetros  $\varphi^2$ ,  $\sigma^2$ , y  $\varphi$  representan el "sill", "nugget", y rango del modelo de correlación espacial. Con el objeto de probar si el modelo con estructura espacial es mejor que un modelo sin correlación espacial, se utilizará el Criterio de Información de Akaike.

La densidad de peces se asume observable en el área de estudio con probabilidad  $p$ , ya que el análisis geoestadístico paramétrico se basa solamente en las observaciones no nulas (i.e.,  $Z > 0$ ), con media  $\delta = f^{-1}(\mu)$  y varianza  $\gamma^2$ . Por lo tanto, la media y varianza de  $Z$  son:

$$\begin{aligned}\phi &= p\delta \\ \eta^2 &= p\gamma^2 + p(1-p)\delta^2\end{aligned}$$

Al considerar que el stock se encuentra en un área efectiva, la idea es estimar la abundancia/biomasa a partir de los estimadores máximo verosímiles de  $\hat{p}$  y de  $\hat{\delta}$  a partir de datos espacialmente correlacionados. Luego,

$$\begin{aligned}\hat{n} &= a\phi = a\hat{p}\hat{\delta} \\ \text{Var}(\hat{n}) &= a^2 \left[ \hat{p}^2 \text{Var}(\hat{\delta}) + \hat{\delta}^2 \text{Var}(\hat{p}) \right]\end{aligned}$$

### 3.2.2.2. Funciones de distribución de probabilidad

Al colapsar la información espacial, se puede utilizar estimadores basado en funciones de distribución de probabilidad, los cuales simplemente describen la distribución empírica de la variable aleatoria de interés, i.e. la densidad acústica. La distribución de frecuencia de la densidad acústica ( $\text{t km}^{-2}$ ) de sardina austral, sardina común, y anchoveta, fue analizada considerando los modelos de distribución de probabilidad resumidos en la Tabla 3.3. Se utilizó los programas "stats", "MASS", "tweedie" para el programa y lenguaje R (R Development Team 2010).

En sentido estricto, tanto la distribución log-normal como la distribución gamma corresponde a una estimación condicional para  $X \neq 0$ , con probabilidad  $p$  de que la densidad acústica sea  $> 0$ . Por lo tanto, en estos casos, el promedio incondicional es:

$$\varphi = pE(X) = p\mu \tag{3.8}$$

y la varianza igual a:

$$\eta^2 = p\text{Var}(X) + p(1-p)E(X)^2 \quad (3.9)$$

El objetivo es estimar la biomasa  $\hat{B}$  en una superficie  $a$  de  $A$ . De esta manera, se utilizará la siguiente aproximación en el caso de las distribuciones condicionales:

$$\hat{B} = a\varphi = a\hat{p}\hat{\mu} \quad (3.10)$$

con varianza estimada dada por;

$$\text{Var}(\hat{B}) = a^2\eta^2 = a^2[\hat{p}\hat{\sigma}^2 + \mu^2\text{Var}(\hat{p})] \quad (3.11)$$

Se utilizó el programa “nlm” para ajustar por máxima verosimilitud los parámetros de las funciones de distribución de probabilidad, y se utilizó el Criterio de Información de Akaike (AIC) para seleccionar el modelo que mejor describió la distribución de probabilidad de la variable aleatoria, i.e.

$$AIC = -2\ell + 2k \quad (3.12)$$

donde  $\ell$  es el valor de la log-verosimilitud,  $k$  es el número de parámetros. Además, se calculó el AIC corregido (AICc), que ajusta una pequeña discrepancia entre la distribución generada por los datos y el modelo que se aproxima a los datos, i.e.

$$AICc = AIC + \frac{2k(k+1)}{n-k-1} \quad (3.13)$$

Una vez que se identificó el mínimo AICc, para cada modelo se calcularon las diferencias respecto del mínimo, i.e.

$$\Delta_j = AICc_j - \min(AICc) \quad (3.14)$$

Finalmente, sobre la base de estas distancias se calculó los ponderadores de Akaike, i.e.

$$\bar{\omega}_j = \frac{\exp(\Delta_j/2)}{\sum_j \exp(\Delta_j/2)} \quad (3.15)$$

Los ponderadores de Akaike pueden ser interpretados como probabilidades, i.e. la probabilidad que un modelo dado es el mejor modelo (Burnham y Anderson 2002, Buckland et al. 1997).

Tabla 3.3: Funciones de distribución de probabilidad utilizadas para describir la probabilidad de observar valores de densidad acústica de pequeños pelágicos.

Nombre	Parámetros	Función
Poisson	$E(X) = \mu$ $Var(X) = \mu$	$P(X = x) = \frac{\mu^x \exp(-\mu)}{x!}$
Binomial negativa	$E(X) = \mu$ $Var(X) = \mu + \mu^2/\theta$	$P(X = x) = \frac{\Gamma(x+\theta)}{x!\Gamma(\theta)} \left(\frac{\theta}{\mu+\theta}\right) \left(\frac{\mu}{\mu+\theta}\right)^x$
Zero Inflated Poisson	$E(X) = \pi\mu$ $Var(X) = \pi\mu + \pi\mu(\mu - \pi\mu)$	$P(X = x) \begin{cases} \pi + (1 - \pi)Poisson(0, \mu), & x = 0 \\ (1 - \pi)Poisson(x, \mu), & x > 0 \end{cases}$
Log-normal	$E(X) = \exp(\mu + \sigma^2/2)$ $Var(X) = (\exp(\sigma^2) - 1) \exp(2\mu + \sigma^2)$	$P(X = x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$
Gamma	$E(X) = \alpha/\beta$ $Var(X) = \alpha/\beta^2$	$P(X = x) = \left(\frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)}\right)^n x^{\alpha-1} \exp(-\beta x)$
Tweedie	$E(X) = \mu$ $Var(X) = \phi\mu^p$	$P(X = x) = a(x, \phi) \exp\{[x\theta(\mu) - k(\theta(\mu))]/\theta\}$ $\theta(\mu) = \begin{cases} \frac{\mu^{1-p}-1}{1-p} & p \neq 1 \\ \log(\mu) & p = 1 \end{cases}$ $k(\theta(\mu)) = \begin{cases} \frac{\mu^{2-p}-1}{2-p} & p \neq 1 \\ \log(\mu) & p = 1 \end{cases}$

### 3.3. Composición de especies, tallas, edades, sexo y estadios de madurez sexual

Los datos biológicos básicos necesarios para el desarrollo de este objetivo fueron:

- Proporción de especies en la captura.
- Mediciones de la longitud y peso de los individuos capturados.
- Determinación del sexo y madurez.

El procesamiento de estos datos, permitió levantar la siguiente información:

- Relación longitud-peso.
- Proporción sexual y estados de madurez.
- Estructura de tallas.

#### 3.3.1. Tamaño de muestra efectivo

Según la metodología propuesta por Pennington et al. (2002), se reconoce que los individuos capturados en lances de pesca presentan menor variabilidad en sus atributos poblacionales (i.e. longitud media) que la totalidad de los individuos de la población. En consecuencia, se estimó el tamaño efectivo de muestra a partir de la longitud media y la varianza de los ejemplares capturados en  $n$  lances. Al considerar que tanto la longitud como el número de individuos en un lance son variables aleatorias, la utilización de un estimador de razón es adecuado (Cochran 1977).

El estimador de razón,  $\hat{R}$  de la longitud media es:

$$\hat{R} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i \hat{\mu}_i}{\sum_{i=1}^n M_i}$$

donde  $M_i$  es el número de individuos capturados en el lance  $i$ , y  $\mu$  es la longitud media de los individuos en el lance  $i$ . La varianza de  $R_i$  se define como:

$$Var(\hat{R}) = 1/(n(n-1)) \sum_{i=1}^n (M_i/\bar{M})^2 (\hat{\mu}_i - \hat{R})^2$$

Luego, la varianza para la distribución de tamaños ( $\sigma_x^2$ ) de la población, si  $m_i$  individuos son seleccionados aleatoriamente en cada lance corresponde a:

$$\sigma_x^2 = 1/(M - 1) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (M_i/m_i)^2 (x_{i,j} - \hat{R})^2$$

donde  $M$  es el número total de individuos capturados, y  $x_{i,j}$  es la longitud del individuo en el lance  $j$ .

Para nuestros análisis se consideró ( $M_i = m_i$ ), ya que no se contó con una submuestra. El tamaño de muestra efectivo ( $\hat{m}_{ef}$ ) se define como el número de individuos necesarios a muestrear de manera aleatoria, de tal forma que la media de la muestra posea igual precisión que un estimado basado en una muestra de estaciones, y esta dado por:

$$\hat{m}_{ef} = \sigma_x^2 / Var(\hat{R})$$

La idea principal es determinar el número total de individuos a ser medidos con el objeto de contar con una estimación satisfactoria de la longitud promedio de la población, y por ende del peso promedio (por ejemplo utilizando la relación longitud-peso), reduciendo tiempo y costos en el proceso de generación de los datos e información biológica requerida.

### 3.3.2. Tamaño de muestra composición por tallas y edades

Con el objeto de determinar el tamaño mínimo de muestra para la composición por tallas, se aplicó la metodología propuesta por Gerritsen y McGrath (2007). La precisión del número de observaciones en cada clases de longitud de una muestra al azar puede estimarse asumiendo una distribución multinomial (Smith y Maguire, 1983). Si la precisión en cada clase de longitud puede ser expresada en términos del coeficiente de variación (CV), una medida de precisión total puede ser obtenida ponderado cada CV por el número de individuos en cada clase de longitud. El CV ponderado promedio (MWCV) provee una descripción de la precisión sobre el rango entero de clases de tallas en una distribución de frecuencia de longitudes. Bajo el supuesto de una distribución multinomial, la desviación estándar ( $\sigma_i$ ) del número de individuos en una clase de longitud  $i$  puede ser estimado por:

$$\sigma_i = [np_i(1 - p_i)]^{1/2}$$

donde  $n$  es el número total de ejemplares en la muestra, y  $p_i$  es la proporción de la longitud  $i$  en la muestra. El coeficiente de variación (CV) del número de ejemplares a la longitud  $i$ , esta dado por:

$$CV_i = \sigma_i / (np_i)$$

y el Coeficiente de Variación promedio ponderado (MWCV) está dado por:

$$MWCV = \sum p_i CV_i = \sum \sigma_i / n$$

El valor más alto de MWCV resulta de una distribución de frecuencia de longitudes que se distribuye uniformemente sobre un gran número de clases de tallas. El número de individuos de cada clase de longitud es entonces sigue una distribución Poisson con una desviación estándar que es igual a la raíz cuadrada del número de longitudes (Zar, 1999). El máximo teórico MWCV es por lo tanto dado por:

$$MWCV = (n/c)^{-0,5}$$

donde  $c$  es el número de clases de talla, y  $n$  es el número de individuos total.

El mínimo MWCV es cero y resultaría de una distribución donde todas las observaciones caen dentro de una sola categoría de longitud. Por lo tanto, las estimaciones de MWCV siempre caen entre cero y la curva que describe el MWCV, i.e. la razón entre el número de ejemplares y el número de clases de longitud.

### 3.3.3. Otolitos

En relación con el número de otolitos necesarios para determinar la edad, se consideró 10 pares de otolitos por clases de talla. Al considerar que la distribución de longitud por edad sigue una distribución normal, para indagar en un tamaño mínimo de muestra, se debe considerar un compromiso entre el tamaño mínimo de muestra y el error relativo de la media, es decir el error porcentual aceptable entre la media poblacional y la media muestral. Por lo general, y por experiencia previa en este tipo de estudios, la longitud a la edad presentan un coeficiente de variación (CV) que puede fluctuar entre 10 y 15 %, al considerar  $CV = 0,15$ , y al aplicar la siguiente expresión del término de error relativo de la media, según Lockwood y Hayes (2000):

$$L = \bar{x}d$$

donde  $d$  mide la precisión, como una fracción de la media. Al reemplazar esta expresión en el intervalo de confianza para la media poblacional, se tiene la siguiente expresión para el cálculo del tamaño mínimo de muestra:

$$n = ((t_{\alpha,\infty}\sigma)/(\bar{x}d))^2 = ((t_{\alpha,\infty}CV)/d)^2$$

De esta manera, para  $CV = 0,15$ , una precisión  $d = 5\%$ , y con 95 % de confianza, se tiene un tamaño de muestra de aproximadamente 35 otolitos por edad para determinar la edad en los otolito sagitta.

#### 3.3.3.1. Lectura de otolitos

Los otolitos fueron preparados enteros para su lectura bajo lupa. La discriminación de anillos hialinos y opacos se realizó en otolitos enteros, previa hidratación en agua corriente o destilada, con lupas estereoscópicas y de

preferencia con aumento 10x1. Para la lectura, que consistió en un conteo y medición de los anillos, los otolitos se colocaron en una cápsula petri con agua corriente o destilada y con fondo negro para mejorar la nitidez de los anillos de crecimiento. Para resaltar la estructura anular se pintó la cara interna de cada otolito izquierdo con tinta negra permanente. La iluminación fue de preferencia incidente o reflejada desde un ángulo lateral, lo que permitió que los anillos más estrechos indicativos de una etapa de crecimiento lento del pez se vean oscuros (hialinos) y los anillos más anchos que corresponden a un periodo de crecimiento rápido se vean blanquecinos (opacos).

### 3.3.3.2. Claves talla-edad

A partir de las lecturas de edades se elaboraron claves talla-edad para sardina austral, las que fueron utilizadas para calcular la composición por edades, longitud media y peso promedio a la edad, y sus respectivas varianzas.

Las claves edad-talla son las matrices que permiten clasificar las edades de los individuos proyectados a grupos de edad (GE), según la longitud de los peces observados, y se elaboran mediante el cálculo de la probabilidad de pertenencia de los ejemplares a un estrato dado (Aguayo y Ojeda, 1981). La asignación de los GE comprende a 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, el tipo de borde y la época del año en que se obtuvo la muestra. Se utilizó el primero de enero como fecha arbitraria de nacimiento, lo que facilitó la identificación de las diferentes clases anuales.

La clave edad-talla, cuenta con la clasificación de las lecturas de cada estructura dura (otolitos) por grupo de edad y de ello se estima cada probabilidad según:

$$q_{i,j} = n_{i,j}/n_j$$

donde  $i$  es el grupo de edad,  $j$  es la longitud total del pez,  $q_{ij}$  es la probabilidad que tienen los individuos de longitud “ $j$ ” de pertenecer a un GE dado;  $n_{ij}$  es el número de individuos de edad “ $i$ ” con longitud “ $j$ ”, y  $n_j$  es el número total de individuos de longitud  $j$ .

Los criterios para la construcción de las matrices de edad (clave edad-talla) involucran intervalos de clase cada 0,5 cm; siendo elaboradas para sexos combinados, por estrato geográfico durante el período de la evaluación.

El bajo número de muestras de otolitos de anchoveta y de sardina común impidió contar con una clave talla-edad representativa de la estructura de edad. En este contexto, se utilizó el método “slicing-cohorts” descrito en Sparre y Venema (1995), el cual utiliza los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy. Se utilizó los parámetros de crecimiento estimados por Cubillos et al. (2001).

### 3.3.4. Estructura de tallas

Para la determinación de la composición de longitudes, se utilizó directamente la proporción del número de individuos por clase de talla, para una combinación de lances y zonas. Si se define por  $n$  = número de individuos,  $m$  = número de muestras obtenidas en una zona o estrato geográfico dado,  $l$  = clase de talla, y  $z$  = zona o estrato, entonces, se define:

$$p_{mlz} = n_{mlz}/n_{m+z}$$

donde el signo  $\sum$  indica sumatoria sobre ese índice. La varianza sería:

$$Var(p_{mlz}) = (1/n_{m+z})p_{mlz}(1 - p_{mlz})$$

con intervalo de confianza igual a:

$$P(p_{mlz}) \in [p_{mlz} \pm z(Var(p_{mlz}))^{1/2}] = 1 - \alpha$$

### 3.3.5. Determinación del sexo y madurez

#### 3.3.5.1. Estimador de la proporción de estados de madurez por estratos

El diseño de muestreo para estimar este indicador se basó en un muestreo estratificado aleatorio simple de ejemplares, lo que permite calcular la razón entre peces hembras y el total de ejemplares disponibles.

Los juveniles presentan gónadas en un estado de inmadurez virginal, a partir del cual se sigue una evolución progresiva que se mantiene hasta que alcanzan la primera madurez sexual. Los adultos continúan sus ciclos periódicos gonadales, con diferentes estados, durante el año. En sardina común y anchoveta, Cubillos et al. (1999) han utilizado con buenos resultados una escala de madurez macroscópica de 5 puntos adaptada de Holden y Raitt (1975) (**Tabla 3.4**). En esta escala de madurez, un indicador de desove inminente lo constituye el EMS 4 que representa los ovarios hidratados. La hidratación de los ovocitos es un proceso que dura pocas horas, siendo una condición de los cardúmenes desovantes. A su vez, la mayor proporción de individuos en el EMS 3 indicará una mayor actividad reproductiva poblacional.

Tabla 3.4: Escala empírica de estados de madurez sexual (EMS) para hembras de especies desovantes parciales (adaptada de Holden y Raitt, 1975).

EMS	Estado	Aspecto general
I	Inmaduro	Ovarios ocupan cerca de 1/3 de la longitud de la cavidad abdominal, rosáceos, translúcidos, ovocitos invisibles a simple vista.
II	Madurando y/o recuperación	Ovarios ocupan casi la mitad de la longitud la cavidad abdominal. Color rosado y ovocitos invisibles a simple vista.
III	Maduro	Los ovarios cubren cerca de 2/3 de la cavidad abdominal. Color rosado a amarillento. Aspecto granular, ovocitos visibles. Los ovocitos son grandes e indetectables a simple vista, con vasos sanguíneos superficiales.
IV	Hidratado	Los ovarios ocupan toda la cavidad abdominal. Color naranja opaco a rosado, casi transparentes, con vasos sanguíneos superficiales poco visibles. Al presionar fluyen ovocitos hidratados, transparentes, del doble de tamaño que los ovocitos de una gónada madura.
V	En regeneración	Ovarios flácidos, distendidos, contraídos a la mitad de la cavidad abdominal. Las paredes son delgadas, flojas y lumen grande. Los ovarios pueden contener aún restos de ovocitos opacos, maduros y en desintegración, oscurecidos o translúcidos. Este ovario pasa a la etapa II de esta escala.

### **3.4. Fauna acompañante e incidental**

La fauna acompañante en la pesca pelágica de cerco fue nula. No obstante, lo relevante lo constituye la potencial presencia de dos o tres de los recursos de interés en un lance de pesca.

En este contexto, el procedimiento para separar e identificar la fauna acompañante a bordo nunca fue aplicado. De acuerdo con el protocolo, este consiste en:

- Obtención de una muestra aleatoria de la captura con una unidad básica de muestreo.
- Separación manual a bordo toda la fauna acompañante de la especie objetivo.
- Separación de todos los taxa de fauna acompañante al nivel de especies o grupos mayores.

## **3.5. Hidrografía del área en el periodo de estudio**

### **3.5.1. Muestreo oceanográfico y de ictioplancton**

El diseño de muestreo consideró las mismas zonas de prospección acústica, estaciones de muestreo oceanográfico costeras y metodologías que se realizaron en diciembre de 2010 y enero de 2011 por Cubillos et al. (2011)<sup>2</sup> (Figuras 3.6 y 3.8). En cada una de estas zonas, se obtuvo perfiles de temperatura, salinidad, oxígeno y fluorescencia desde superficie hasta 5 m del fondo en un número dado de estaciones oceanográficas. Se utilizó un CTD Seabird 25, equipado con sensor de oxígeno. Además, en cada estación se colectó muestras estratificadas de mesozooplancton con una red tipo Tucker Trawl (0.5 m lado de boca; 300 um trama, equipada con flujómetro para estimar volumen de agua filtrada). En cada estación oceanográfica, los estratos de muestreo de zooplancton fueron 0-25, 25-50, 50-75 y 75-100 m. Las muestras de zooplancton fueron preservadas en formalina (10 %), para luego ser analizadas en los Laboratorios de la Universidad de Concepción. Este diseño estratificado de muestreo ya ha sido llevado a cabo por los investigadores de esta propuesta en años anteriores (múltiples proyectos CIMAR y proyecto de hidroacústica de pelágicos pequeños de la Subsecretaría arriba señalado) y ha probado ser efectivo en la determinación de zonas de agregación de huevos y larvas en la horizontal (mapas de distribución) y en la determinación de estratos de mayor agregación de huevos y larvas de las especies objetivo, permitiendo, además, inferir relaciones entre las distribuciones de estos estadios con las características hidrográficas en distintos estratos. Durante la ejecución del crucero y para obtener una representación más amplia de la temperatura superficial del mar y color sobre la zona de estudio, se obtuvo imágenes satelitales (MODIS) durante todo el periodo de muestreo. Debido a que la cobertura nubosa puede impedir obtener imágenes del área completa todos los días, en los informes del proyecto se reportará imágenes promedio semanales a partir de las imágenes diarias despejadas que pudieran obtenerse.

### **3.5.2. Trabajo en laboratorio**

#### **3.5.2.1. Análisis de muestras de zooplancton**

En laboratorio los análisis del ictioplancton consideraron la identificación y la cuantificación de los huevos y larvas de las especies de peces objetivos. Las larvas de cada especie, adicionalmente, fueron clasificadas según su desarrollo notocordal como larvas pre-flexión (larvas tempranas) y post-flexión notocordal (larvas tardías). La identificación de los huevos de anchoveta y de las larvas de las tres especies no reviste mayor dificultad ya que

---

<sup>2</sup>Proyecto “Estimación de abundancia, biomasa y distribución espacial de pequeños pelágicos en aguas interiores de la X y XI regiones y su relación con algunas variables ambientales, año 2010”

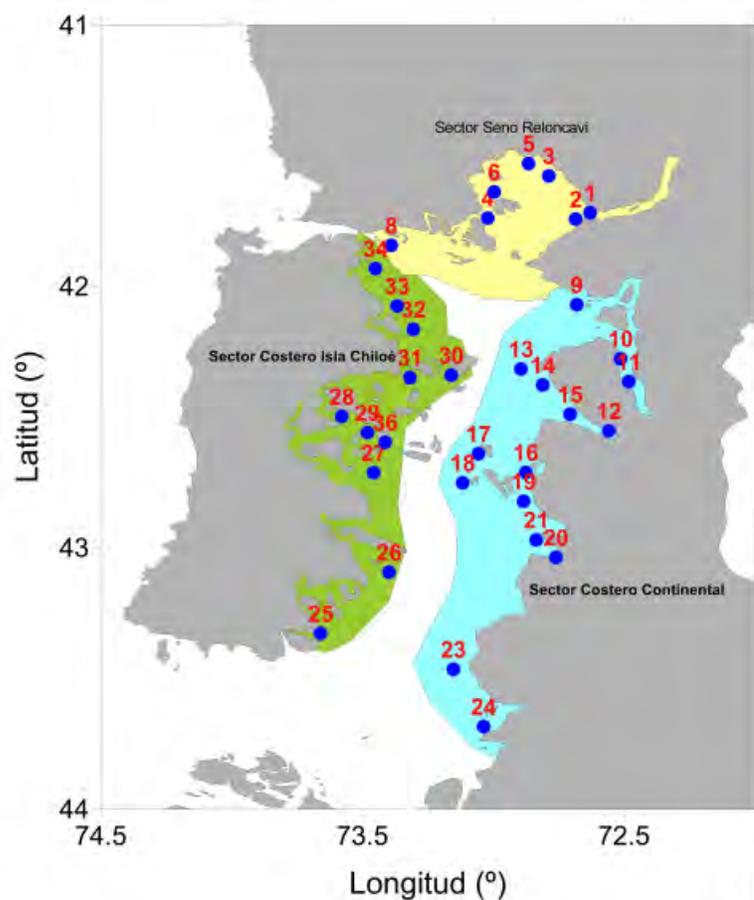


Figura 3.6: Estaciones de plancton y CTD realizados entre diciembre (2010) a enero (2011) en el crucero de Hidroacústico en la X Región, cubriendo los sectores costeros (Amarillo: Sector Seno Reloncavi; Celeste: Sector Costero Continental; Verde: Sector Costero Isla Chiloé).

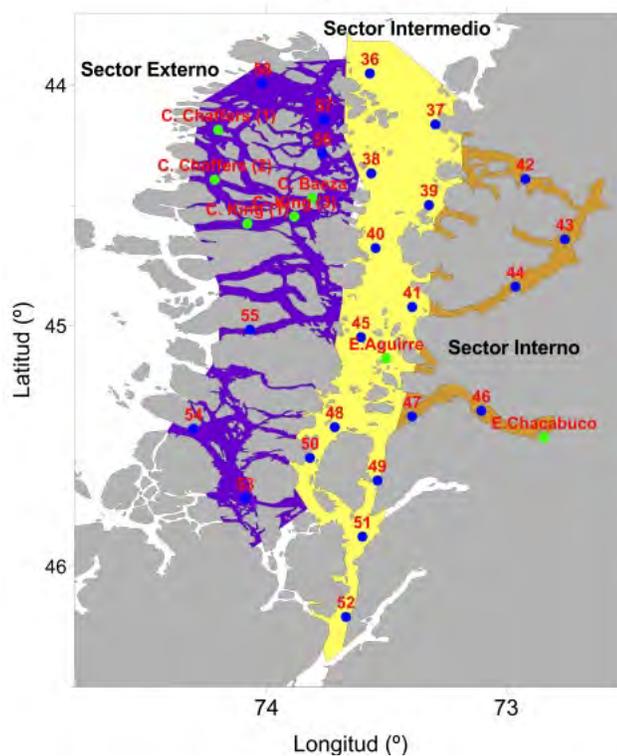


Figura 3.7: Estaciones de plancton y CTD realizados en enero (2011) en el crucero Hidroacústico en la XI Región, cubriendo los sectores costeros (Café: Sector Interno; Amarillo: Sector Intermedio; Morado: Sector Externo; Círculos verdes: estaciones extras).

todas ellas están bien descritas y son muy bien conocidas. El discernimiento entre los huevos de sardina común y sardina fueguina comúnmente fue realizado en base a una aparente diferencia de tamaños de huevos entre especies, esto debido a que el resto de los caracteres de identificación son similares. El carácter distintivo (tamaño de huevo), sin embargo, puede ser inadecuado por cuanto se ha documentado que pueden ocurrir variaciones latitudinales y estacionales en el tamaño de huevos desovados por peces pequeños pelágicos (Llanos-Rivera y Castro 2004, Castro et al. 2009). Acorde a lo anterior, en el presente estudio se procedió a denominar huevos de una u otra especie de sardina solo si es que: a) existe evidencia de que solo una de las especies está en condición reproductiva madura o desovada (a partir de análisis de hembra adultas) o b) que se encuentren larvas de solo una especie de sardina en el plancton (en cuyo caso se denominarán los huevos como la misma especie en base a las larvas). En caso que ocurran hembras maduras de ambas especies de sardina o larvas de ambas especies de sardina en el plancton, los huevos de sardina presentes en el plancton serán denominados como “sardina, probablemente xxx” en base a los tamaños de huevos presentes y su comparación con los rangos reportados en literatura para esa zona.

### **3.5.3. Análisis hidrográfico**

La data hidrográfica colectada a partir de perfiles verticales obtenidos con CTD fue utilizada para caracterizar cada una de las zonas de prospección hidroacústica. Con este fin se realizó la diagramación de los perfiles de salinidad, temperatura, densidad ( $\sigma_t$ ), oxígeno disuelto y clorofila-*a* para cada zona prospectada, identificándose en cada caso las profundidades de las termoclina, haloclina y picnoclina, estratos de bajas concentraciones de oxígeno disuelto y estratos de mayor concentración de clorofila-*a* (fluorescencia). Paralelamente, en cada zona de prospección hidroacústica se seleccionó un conjunto de estaciones ubicadas espacialmente en forma lineal para la construcción de secciones verticales de las variables hidrográficas. Estas secciones fueron luego utilizadas para describir posibles estratos de agregación de ictioplancton (ver más adelante). Paralelamente, a partir de la data de densidad del agua de mar en cada estación se confeccionaron perfiles con las frecuencias de Brunt-Vaisala como un indicador de estabilidad a lo largo de la columna de agua (Landaeta y Castro 2006), y se estimó las zonas presentan mayor estabilidad promedio dentro del área completa del presente estudio.

### **3.5.4. Asociación entre variables oceanográficas y densidad de pequeños pelágicos**

#### **3.5.4.1. Ictioplancton e hidrografía**

La distribución horizontal de huevos y larvas de las tres especies objetivo y la determinación de zonas de mayor agregación se realizaron mediante la confección de mapas de distribución. En estos mapas, la abundancia de cada

especies por estadio de desarrollo fue representada en forma de círculos de tamaños proporcionales a su abundancia (Surfer 8.0) utilizando todas las estaciones de muestreo. La distribución vertical de huevos y larvas de cada especie fueron graficadas a modo de perfiles verticales de abundancia (promedio y desviación estándar) por estadio de desarrollo utilizando tanto la data del total de estaciones muestreadas así como por zonas. Mediante análisis de varianza (ANOVA si la data sigue una distribución normal; Kruskal-Wallis encaso contrario) se comparo para cada especie diferencias en la abundancia de cada estadio de desarrollo entre zonas y/o entre estratos en la vertical.

Para establecer si existe alguna relación entre las zonas de mayor abundancia de huevos y larvas y las variables hidrográficas, se utilizaron métodos gráficos y estadísticos.

Primero, se procedió a superponer gráficamente las abundancias de cada estadio y especie (círculos de distinto tamaño según abundancia) sobre las secciones horizontales de las variables hidrográficas (temperatura y salinidad) obtenidas mediante krigging en Surfer o sobre las imágenes satelitales de temperatura y color (clorofila). Paralelamente, la distribución vertical de los huevos y larvas fue representada gráficamente sobreponiendo a las secciones verticales de variables hidrográficas de cada zona, las abundancias de huevos y larvas representadas también mediante círculos de diferentes tamaños dependiendo de la abundancia en cada estación. Estos procedimientos gráficos fueron ampliamente utilizados par describir distribuciones verticales de huevos y larva peces en la zona misma zona de estudio de esta propuesta (Landaeta y Castro 2006; Bustos et al 2008, Castro et al. 2008, Castro et al. 2011).

Un segundo método gráfico consistente en la sobreposición de las abundancias de huevos y larvas (círculos escalados de abundancia) sobre diagramas T-S (Checkley 2000) con el objeto de identificar los rangos de temperatura y salinidad en que ocurren las mayores abundancias de huevos y larvas. Este método, sugerido en los talleres de SPACC (Small Pelagics and Climate Change; van der Lingen et al 2005) ha sido empleado tradicionalmente en los proyectos del Método de Producción Diaria de Huevos (DEPM) para estimar los rangos de salinidad y temperatura en que se encuentran huevos de anchoveta y sardina común en la zona central de Chile (Cubillos et al. 2010).

El tercer método combinado (gráfico y estadístico) consistió en un análisis de frecuencia de ocurrencia de huevos y larvas a las distintas salinidades y temperaturas (Single factor Quotient analysis; van der Linguen et al. 2001, 2005; Drapeau 2004). El método utiliza la temperatura (o salinidad) media de cada uno de los estratos muestreos de ictioplancton, dividiendo la data de temperatura (o salinidad) en rangos de clases iguales y determinando la frecuencia de ocurrencia de cada clase de temperatura (o salinidad). Luego se estima el número de huevos encontrados en las muestras en cada clase de temperatura (o salinidad) y se expresa su frecuencia en porcentaje del número total de huevos colectados en el crucero. Finalmente se estimó un cuociente para cada rango de temperatura, entre la frecuencia de ocurrencia de esa temperatura y la frecuencia huevos encontrados en esa temperatura. Si el cuociente para cada temperatura (o salinidad) es mayor a 1 (mayor al intervalo de confianza determinado por remuestreo computacional; Bernal et al. 2007) se asume que esa temperatura es positivamente seleccionada y si es

significativamente  $< 1$  es negativamente seleccionada.

### **3.5.5. Análisis retrospectivo de distribución de huevos y larvas y distribución de mesozooplankton quitinoso**

La data de ictioplancton de las especies objetivo y que fue colectada previamente durante cruceros CIMAR Fiordos y en el marco de otros proyectos (Subsecretaría de Pesca, FONDECYT, INNOVA) en la zona de interés, fue compilada y analizada para estimar zonas de agregación de huevos y larvas de estas especies durante los últimos años, y para estimar los periodos del año de mayor abundancia de ictioplancton de las especies objetivo. Adicionalmente, la distribución horizontal del mesozooplankton quitinoso potencialmente presa de pequeño pelágicos pequeños en el presente estudio tales como copépodos y eufáusidos y la determinación de sus zonas de mayor agregación se realizará mediante la confección de mapas de distribución en que la abundancia de cada grupo funcional (copépodos pequeños ( $< 1000$  um), copépodos grandes ( $> 1000$  um) y eufáusidos (textitE. vallenghini) se representó en forma de círculos de tamaños proporcionales a su abundancia (Surfer 8.0) utilizando todas las estaciones de muestreo (similar a mapas de ictioplancton señalados arriba). Ambos tipos de información, data histórica de distribución de ictioplancton y data de zooplancton serán utilizadas como información adicional para enriquecer la discusión sobre la posible constancia de las zonas de agregación así como sobre potenciales causas de las zonas de agregación de las especies objetivo.

### **3.5.6. Análisis de la circulación y relaciones ambiente-recurso**

#### **3.5.6.1. Análisis histórico**

Gran parte de la información oceanográfica disponible para la zona del Seno de Reloncaví y mar interior de Chiloé, proviene de campañas oceanográficas realizadas en el marco del programa CIMAR-FIORDO del Servicio hidrográfico y Oceanográfico de la Armada. En este contexto desatacan las campañas CIMAR-FIORDO I, en la cual se realizaron un total de 97 estaciones oceanográficas abarcando la zona de canales australes comprendida entre Puerto Montt y Laguna san Rafael, y CIMAR-FIORDO 10, entre el Seno Reloncaví y el golfo Corcovado. Los principales resultados obtenidos a partir de estas campañas se encuentran publicados en revistas de divulgación científica nacional y en trabajos presentados a congresos nacionales. Entre los parámetros descritos a partir de las campañas CIMAR se cuentan variables tanto fisicoquímicas como temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH y nutrientes, así como la geomorfología del fondo y una caracterización de los principales componentes biológicos que habitan la zona de estudio. Algunos trabajos adicionales, pueden ser encontrados en publicaciones científicas, así como en informes de proyectos realizados en el área de estudio, entre estos destaca el proyecto FIP 2007-21

“Evaluación de la capacidad de carga del estuario Reloncaví, X región” ejecutado por el Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP), así como de algunos trabajos de tesis. La información obtenida a partir de estos trabajos ha sido resumida en algunas publicaciones que describen los ciclos productivos y sus implicancias para la trama trófica pelágica para algunos fiordos australes tales como el de Reloncaví y de Aysén.

Los datos históricos para caracterizar la zona de estudio en términos espacio-temporales no estuvo disponible para los propósitos del proyecto, razón por la cual se realizó un análisis bibliográfico. De esta manera se logró caracterizar en forma general la hidrodinámica de la zona.

### 3.5.6.2. Correntometría

Las mediciones de corrientes fueron realizadas utilizando un perfilador acústico de corrientes doppler (ADCP) de 600 kHz marca RDI, modelo Workhorse, instrumento que fue fondeado a 25 m de profundidad en la zona de cercana a la localidad de Calbuco, i.e.,

Estación	Latitud	Longitud	Profundidad	Fecha
Sur Calbuco-Chacao	41°50'51.77"S	73°09'16.16"W	25 m	23-06-13 a 23-07-2013

El instrumental fue configurado para obtener registros cada 10 minutos de las variables magnitud y dirección de la corriente. La información de corrientes no ha sido filtrada, sólo se han eliminado los valores escapados. En situación similar se trataron los datos de marea obtenidos por el mismo ADCP además de registros de temperatura.

En la zona, las corrientes directas obtenidas del ADCP fueron rotadas en toda la columna (de 0 a 25 m) con respecto al norte geográfico (12°29' de acuerdo a la carta náutica de la Armada de Chile).

Con los registros de corrientes se realizaron los siguientes análisis:

- Diagramas de dispersión de las componentes de velocidad  $u$  (E-W) y  $v$  (N-S) para las capas superficiales (cada un metro de profundidad) entre los meses de Junio y Julio de 2013.
- Histogramas de frecuencias de dirección y magnitud de la corriente para las capas superficiales (cada un metro de profundidad) para los meses de Junio y Julio de 2013.
- Diagrama de trazos del vector velocidad de las capas superficiales (cada un metro de profundidad) entre los meses de Junio y Julio de 2013.
- Mediante análisis armónico similar al realizado al de las mareas (Foreman, 1993) utilizando como entrada al algoritmo de Pawlowicz, 2002 el vector complejo de la forma  $w=u+vi$ . El algoritmo utilizados para

estimar la amplitud y fase descrito por Godin (1972), Foreman (1977) y Foreman (1978) implementado por Pawlowicz, (2002) para MATLAB.

- Obtener las corrientes residuales mediante la extracción de los armónicos de marea a las series originales de corrientes.

### **3.5.6.3. Imágenes satelitales**

Con el objeto de realizar una caracterización de las condiciones oceanográficas del área de interés, se obtuvieron imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM) y clorofila (CHL) MODIS Aqua Globales, con resolución espacial de 4x4 Km y temporal diaria, provenientes del sitio OceanColor Web.

Las imágenes fueron escaladas (obtención de unidades geofísicas de temperatura y clorofila) y corregidas atmosféricamente, y georreferenciadas con el software Matlab 6.1, obteniéndose valores de temperatura (°C) y clorofila ( $mgm^{-3}$ ).

Una de las principales limitaciones de los sensores que operan en el espectro visible de la luz es que no obtienen información en zonas con cobertura nubosa (clorofila y temperatura). Por este motivo, las imágenes de temperatura y clorofila fueron interpoladas en tres dimensiones, esta metodología considera la variabilidad en el espacio y el tiempo de los datos para su interpolación (Marcotte 1991, Navarro et al. 2004).

A partir de la información satelital temperatura y clorofila, se construyeron series temporales y mapas espaciales del área de estudio.

### **3.5.6.4. Análisis de la correntometría y series de tiempo**

Los registros de correntometría fueron analizados para generar una caracterización dinámica del área durante el periodo de muestreo acústico, mediante análisis de series de tiempo que permitan establecer los principales forzantes de la circulación del área; para ello la información fue procesada con metodologías clásicas de series de tiempo como análisis espectrales a distintos niveles de profundidad en la columna de agua, filtrado de series con distintos métodos con el fin de observar procesos en varias escalas (altas y bajas frecuencias) y llevando del dominio del tiempo al espacio con análisis de vectores progresivos. Por su parte, las imágenes satelitales se analizaron desde el punto de vista espacial con el fin de visualizar los procesos a la escala de la problemática de este proyecto, estableciendo correlaciones espaciales entre imágenes para establecer patrones e identificar procesos a través del tiempo y espacio que puedan presentar relevancia en el área de estudio. Además, se construyeron series de tiempo a partir de las imágenes de temperatura y clorofila las cuales fueron analizadas bajo las metodologías de series temporales descritas previamente.

A partir de series de tiempo generadas desde imágenes satelitales de temperatura y clorofila, se analizó la conectividad de las aguas interiores con las del océano abierto en función de sus características y concentraciones.

### **3.6. Relación talla-fuerza de blanco (L-TS) de sardina austral**

La fuerza de blanco (TS) fue determinante en los procedimientos de evaluación de biomasa mediante acústica, ya que es un estimador del coeficiente de retrodispersión transversal. La TS permite determinar el número y biomasa de los ejemplares evaluados a partir de la energía acústica integrada en la porción de la columna de agua donde se distribuye el recurso. La TS se relaciona directamente con la longitud del pez, y para su estimación se requiere obtener simultáneamente valores de fuerza de blanco y muestreos de longitud de los peces insonificados acústicamente.

Los métodos de estimación de TS se pueden clasificar en dos grandes grupos (Foote 1991) aquellos denominados métodos de estimación *in situ* y los de estimación *ex situ* (**Figura 3.8**). En general, los valores de TS más utilizados en evaluaciones acústicas provienen de procedimientos *in situ* con ejemplares en su estado natural, es decir imperturbados. Sin embargo, contar con una relación fuerza de blanco-talla de cualquier especie representa un gran desafío y años de investigación, ya que en muchos casos se requiere de muestreo en distintas regiones con diferentes rangos de tallas, tener conocimiento de la distribución geográfica y composición de tallas del recurso, además de la condición fisiológica de los peces durante el periodo de muestreo (factor determinante que requiere ser conocido). En el caso particular de los clupeidos, que poseen una vejiga gaseosa fisóstoma, es decir abierta al exterior, el conocimiento de su “comportamiento” durante las migraciones verticales circadianas es crucial para interpretar las variaciones de la fuerza de blanco para los mismos ejemplares a distintas profundidades. En los métodos *ex situ* en cambio, las mediciones se efectúan en un ambiente controlado sobre peces removidos de su ambiente natural, en esta metodología se puede alcanzar una buena identificación tanto de las características de los ejemplares (tallas, pesos) como de su comportamiento. Las principales dificultades se generan en la mantención de los peces vivos y la alteración del comportamiento en relación a las condiciones naturales. En la categoría de mediciones *ex situ*, también se ubican aquellos estudios basados en el uso de modelos para estimar la fuerza de blanco, para lo cual se hace necesario conocer la forma y tamaño de la vejiga gaseosa de los individuos insonificados (Foote y Traynor 1988, Simmonds y Maclennan 2005).

#### **3.6.1. Plataforma experimental**

Al considerar como referencia el prototipo de plataforma experimental diseñada por Howell (2008) (**Figura 3.9**) Se diseño y construyo una plataforma flotante que integra una jaula rectangular rodeada de pasarelas metálicas

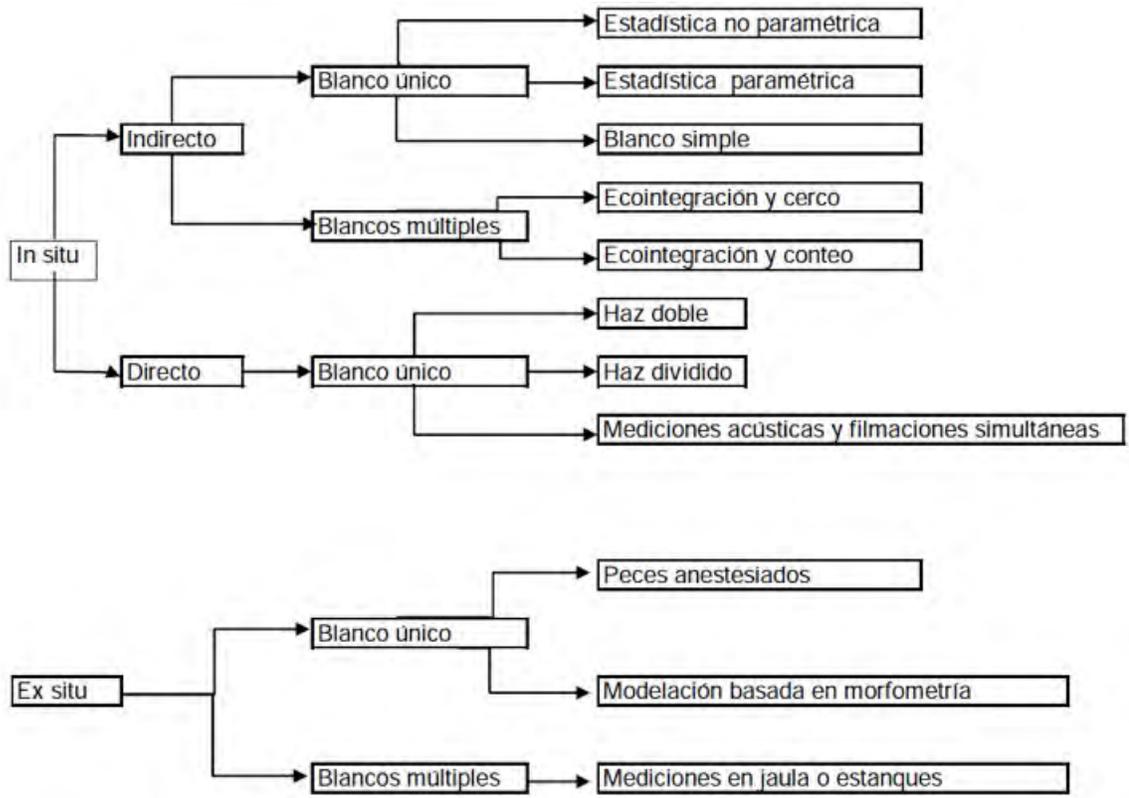


Figura 3.8: Clasificación de métodos para estimar la fuerza de blanco (de Foote 1991, en Lillo et al. 2007)

para facilitar los procedimientos de toma de información. La jaula de confinamiento fue diseñada con las siguientes dimensiones: 4 metros de largo; 5 metros de ancho y una profundidad que puede ser variable entre los 25 y 6 metros, gracias a que se podrá liberar o recoger la malla tipo anchovetera que la recubre (**Figura 3.10**). La jaula de confinamiento fue alojada en dependencias de Fundación Chiquihue, Puerto Montt (Figura 3.11).

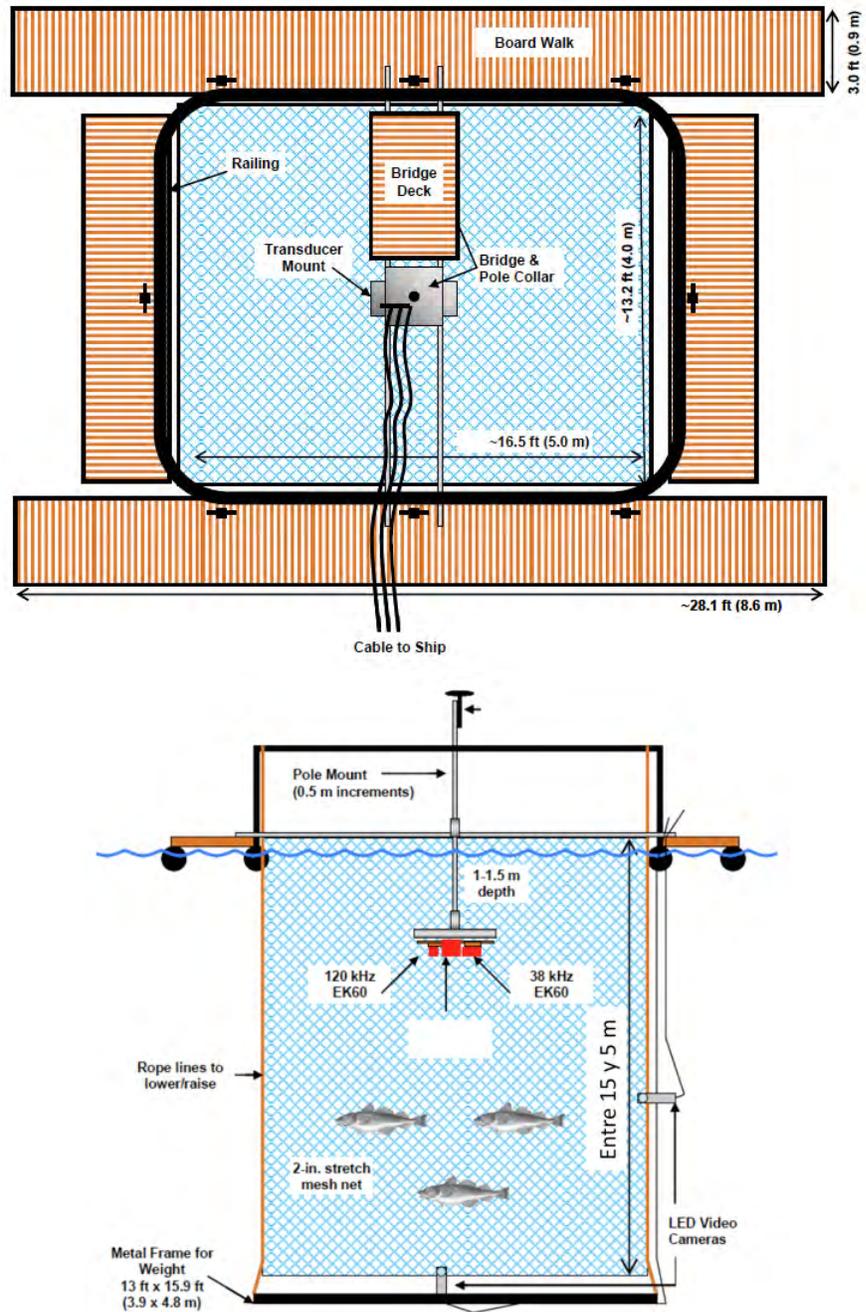


Figura 3.9: Diagrama del diseño de la plataforma experimental a construir. Prototipo tomado de Howell (2008).



Figura 3.10: Plataforma experimental construida para obtener la fuerza de blanco de sardina austral.

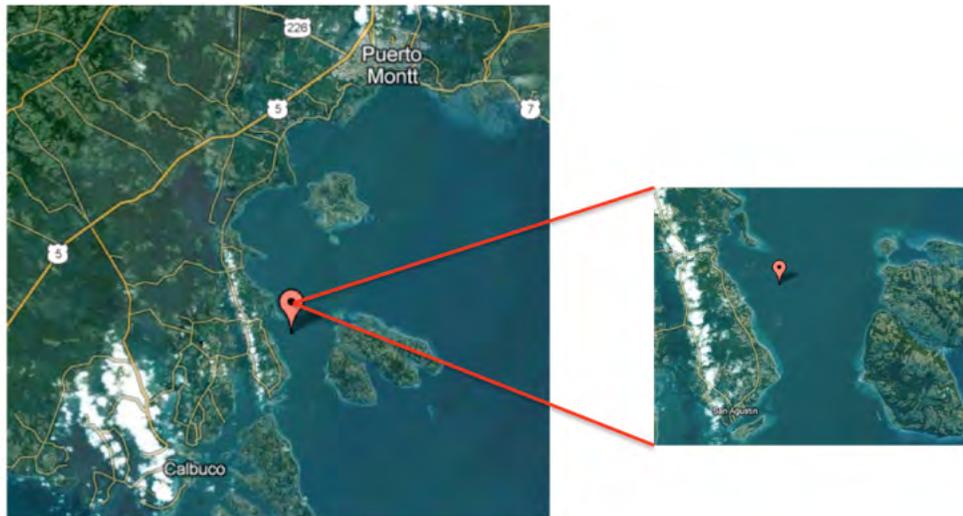


Figura 3.11: Sector costero ubicado en la Fundación Chinquihue, Puerto Montt, Región de Los Lagos.

### 3.6.2. Diseño de experimentos y registros acústicos

El equipo acústico fue fijado en la plataforma experimental con ayuda de un mástil regulador que permite la inmersión segura en el interior de la jaula de confinamiento. Posterior al proceso de calibración, se realizó una serie de registros acústicos empleando una ecosonda científica Simrad Ek-60 y dos transductores splits beam de frecuencia 38 kHz y 120 kHz.

#### Experimento 1: Registros acústicos con la jaula vacía

Esta serie de registros acústicos fueron realizados con la finalidad de determinar si la jaula de confinamiento presentó o no transparencia acústica, procedimiento conocido como determinación de la ecointegración provocada por la jaula. Este valor puede ser posteriormente descontado a aquel valor obtenido con peces confinados, obteniendo de esta manera la ecointegral producida exclusivamente por los peces.

#### Experimento 2: Registros acústicos con peces confinados

El registro acústico de los peces confinados se extendió por un periodo de 72 horas, con un registró continuo de 8 horas y pausa de 4 horas. Los registros acústicos continuos permitieron proveer una evaluación preliminar de posibles migraciones verticales día/noche. Otras consideraciones de análisis basadas en la densidad de ejemplares al inicio y final del experimento (sobrevivencia) pueden ser utilizadas para inferir efectos de condiciones de alta y baja densidad de peces. Sin embargo, resaltamos que el objetivo principal de este experimento es poder determinar la TS de sardina austral.

### 3.6.3. Estimación de la fuerza de blanco

El procesamiento y análisis de los datos acústico fue desarrollado a través de las siguientes etapas:

- Análisis exploratorio: consiste en la inspección, revisión y selección de los datos acústicos y biológicos.
- Procesamiento de los datos: lo cual involucró: i) la inspección de los datos y ecogramas, para remover datos que no correspondieran a la especie objetivo, como plancton, interferencias acústicas u otros; y ii) estimar el coeficiente individual de retrodispersión promedio, a partir de la fuerza de blanco promedio de cada medición y asociada a la talla promedio de cada ejemplar.
- Validación de los datos: análisis comparativo con estudios efectuado en especies similares.

Para la obtención de la fuerza de blanco de sardina austral se siguió los procedimientos recomendados por Foote (1987) y MacLennan and Menz (2005); cuya aplicación entrega un TS promedio en base a una longitud total  $L$ , tal como se expresa en la siguiente ecuación:

Tabla 3.5: Constantes empleadas en el proceso de estimación de la TS de sardina común.

Constante de conversión ( $C$ )	$C = 0,002916$
Constante sigma promedio ( $C_{s-prom}$ )	$C_{s-prom} = C/\text{densidad de peces}$
Constante de calibración ( $C_{kal}$ )	$C_{kal} = 10^{\text{Factor}}$
Constante sigma calibrado ( $C_{s-kal}$ )	$C_{s-kal} = C_{s-prom}/C_{kal}$
Constante sigma interior ( $C_{s-int}$ )	$C_{s-int} = C_{s-kal}/H$

$$TS = 20 \log L + b_{20}$$

donde  $L$  es la longitud total promedio de los peces, y  $b_{20}$  es el factor o constante derivada de los experimentos de medición acústica (db). Inicialmente se determinó la longitud media cuadrada de los ejemplares que intervinieron en cada experimento, la cual es dada por la siguiente expresión:

$$\bar{L}^2 = \frac{\sum_{i=1}^m L_i^2 F_i}{\sum_{i=1}^m f_i}$$

donde  $L_i^2$  indica la longitud media al cuadrado de la clase  $i$ ,  $f_i$  es el número de ejemplares en la clase  $i$ . El procedimiento continua con la estimación del área de la jaula y la densidad de peces en el agua. Una serie de constantes son utilizadas en el procedimiento de estimación (**Tabla 3.5**), donde Factor se refiere al valor de corrección relativo a la distancia del transductor; y  $H$  es el espacio libre dentro de la jaula.

El sigma promedio de los peces confinados esta dado por la siguiente expresión:

$$S_{peces} = C_{S-Int} * (S_{aInt} - S_{a\text{jaula vacía}})$$

donde  $S_{aInt}$  se refiere a la eointegración producida por los peces, mientras que  $S_{a\text{jaula vacía}}$  se refiere a la eointegración provocada por la jaula vacía.

$$\sigma_{\text{promedio peces}} = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_{peces}}{n}$$

Finalmente el valor de  $b_{20}$ , fue determinado por:

$$b_{20} = 10 * \log \left[ \frac{\sigma_{\text{promedio peces}}}{L^2 * 4 * \pi * 10000} \right]$$

### 3.6.4. El análisis biológico

Una vez realizado el registro acústico de los peces confinados, estos fueron sacrificados registrándose lo siguiente:

- Mediciones, definiendo de esta manera la estructura de talla de los peces confinados, la talla media y valores extremos de longitud.
- Sexo, definiendo la proporción sexual presente en el confinamiento.
- Proporción específica, definiendo la proporción real de especies en el confinamiento (con énfasis en sardina austral y sardina común).

# Resultados

## 4.1. Abundancia y biomasa de pelágicos pequeños

EL desarrollo de los cruceros de evaluación acústica, en ambas regiones, permitió cubrir todas las zonas geográficas, considerando los acuerdos (modificaciones) convenidos con los usuarios de la pesquería (ANEXO 1). El diseño del crucero solo fue alterado en algunas sectores ya sea por obstáculos en la navegación (centros de cultivo, presencia de islotes y bajos), zonas someras que no fueron identificadas debido a los cambios de mareas, ó por indicaciones realizadas por la embarcación acompañante la cual visualizaba/verificaba la presencia del recurso mediante sonar.

### 4.1.1. Estimación estratificada

#### 4.1.1.1. Sardina austral

De acuerdo con la distribución de los NASC de sardina austral (Figura 4.12), en la Región de los Lagos se registró una mayor presencia de este recurso en la costa oriental de la Isla de Chiloe: Archipiélago conformado por las Islas Meulin, Quenac, Teuquelin y Caguache (Zona F); lugares cercanos a el Puerto Quellón e Isla San Pedro (Zona E) y los sectores continentales cercanos a Puerto Auchemo (Zona C) y entrada del Estero Reñihue (Zona B).

Por otro lado, en la Región de Aysén la mayor presencia de este recurso se registró en las costas y canales cercanos a puerto Aguirre: canal Rodríguez, Pilcomayo, Moraleda, sector Americano (Zona H-J), destacando también el área sur de prospección, dirigida hacia los canales Barros Arana, Chacabuco y Vicuña (Zona J-L).

#### **Región de Los Lagos**

Los indicadores estadísticos de los datos de densidad acústica (NASC) para la estimación de la densidad media de sardina austral por zona de estudio y estrato de profundidad, se presentan en la Tabla 4.6 empleando la

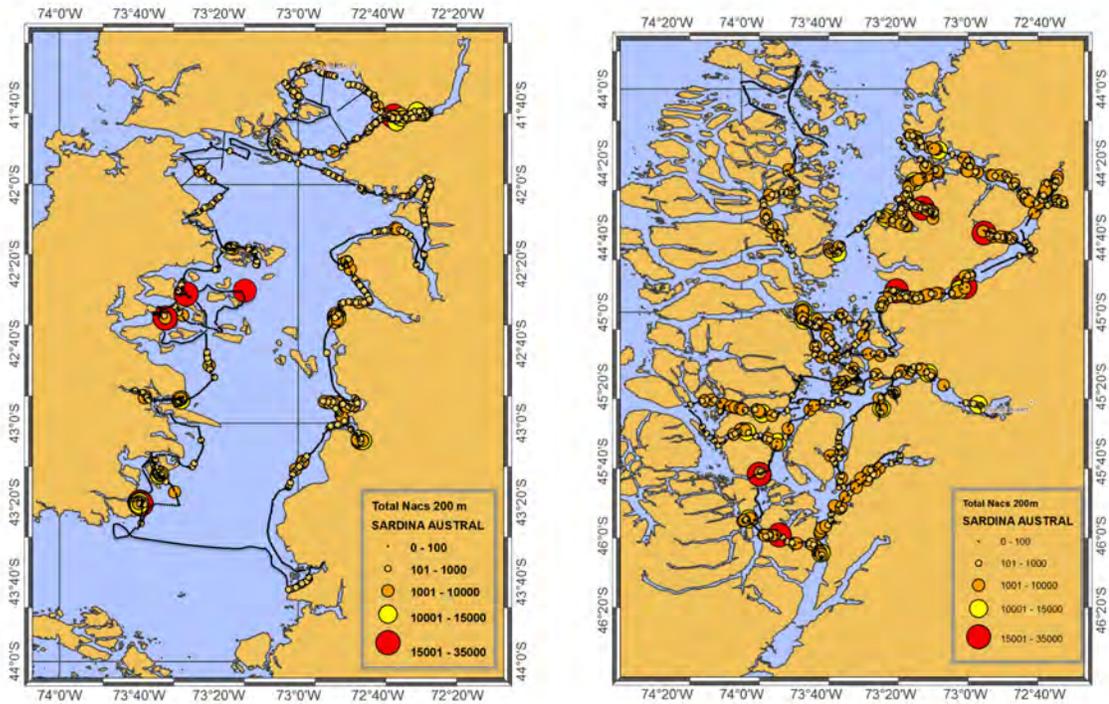


Figura 4.12: Distribución de NASC para sardina austral en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén.

$TS = 67,8$  de Niklitschek et al. 2009; y en la Tabla 4.7 empleando la  $TS = 67,59$  (este estudio).

La estimación de biomasa total de sardina austral registrada por zona, rango de profundidad y valor de  $TS$ , se presentan en las Tablas 4.8 y 4.9. Mientras que las estimaciones de biomasa por clases de tallas y estratos geográficos se presentan en las Tablas 4.10) y 4.11 tanto para cada valor de  $TS$  utilizado. Finalmente, en las Tablas 4.12 y 4.13, se presentan los resultados de la estimación de abundancia por clase de talla.

Tabla 4.6: Estadísticos descriptivos de la densidad media ( $t \times mn^2$ ) de sardina austral, por zona y estrato de profundidad en la Región de Los Lagos, según TS = 67.8 de Niklitschek et al. (2009.)

<b>(TS=67.8)</b>		Zona	Zona	Zona	Zona	Zona	Zona
Profundidad		A	B	C	D	E	F
0-50	Area	634,7	515,5	394,6	535,2	680,5	624,6
	NASC	116	60	565	471	559	316
	Var(NASC)	2273,9	1110,4	30763,9	52078,5	23813,3	7853,7
	SD(NASC)	17,8	18,8	15,5	19,6	25,2	19,1
	Densidad	6,5	3,8	36,5	24,0	22,2	16,5
	CV (%)	22,55	55,76	27,92	33,92	24,83	25,21
	n	315	121	159	116	297	354
50-100	NASC	226	53	248	494	103	68
	Var(NASC)	13460,7	140,3	4582,8	57142,2	3313,8	1131,5
	SD(NASC)	17,8	18,8	15,5	19,6	25,2	19,1
	Densidad	12,7	2,8	16,0	25,2	4,1	3,5
	CV (%)	28,19	11,18	24,52	33,81	50,41	44,70
		N	237	101	132	69	128
100-150	NASC	180	63	99	378	96	49
	Var(NASC)	12293,4	3276,6	298,8	47320,1	529,9	122,8
	SD(NASC)	17,8	18,8	15,5	19,6	25,2	19,1
	Densidad	10,1	3,3	6,4	19,3	3,8	2,5
	CV (%)	33,93	45,19	15,77	40,24	21,57	20,29
		n	180	84	90	25	26
150-200	NASC	144	67	180	90	55	30
	Var(NASC)	20824,4	6051,5	2365,7	5558,6	796,0	93,1
	SD(NASC)	17,8	18,8	15,5	19,6	25,2	19,1
	Densidad	<b>8,1</b>	<b>3,5</b>	<b>11,6</b>	<b>4,6</b>	<b>2,2</b>	<b>1,5</b>
	CV (%)	55,14	58,05	24,32	58,02	46,41	29,23
		n	145	65	37	8	8

Tabla 4.7: Estadísticos descriptivos de la densidad media ( $t \times mn^2$ ) de sardina austral, por zona y estrato de profundidad en la Región de Los Lagos, según TS = 67.59 (este estudio).

<b>(TS=67.59)</b>		Zona	Zona	Zona	Zona	Zona	Zona
Profundidad		A	B	C	D	E	F
0-50	NASC	116	60	565	471	559	316
	Varianza	2273,9	1110,4	30763,9	52078,5	23813,3	7853,7
	Sigma	18,7	19,8	16,2	20,6	26,4	20,1
	Area	634,7	515,5	394,6	535,2	680,5	624,6
	Densidad Media	<b>6,2</b>	<b>3,0</b>	<b>34,7</b>	<b>22,8</b>	<b>21,2</b>	<b>15,8</b>
	CV	22,55	55,76	27,92	33,92	24,83	25,21
	N	315	121	159	116	297	354
50-100	NASC	226	53	248	494	103	68
	Varianza	13460,7	140,3	4582,8	57142,2	3313,8	1131,5
	Sigma	18,7	19,8	16,2	20,6	26,4	20,1
	Area	634,7	515,5	394,6	535,2	680,5	624,6
	Densidad Media	<b>12,1</b>	<b>2,6</b>	<b>16,2</b>	<b>24,0</b>	<b>3,9</b>	<b>3,3</b>
	CV	28,19	11,18	24,52	33,81	50,41	44,70
	N	237	101	132	69	128	279
100-150	NASC	180	63	99	378	96	49
	Varianza	12293,4	3276,6	298,8	47320,1	529,9	122,8
	Sigma	18,7	19,8	16,2	20,6	26,4	20,1
	Area	634,7	515,5	394,6	535,2	680,5	624,6
	Densidad Media	<b>9,6</b>	<b>3,2</b>	<b>6,1</b>	<b>18,4</b>	<b>3,6</b>	<b>2,4</b>
	CV	33,93	45,19	15,77	40,24	21,57	20,29
	N	180	84	90	25	26	152
150-200	NASC	144	67	180	90	55	30
	Varianza	20824,4	6051,5	2365,7	5558,6	796,0	93,1
	Sigma	18,7	19,8	16,2	20,6	26,4	20,1
	Area	634,7	515,5	394,6	535,2	680,5	624,6
	Densidad Media	<b>7,7</b>	<b>3,4</b>	<b>11,1</b>	<b>4,4</b>	<b>2,1</b>	<b>1,4</b>
	CV	55,14	58,05	24,32	58,02	46,41	29,23
	N	145	65	37	8	8	69

Tabla 4.8: Estimación de biomasa (ton) de sardina austral por estratos geográficos y de profundidad en la Región de Los Lagos. Se incluye estadísticos.

TS=67.8		Profundidad			
ZONA		0 - 50	50-100	100-150	150-200
A	NASC	116	226	180	144
	Biomasa	<b>3693</b>	<b>7189</b>	<b>5707</b>	<b>4571</b>
	Varianza	2293215,0	13574492,4	12397283,5	21000408,4
	CV	41,0	51,2	61,7	98,5
B	NASC	60	53	63	67
	Biomasa	<b>1509</b>	<b>1337</b>	<b>1599</b>	<b>1692</b>
	Varianza	708123,1	89481,0	2089591,8	3859251,2
	CV	55,7	22,4	90,4	99,8
C	NASC	565	248	99	180
	Biomasa	<b>12902</b>	<b>5671</b>	<b>2251</b>	<b>4108</b>
	Varianza	16023315,7	2386974,2	155603,9	1232166,2
	CV	31,0	27,2	17,5	27,0
D	NASC	471	494	378	90
	Biomasa	<b>11871</b>	<b>12452</b>	<b>9538</b>	<b>2267</b>
	Varianza	33090722,7	36308165,3	30067210,7	3531908,2
	CV	48,4	48,3	57,5	82,9
E	NASC	559	103	96	55
	Biomasa	<b>14749</b>	<b>2710</b>	<b>2533</b>	<b>1443</b>
	Varianza	16567478,9	2305532,6	368682,2	553769,3
	CV	27,6	56,0	24,0	51,6
F	NASC	316	68	49	30
	Biomasa	<b>9727</b>	<b>2082</b>	<b>1511</b>	<b>914</b>
	Varianza	7425596,5	1069836,8	116113,6	88042,3
	CV	28,0	49,66	22,5	32,5
<b>Biomasa Total</b>		<b>54452</b>	<b>31441</b>	<b>23140</b>	<b>14994</b>
Varianza Total		76108451,9	55734482,3	45194485,6	30265545,5
Error Estandar		8724,0	7465,5	6722,7	5501,4
CV Total		16,0	23,7	29,1	36,7

Tabla 4.9: Estimación de biomasa (ton) de sardina austral por estratos geográficos y de profundidad en la Región de Los Lagos. Se incluye estadísticos.

TS=67.59		Profundidad			
ZONA		0 - 50	50-100	100-150	150-200
A	NASC	116	226	180	144
	Biomasa	<b>3519</b>	<b>6850</b>	<b>5437</b>	<b>4355</b>
	Varianza	2081827,6	12323202,9	11254508,5	19064601,8
	CV	41,0	51,2	61,7	98,5
B	NASC	60	53	63	67
	Biomasa	<b>1438</b>	<b>1274</b>	<b>1524</b>	<b>1612</b>
	Varianza	642848,7	81232,6	1896974,4	3503507,4
	CV	55,7	22,4	90,4	99,8
C	NASC	565	248	99	180
	Biomasa	<b>12293</b>	<b>5403</b>	<b>2145</b>	<b>3914</b>
	Varianza	14546294,9	2166944,2	141260,4	1118585,7
	CV	31,0	27,2	17,5	27,0
D	NASC	471	494	378	90
	Biomasa	<b>11311</b>	<b>11864</b>	<b>9088</b>	<b>2160</b>
	Varianza	30040437,5	32961297,9	27295631,1	3206338,8
	CV	48,4	48,3	57,5	82,9
E	NASC	559	103	96	55
	Biomasa	<b>14053</b>	<b>2582</b>	<b>2414</b>	<b>1375</b>
	Varianza	15040297,5	2093009,9	334697,3	502723,1
	CV	27,6	56,0	24,0	51,6
F	NASC	316	68	49	30
	Biomasa	<b>9268</b>	<b>1984</b>	<b>1440</b>	<b>870</b>
	Varianza	6741109,0	971219,8	105410,3	79926,6
	CV	28,0	49,66	22,5	32,5
<b>Biomasa Total</b>		<b>51881</b>	<b>29957</b>	<b>22047</b>	<b>14286</b>
Varianza Total		69092815,2	50596907,3	41028481,9	27475683,6
Error Estandarl		8312,2	7113,1	6405,3	5241,7
CV Total		16,0	23,7	29,1	36,7

Tabla 4.10: Biomasa de sardina austral por estructura de talla en cada zona de estudio empleando un valor de TS = 67,8 (Niklitschek et al. 2009). Integración rango profundidad 0 – 200 m.

TS=67.8 TALLAS	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA D	ZONA E	ZONA F	TOTAL
7							
7.5							
8							
8.5					5.8		5.8
9					130.3		130.3
9.5		9.3		18.7	402.8	9.5	440.4
10	45.0	1.0		14.1	480.2	0.4	540.6
10.5	27.4	13.4		16.8	379.9	41.0	478.5
11	33.0	1.5		19.9	567.5	50.5	672.3
11.5	79.0	18.6	91.9	127.3	1313.1	180.2	1810.1
12	93.8	65.2	15.5	463.5	2482.1	151.2	3271.2
12.5	386.9	75.7	133.9	1996.8	2616.7	111.9	5321.9
13	453.1	349.7	159.8	7655.8	3469.8	541.3	12629.5
13.5	1130.6	200.7	284.3	5503.1	3407.0	549.7	11075.5
14	2618.3	1605.1	2009.7	7800.3	5133.1	2414.4	21580.8
14.5	5228.1	1437.6	2485.2	5237.2	205.0	2656.7	17249.8
15	4380.1	1389.7	3810.3	3407.2	640.1	3403.5	17030.8
15.5	4341.3	475.6	5124.5	1956.2	201.7	2268.4	14367.7
16	1644.7	155.2	6933.1	1445.3		1182.9	11361.2
16.5	507.8	202.3	2811.3	467.1		492.2	4480.7
17	190.9	122.4	1072.2			167.4	1552.9
17.5		14.2				6.0	20.2
18						6.7	6.7
18.5							
19							
19.5							
20							
<b>TOTAL</b>							<b>124027.0</b>

Tabla 4.11: Biomasa de sardina austral por estructura de talla en cada zona de estudio empleando un valor de TS = 67,59 (este estudio). Integración rango profundidad 0 – 200 m.

TS=67.59 TALLAS	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA D	ZONA E	ZONA F	TOTAL
7							
7.5							
8							
8.5					5.5		5.5
9					124.2		124.2
9.5		8.8		17.8	383.8	9.1	419.6
10	42.8	1.0		13.5	457.5	0.3	515.1
10.5	26.1	12.7		16.0	362.0	39.1	455.9
11	31.5	1.4		18.9	540.7	48.1	640.6
11.5	75.3	17.7	87.6	121.3	1251.1	171.7	1724.7
12	89.3	62.2	14.7	441.6	2364.9	144.0	3116.8
12.5	368.6	72.2	127.6	1902.5	2493.2	106.7	5070.7
13	431.8	333.2	152.3	7294.4	3306.0	515.8	12033.4
13.5	1077.2	191.2	270.9	5243.4	3246.2	523.7	10552.6
14	2494.7	1529.3	1914.8	7432.0	4890.8	2300.4	20562.1
14.5	4981.3	1369.7	2367.9	4990.0	195.3	2531.3	16435.5
15	4173.3	1324.1	3630.4	3246.3	609.9	3242.9	16226.9
15.5	4136.4	453.2	4882.6	1863.8	192.2	2161.3	13689.5
16	1567.1	147.9	6605.9	1377.0		1127.0	10824.9
16.5	483.8	192.7	2678.6	445.0		468.9	4269.2
17	181.9	116.6	1021.6			159.5	1479.6
17.5		13.5				5.7	19.2
18						6.4	6.4
18.5							
19							
19.5							
20							
<b>TOTAL</b>							<b>118172.5</b>

Tabla 4.12: Abundancia de Sardina austral (Nº ind x10<sup>6</sup>) por estructura de talla en cada zona de estudio empleando un valor de TS = 67,8 (Niklitschek et al. 2009). Integración rango profundidad 0 – 200 m.

TS=67.8	ZONA	ZONA	ZONA	ZONA	ZONA	ZONA	TOTAL
TALLAS	A	B	C	D	E	F	
8							
8.5					2.1		2.1
9					37.7		37.7
9.5		2.0		3.9	94.9	1.9	102.7
10	9.4	0.2		2.4	93.0	0.1	105.1
10.5	4.7	2.0		2.4	61.1	6.0	76.2
11	4.7	0.2		2.4	76.3	6.3	90.0
11.5	9.4	2.0	12.0	13.2	149.0	19.3	205.0
12	9.4	6.0	1.7	41.4	239.2	14.0	311.7
12.5	33.0	6.0	12.0	153.9	215.6	9.0	429.5
13	33.0	24.2	12.0	512.6	245.8	37.9	865.5
13.5	70.7	12.1	18.0	321.7	208.8	33.6	664.8
14	141.5	84.6	107.7	400.0	273.4	129.5	1136.8
14.5	245.2	66.7	113.7	236.7	9.5	125.4	797.3
15	179.2	56.9	149.7	136.2	26.1	141.9	690.1
15.5	155.6	17.3	173.6	69.5	7.3	83.8	507.1
16	51.9	5.0	203.5	45.8		38.8	345.1
16.5	14.1	5.8	71.8	13.2		14.4	119.5
17	4.7	3.2	23.9			4.4	36.2
17.5		0.3				0.1	0.5
18						0.1	0.1
<b>TOTAL</b>							<b>6522.9</b>

Tabla 4.13: Abundancia de Sardina austral (N° ind x 10<sup>6</sup>) por estructura de talla en cada zona de estudio empleando un valor de TS = 67,59 (este estudio). Integración rango profundidad 0 – 200 m.

TS=67.59 TALLAS	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA D	ZONA E	ZONA F	TOTAL X TALLA
8							
8.5					2.0		2.0
9					36.0		36.0
9.5		1.9		3.7	90.4	1.8	97.9
10	9.0	0.2		2.3	88.6	0.1	100.2
10.5	4.5	1.9		2.3	58.2	5.7	72.6
11	4.5	0.2		2.3	72.7	6.0	85.7
11.5	9.0	1.9	11.4	12.6	141.9	18.4	195.3
12	9.0	5.8	1.6	39.4	227.9	13.3	297.0
12.5	31.5	5.8	11.4	146.7	205.4	8.6	409.3
13	31.5	23.0	11.4	488.4	234.2	36.1	824.6
13.5	67.4	11.5	17.1	306.5	198.9	32.0	633.5
14	134.8	80.6	102.7	381.1	260.5	123.4	1083.1
14.5	233.7	63.5	108.4	225.5	9.1	119.5	759.6
15	170.8	54.2	142.6	129.8	24.9	135.2	657.5
15.5	148.3	16.5	165.4	66.2	6.9	79.9	483.1
16	49.4	4.8	193.9	43.6		37.0	328.8
16.5	13.5	5.6	68.4	12.6		13.7	113.8
17	4.5	3.0	22.8			4.2	34.5
17.5		0.3				0.1	0.4
18						0.1	0.1
<b>TOTAL</b>							<b>6215.0</b>

### **Región de Aysén**

Las estimaciones estratificadas de la densidad acústica obtenidos para la Región de Aysén se presentan en las Tablas 4.14 y 4.15, en términos de indicadores estadísticos de la dispersión de los datos de densidad acústica (NASC) de sardina austral por estrato geográfico y de profundidad, según los valores de TS.

La estimación de biomasa total para la sardina austral en la Región de Aysén se presenta en las Tablas 4.16) y 4.17. Asimismo, la biomasa (ton) por clases de talla en cada una de las zonas de estudio conformadas en la XI región se presenta en las Tabla 4.18 y Tabla 4.19. En las Tablas 4.20 y 4.21, se presentan los resultados de la estimación de abundancia por clases de talla.

Tabla 4.14: Estadísticos descriptivos de la densidad media ( $t \times mn^2$ ) de sardina austral, por zona y estrato de profundidad en la Región de Aysén, según TS = 67.8 de Niklitschek et al. (2009).

<b>(TS=67.8)</b>		Zona	Zona	Zona	Zona	Zona
Profundidad		J	L	K	I	H
0-50	NASC	221	491	700	247	190
	Varianza	2799.8	21255.8	53738.6	7795.0	6599.9
	Sigma	30.4	25.8	43.1	39.3	33.1
	Area	526.0	147.5	138.5	255.6	851.6
	Densidad Media	<b>7.3</b>	<b>19.0</b>	<b>16.2</b>	<b>6.3</b>	<b>5.7</b>
	CV	16.8	23.7	26.5	25.0	34.1
	N	611	251	124	278	316
50-100	NASC	377	386	384	464	669
	Varianza	9227.9	18928.9	29730.5	24615.9	24617.3
	Sigma	30.4	25.8	43.1	39.3	33.1
	Area	526.0	147.5	138.5	255.6	851.6
	Densidad Media	<b>12.4</b>	<b>14.9</b>	<b>8.9</b>	<b>11.8</b>	<b>20.2</b>
	CV	17.8	28.5	35.9	23.7	18.7
	N	426	153	101	264	266
100-150	NASC	158	490	10	571	897
	Varianza	3119.3	50396.3	30.2	29420.8	38006.8
	Sigma	30.4	25.8	43.1	39.3	33.1
	Area	526.0	147.5	138.5	255.6	851.6
	Densidad Media	<b>5.2</b>	<b>18.9</b>	<b>0.23</b>	<b>14.5</b>	<b>27.1</b>
	CV	24.7	36.7	43.2	21.0	17.4
	N	260	67	30	190	177
150-200	NASC	117	1080	35	463	389
	Varianza	3899.9	469277.3	1552.8	39464.8	9705.1
	Sigma	30.4	25.8	43.1	39.3	33.1
	Area	526.0	147.5	138.5	255.6	851.6
	Densidad Media	<b>3.8</b>	<b>41.8</b>	<b>0.81</b>	<b>11.8</b>	<b>11.7</b>
	CV	37.2	50.7	89.5	30.0	20.3
	N	141	21	5	137	110

Tabla 4.15: Estadísticos descriptivos de la densidad media ( $t \times mn^2$ ) de sardina austral, por zona y estrato de profundidad en la Región de Aysén, TS = 67.59 (este estudio).

<b>(TS=67.59)</b>		Zona	Zona	Zona	Zona	Zona
Profundidad		J	L	K	I	H
0-50	NASC	221	491	700	247	190
	Varianza	2799.8	21255.8	53738.6	7795	6599.9
	Sigma	31.9	27.1	45.2	41.2	34.7
	Area	526	147.5	138.5	255.6	851.6
	Densidad Media	<b>6.9</b>	<b>18.1</b>	<b>15.5</b>	<b>6.0</b>	<b>5.5</b>
	CV	16.8	23.7	26.5	25.0	34.1
	N	611	251	124	278	316
50-100	NASC	377	386	384	464	669
	Varianza	9227.9	18928.9	29730.5	24615.9	24617.3
	Sigma	31.9	27.1	45.2	41.2	34.7
	Area	526	147.5	138.5	255.6	851.6
	Densidad Media	<b>11.8</b>	<b>14.2</b>	<b>8.5</b>	<b>11.2</b>	<b>19.3</b>
	CV	17.8	28.5	35.9	23.7	18.7
	N	426	153	101	264	266
100-150	NASC	158	490	10	571	897
	Varianza	3119.3	50396.3	30.2	29420.8	38006.8
	Sigma	31.9	27.1	45.2	41.2	34.7
	Area	526	147.5	138.5	255.6	851.6
	Densidad Media	<b>4.9</b>	<b>18.1</b>	<b>0.22</b>	<b>13.8</b>	<b>25.8</b>
	CV	24.7	36.7	43.2	21.0	17.4
	N	260	67	30	190	177
150-200	NASC	117	1080	35	463	389
	Varianza	3899.9	469277.3	1552.8	39464.8	9705.1
	Sigma	31.9	27.1	45.2	41.2	34.7
	Area	526	147.5	138.5	255.6	851.6
	Densidad Media	<b>3.7</b>	<b>39.8</b>	<b>0.77</b>	<b>11.2</b>	<b>11.2</b>
	CV	37.2	50.7	89.5	30.0	20.3
	N	141	21	5	137	110

Tabla 4.16: Estimación de biomasa (ton) de sardina austral por estratos geográficos y de profundidad en la Región de Aysén. Se incluye estadísticos.

TS=67.8		Profundidad			
ZONA		0 - 50	50-100	100-150	150-200
J	NASC	221	377	158	117
	Biomasa	<b>4065</b>	<b>6965</b>	<b>2919</b>	<b>2168</b>
	Varianza	947399.5	3152150.7	1065519.1	1332163.6
	Cv	23.9	25.5	35.4	53.2
L	NASC	491	386	490	1080
	Biomasa	<b>2824</b>	<b>2218</b>	<b>2817</b>	<b>6214</b>
	Varianza	703527	626511.6	1667130.8	15532211.9
	Cv	29.7	35.7	45.8	63.4
K	NASC	700	384	10	35
	Biomasa	<b>2683</b>	<b>1472</b>	<b>39</b>	<b>135</b>
	Varianza	789420.8	436741.5	443.6	22810.7
	Cv	33.1	44.9	54.0	98.9
I	NASC	247	464	571	463
	Biomasa	<b>1775</b>	<b>3334</b>	<b>4105</b>	<b>3329</b>
	Varianza	402703.8	1271701.9	1519931.8	2038823.0
	Cv	35.7	33.8	30.0	42.9
H	NASC	190	669	897	389
	Biomasa	<b>5290</b>	<b>18592</b>	<b>24921</b>	<b>10800</b>
	Varianza	5092892.2	18996235.8	29328404.5	7489057.2
	Cv	42.6	23.4	21.7	25.3
Biomasa Total		<b>16637</b>	<b>32581</b>	<b>34801</b>	<b>22645</b>
Varianza Total		7935944.1	24483341.5	33581429.9	26415066.4
Error Estandar		2817.1	4948.5	5794.9	5139.6
CV Total		16.9	15.1	16.7	22.7

Tabla 4.17: Estimación de biomasa (ton) de sardina austral por estratos geográficos y de profundidad en la Región de Aysén. Se incluye estadísticos.

TS=67.59		Profundidad			
ZONA		0 - 50	50-100	100-150	150-200
J	NASC	221	377	158	117
	Biomasa	<b>3873</b>	<b>6636</b>	<b>2781</b>	<b>2066</b>
	Varianza	860068.7	2861587.1	967300.1	1209365.5
	Cv	23.9	25.5	35.4	53.2
L	NASC	491	386	490	1080
	Biomasa	<b>2691</b>	<b>2114</b>	<b>2684</b>	<b>5920</b>
	Varianza	638676.9	568760.1	1513455.6	14100460.9
	Cv	29.7	35.7	45.8	63.4
K	NASC	700	384	10	35
	Biomasa	<b>2556</b>	<b>1403</b>	<b>37</b>	<b>129</b>
	Varianza	716652.4	396482.9	402.7	20708.0
	Cv	33.1	44.9	54.0	98.9
I	NASC	247	464	571	463
	Biomasa	<b>1691</b>	<b>3176</b>	<b>3911</b>	<b>3172</b>
	Varianza	365582.8	1154477.1	1379825.3	1850885.4
	Cv	35.7	33.8	30.0	42.9
H	NASC	190	669	897	389
	Biomasa	<b>5040</b>	<b>17715</b>	<b>23745</b>	<b>10290</b>
	Varianza	4623432.1	17245172.8	26624927.8	6798719.9
	Cv	42.6	23.4	21.7	25.3
Biomasa Total		<b>15852</b>	<b>31044</b>	<b>33158</b>	<b>21577</b>
Varianza Total		7204412.9	22226480.1	30485911.5	23980139.6
Error Estandar		2684.1	4714.5	5521.4	4896.9
CV Total		16.9	15.1	16.7	22.7

Tabla 4.18: Biomasa de sardina austral por estructura de talla en cada estrato geográficos empleando un valor de TS = 67,8 (Niklitschek et al. 2009). Integración rango profundidad 0 – 200 m.

TS=67.8 TALLAS	ZONA J	ZONA L	ZONA K	ZONA I	ZONA H	TOTAL
7			10.0			10.0
7.5			51.6			51.6
8	18.1		675.5	138.0	187.1	1018.8
8.5	22.4		600.7	497.8	643.7	1764.5
9	27.3		616.8	1405.9	1748.5	3798.6
9.5	8.2		630.4	1190.7	1434.2	3263.5
10	69.3	43.0	229.5	2515.3	2952.9	5809.9
10.5	675.6	104.7	322.0	890.8	1024.9	3017.9
11	1977.3	758.5	438.6	1572.1	7122.4	11868.8
11.5	4422.0	4161.2	259.4	2521.9	16008.2	27372.7
12	2347.6	2606.4	228.4	1385.4	17717.0	24284.8
12.5	1618.7	2438.4	266.5	424.4	6545.5	11293.5
13	1511.5	1988.0			1383.5	4882.9
13.5	1613.7	1302.7			557.4	3473.9
14	1183.4	670.8			670.8	2524.9
14.5	370.1				1607.5	1977.6
15	127.6					127.6
15.5	43.9					43.9
16	99.2					99.2
16.5						
<b>TOTAL</b>						<b>106684.7</b>

Tabla 4.19: Biomasa de sardina austral por estructura de talla en cada zona de estudio empleando un valor de TS = 67,59 (este estudio). Integración rango profundidad 0 – 200 m.

TS=67.59 TALLAS	ZONA J	ZONA L	ZONA K	ZONA I	ZONA H	TOTAL
7			9.5			9.5
7.5			49.2			49.2
8	17.2		643.6	131.5	178.3	970.7
8.5	21.3		572.3	474.3	613.3	1681.2
9	26.0		587.7	1339.6	1666.0	3619.3
9.5	7.8		600.7	1134.5	1366.5	3109.5
10	66.0	41.0	218.7	2396.5	2813.5	5535.7
10.5	643.7	100.0	306.8	848.7	976.5	2875.5
11	1884.0	722.6	417.9	1497.9	6786.2	11308.6
11.5	4213.3	3964.7	247.1	2402.9	15252.6	26080.6
12	2236.8	2483.3	217.7	1320.0	16880.7	23138.5
12.5	1542.3	2323.3	253.9	404.4	6236.5	10760.4
13	1440.1	1894.1			1318.2	4652.4
13.5	1537.5	1241.2			531.1	3309.9
14	1127.5	639.1			639.1	2405.7
14.5	352.7				1531.6	1884.3
15	121.6					121.6
15.5	41.8					41.8
16	94.6					94.6
<b>TOTAL</b>						<b>101648.8</b>

Tabla 4.20: Abundancia de Sardina austral (Nº ind x10<sup>6</sup>) por estructura de talla en cada zona de estudio empleando un valor de TS = 67,8 (Niklitschek et al. 2009). Integración rango profundidad 0 – 200 m.

TS=67.8 TALLAS	ZONA J	ZONA L	ZONA K	ZONA I	ZONA H	TOTAL
7			6.1			6.1
7.5			24.3			24.3
8	7.5		249.6	79.8	105.1	441.9
8.5	7.5		176.5	212.7	280.3	677.0
9	7.5		146.1	452.0	595.5	1201.1
9.5	1.8		121.7	292.5	385.4	801.4
10	13.0	7.9	36.5	478.6	630.6	1166.6
10.5	106.6	15.8	42.6	132.9	175.2	473.1
11	263.2	95.1	48.7	186.1	980.5	1573.6
11.5	499.9	435.7	24.3	239.3	1785.9	2985.1
12	226.7	229.7	18.3	106.3	1610.8	2191.8
12.5	134.2	182.2	18.3	26.6	487.5	848.8
13	108.2	126.8			84.8	319.8
13.5	100.2	71.3			28.3	199.7
14	64.0	31.7			28.3	123.9
14.5	17.5				56.6	74.1
15	5.3					5.3
15.5	1.6					1.6
16	3.2					3.2
16.5						
17						
17.5						
18						
18.5						
19						
19.5						
20						
<b>TOTAL</b>						<b>13118.6</b>

Tabla 4.21: Abundancia de Sardina austral (Nº ind x10<sup>6</sup>) por estructura de talla en cada zona de estudio empleando un valor de TS = 67,59 (este estudio). Integración rango profundidad 0 – 200 m.

TS=67.59 TALLAS	ZONA J	ZONA L	ZONA K	ZONA I	ZONA H	TOTAL
7			5.8			5.8
7.5			23.2			23.2
8	7.1		237.8	76.0	100.1	421.1
8.5	7.1		168.2	202.7	267.0	645.0
9	7.1		139.2	430.6	567.4	1144.4
9.5	1.8		116.0	278.7	367.2	763.6
10	12.4	7.5	34.8	456.0	600.8	1111.6
10.5	101.5	15.1	40.6	126.7	166.9	450.8
11	250.8	90.6	46.4	177.3	934.3	1499.3
11.5	476.3	415.1	23.2	228.0	1701.6	2844.2
12	216.0	218.9	17.4	101.3	1534.7	2088.3
12.5	127.9	173.6	17.4	25.3	464.5	808.7
13	103.1	120.8			80.8	304.7
13.5	95.4	67.9			26.9	190.3
14	60.9	30.2			26.9	118.1
14.5	16.7				53.9	70.6
15	5.0					5.0
15.5	1.5					1.5
16	3.1					3.1
16.5						
17						
17.5						
18						
18.5						
19						
19.5						
20						
<b>TOTAL</b>						<b>12499.3</b>

#### **4.1.1.2. Anchoveta**

De acuerdo con la distribución espacial de los NASC, la anchoveta se presentó en los estratos geográficos A, B, y D en la Región de Los Lagos, y en los estratos J e I en la Región de Aysén (**Tabla 4.22**). Las estimaciones de biomasa, por estrato geográfico y de profundidad se muestran en la **Tabla 4.23**. Se observó que en las zonas A y D se registró la biomasa más alta, mientras que en la Región de Aysén fue relativamente similar entre las zonas J e I.

La estructura de tallas reveló ejemplares de mayor tamaño en la Región de Los Lagos, con moda en 17 cm de longitud total y con un rango que abarcó desde 14,5 a 19 cm. En la Región de Aysén, la moda ocurrió a los 15 cm de longitud total y ejemplares de 13 a 16,5 cm (**Tablas 4.24 y 4.25**).

#### **4.1.1.3. Sardina común**

La sardina común solo fue detectada en la Zona A de la Región de Los Lagos, con una mayor presencia en los estratos de profundidad de 0-50 y 50-100 m y mayor abundancia en este último (**Tabla 4.26**).

La estructura de tallas de sardina común se presentó con ejemplares de 10 a 14 cm de longitud total, con moda en 14 cm, y en forma asimétrica (**Tabla 4.27**). La biomasa y abundancia de sardina común fue la más baja de los pelágicos pequeños.

Tabla 4.22: Estadísticos descriptivos de la densidad media ( $t \times mn^2$ ) de anchoveta, por zona y estrato de profundidad en las Regiones de Los Lagos y de Aysén.

Profundidad		Zona A	Zona B	Zona D	Zona J	Zona I
0-50	Area	634.7	515.6	535.2	526.0	255.6
	NASC	42.3	35.9	67.3	18.6	35.3
	V(NASC)	91.0	399.7	520.8	16.9	78.0
	SD(NASC)	9.5	20.0	22.8	4.1	8.8
	Densidad	6.1	5.4	10.2	2.9	5.3
	CV	22,6	55,8	33,9	22,1	25,0
50-100	N	315	121	116	611	278
	NASC	82.3	31.8	70.6	53.8	66.3
	V(NASC)	538.4	12.6	571.4	92.3	246.2
	SD(NASC)	23.2	3.6	23.9	9.6	15.7
	Densidad	11.9	4.8	10.2	8.3	10.0
	CV	28,2	11,2	33,9	17,8	23,7
100-150	N	237	101	69	426	264
	NASC	65.3	38.0	54.1	22.6	81.6
	V(NASC)	491.7	291.6	473.2	31.2	294.2
	SD(NASC)	22.2	17.1	21.8	5.6	17.2
	Densidad	9.4	5.7	8.2	3.5	12.3
	CV	33,9	44,9	40,2	24,8	21,0
150-200	N	180	84	25	260	190
	NASC	52.3	40.2	12.8	16.8	66.2
	V(NASC)	833.0	544.6	55.6	39.0	394.6
	SD(NASC)	28.9	23.3	7.5	6.2	19.9
	Densidad	7.5	6.0	2.0	2.6	10.0
	CV	55,1	58,0	58,0	37,3	30,0
	N	145	65	8	141	137

Tabla 4.23: Estimación de biomasa (ton) de anchoveta por estratos geográficos y de profundidad en la Región de Los Lagos y Región de Aysén. Se incluye estadísticos.

ZONA		Profundidad			
		0 - 50	50-100	100-150	150-200
A	NASC	42.3	82.3	65.3	52.3
	Biomasa	3864.3	7522.0	5971.0	4782.6
	Var(B)	759444.5	4495467.5	4105611.0	6954709.6
	CV	0.226	0.282	0.339	0.551
B	NASC	35.9	31.8	38.0	40.2
	Biomasa	2779.5	2461.8	2945.5	3116.5
	Var(B)	2402148.7	75886.0	1752236.3	3272910.8
	CV	0.558	0.112	0.449	0.580
D	NASC	67.3	70.6	54.1	12.8
	Biomasa	5466.3	5733.6	4392.0	1044.0
	Var(B)	3437803.3	3772064.2	3123689.9	366930.8
	CV	0.339	0.339	0.402	0.580
J	NASC	18.6	53.8	22.6	16.8
	Biomasa	1504.1	4347.1	1821.7	1353.2
	Var(B)	110394.7	601706.2	203395.1	254295.1
	CV	0.221	0.178	0.248	0.373
I	NASC	35.3	66.3	81.6	66.2
	Biomasa	1364.3	2562.5	3155.8	2558.8
	Var(B)	116605.2	368226.7	440103.4	590349.9
	CV	0.250	0.237	0.210	0.300
X Región	Btotal	12110.2	15717.5	13308.6	8943.0
	Var(B)	6599396.5	8343417.7	8981537.1	10594551.2
	CV	0.212	0.184	0.225	0.364
XI Región	Btotal	2868.4	6909.6	4977.5	3911.9
	Var(B)	226999.9	969932.9	643498.4	844645.0
	CV	0.166	0.143	0.161	0.235

Tabla 4.24: Biomasa (ton) de anchoveta por clases de talla en cada estrato geográfico. Integración rango profundidad 0 – 200 m.

LT (cm)	ZONA A	ZONA B	ZONA D	ZONA J	ZONA I	TOTAL X Región	TOTAL XI Región
12							
12.5							
13					40		40
13.5					45		45
14				1379	869	0	2248
14.5		36		515	1776	36	2291
15		83		2873	4604	83	7477
15.5	1373	239	283	1278	1991	1896	3269
16	2632	661	978	1416	315	4270	1732
16.5	7834	441	746	1565		9021	1565
17	6871	2012	2127			11010	
17.5	780	4815	5799			11395	
18	2650	2587	5469			10705	
18.5		313	1234			1546	
19		117				117	
19.5							
20							
<b>TOTAL</b>	<b>22140</b>	<b>11303</b>	<b>16636</b>	<b>9026</b>	<b>9641</b>	<b>50079</b>	<b>18668</b>

Tabla 4.25: Abundancia de anchoveta por clases de talla en cada estrato geográfico. Integración rango profundidad 0 – 200 m.

TALLAS (cm)	ZONA A	ZONA B	ZONA D	ZONA J	ZONA I	TOTAL X Región	TOTAL XI Región
12							
12.5							
13					3		3
13.5					3		3
14				72	45		117
14.5		2		24	82	2	106
15		5		120	189	5	309
15.5	67	12	15	48	74	94	122
16	112	29	44	48	11	185	59
16.5	291	17	29	48		337	48
17	224	68	73			365	
17.5	22	144	175			342	
18	67	68	146			282	
18.5		7	29			37	
19		2				2	
19.5							
20							
<b>TOTAL</b>	<b>784</b>	<b>357</b>	<b>512</b>	<b>360</b>	<b>405</b>	<b>1652</b>	<b>765</b>

Tabla 4.26: Estimación de biomasa (ton) de sardina común en el estrato geográfico A y por estratos de profundidad en la Región de Los Lagos.

ZONA		Profundidad			
		0 - 50	50-100	100-150	150-200
A	NASC	11.0	21.0	16.0	13.0
	V(NASC)	5.6	33.7	30.7	52.1
	n	315	237	180	145
X Región	Biomasa	930.0	1810.0	1437.0	1151.0
	V(B)	43961.3	260225.1	237657.9	402581.1
	CV	60.225	0.282	0.339	0.551

Tabla 4.27: Biomasa y abundancia de sardina común por clases de talla en la Región de Los Lagos. Integración rango profundidad 0 – 200 m.

LT (cm)	Biomasa (ton)	Abundancia (n)
9		
9.5		
10	63	11
10.5	38	5
11	45	5
11.5	105	11
12	124	11
12.5	504	38
13	584	38
13.5	1442	81
14	2423	119
14.5		
15		
<b>TOTAL</b>	<b>5327</b>	<b>319</b>

### 4.1.2. Estimación geostatística paramétrica

El análisis geostatístico fue aplicado para obtener los parámetros en la modelación espacial sólo se fue posible para la sardina austral en cada región, y en forma independientemente. En ambas regiones, el modelo que mejor caracterizó la estructura espacial de la densidad poblacional fue el modelo exponencial con varianza residual (efecto pepita). Previamente se estableció que la modelación espacial era un mejor modelo que uno no espacial de acuerdo a los valores de AIC.

El análisis máximo verosímil de la densidad poblacional de sardina austral en la Región de Los Lagos, medida en toneladas por kilómetro cuadrado, indicó que ésta se encontró en prácticamente todas la celdas de tamaño 2 x 2 km definidas para determinar la presencia/ausencia del recurso durante la prospección acústica y muestra que la densidad sigue una distribución de probabilidad de tipo log-normal.

La modelación espacial de la densidad poblacional de sardina austral tanto en la Región de Los Lagos como en la Región de Aysen, mostró que el mejor modelo de estructura correspondió al exponencial con varianza residual (efecto pepita) (**Figura 4.13, Tabla 4.28**).

La biomasa de sardina austral mediante el enfoque geostatístico paramétrico alcanzó a 122.469,3 toneladas (Err.Std. = 9334,5 toneladas) en Los Lagos, mientras que en Aysén se estimó una biomasa que alcanzó a 92.890,2 toneladas (Err.Std. = 6.457 toneladas).

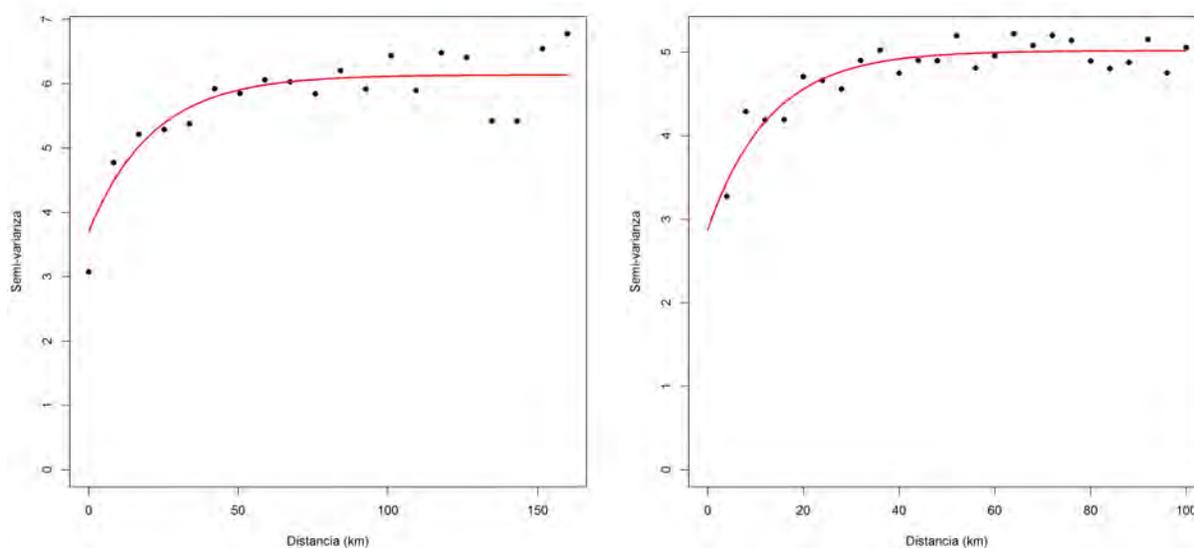


Figura 4.13: Variograma exponencial que caracteriza la distribución espacial de la densidad poblacional ( $t/km^2$ ) de sardina austral en la Región de Los Lagos (izquierda) y Región de Aysén (derecha).

Tabla 4.28: Estimación por máxima verosimilitud de la densidad media ( $t/km^2$ ) de sardina austral, X y XI Región. El error estándar se presentan entre paréntesis, para la densidad media se presenta su coeficiente de variación

Parámetro	Los Lagos	Aysén
Variograma	Exponencial	Exponencial
Coefficiente de transformación Box-Cox ( $\lambda$ )	0,1	0,1
Media transformada ( $\mu$ )	-0,718 (0,076)	1,041 (0,054)
Varianza espacial ( $\sigma^2$ )	2,432	2,141
Nugget ( $\tau^2$ )	3,702 (0,148)	2,875 (0,108)
Rango espacial ( $\phi$ )	21,3 (6,841)	12,968 (4,426)
Densidad media ( $Z$ , $t/km^2$ )	0,498 (0,147)	2,688 (0,557)
AIC espacial	-77,844	-221,071
AIC no-espacial	29,501	-184,243
$\Delta$ -AIC espacial - no espacial	-107,345	-36,828
Biomasa (toneladas)	122469 (9335)	92890 (6458)

### 4.1.2.1. Funciones de distribución de probabilidad

#### Análisis de la densidad media X Región

##### Sardina austral

La distribución de frecuencia de la densidad acústica de sardina austral fluctuó entre 0 y 339.9 ton km<sup>-2</sup>, con un promedio de 7.8 ton km<sup>-2</sup>, con el primer, segundo y tercer cuartil representado por 0,03; 0,41; y 2,78 ton km<sup>-2</sup>, respectivamente. La distribución de frecuencia mostró una fuerte asimetría, con 2,2 % de valores cero y 62,3 % de los datos en el intervalo 0-1 ton km<sup>-2</sup>. Asimismo, el 99 % de la frecuencia acumulada mostró una densidad acústica de hasta 161.07 ton km<sup>-2</sup>. En este contexto, se optó por evaluar la distribución de frecuencia eliminando las densidades acústica extremas por sobre el percentil de 99 %; es decir, se utilizó 1349 datos de 1363 con densidades acústicas > 162, consideradas como extremas y representando menos del 1 % de los datos.

Tabla 4.29: Resumen del desempeño del ajuste de modelos de distribución de probabilidad a los datos de densidad acústica de sardina austral en la X Región.

	Modelos	log-L	K	AIC	AICc	Δ	$\bar{\omega}$
1	Poisson	-15379.99	1.00	30761.99	30761.99	27268.06	0.00
2	Bin. Neg	-2829.58	2.00	5663.15	5663.16	2169.24	0.00
3	ZIP	-10645.81	2.00	21295.62	21295.63	17801.71	0.00
4	Log-normal	-1744.96	2.00	3493.92	3493.93	0.00	1.00
5	Gamma	-1926.12	2.00	3856.23	3856.24	362.32	0.00
6	Tweedie	-3006.80	3.00	6019.60	6019.62	2525.69	0.00

De los modelos evaluados (**Tabla 4.29**), el AICc permitió elegir al modelo de distribución log-normal como el más verosímil para sardina austral. Los parámetros de la distribución log-normal son condicionales a  $X > 0$ , con probabilidad  $p$  de ser positivos. Por lo tanto, la densidad acústica promedio de sardina austral fue estimada según:

$$E(X) = \exp^{\mu + \sigma^2/2} = 18,9 \text{ ton km}^{-2} \quad (4.16)$$

y varianza según:

$$\text{Var}(X) = (\exp^{\sigma^2} - 1) \exp^{2\mu + \sigma^2} = 976,8 \text{ ton}^{-2} \text{ km}^{-4} \quad (4.17)$$

La estimación de biomasa de sardina austral en la X Región, considerando  $p = 0,977$  ( $\text{Var}(p) = 1,549 \times 10^{-5}$ ) y  $a = 5394,41 \text{ km}^2$ , viene dada por 100145 ton y varianza dada por 27378042335 ton<sup>2</sup>, y por lo tanto con un

coeficiente de variación de 165 % (Tabla 4.32).

**Sardina común**

La sardina común presentó densidades acústicas muy bajas, menores que 1 ton km<sup>-2</sup>. La distribución de frecuencia de la densidad acústica de sardina común fluctuó entre 0 y 79,5 ton km<sup>-2</sup>, promedio de 0,46 ton km<sup>-2</sup>, con el primer, segundo y tercer cuartil representado por 0.0, 0.0, y 0.46 ton km<sup>-2</sup>, respectivamente. La distribución de frecuencia mostró una evidente asimetría, con 77,6 % de valores cero y 83.7 % de los datos en el intervalo 0-1 ton km<sup>-2</sup>. Asimismo, 99 % de la frecuencia acumulada mostró valores de densidad acústica de hasta 5,43 ton km<sup>-2</sup>. Al eliminar las densidades acústicas extremas por sobre el percentil de 99 % se mantienen 1351 datos de 1363, con densidades acústicas > 6.

Tabla 4.30: Resumen del desempeño del ajuste de modelos de distribución de probabilidad a los datos de densidad acústica de sardina común en la X Región.

	Modelos	log-L	K	AIC	AICc	Δ	$\bar{w}$
1	Poisson	-712.41	1.00	1426.82	1426.82	1246.03	0.00
2	Bin. Neg	-596.61	2.00	1197.22	1197.23	1016.44	0.00
3	ZIP	-602.22	2.00	1208.44	1208.45	1027.66	0.00
4	Log-normal	-144.76	2.00	293.51	293.52	112.73	0.00
5	Gamma	-88.39	2.00	180.78	180.79	0.00	1.00
6	Tweedie	-573.60	3.00	1153.20	1153.22	972.43	0.00

De acuerdo con el ajuste de los modelos de distribución de probabilidad a los datos observados, el AICc permitió elegir al modelo de distribución gamma (Tabla 4.30) como el más verosímil para sardina común. Los parámetros de la distribución gamma dicen relación con la tasa ( $\beta=0,471$ ) y el parámetro de forma ( $\alpha=0.389$ ). Este modelo es condicional sobre  $X > 0$ , con probabilidad  $p$  de ser positivo. Por lo tanto, la densidad acústica promedio de sardina común viene dada por:

$$E(X) = \mu = \frac{\alpha}{\beta} = 0,808 \text{ton km}^{-2} \tag{4.18}$$

y

$$Var(X) = \sigma^2 = \frac{\alpha}{\beta^2} = 2,01 \times 10^{-5} \text{ton}^2 \text{km}^{-4} \tag{4.19}$$

La estimación de biomasa de sardina común en la X Región, considerando  $p = 0,215$  ( $Var(p) = 1,08 \times 10^{-4}$ ) y  $a = 5394,4 \text{km}^2$ , viene dada por 941,3 ton y varianza dada por 2809,9 ton<sup>2</sup>, y por lo tanto con un coeficiente de

variación de 0,057 % (Tabla 4.32). Este bajo coeficiente de variación se debe a los valores bajos de densidad de sardina común.

### Anchoveta

La anchoveta presentó densidades acústicas bajas, fluctuando entre 0 y 272,1 ton km<sup>-2</sup>, promedio de 2,5 ton km<sup>-2</sup>, con el primer, segundo y tercer cuartil representado por 0.0, 0.0, y 0,35 ton km<sup>-2</sup>, respectivamente. La distribución de frecuencia mostró una evidente asimetría, con 60,8 % de valores cero y 79,6 % de los datos en el intervalo 0-1 ton km<sup>-2</sup>. Asimismo, 99 % de la frecuencia acumulada evidencia una densidad acústica de hasta 61,91 ton km<sup>-2</sup>. Al eliminar las densidades acústicas extremas por sobre el percentil de 99 %, se mantiene 1349 datos de 1363 con densidades acusticas > 62.

Tabla 4.31: Resumen del desempeño del ajuste de modelos de distribución de probabilidad a los datos de densidad acústica de anchoveta en la X Región.

	Modelos	log-L	K	AIC	AICc	Δ	$\bar{\omega}$
1	Poisson	-4089.14	1.00	8180.29	8180.29	6675.17	0.00
2	Bin. Neg	-1517.55	2.00	3039.09	3039.10	1533.98	0.00
3	ZIP	-2273.43	2.00	4550.87	4550.88	3045.75	0.00
4	Log-normal	-812.67	2.00	1629.34	1629.35	124.22	0.00
5	Gamma	-750.56	2.00	1505.12	1505.12	0.00	1.00
6	Tweedie	-1436.05	3.00	2878.09	2878.11	1372.99	0.00

De acuerdo con el ajuste de los modelos de distribución de probabilidad a los datos observados, el AICc permitió elegir al modelo de distribución gamma (Tabla 4.31) como el más verosímil para la anchoveta. Los parámetros de la distribución gamma dicen relación con la tasa ( $\beta = 0,094$ ) y el parámetro de forma ( $\alpha = 0,314$ ). Este modelo es condicional sobre  $X > 0$ , con probabilidad p de ser positivo. Por lo tanto, la densidad acústica promedio de sardina austral viene dada por:

$$E(X) = \mu = \frac{\alpha}{\beta} = 3,4 \text{ ton km}^{-2} \quad (4.20)$$

y

$$\text{Var}(X) = \sigma^2 = \frac{\alpha}{\beta^2} = 35,9 \text{ ton}^2 \text{ km}^{-4} \quad (4.21)$$

La estimación de biomasa de anchoveta en la X Región, considerando  $p = 0,386$  ( $\text{Var}(p) = 1,505 \times 10^{-4}$ ) y  $a = 5394.41 \text{ km}^2$ , viene dada por 6989 ton y varianza dada por 790166 ton<sup>2</sup>, y por lo tanto con un coeficiente de

variación de 0,127 % (Tabla 4.32).

Tabla 4.32: Resumen de estimación de biomasa (B) para pequeños pelagicos de la X región, donde Var es la varianza, sd es desviación estandar y CV es coeficiente de variación.

	Biomasa (ton)	Var(B)	sd(B)	CV(B)	Modelo
Sardina austral	100145	27759130511	166610,7	1,66	LogNormal
Sardina común	941	39359,4	198.4	0,211	Gamma
Anchoveta	6989	790166	888,9	0,128	Gamma

### Análisis de la densidad media XI Región Sardina austral

En la XI Región, la distribución de frecuencia de la densidad acústica de sardina austral fluctuó entre 0 y 213 ton km<sup>-2</sup>, promedio de 8.16 ton km<sup>-2</sup>, con el primer, segundo y tercer cuartil representado por 0,03; 0,41, y 4,07 ton km<sup>-2</sup>, respectivamente. La distribución de frecuencia fue asimétrica, con 16,7 % de valores cero y 61,2 % de los datos en el intervalo 0-1 ton km<sup>-2</sup>. Asimismo, 99 % de la frecuencia acumulada evidencia una densidad acústica de hasta 105,1 ton km<sup>-2</sup>. Al eliminar las densidades acústicas extremas por sobre el percentil de 99 % se mantiene 1564 datos de 1580 con densidades acusticas > 106.

Tabla 4.33: Resumen del desempeño del ajuste de modelos de distribución de probabilidad a los datos de densidad acústica de sardina austral en la XI Región.

	Modelos	log-L	K	AIC	AICc	Δ	$\bar{w}$
1	Poisson	-17873.08	1.00	35748.16	35748.16	30111.79	0.00
2	Bin. Neg	-3543.93	2.00	7091.86	7091.86	1455.49	0.00
3	ZIP	-11079.53	2.00	22163.06	22163.07	16526.70	0.00
4	Log-normal	-2816.18	2.00	5636.36	5636.37	0.00	1.00
5	Gamma	-2968.33	2.00	5940.66	5940.67	304.29	0.00
6	Tweedie	-3706.22	3.00	7418.44	7418.46	1782.08	0.00

De acuerdo con los valores de AICc, el modelo de distribución log-normal fue seleccionado como el más verosímil para sardina austral en la XI región. Los parámetros de la distribución log-normal son condicional a  $X > 0$ , con probabilidad p de ser positivo. Por lo tanto, la densidad acústica promedio de sardina austral fue estimada según:

$$E(X) = \exp^{\mu + \sigma^2/2} = 17,3 \text{ ton km}^{-2} \quad (4.22)$$

y varianza según:

$$Var(X) = (\exp^{\sigma^2} - 1) \exp^{2\mu + \sigma^2} = 0,071 \text{ton}^{-2} \text{km}^{-4} \quad (4.23)$$

La estimación de biomasa de sardina austral en la XI Región, considerando  $p = 0,831$  y  $a = 5711,93 \text{km}^2$ , viene dada por 81965,2 ton y varianza dada por 1962080  $\text{ton}^2$ , y por lo tanto con un coeficiente de variación de 0,017 (Tabla 4.35).

### Anchoveta

En la XI Región, la distribución de frecuencia de la densidad acústica de anchoveta fluctúa entre 0 y 213,9  $\text{ton km}^{-2}$ , promedio de 8,16  $\text{ton km}^{-2}$ , con el primer, segundo y tercer cuartil representado por 0,0; 0,0; y 0,25  $\text{ton km}^{-2}$ , respectivamente. La distribución de frecuencia fue asimétrica, con 55 % de valores cero y 82,2 % de los datos en el intervalo 0-1  $\text{ton km}^{-2}$ . Asimismo, 99 % de la frecuencia acumulada evidencia una densidad acústica de hasta 58  $\text{ton km}^{-2}$ . Al eliminar las densidades acústicas extremas por sobre el percentil de 99 % se mantiene 1564 datos de 1580 con densidades acústicas  $> 60$ , con el primer, segundo y tercer cuartil representado por 0,0; 0,0; y 0,21  $\text{ton km}^{-2}$ , respectivamente.

Tabla 4.34: Resumen del desempeño del ajuste de modelos de distribución de probabilidad a los datos de densidad acústica de anchoveta en la XI Región.

	Modelos	log-L	K	AIC	AICc	$\Delta$	$\bar{w}$
1	Poisson	-6855.61	1.00	13713.22	13713.23	11691.96	0.00
2	Bin. Neg	-1746.78	2.00	3497.56	3497.57	1476.31	0.00
3	ZIP	-3239.80	2.00	6483.59	6483.60	4462.34	0.00
4	Log-normal	-1008.63	2.00	2021.25	2021.26	0.00	1.00
5	Gamma	-1094.92	2.00	2193.84	2193.85	172.59	0.00
6	Tweedie	-1877.38	3.00	3760.76	3760.78	1739.52	0.00

De acuerdo con el AICc permitió elegir al modelo de distribución log-normal como el más verosímil para anchoveta (Tabla 4.34). Los parámetros de la distribución log-normal son condicional a  $X > 0$ , con probabilidad  $p$  de ser positivo. Por lo tanto, la densidad acústica promedio de anchoveta fue estimada según:

$$E(X) = \exp^{\mu + \sigma^2/2} = 8,38 \text{ton km}^{-2} \quad (4.24)$$

y varianza según:

Tabla 4.35: Resumen de estimacion de biomasa (B) para pequeños pelagicos de la XI región, donde Var es la varianza, sd es desviación estandar y CV es coeficiente de variación.

	Biomasa (ton)	Var(B)	sd(B)	CV(B)	Modelo
Sardina austral	81965	1962080	1400,7	0,017	LogNormal
Anchoveta	21193	573402298	23945,8	1,13	LogNormal

$$Var(X) = (\exp^{\sigma^2} - 1) \exp^{2\mu + \sigma^2} = 0,057 \text{ton}^{-2} \text{km}^{-4} \quad (4.25)$$

La estimación de biomasa de anchoveta en la XI Región, considerando  $p = 0,443$  y  $a = 5712 \text{km}^2$ , viene dada por 21193 ton y varianza dada por  $573402298 \text{ ton}^2$ , y por lo tanto con un coeficiente de variación de 1,13 % (Tabla 4.35).

#### 4.1.2.2. Estimación bootstrap

##### Región de Los Lagos

En la **Tabla 4.36** se presentan los resultados obtenidos del proceso de remuestreo para la Región de Los Lagos. La densidad media calculada utilizando un valor de  $TS = 67,8$  entregó un valor medio cercano a las  $17,6 \text{ ton mn}^{-2}$ , fluctuando entre  $15,2$  y  $21,3 \text{ ton mn}^{-2}$ . Al utilizar un valor de  $TS = 67,59$  el valor de densidad media fue de  $16,8 \text{ ton mn}^{-2}$ , fluctuando entre  $14,4$  y  $19,6 \text{ ton mn}^{-2}$ .

##### Región de Aysén

En la **Tabla 4.37** se presentan los resultados obtenidos del proceso de remuestreo para la Región de Aysén. El histograma de frecuencia de la densidades medias remuestreadas para sardina austral en el estrato de profundidad 0-200m, indica una densidad media de  $18,5 \text{ ton mb}^{-2}$ , calculada con un valor de  $TS = 67,8$ , fluctuando entre  $11,8$  y  $21,0 \text{ ton mn}^{-2}$ . Al utilizar un valor de  $TS = 67,59$  el valor de densidad media fue de  $17,7 \text{ ton mn}^{-2}$ , fluctuando entre  $15,8$  y  $19,6 \text{ ton mn}^{-2}$ .

Tabla 4.36: Resultados de las densidades medias remuestreadas a nivel regional y por zonas de estudio para la cada uno de los valores de TS evaluadas

ZONA	TS=67,8			TS=67,59		
	Media	Var	DE	Media	Var	DE
A	13.03	4247.1	1.22	12.42	3502.6	1.16
B	9.68	2706.2	1.00	9.22	2179.7	0.94
C	46.73	384569	2.92	44.54	307897.4	2.75
D	21.55	55333.8	1.84	20.54	45183.8	1.74
E	12.36	40246.5	1.99	11.79	32729.4	1.88
F	12.40	39748.3	1.97	13.84	42298.9	2.04
Total	17.62	87273.3	2.56	16.78	70956.6	2.42

Tabla 4.37: Resultados de las densidades medias remuestreadas a nivel regional y por zonas de estudio para la cada uno de los valores de TS evaluadas

ZONA	TS=67,8			TS=67,59		
	Media	Var	DE	Media	Var	DE
H	32.67	12942.7	0.98	31.13	10799.9	0.95
I	19.75	4223.1	0.83	18.81	3519.6	0.80
J	10.46	3448.5	1.02	9.95	2923.2	0.96
K	19.90	7557.8	0.94	18.97	6146.9	0.89
L	25.09	28459.3	1.44	23.91	22920.2	1.36
Total	18.52	10481.4	1.16	17.65	8862.5	1.12

## 4.2. Composición de especies, tallas, edades, sexo y estadios de madurez sexual

### 4.2.1. Estructura de tallas

La estructura de tallas de anchoveta, sardina común y sardina austral en la Región de los Lagos y en la Región de Aysén se presenta en las **Figuras 4.14 y 4.15**). En la Región de los Lagos, se midieron 216 anchovetas, con una longitud total promedio de 17.2 cm ( $\sigma^2 = 0,59$ ), los cuales presentaron un rango entre los 14.5 y 19 cm de longitud y 59 ejemplares de sardina común con una longitud total promedio de 13.2 cm ( $\sigma^2 = 1,04$ ), los cuales presentaron un rango entre los 10 y 14 cm. En la región de Aysén, sólo se colectaron ejemplares de anchoveta y sardina austral. Se midieron 168 anchovetas, con una longitud total promedio de 14.9 cm ( $\sigma^2 = 0,3$ ), los cuales presentaron un rango entre los 13 y 16.5 cm de longitud.

En el caso de la sardina austral, en la Región de los Lagos (X región), se midieron 1776 individuos con una longitud promedio igual a 13.4 cm y varianza igual a 3.46. La estructura de tallas por estrato geográfico en la X región, muestra que en la zona de las Islas Butachauques (zona F), se midieron 452 individuos con una longitud promedio de 14.2 cm (var= 2.4). En la zona de Quellón (zona E), se colectaron 738 individuos con una longitud promedio 12.2 cm (var=3.3), en la zona de Islas Desertores (zona C), se registraon 443 individuos con una longitud total de 14.4 cm (var=1.3), y en la zona de Península Huequi (zona B) se contó con 143 individuos con una longitud promedio 14.2 cm (var=1.0). En la zona de Quellón, la longitud promedio es menor que en las otras zonas, esto se debe a que presenta una mayor frecuencia en un rango de tallas mas amplio entre 8 a 16 cm, sin embargo, la zona correspondiente a la Península Huequi, presentó un estrecho rango de tallas, entre 13 y 15.5 cm (**Tabla 4.38 y Figura 4.16**).

En la Región de Aysén (XI región) se midieron 1057 individuos con una longitud promedio de 11.4 cm y varianza igual a 2,6. La estructura de tallas en cada zona de muestreo de la XI región, indica que en la zona de los Fiordos Aysén, Quitalco y Cupquellan (zona J) se midieron 439 individuos con una longitud promedio de 12.3 cm (var=1.3), en la zona Canal de Moraleda (zona H) 317 individuos con una longitud promedio de 10.8 cm (var=1.6), en la zona de fiordos y canales occidentales (zona L) 152 individuos con una longitud promedio de 12.0 cm (var=0.6) y en la zona del Fiordos Elefante y Quitalco (zona K) 152 individuos con una longitud promedio de 9.0 cm (var=1.4) (**Figura 4.16**)

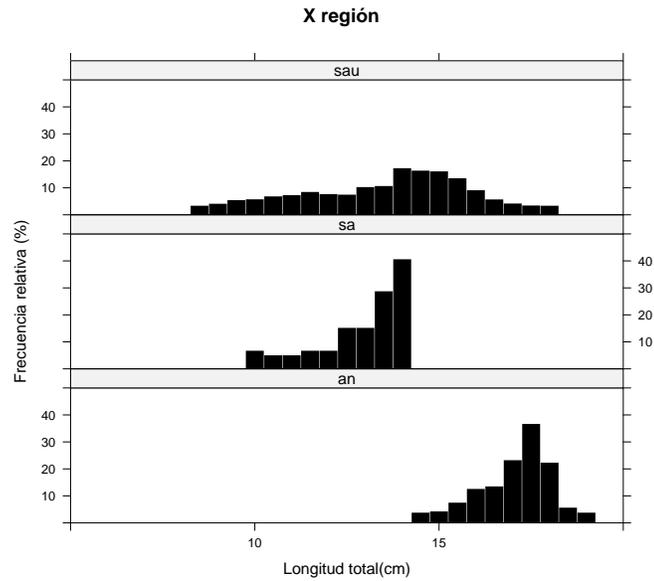


Figura 4.14: Estructura de tallas de pequeños pelágicos de la Región de los Lagos (X Región), donde an=anchoveta, sa=sardina común, y sau=sardina austral.

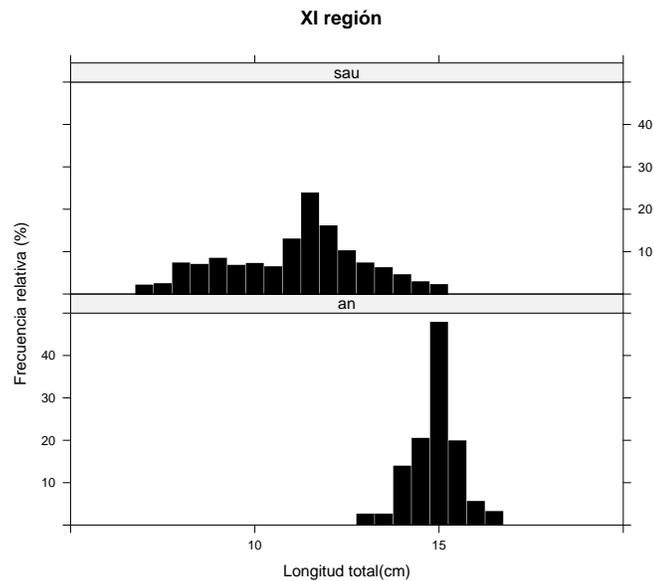


Figura 4.15: Estructura de tallas de pequeños pelágicos de la Región de Aysén (XI Región), donde an=anchoveta, y sau=sardina austral.

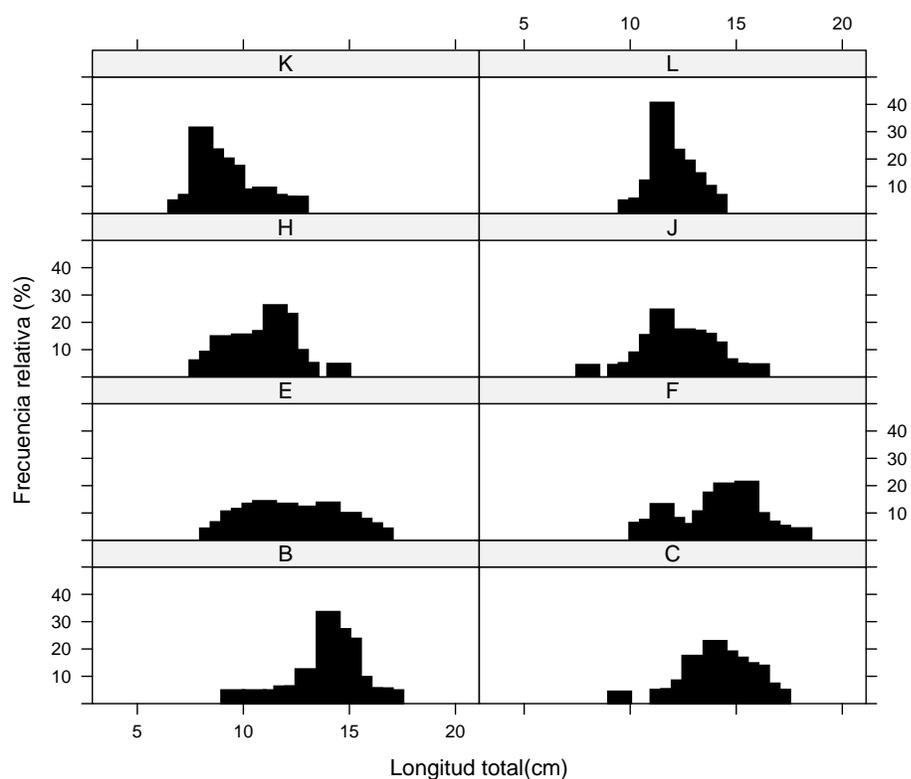


Figura 4.16: Estructura de tallas de sardina austral por zonas de estudio. B:Península Huequi, C:Islas Desertores, E:Quellón, F:Islas Butachauques, H:Canal Moraleda, J:Fiordo Aysén, Quitralco y Cupuelan, L:zona de fiordos y canales occidentales y K:Fiordo Elefante y Quitralco

Tabla 4.38: Estructura de tallas de sardina austral por región y sexo

Región LT(cm)	X			XI		
	Machos	Hembras	Total	Machos	Hembras	Total
7					1	1
7.5					4	4
8				24	24	48
8.5	1		1	19	26	45
9	13	5	18	32	26	58
9.5	33	16	49	21	22	43
10	34	20	54	23	24	47
10.5	38	41	79	26	14	40
11	52	38	90	62	47	109
11.5	76	35	111	111	108	219
12	53	41	94	72	75	147
12.5	46	34	80	49	53	102
13	65	74	139	38	37	75
13.5	61	65	126	26	34	60
14	132	124	256	20	21	41
14.5	100	95	195	1	11	12
15	96	102	198	1	2	3
15.5	74	86	160		1	1
16	45	41	86		2	2
16.5	6	23	29			
17	2	8	10			
17.5						
18	1		1			
18.5						
19						
Total	928	848	1776	525	532	1057
LT <sub>media</sub>	13.2	13.6	13.4	11.3	11.4	11.4
Var (LT)	3.59	3.23	3.46	2.33	2.90	2.62

### 4.2.2. Proporción sexual

En la **Tabla 4.39** se presenta la proporción sexual de sardina austral a la talla para la X y XI regiones. En la X región un total de 1776 individuos fueron medidos y sexados, de los cuales el 52.3 % eran machos (n=928) y 47.7 % hembras (n=848). En la XI región de un total de 1057 individuos el 49.7 % correspondían a machos (n=525) y el 50.3 % a hembras (n=532). Además, se presenta la proporción sexual por zona de muestreo en ambas regiones (**Tabla 4.40**). En la X región la proporción sexual fue 1:1, pero en la zona C ocurrió una mayor predominancia de hembras con 56 %. En la XI Región las zonas H y K fueron más similares en la proporción sexual, pero en la zona L se registró la mayor predominancia de machos, con un 60 %.

### 4.2.3. Muestras biológicas

En la **Tabla 4.41**, se presentan los estadígrafos de parámetros biológicos de anchoveta (an), sardina común (sa) y sardina austral (sau). Se procesó un total de 230 individuos de anchoveta, de las cuales 130 individuos correspondían a la X región y 100 a la XI región. En la X región los ejemplares de anchoveta presentaron una longitud promedio de 17.4 cm y en la XI región de 15 cm. En la sardina común, se procesó 58 individuos con una longitud total de 13 cm, provenientes de la zona del Seno de Reloncaví (zona A).

La sardina austral estuvo presente en ambas regiones y en varias zonas. En la X región, se procesaron 1437 ejemplares, con una longitud promedio de 13.7 cm y un peso promedio de 19.1 g; mientras que en la XI Región, se registró una longitud promedio de 11.7 cm y un peso promedio de 10.9 g. (**Figuras 4.17 y 4.18**).

En la **Figura 4.19**, se presenta las variaciones en la longitud y peso de sardina austral por cada zona de estudio, observándose una disminución en ambos parámetros en la cobertura espacial de norte a sur, desde la zona A que corresponde al Seno de Reloncaví (41°46'S), que es la zona más norteña; hasta la zona K (45°59'S) y que corresponde a la zona del Fiordo Elefante y Quitralco es la zona más austral.

### 4.2.4. Relación longitud-peso

Los parámetros de relación longitud-peso, log-transformada de sardina austral, anchoveta y sardina común, se presentan en la **Tabla 4.42**. Las proyecciones log-transformada de los pesos estimados a una longitud de cada región para sardina austral, anchoveta y sardina común, se presentan en las **Figuras 4.20, 4.21, y 4.22**, respectivamente.

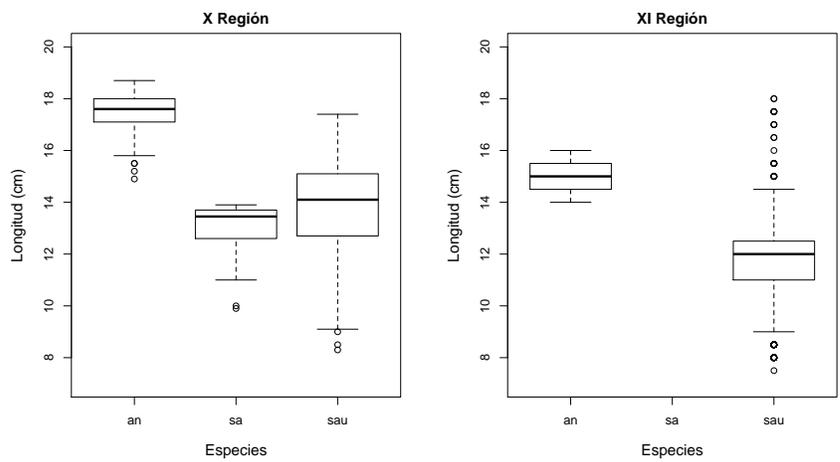


Figura 4.17: Diagrama de caja de la Longitud (cm) de pequeños pelagicos de la X y XI Regiones.

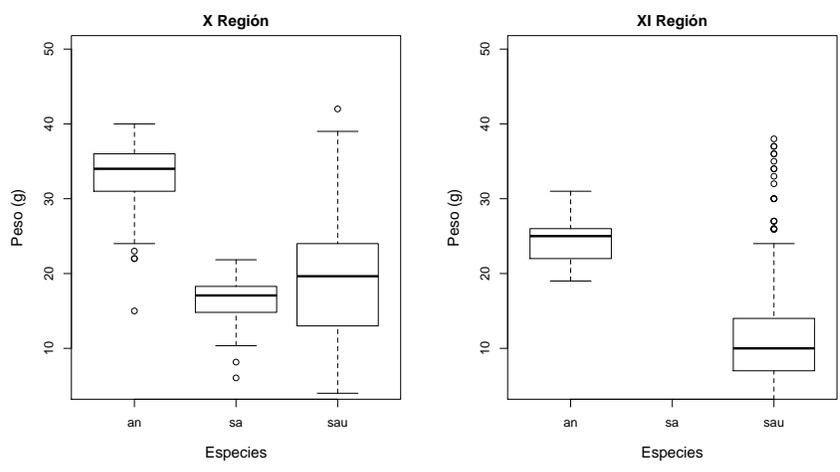


Figura 4.18: Diagrama de caja del peso total (g) de pequeños pelagicos de la X y XI Regiones.

Tabla 4.39: Proporción sexual de sardina austral de la X y XI Regiones.

Región	X		XI		
	Talla (cm)	Machos	Hembras	Machos	Hembras
7				100	
7.5				100	
8			50	50	
8.5	100		42.2	57.8	
9	72.2	27.8	55.2	44.8	
9.5	67.3	32.7	48.8	51.2	
10	63	37	48.9	51.1	
10.5	48.1	51.9	65	35	
11	57.8	42.2	56.9	43.1	
11.5	68.5	31.5	50.7	49.3	
12	56.4	43.6	49	51	
12.5	57.5	42.5	48	52	
13	46.8	53.2	50.7	49.3	
13.5	48.4	51.6	43.3	56.7	
14	51.6	48.4	48.8	51.2	
14.5	51.3	48.7	8.3	91.7	
15	48.5	51.5	33.3	66.7	
15.5	46.3	53.8		100	
16	52.3	47.7		100	
16.5	20.7	79.3			
17	20	80			
17.5					
18	100				
%	52.3	47.7	49.7	50.3	
n <sub>sexo</sub>	928	848	525	532	
n <sub>total</sub>	1776		1057		

Tabla 4.40: Proporción sexual de sardina austral de la X y XI Regiones por estratos geográficos.

sp	Región	Zona	n°M	n°H	Total	%M	%H
sau	X	F	227	225	452	50.2	49.8
		E	355	383	738	48.1	51.9
		C	194	249	443	43.8	56.2
		B	72	71	143	50.3	49.7
	XI	J	206	233	439	46.9	53.1
		H	158	159	317	49.8	50.2
		L	91	60	151	60.3	39.7
		K	77	73	150	51.3	48.7

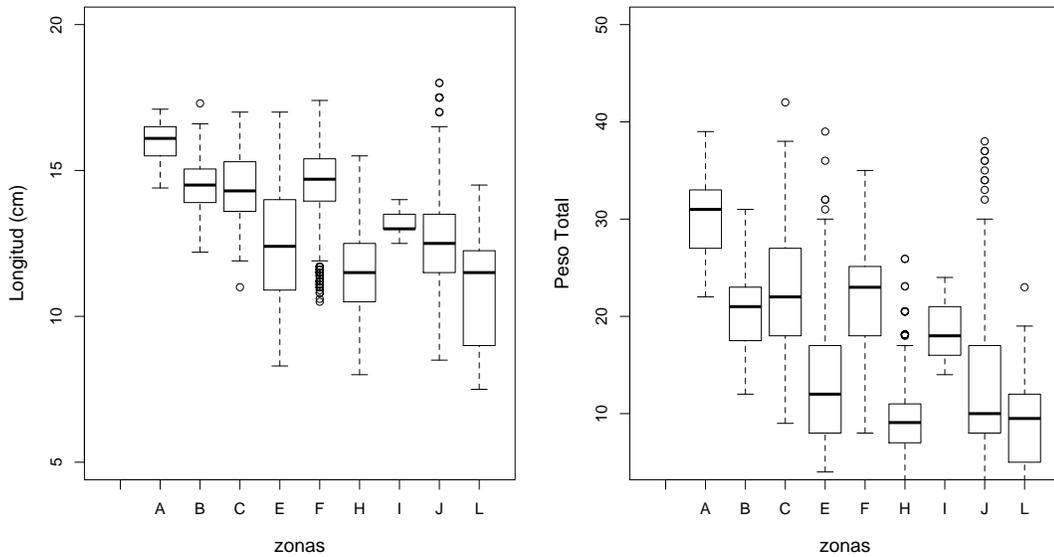


Figura 4.19: Diagrama de caja de la longitud (cm) y peso total (g) de sardina austral por zonas. A: Seno de Reloncaví, B: Península Huequi, C: Islas Desiertas, E: Quellón, F: Islas Butachauques, H: Canal Moraleda, I: Canal Puyuhuapi, J: Fiordo Aysén, Quitralco y Cupuelan y L: zona de fiordos y canales occidentales.

Tabla 4.41: Estadígrafos de parámetros biológicos, longitud total (Lt,cm) y peso total (Pt,g) de anchoveta (an), sardina común (sa) y sardina austral (sau), por región y zona de estudio.

anchoveta									
Reg	zon	Lt	var(lt)	mín(lt)	máx(lt)	Pt	var(pt)	mín(pt)	máx(pt)
X	A	17.6	0.24	16.2	18.1	34.2	12.2	25	39
	B	17.4	0.51	14.9	18.7	33.0	20.4	15	40
	D	17	0.46	15.5	17.8	30.7	17.2	24	36
total		17.4	0.48	14.9	18.7	32.9	19.5	15	40
XI	I	15	0.21	14	16	24.5	7.7	19	31
XyXI		16.4	1.78	14	18.7	29.3	15	40	
sardina común									
X	A	13.0	0.91	9.9	13.9	16.2	9.9	6	22
sardina austral									
X	A	16	0.49	14.4	17.1	29.9	20.2	22	39
	B	14.4	0.90	12.2	17.3	20.3	15.9	12	31
	C	14.5	1.34	11	17	22.8	39.3	9	42
	E	12.4	3.11	8.3	17	13.3	37.4	4	39
	F	14.4	1.98	10.5	17.4	21.7	33.4	8	35
	total		13.8	3.16	8.3	17.4	19.1	54.3	4
XI	H	11.5	2.17	8	15.5	9.6	19.9	2	26
	I	13.2	0.22	12.5	14	18.4	7.7	14	24
	J	12.7	3.24	8.5	18	13.6	59.1	3	38
	L	10.8	3.24	7.5	14.5	8.9	19.7	2	23
	total		11.7	3.23	7.5	18	10.9	36.4	2
XyXI		13.1	4.13	7.5	18	16.4	63.1	2	42

Tabla 4.42: Parámetros de la relación longitud-peso log-transformada de sardina austral, anchoveta y sardina común.

Especie	Parámetros	X	XI
sau	$\alpha$	-5.475 (0.05)	-6.266 (0.09)
	$\beta$	3.189 (0.02)	3.474 (0.04)
	$R^2$	0.93	0.92
an	$\alpha$	-5.645 (0.44)	-3.905 (0.75)
	$\beta$	3.195 (0.15)	2.619(0.27)
	$R^2$	0.76	0.47
sa	$\alpha$	-4.603 (0.27)	
	$\beta$	2.872 (0.11)	
	$R^2$	0.92	

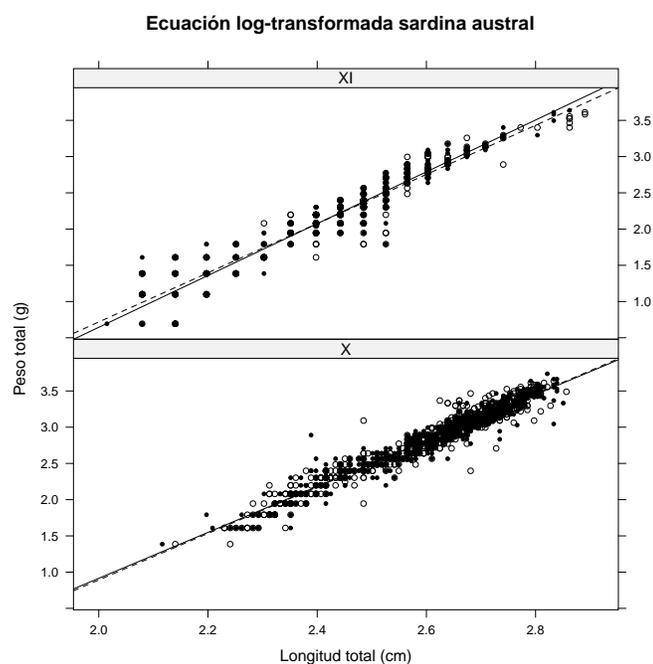


Figura 4.20: Proyección log-transformada del peso a la talla de sardina austral para ambas regiones

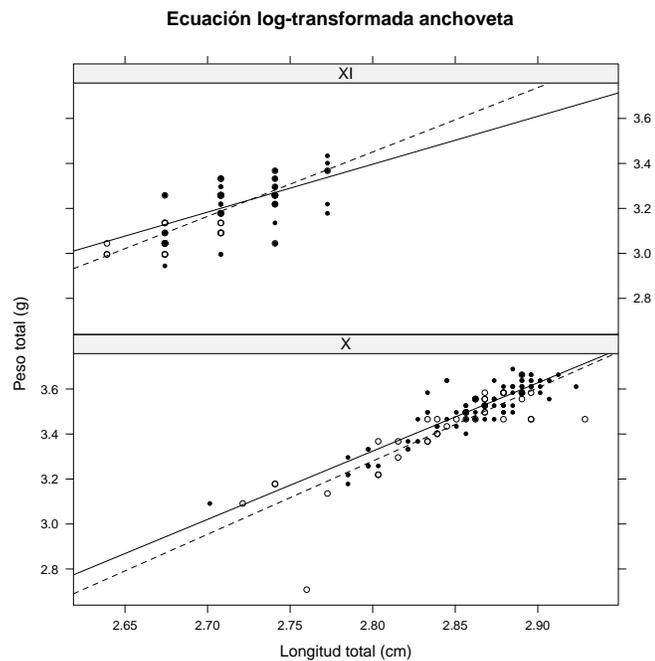


Figura 4.21: Proyección log-transformada del peso a la talla de anchoveta para ambas regiones

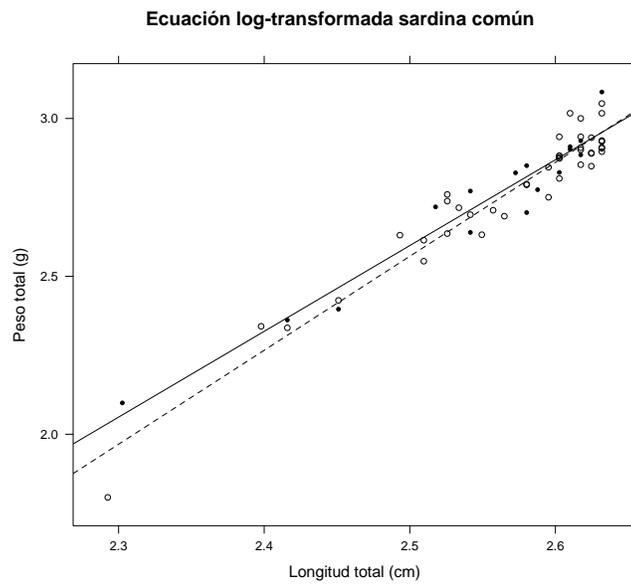


Figura 4.22: Proyección log-transformada del peso a la talla de sardina común para la X región

#### 4.2.5. Aspectos reproductivos: Estados de madurez e índice gonadosomático

Se contó con un total de 126 hembras de anchoveta, de las cuales 84 fueron de la X región y 42 de la XI región; 16 hembras de sardina común obtndidas en la X región; y 1058 hembras de sardina austral, de las cuales 707 hembras fueron del la X región y 351 hembras de la XI región.

En anchoveta, sardina común y sardina austral de la Región de Los Lagos el 100 % de las hembras se encontraron en maduración. En la Región de Aysén, la anchoveta presentó el 50 % en estado II y 50 % en estado III; mientras que la sardina austral presentó el 96.1

En la **Figura 4.23**, se presenta el índice gonadosomatico (IGS) para los tres peces pelágicos. Sin embargo, en la X región los valores de IGS fueron bajos. Sólo se informa la condición para la X región ya que el muestreo biológico en la XI región se utilizó balanza japonesa, la cual impidió contar con registros confiables del peso de la gónada.

Tabla 4.43: Frecuencia en número y porcentaje de los estados de madurez sexual macroscópicos registrados para sardina común (sc) y anchoveta (an) a nivel regional y zonas de estudio.

Región	Zona/EMS	an		sc	
		II	III	II	III
X	A	9 (100)		16 (100)	
	B	68 (100)			
	D	7 (100)			
	Total X	84 (100)		16 (100)	
XI	H				
	I	21 (50)	21 (50)		
	Total XI	21 (50)	21 (50)		

Tabla 4.44: Frecuencia en número y porcentaje de los estados de madurez sexual macroscópicos registrados para sardina austral nivel regional y zonas de estudio.

Sardina austral			
Región	Zona/EMS	II	III
X	A	21 (100)	
	B	48 (100)	
	C	152 (100)	
	E	233 (100)	
	F	253 (100)	
	Total X	707 (100)	
XI	H	153 (99.3)	1(0.7)
	I	7 (35)	13 (65)
	J	85 (100)	
	L	92 (100)	
Total XI		337 (96)	14 (4)

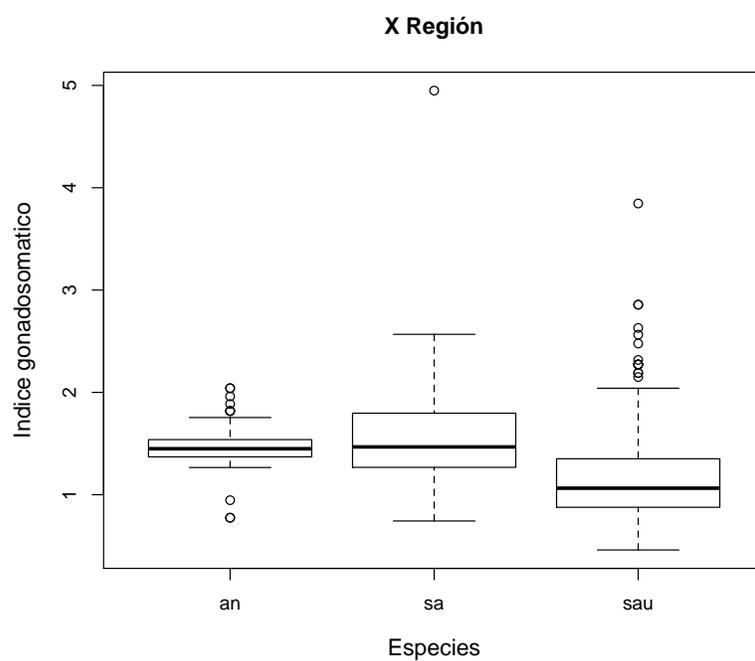


Figura 4.23: Índice gonadosomatico para sardina austral, anchoveta y sardina común.

## 4.2.6. Estructura de edad

### 4.2.6.1. Clave talla-edad

En el muestreo biológico específico se capturaron individuos de sardina austral entre los 8.3 y 16.7 cm de LT para la X región, presentando dos modas aproximados en los 10.5 cm y en los 15 cm y entre 8 y 18 cm LT en la XI Región, con una moda en los 12.5 cm.

De los otolitos muestreados de sardina austral sólo un 72 % y 63 % estuvieron aptos para lectura en la X y XI Región, respectivamente (**Tabla 4.45**). En la **Figura 4.24** se presenta la distribución de frecuencias por longitud de los individuos a los que se les determinó la edad; y en la **Figura 4.25**, la distribución de frecuencia de individuos por grupo de edad en ambas regiones.

Las claves talla-edad para la X y XI regiones se presentan en las **Tablas 4.46** y **4.47**. En la X región, se identificó la edad a 217 individuos y se desarrolló la clasificación según su respectiva longitud. Dentro de la clasificación, el Grupo de edad II concentró el 40.5 % de los individuos, con un rango de longitud entre los 11.5 y 15 cm. Además, se observó que el grupo de edad 0 presentó una baja prevalencia, sólo con 3.2 %; mientras que el grupo de edad V se encuentra ausente. En la XI región, se identificó la edad a 105 individuos, de los cuales el 38 % estuvieron presentes en el grupo de edad II. Cabe destacar que en esta región el grupo de edad 0, presenta un mayor frecuencia con un 13.3 %, y además esta presente el grupo de edad V.

Tabla 4.45: Número de otolitos obtenidos en los muestreos (NOM) y número de otolitos leídos (NOL) para edad en sardina austral. (NOL %)

Región	NOM	NOL
X	300	217 (72 %)
XI	168	105 (63 %)

Tabla 4.46: Clave talla-edad de sardina austral de la X región

Talla(cm)	Grupo de edad					Total	
	0	I	II	III	IV		V
7							
7.5							
8							
8.5							
9							
9.5	3	1				4	
10	3	8				11	
10.5	1	14				15	
11		23				23	
11.5		23	1			24	
12		10	1			11	
12.5		2				2	
13		1	3			4	
13.5			6			6	
14			20			20	
14.5			20	6		26	
15			19	8	2	29	
15.5			18	11	2	31	
16				4	2	6	
16.5				2	3	5	
17							
17.5							
18							
18.5							
19							
19.5							
20							
Total	7	82	88	31	9	0	217
%	3.2	37.8	40.5	14.3	4.2	0	

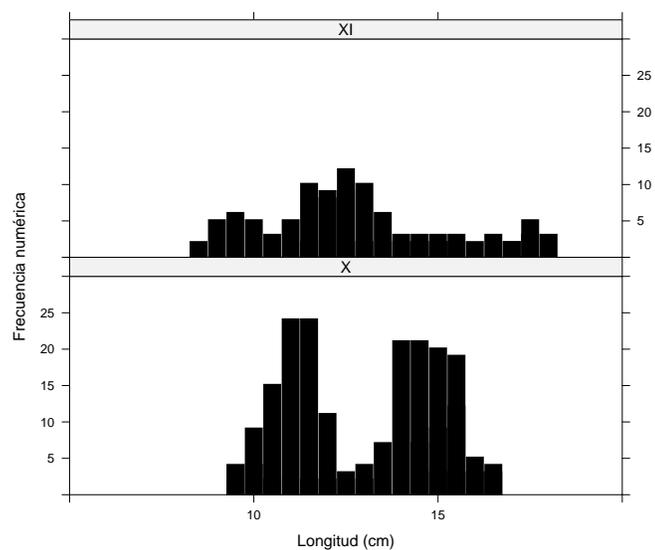


Figura 4.24: Distribución de frecuencia de longitud total de los individuos de sardina austral utilizados en la estimación de la edad en ambas regiones

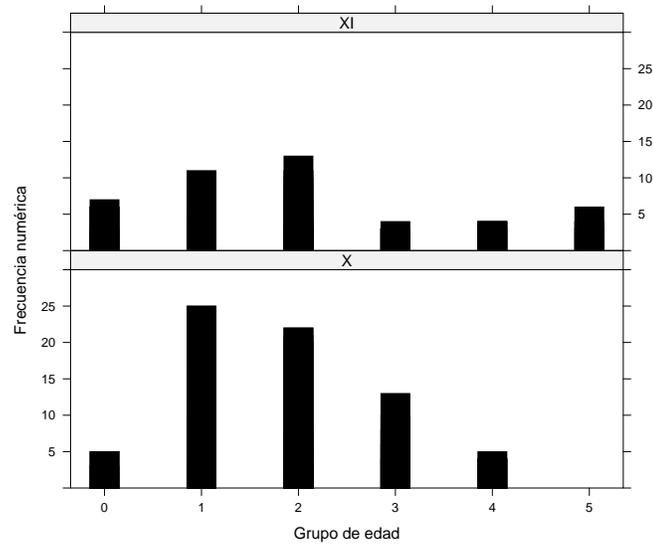


Figura 4.25: Distribución de frecuencia de individuos de sardina austral por grupo de edad en ambas regiones.

Tabla 4.47: Clave talla-edad de sardina austral de la XI región

Talla(cm)	Grupo de edad					Total	
	0	I	II	III	IV		V
7							
7.5							
8							
8.5	1					1	
9	4					4	
9.5	5					5	
10	4					4	
10.5		2				2	
11		4				4	
11.5		9	1			10	
12		7	8			15	
12.5		8	11			19	
13			9	1		10	
13.5			5			5	
14			1	2		3	
14.5			2	1		3	
15			1	1	2	4	
15.5			2	1		3	
16						1	
16.5					2	2	
17				1	1	2	
17.5					2	4	
18						2	
18.5							
19							
19.5							
20							
Total	14	30	40	7	7	7	105
%	13.3	28.6	38.1	6.6	6.6	6.6	

### 4.2.7. Abundancia a la edad

Para la sardina austral en la X región, se determinó una abundancia de  $6215 \times 10^6$  individuos. La mayor abundancia de ejemplares fueron del grupo de edad III, con  $3665 \times 10^6$  (GE III, 59 %), mientras las menores abundancia se registraron en los extremos de las edades, considerando que el grupo de edad 0 posee una abundancia de  $105 \times 10^6$  individuos (GE 0, 1.7 %) y en grupo de edad IV una abundancia de  $254 \times 10^6$  individuos (GE IV, 4.1 %) (Tabla 4.48). En la XI región, la mayor abundancia se registró en el grupo de edad I, correspondiendo a  $5824 \times 10^6$  (GE I, 46.6 %). Además, resalta la presencia de ejemplares pertenecientes al grupo de edad 0 con  $5824 \times 10^6$  individuos alcanzando un 29 % del total. Las menores abundancias se registraron en individuos de edades mayores, en el grupo de edad III un 1 % y los grupos de edad IV y V con participación menores a 0.03 % (Tabla 4.49). En la Figura 4.26, se presenta la abundancia a la edad por longitud. Se observa que en la X región las abundancias fueron menores, y que además estuvieron concentradas en el grupo de edad II. La abundancia de individuos fue mayor en la XI Región, concentradas en los grupos de edad 0, I y II. En la Figura 4.27 se presenta la abundancia total y la longitud promedio a la edad.

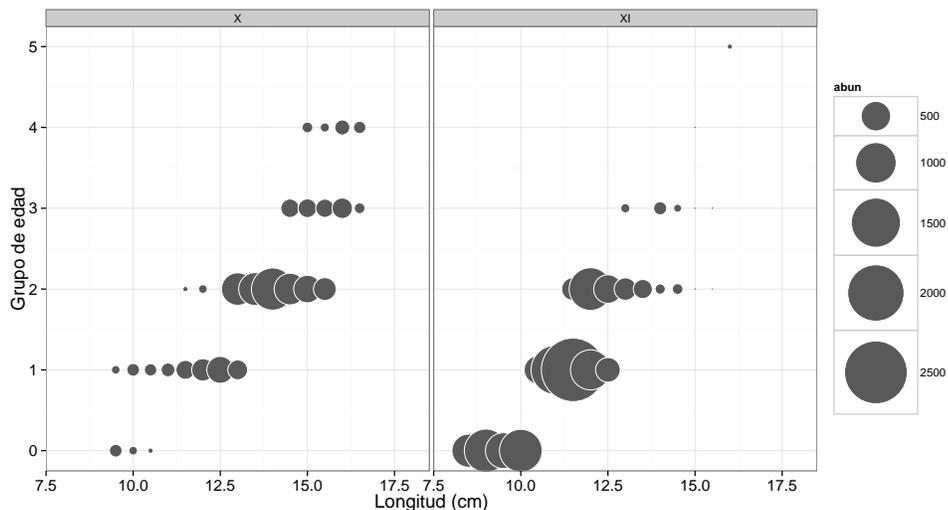


Figura 4.26: Abundancia a la edad por longitud (cm) de sardina austral. It: longitud total, var(It): varianza.

La edad de la anchoveta y sardina común se determinó con el método de "slicing-cohorts" mediante la función inversa del modelo de crecimiento de von Bertalanffy. En el caso de la anchoveta, en la X Región se identificó 286 millones de peces del grupo de edad II (17,3 %), 1326 millones de peces del grupo de edad III (80,2 %), y 39 millones del grupo de edad IV+ (2,4 %). En la XI Región, dominó el grupo de edad II con 660 millones de peces (86,0 %) seguido del grupo de edad III con 107 millones de peces (14,0 %). No hubo otros grupos de edad.

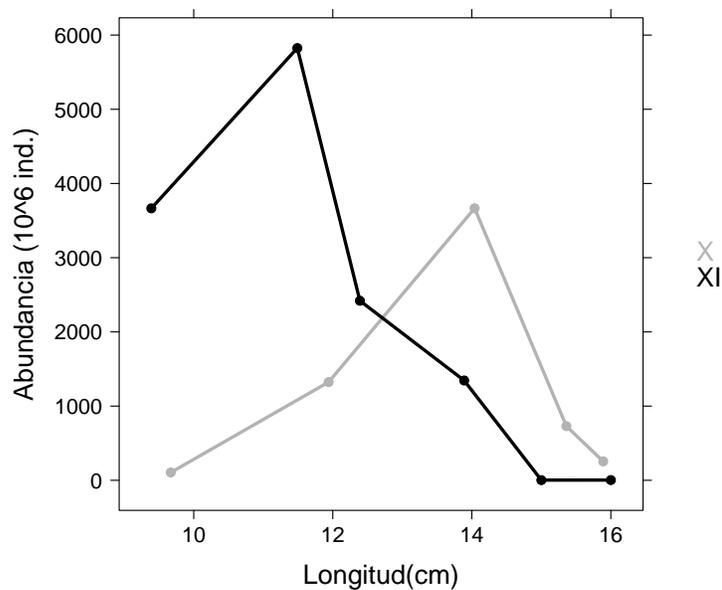


Figura 4.27: Abundancia a la longitud promedio a la edad de sardina austral.

En el caso de la sardina común, sólo dos grupos de edad fueron identificados en la estructura de tallas. El grupo de edad 0 presentó 16 millones de peces (5,0 %) y el grupo de edad I con 303 millones de peces (95,0 %).

Tabla 4.48: Abundancia a la edad de sardina austral de la X región

X Región	Abundancia	Grupo de edad					
Talla (cm)	(10 <sup>6</sup> ind)	0	I	II	III	IV	V
7							
7.5							
8							
8.5	2						
9	36						
9.5	97.9	73.43	24.47				
10	100.2	27.33	72.87				
10.5	72.6	4.84	67.76				
11	85.7		85.7				
11.5	195.3		187.16	8.14			
12	297		270	27			
12.5	409.3		409.3				
13	824.6		206.15	618.45			
13.5	633.5			633.5			
14	1083.1			1083.1			
14.5	759.6			584.31	175.29		
15	657.5			430.77	181.38	45.34	
15.5	483.1			280.51	171.42	31.17	
16	328.8				219.2	109.6	
16.5	113.8				45.52	68.28	
17	34.5						
17.5	0.4						
18	0.1						
Total	6215	105.6	1323.41	3665.78	792.81	254.39	0
$Lt_x$	13.75	9.67	11.94	14.04	15.36	15.89	
var(Lt)		0.08	24.44	49.53	69.98	79.43	

Tabla 4.49: Abundancia a la edad de sardina austral de la XI región. Lt:longitud total, var(Lt):varianza.

XI Región	Abundancia		Grupo	de	edad		
Talla(cm)	(10 <sup>6</sup> ind)	0	I	II	III	IV	V
7	5.8						
7.5	23.2						
8	421.1						
8.5	645	645					
9	1144.4	1144.4					
9.5	763.6	763.6					
10	1111.6	1111.6					
10.5	450.8		450.8				
11	1499.3		1499.3				
11.5	2844.2		2559.78	284.42			
12	2088.3		974.54	1113.76			
12.5	808.7		340.5	468.2			
13	304.7			274.23	30.5		
13.5	190.3			190.3			
14	118.1			39.4	78.7		
14.5	70.6			47.1	23.5		
15	5			1.25	1.25	2.5	
15.5	1.5			1	0.5		
16	3.1						3.1
16.5							
17							
17.5							
18							
Total	12499.3	3664.6	5824.9	2419.6	134.5	2.5	3.1
Lt <sub>x</sub>	10.9	9.39	11.49	12.39	13.89	15	16
var(Lt)		0.29	19.68	28.67	47.63	106.66	0

## 4.2.8. Tamaño muestral

### 4.2.8.1. Tamaño de muestra efectivo

En el caso de sardina austral del mar interior de la Región de los Lagos, el número de peces muestreados fue de 1437 y el tamaño efectivo de muestras ( $\hat{m}_{ef}$ ) correspondió a 185 individuos. La longitud media de la muestra fue  $\hat{R}=13.78$  cm, con intervalos de confianza de 95 % entre 12.9 y 14.7 cm. En el mar interior, canales y fiordos de la Región de Aysén, el número de peces muestreados fue de 738 y el tamaño efectivo de muestras ( $\hat{m}_{ef}$ ) correspondió a 188 individuos (**Tabla 4.50**). La longitud media de la muestra fue  $\hat{R}=11.72$  cm, con intervalos de confianza al 95 % entre 10.5 y 13.1 cm.

En la anchoveta, solo fue posible obtener el tamaño efectivo de muestras para la X región, que correspondió a 1185 individuos, con una longitud media de 17.4 cm. Para el caso de anchoveta de la XI región y sardina común de la X región no es posible estimar el tamaño tamaño efectivo de muestra, ya que estan representado solo por un lance de pesca.

Tabla 4.50: Resumen estadísticos para la evaluación de la precision de los estimados de longitudes de sardina austral, anchoveta.

Especie	Región	Nº estaciones	Nº muestras	$\hat{R}$ (cm)	Var ( $\hat{R}$ )	$\hat{m}_{ef}$
sau	X	15	1437	13.78	0.16	185
sau	XI	8	738	11.72	0.31	188
an	X	3	130	17.42	0.48	1185

### 4.2.8.2. Coeficiente de variación promedio ponderado (MWCV)

Con el objeto de determinar el tamaño mínimo de muestra, y de acuerdo con la metodología propuesta por Gerritsen y McGrath (2007), la precisión del numero de observaciones en cada clases de longitud de una muestra al azar puede estimarse asumiendo la distribucion multinomial. Si la presicion en cada una de las clases de longitud puede ser expresada en terminos del coeficiente de variación (CV), una medida de precision total puede ser obtenida ponderando cada CV por el número de individuos en cada clase de longitud. El CV ponderado promedio (MWCV) provee una descripcion de la precision sobre el rango entero de clases de tallas en una distribucion de frecuencias de longitudes.

Los resultados para los sardina austral y anchoveta se resumen en la Tabla 4.51 , indicándose el número de

clase de talla de 1 cm para cada especie en cada una de las regiones muestreadas.

Tabla 4.51: Resumen de la precisión de los estimados de la estructura de tallas de sardina austral (sau) y anchoveta (an). Donde sp denota la especie, st la región,  $n$  el número de individuos medidos,  $\mu$  es la longitud promedio,  $c$  es el número clases de talla,  $n/c$  es el número de individuos por clases de talla medidos.  $\sum pi * CV = \sum \sigma/n$  es el MWCV obtenido para cada región, y  $MWCV = (n/c)^{-0.5}$  es la medida máxima teórica.

sp	st	$n$	$\mu$	$c$	$n/c$	MWCV		
						$\sum pi * CV$	$\sum \sigma/n$	$(n/c)^{-0.5}$
sau	X	1776	13.2	11	161.5	0.062	0.062	0.078
sau	XI	1096	11.1	10	109.5	0.074	0.074	0.095
an	X	216	17.02	3	72	0.136	0.136	0.117

### 4.3. Hidrografía del área en el periodo de estudio

Para el cumplimiento de este objetivo, se llevó a cabo durante los cruceros hidroacústicos, muestreos tanto de hidrografía como de mesozooplankton en las X y XI regiones. La distribución definitiva de las estaciones bio-oceanográficas visitadas en cada región se muestra en la (Figura 4.28).

#### 4.3.1. Zona y periodo de estudio

El crucero de la X región se ejecuto durante mayo del 2013 en la embarcación Huracán I y el crucero de la XI región en junio del 2013 en la embarcación Don Luis II (Tabla 4.52). En cada estación se obtuvieron perfiles hidrográficos hasta los 100m de profundidad. Los muestreos planctónicos fueron estratificados (0 - 25m; 25 - 50m; 50 - 75m; 75 - 100m) utilizando una red Tucker Trawl (0,5 m lado de boca; 300  $\mu$ m trama, con flujómetro) y llevados a cabo en las zonas de prospección acústica con mayor abundancia de los recursos pelágicos, más frecuentemente en ambientes costeros someros. Para efectos de muestreos y análisis posteriores, cada región (X y XI) fue dividida en 3 sectores (Figura 4.28). En los 3 sectores de la X región (Seno Reloncaví, Costero Continental, Costero Isla Chiloé) el número de estaciones por sector varió entre 9 a 14 estaciones por sector, dependiendo de la extensión de los mismos (Figura 4.28; Tabla 4.52). En la XI región los sectores fueron el Interno, Intermedio, y Externo, y el número de estaciones por sector vario entre 6 y 11.

Tabla 4.52: Embarcaciones utilizadas en los distintos cruceros en el muestreo de ictioplancton, coordenadas de las Regiones, periodo de muestreo y número de estaciones por sector.

Crucero	Embarcación	Región	Sector	Coordenadas	Periodo	Nº Estaciones
Hidroacústico	Huracan I	X	Seno Reloncaví	41°32'S-41°49'S	14/05/2013-31/05/2013	9
			Costero Continental	42°2'S-43°42'S	21/05/2013-27/05/2013	14
			Costero Isla Chiloé	41°-55'S-43°19'S	14/05/2013-20/05/2013	14
Hidroacústico	Don Luis II	XI	Interno	44°22'S-45°26'S	03/06/2013-20/06/2013	6
			Intermedio	44°12'S-46°10'S	05/06/2013-29/06/2013	11
			Externo	43°58'S-45°44'S	06/06/2013-25/06/2013	6

#### 4.3.2. Temperatura Superficial del Mar y Clorofila-a superficial

Las imágenes satelitales de temperatura superficial el mar muestran i) notables diferencias en temperatura entre las zonas de aguas exteriores e interiores de la X y XI regiones, particularmente a mediados de mayo, ii) un leve gradiente latitudinal con una disminución de temperaturas hacia el sur durante todo el periodo de muestreo, y iii) un enfriamiento generalizado del agua en superficie especialmente durante las dos últimas semanas de muestreo en

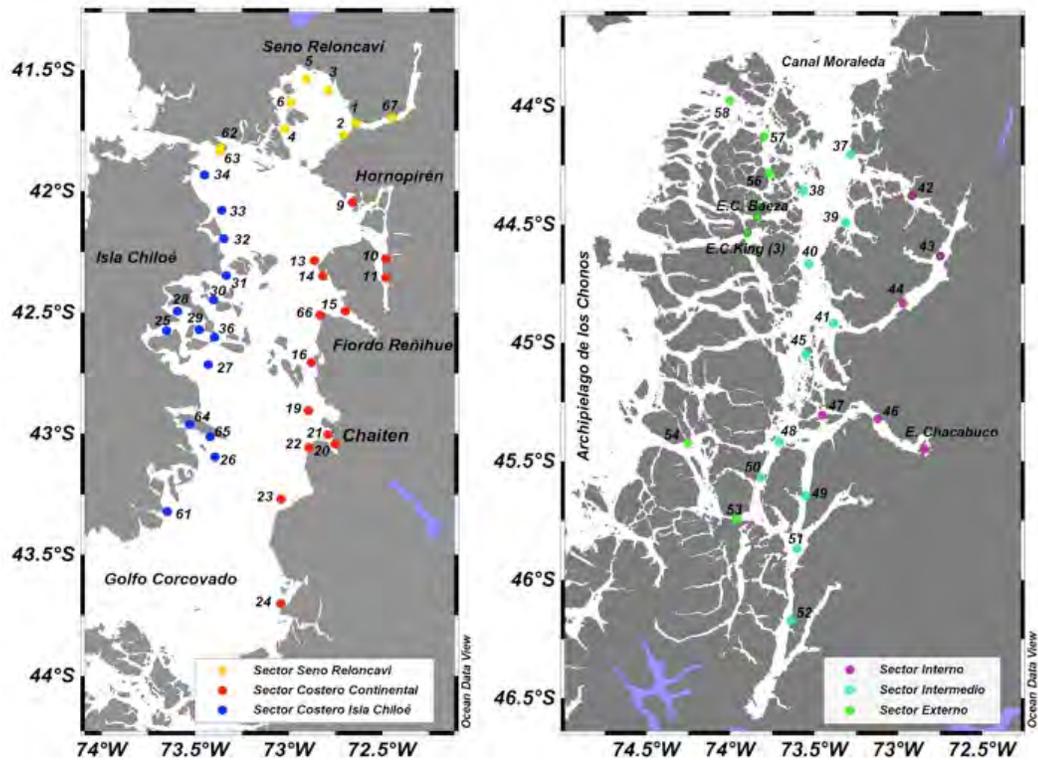


Figura 4.28: Estaciones bio-oceanográficas (plancton - CTD) efectuadas en la X y XI regiones durante el crucero de mayo y junio del 2013, separadas por sector. X región: Círculo amarillo: Sector Seno Reloncaví; Círculo rojo: Sector Costero Continental; Círculo azul: Sector Costero Isla Chiloé. XI región: Círculo morado: Sector Interno; Círculo calipso: Sector Intermedio; Círculo verde: Sector Externo.

junio (Figura 4.29). Las diferencias en temperatura entre aguas interiores y exteriores fue más notoria en el sector norte: en aguas exteriores los valores alcanzan hasta 15 °C mientras que en aguas interiores son alrededor de 13 °C. En aguas interiores las variaciones latitudinales de temperatura son menos marcadas con valores típicamente alrededor de 12-13 °C en el sector norte y 10-11 °C en el sector sur. Finalmente, el enfriamiento en superficie en toda la región desde el comienzo del periodo de muestreo hasta el final del mismo se aprecia con mayor claridad al analizar los promedios mensuales de las imágenes semanales que se presentan en la Figura 4.30 y corresponderían a las variaciones estacionales en temperatura a medida que se acerca el invierno.

La serie de imágenes satelitales semanales de color del mar (clorofila a), debido a la cobertura nubosa en la región, lamentablemente no permitió obtener información detallada de cada una de las zona de estudio (particularmente aguas interiores de la XI región) (Figura 4.31). Sin embargo, fué posible observar en la X Región:

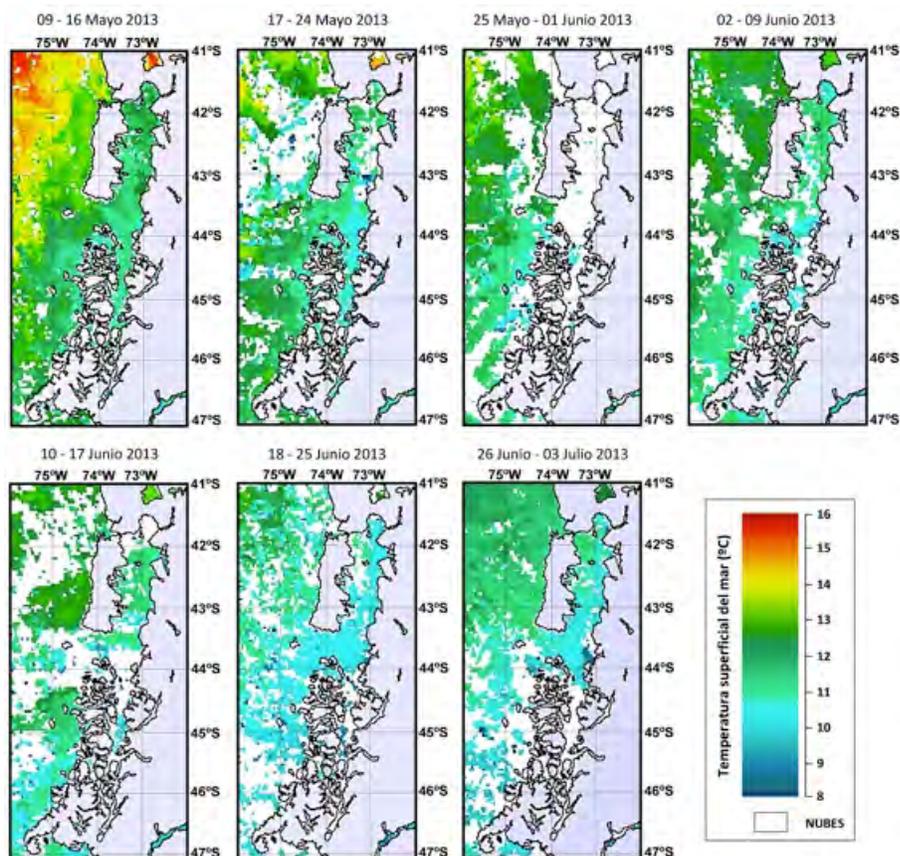


Figura 4.29: Imágenes satelitales semanales de temperatura superficial del mar (°C) durante el periodo de muestreo 2013

i) diferencias en concentraciones entre las zonas norte de aguas exteriores alejadas de la costa, la zona costera externa de Chiloé-Canal Chacao y la zona de aguas interiores. Entre estas zonas, las mayores concentraciones se observaron en la zona externa de Chiloé-Canal de Chacao, luego la zona de aguas interiores y finalmente la zona externa norte. Las imágenes correspondientes al promedio mensual (**Figura 4.32**), sin embargo, muestran mayores concentraciones de clorofila-*a* en la zona de aguas interiores frente a la Boca del Guafo en mayo y luego en junio en la zona externa de Chiloé. Debido a que las altas concentraciones en la zona del Guafo en aguas interiores no fueron observadas en la serie semanal, es posible que esas altas concentraciones hayan ocurrido durante la primera quincena de mayo, periodo no muestreado en nuestros cruceros.

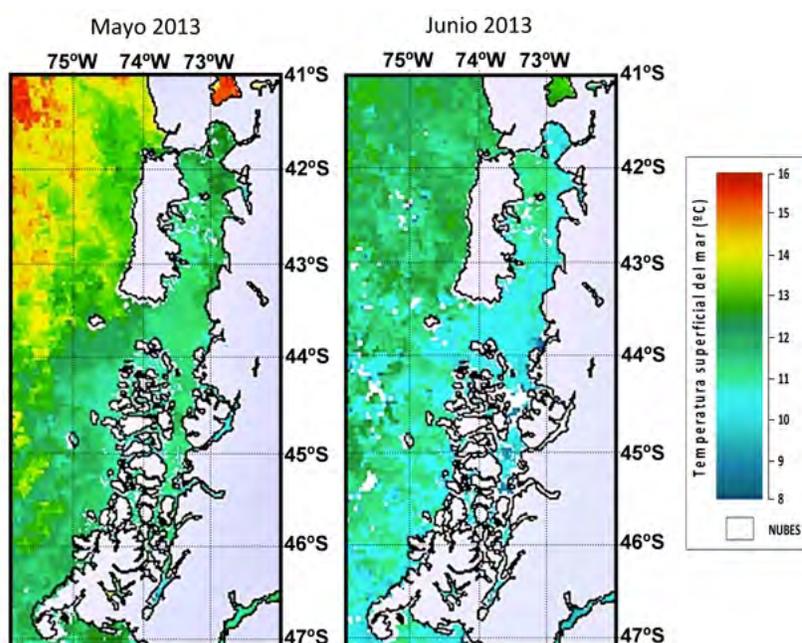


Figura 4.30: Imágenes satelitales mensuales de temperatura superficial del mar (°C) durante el periodo de muestreo 2013

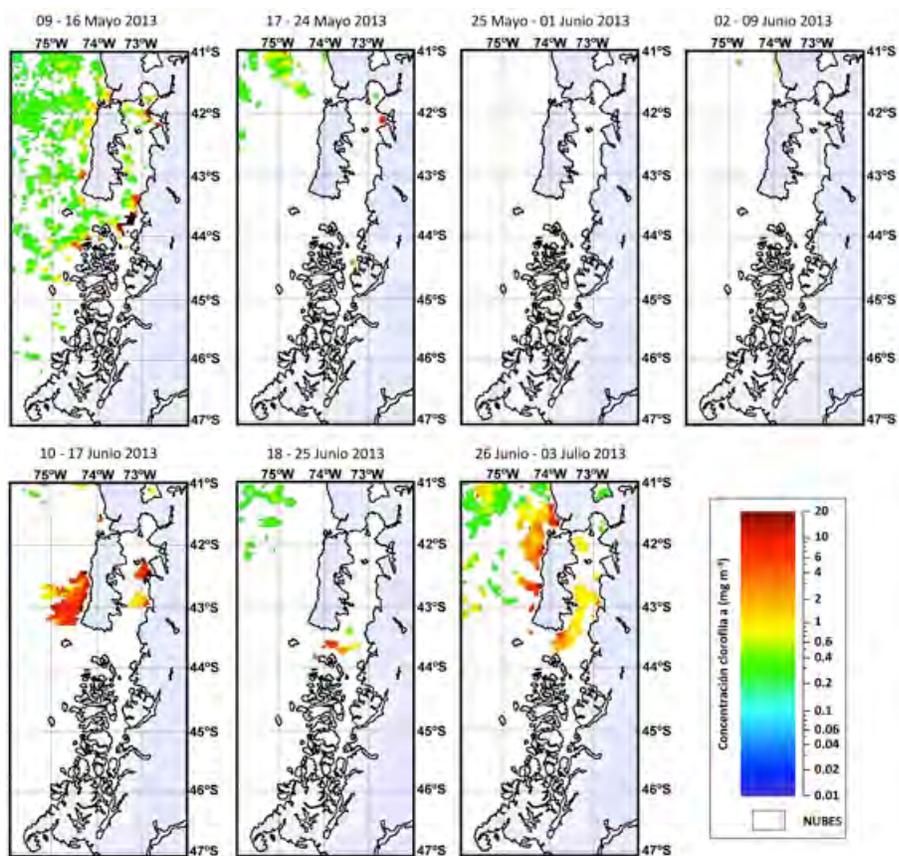


Figura 4.31: Imágenes satelitales semanales de la concentración de clorofila *a* (mg m<sup>-3</sup>) durante el periodo de muestreo 2013

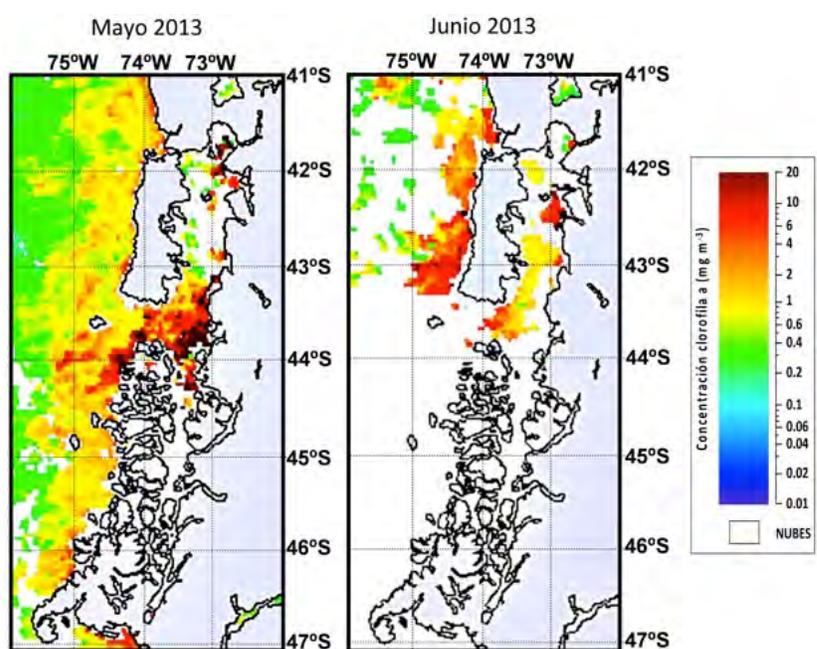


Figura 4.32: Imágenes satelitales mensuales de la concentración de clorofila *a* ( $\text{mg m}^{-3}$ ) durante el periodo de muestreo 2013

### 4.3.3. Perfiles de características hidrográficas.

**X región.** Los perfiles de características hidrográficas señalan que la zona del Seno del Reloncaví mostró un columna de agua con temperaturas entre 10.8 y 11.5°C y escasa variación con la profundidad hasta los 120m (**Figura 4.33**). Se presentó, sin embargo, un estrato somero (0-10m) con amplias variaciones en salinidad (25-33 psu) y densidad ( $\sigma_t$ ) que confieren una alta estabilidad dentro de ese estrato (frecuencia Brunt-Vaisaala), mientras que por debajo del mismo las condiciones de salinidad, densidad y estabilidad fueron muy homogéneas hasta los 120m. La columna de agua se presentó con valores de oxígeno disuelto sobre 4 ml  $O_2/l$  en el estrato somero y más profundamente con valores sobre 2-3 ml  $O_2/l$ .

El sector costero continental de la X región mostró un rango de temperaturas más amplio (10.8 – 11.7 °C) que el sector de Reloncaví y una columna de agua con escasa variación en la vertical excepto en una estación en la que bajo los 80m de profundidad las temperaturas decayeron hasta 10°C (**Figura 4.34**). Se presentó un estrato somero con menor salinidad y densidad pero con mayores valores que en el Seno del Reloncaví y una haloclina y picnoclina levemente más profunda (hasta ca. 20m). Las concentraciones de oxígeno disuelto fueron en toda la columna de agua sobre 3-4 ml  $O_2/l$  con mayores valores en el estrato somero, y la frecuencia de Brunt Vaisaala presentó valores menores al Seno del Reloncaví en el estrato somero pero valores mayores en el estrato bajo los 20m.

La zona costera de Chiloé presentó un rango de temperaturas con valores mayores (10.8 -11.8°C) y levemente más amplio que las otras zonas de la X región pero igualmente una columna de agua relativamente homeoterma (**Figura 4.35**). Los perfiles de salinidad fueron significativamente distintos a las otras zonas debido a la inexistencia de un estrato somero con bajas salinidades lo cual conllevó a muy leves cambios de densidad a lo largo de toda la columna de agua y bajos valores de estabilidad (frecuencia Brunt-Vaisala). Las concentraciones de oxígeno disuelto fueron mayores a 3-4 ml  $O_2/l$ .

**XI región.** Las condiciones oceanográficas en la XI región variaron significativamente en comparación a las de la X región. Los tres sectores estudiados (Canal Puyuhuapi, Fiordo Aysén y Canal Moraleda) mostraron marcados gradientes en la vertical en todas las características hidrográficas. Todas las estaciones en el Canal Puyuhuapi presentaron una termoclina inversa, es decir, menores temperaturas en superficie (8.5-9°C) que luego ascendieron hasta un máximo de 10.5-11°C a aproximadamente a los 30-40m de profundidad, estrato debajo del cual las temperatura comienzan nuevamente a descender (**Figura 4.36**). Los bajos valores de salinidad en superficie en este sector resultan del fuerte aporte de aguas dulces llegando el estrato somero a salinidades menores a 16 psu. Estos bajos valores de salinidad y los fuertes cambios en temperatura incidieron en la muy fuerte picnoclina en el estrato somero y una muy alta estabilidad de la columna de agua. En el fiordo Aysén (**Figura 4.37**), la influencia del agua dulce proveniente de ríos y deshielos fue aun mayor y se manifestó en valores aun menores de salinidad (hasta 12 psu) y muy baja temperaturas en superficie (hasta 8°C) lo cual conllevó a los valores más bajos de  $\sigma_t$  de

las dos regiones y una muy fuerte pycnoclina muy somera (5-10m). El Canal Moraleda (**Figura 4.38**), por último, también presentó una termoclina inversa y bajos valores de salinidad en superficie pero menores a los observados en las otras 2 zonas interiores, siendo también las diferencias entre el agua de superficie y la más profunda menor que en los otros dos sectores de la XI región.

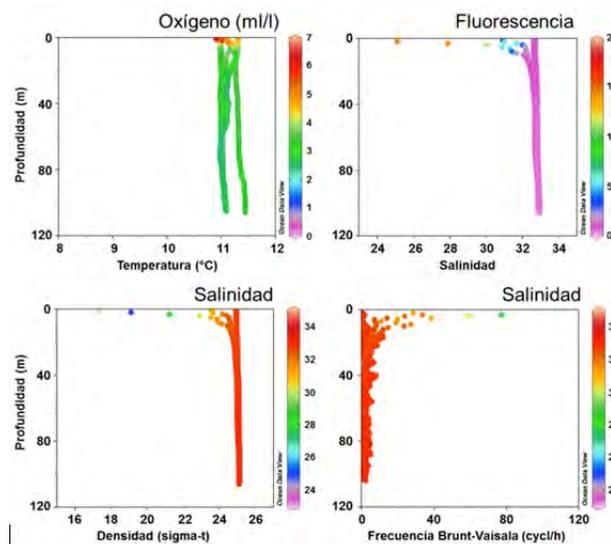


Figura 4.33: Perfiles de temperatura, salinidad, densidad y frecuencia de Brunt-Vaisala con todos los datos del sector del Seno de Reloncaví. Los colores representan la concentración de oxígeno, fluorescencia y salinidad.

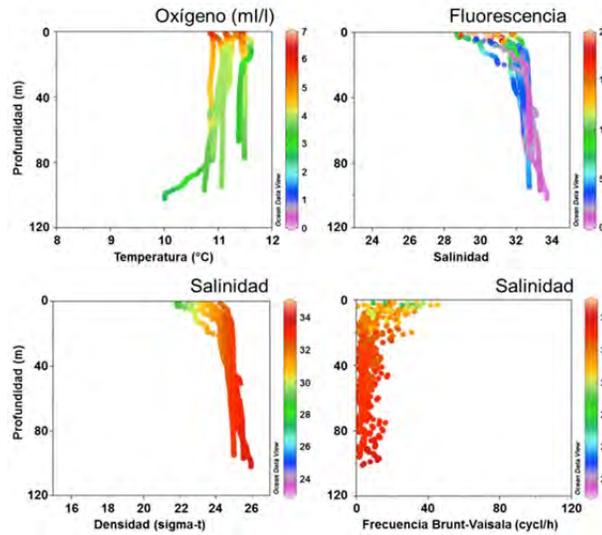


Figura 4.34: Perfiles de temperatura, salinidad, densidad y frecuencia de Brunt-Vaisala con todos los datos del sector costero continental. Los colores representan la concentración de oxígeno, fluorescencia y salinidad.

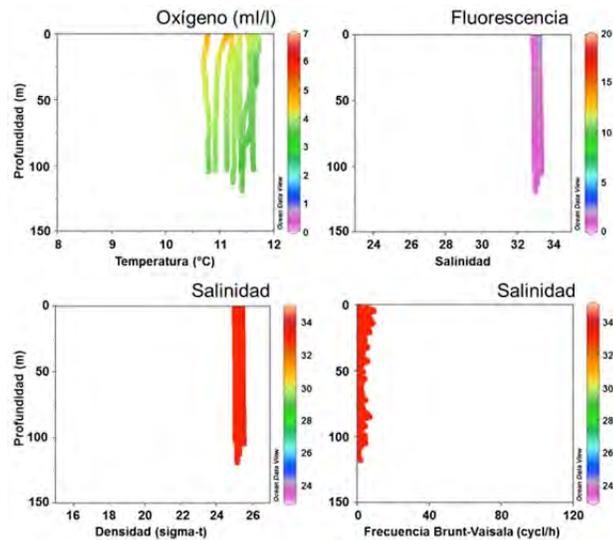


Figura 4.35: Perfiles de temperatura, salinidad, densidad y frecuencia de Brunt-Vaisala con todos los datos del sector costero de la Isla de Chiloé. Los colores representan la concentración de oxígeno, fluorescencia y salinidad.

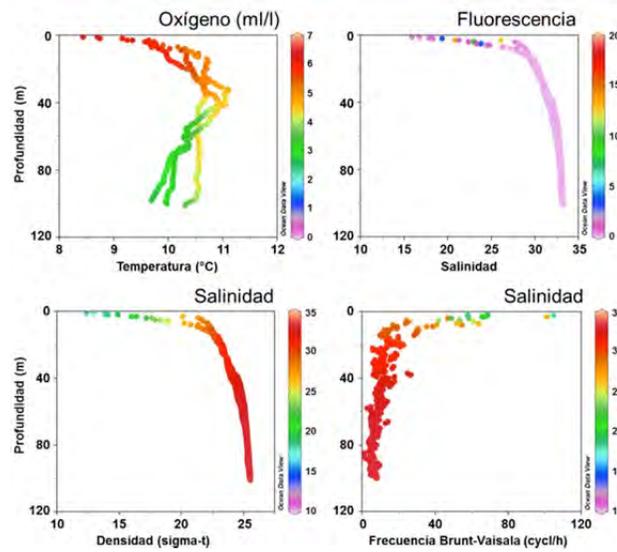


Figura 4.36: Perfiles verticales de temperatura, salinidad, densidad y frecuencia de Brunt-Vaisala con todos los datos del sector interno (Canal Puyuhuapi). Los colores representan la concentración de oxígeno, fluorescencia y salinidad.

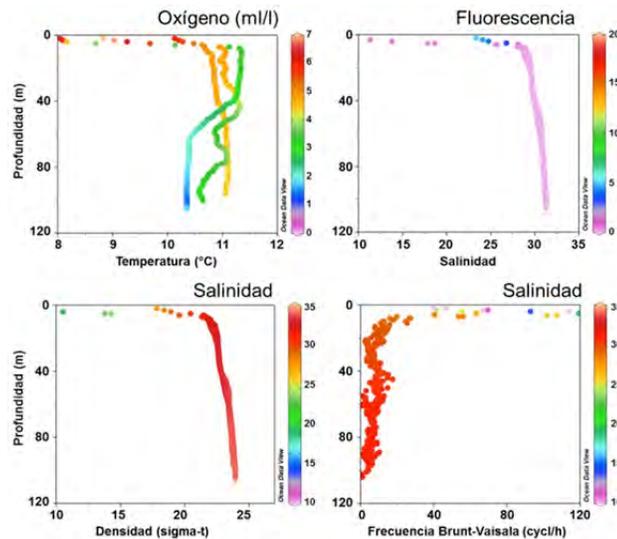


Figura 4.37: Perfiles de temperatura, salinidad, densidad y frecuencia de Brunt-Vaisala con todos los datos del sector interno (Seno Aysén). Los colores representan la concentración de oxígeno, fluorescencia y salinidad.

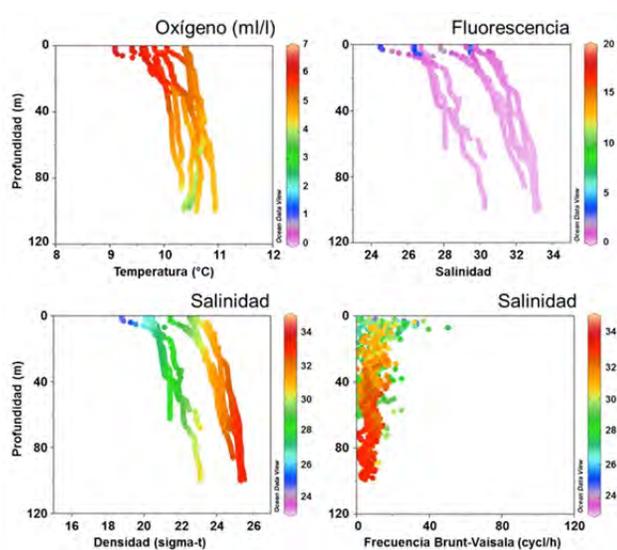


Figura 4.38: Perfiles de temperatura, salinidad, densidad y frecuencia de Brunt-Vaisala con todos los datos del sector intermedio (Canal Moraleda). Los colores representan la concentración de oxígeno, fluorescencia y salinidad.

#### 4.3.4. Secciones verticales de las variables hidrográficas

Las secciones verticales de características hidrográficas a lo largo de la transecta de estaciones costeras bordeando el Seno del Reloncaví muestran reducidos cambios en temperatura en la columna de agua hasta los 120m, a diferencia de las otras características como salinidad, densidad y fluorescencia que variaron especialmente en el estrato somero (0-10m) (**Figura 4.39**). En este último estrato se observó menores salinidades, menores densidades, mayores valores de oxígeno disuelto, fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala, especialmente en las zonas más al este ( $72.7 - 72.6^\circ\text{W}$ ), probablemente por el aporte de aguas dulces desde el Fiordo del Reloncaví.

En las secciones a lo largo del borde costero continental de la X región (**Figura 4.40**), las variaciones tanto en la vertical como latitudinalmente se hacen más marcadas. En la zona más al norte (Golfo de Ancud), se observó menores valores de temperatura, salinidad y densidad en superficie comparado con el sector más al sur. La frecuencia de Brunt Vaisala siguió los contornos de salinidad en superficie. Alternativamente, en el sector más al sur pero a mayor profundidad, se observó el ingreso de aguas más saladas, de mayor densidad y menores temperaturas provenientes de la Boca del Guafo. El oxígeno disuelto concordó con la distribución de salinidad a lo largo de la sección. Los mayores valores de fluorescencia, finalmente, se presentaron en superficie a lo largo de toda la transecta, pero mostrando un par de sectores en que valores altos se profundizaron en lo  $42.7^\circ\text{S}$  (al norte de Islas Desertores) y al final el Golfo del Corcovado ( $43.8^\circ\text{S}$ ).

En el sector costero de la isla de Chiloé (**Figura 4.41**), las variaciones en la vertical de temperatura, salinidad y densidad fueron poco pronunciadas y solo se observó un mayor gradiente en las concentraciones de oxígeno disuelto en el sector sur. Latitudinalmente, solo una disminución en temperatura y oxígeno disuelto fueron pronunciados, siendo los gradientes de salinidad y densidad muy leves.

Las secciones de hidrografía de los Fiordos Puyuhuapi y Aysén presentan algunas características comunes tales como: i) un estrato intermedio con mayores temperaturas que se profundiza hacia el exterior de los fiordos, ii) un estrato somero con menores salinidades y densidades producto del ingreso de aguas dulces en la zona interior del fiordo, y iii) la presencia de valores menores de oxígeno disuelto en la zona más interna del fiordo en profundidad, valores que llegan hasta 1 ml de  $O_2/l$  en el fiordo Aysén (**Figuras 4.42 y Figura 4.43**). Finalmente, el Canal Moraleda muestra evidencia del ingreso de aguas más saladas y de mayor densidad por el fondo en la zona más al norte de la sección analizada y muestra un patrón de temperaturas complejo con mayores valores en el fondo en la zona exterior que conecta por el norte con la Boca del Guafo y en la zona interior al final del estero Elefantes por el sur (**Figura 4.44**). Los valores de mayores fluorescencias ocurren en superficie pero éstos no llegan a los máximos observados en la X región.

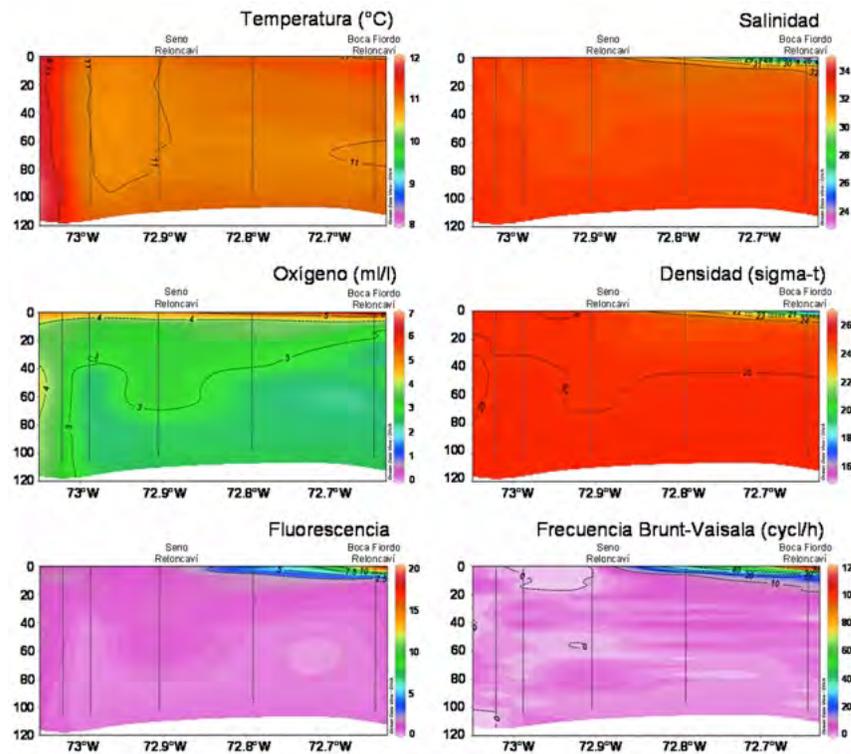


Figura 4.39: Secciones de temperatura (°C), salinidad (PSU), oxígeno (ml/l), densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (cycl/h) en el sector del Seno Reloncaví (X región)

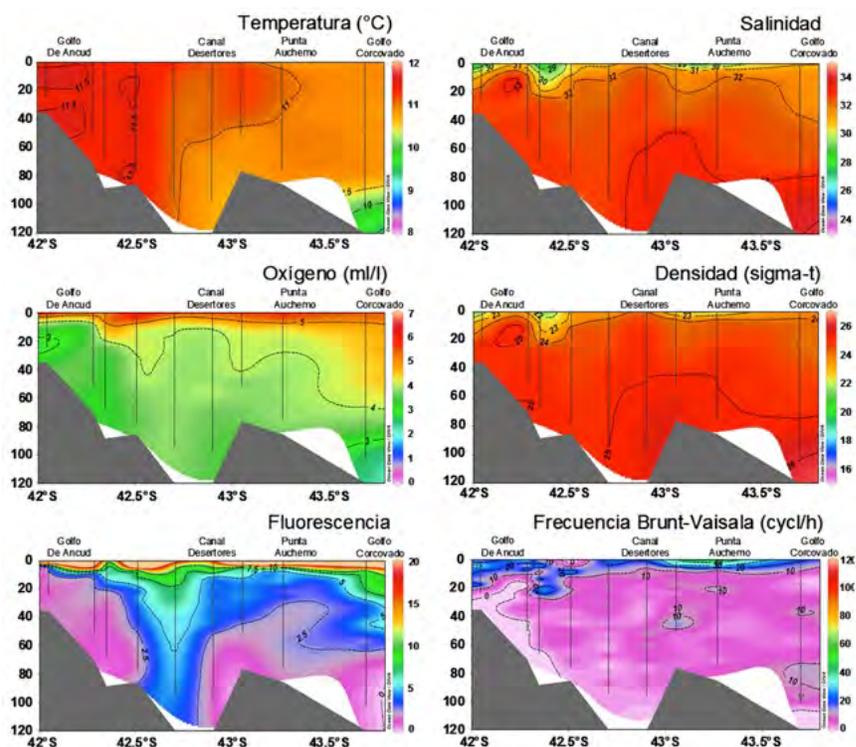


Figura 4.40: Secciones de temperatura (°C), salinidad (PSU), oxígeno (ml/l), densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (cycl/h) en el sector costero continental (X región).

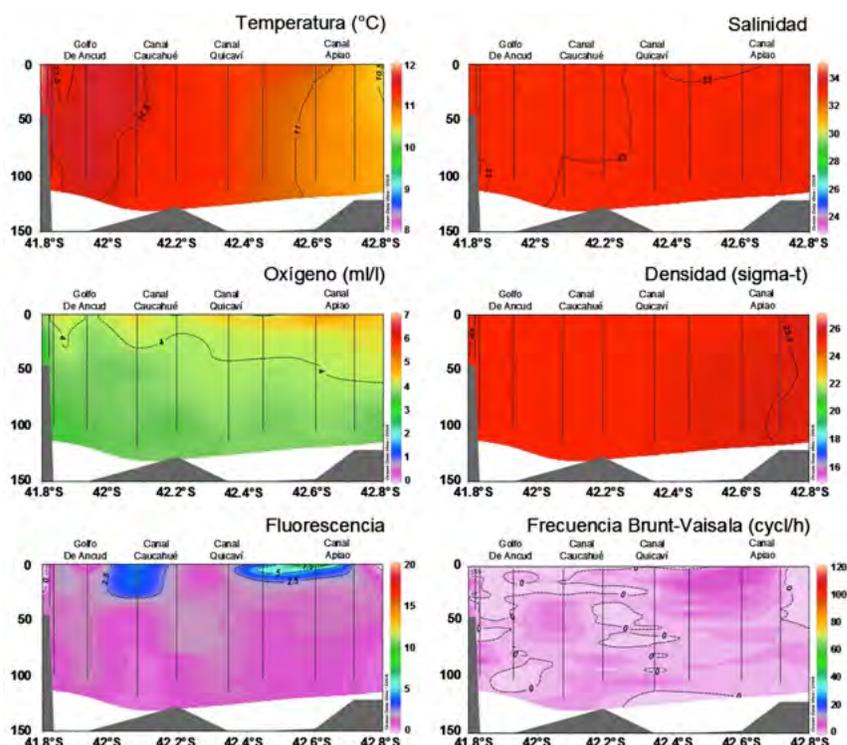


Figura 4.41: Secciones de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (PSU), oxígeno (ml/l), densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (cycl/h) en el sector costero de la Isla de Chiloé (X región).

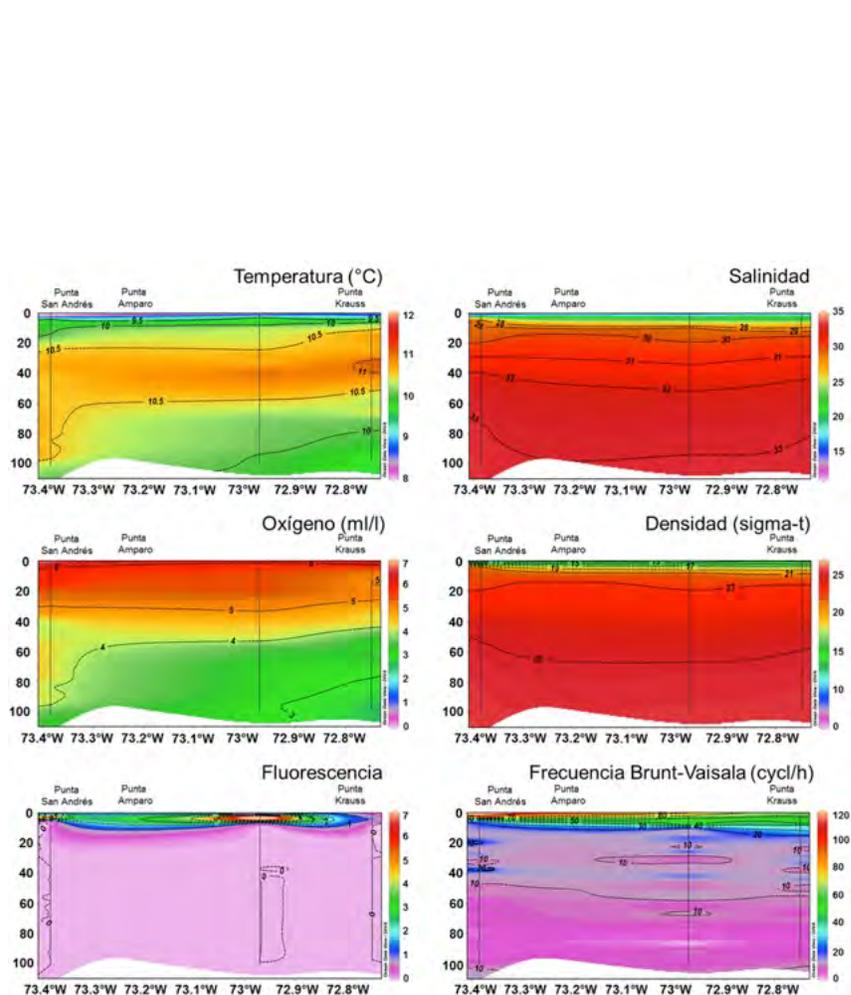


Figura 4.42: Secciones de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (PSU), oxígeno (ml/l), densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (cycl/h) en el sector interno (Canal Puyupuhai, XI región).

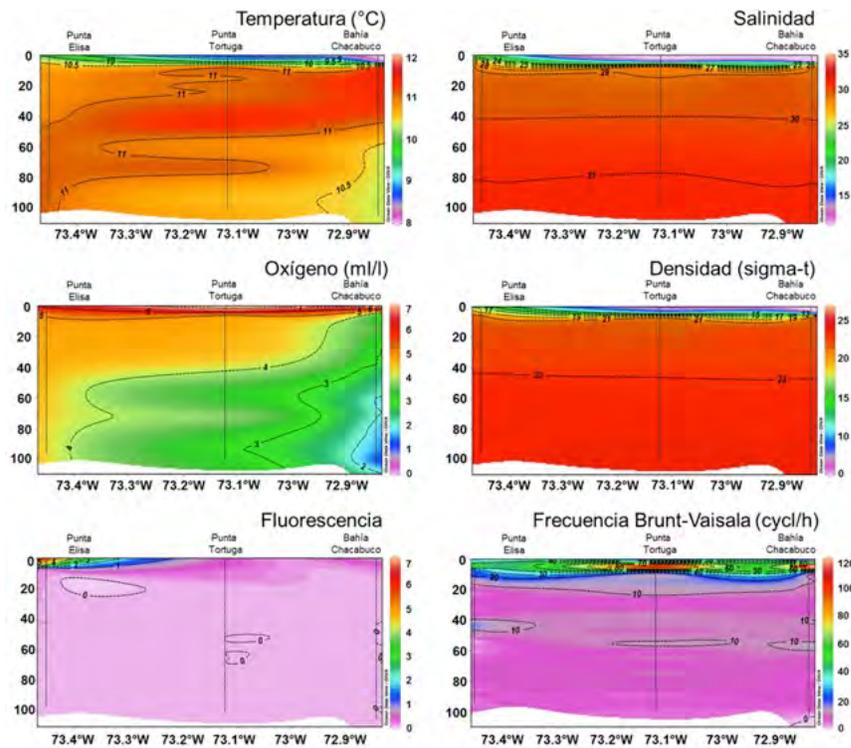


Figura 4.43: Secciones de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (PSU), oxígeno (ml/l), densidad ( $\sigma\text{-t}$ ), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (cycl/h) en el sector interno (Seno Aysén, XI región).

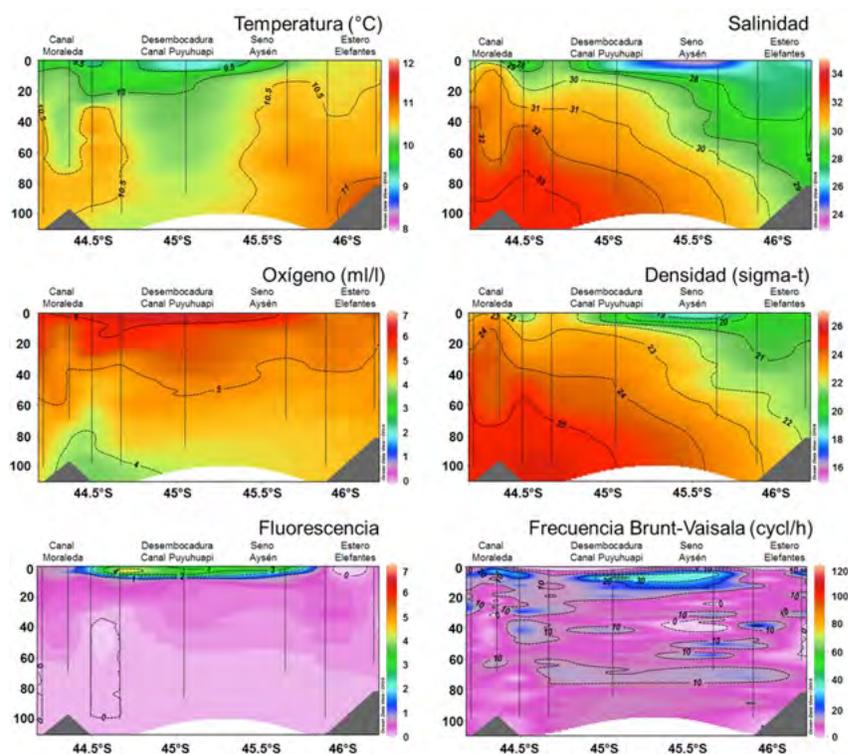


Figura 4.44: Secciones de temperatura (°C), salinidad (PSU), oxígeno (ml/l), densidad (sigma-t), fluorescencia y frecuencia de Brunt-Vaisala (cycl/h) en el sector intermedio (Canal Moreleda, XI región).

## 4.3.5. Distribución del ictioplancton

### 4.3.5.1. Abundancia de huevos y larvas 2013

Un muy bajo número de estaciones positivas y con muy bajas abundancias de individuos fueron observadas en huevos y larvas de las tres especies objetivo tanto en la X como la XI regiones (**Tabla 4.53**). En la X región, huevos de anchoveta ocurrieron solo en una estación del Seno del Reloncaví (50-75m) y en una estación de la zona costera continental (0-25m) (**Figura 4.45**). Los huevos de sardina común ocurrieron en una estación de la zona costera continental (0-25m) y en una estación de la costa de Chiloé (**Figura 4.46**). Los huevos de sardina austral ocurrieron solo en una estación de la zona costera de Chiloé (0-25m) (**Figura 4.47**). En la XI región (**Tabla 4.54**), hubo solo una estación con huevos de anchoveta en la zona externa (50-75m), solo 2 estaciones con huevos de sardina común también en la zona externa (a 25-50 y 50-75m) y una estación con huevos indeterminados de sardina (*Clupeidos*) en la zona externa. No se encontró huevos de sardina austral en la XI región (**Figuras 4.48 - 4.50**).

Las abundancias de huevos en ambas regiones fueron bajas en todas las estaciones. La mayor abundancia de huevos de las tres especies en la X región ocurrió en el estrato 0-25 m. Para huevos de anchoveta esta abundancia fue de  $55 h/1000m^3$  en el sector costero continental; para sardina común fue  $277 h/1000m^3$  también en el sector costero continental, mientras que la de sardina austral fue  $143 h/1000m^3$  y ocurrió en el sector costero de Chiloé.

Solo en una estación fueron encontradas larvas en pre-flexión notocordal en la X región, correspondiendo a larvas de sardina austral en una estación de la costa de Chiloé (50-75m, (**Figuras 4.45 - 4.47**)). No hubo larvas en estado post-flexión en la X región ni larvas pre- o post-flexión notocordal en la XI región (**Figuras 4.48 - 4.50**).

Debido al muy bajo número de estaciones positivas con huevos y larvas, y a las muy bajas abundancias de éstas, las secciones de distribución vertical de huevos y larvas por zonas y los análisis de posibles relaciones con características hidrográficas (Quoting analysis, sobreposiciones de abundancias de huevos en diagramas T-S, y sobreposición de abundancias e huevos en secciones verticales de hidrografía) no fueron llevados a cabo. Sin embargo, y a pesar de las limitaciones en el número de estaciones positivas, en la **Tabla 4.55** se presentan los rangos de temperatura y salinidad de los estratos en los cuales se encontró los escasos huevos y larvas de las especies objetivo. Los rangos de temperatura y salinidad en los cuales se encuentran los huevos de anchoveta y sardina común se sobreponen dentro de cada región, siendo los rangos de temperatura distintos entre regiones (menores temperaturas en la XI región). Los huevos y larvas de sardina austral se ubicaron en el extremo inferior de temperaturas de las otras 2 especies en la X región y en aguas con salinidades altas dentro del rango total en que ocurrieron las otras 2 especies. Considerando los rangos totales de salinidad observados en los primeros 100 m de la columna de agua en todas las estaciones en las dos regiones (aprox. 11-34 psu), el rango de salinidades utilizado por los huevos y larvas de estas tres especies (28.9- 33.4 psu) sería relativamente estrecho especialmente

en sardina austral.

#### 4.3.6. Comparación del ictioplancton entre enero 2011 y Junio 2013

La distribución de huevos y larvas observada en los cruceros de evaluación hidroacústica de Enero 2011 coinciden en rasgos generales con los sectores donde se observó huevos y larvas durante Junio del 2013. El número de estaciones positivas, sin embargo, fue marcadamente mayor (particularmente con huevos de anchoveta) durante el crucero de enero 2011, siendo también mayores las abundancias de huevos y larvas. Algunos aspectos concordantes entre periodos fueron: i) las mayores frecuencias de estaciones positivas y las mayores abundancias de huevos y larvas de las tres especies ocurrieron en la X región en ambos cruceros (**Figuras 4.45 - 4.50**), ii) la mayor proporción de estaciones positivas con huevos de anchoveta ocurrieron en ambos cruceros en la zona norte y costa continental, iii) huevos de sardina común ocurrieron en ambos cruceros de la X región en solo dos estaciones muestreadas, una en la costa de Chiloé y otra en la costa continental. Alternativamente, algunos aspectos diferentes fueron: i) mientras huevos de sardina austral y Clupeidae ocurrieron en las costas de Chiloé y continental, el 2013 sólo ocurrieron en la costa de Chiloé, ii) huevos de anchoveta ocurrieron en la XI región en una estación en la zona costera continental el 2011 y en el 2013 sólo ocurrieron en una estación en el sector oceánico.

Las condiciones hidrógráficas en los estratos en que se observó huevos y larvas de ambas especies también presentó semejanzas. En ambos años el rango de temperatura y salinidades en que ocurrieron huevos y larvas fue más amplio en la X que en la XI región. Adicionalmente, la anchoveta y sardina común se presentaron más abundantemente en aguas con menores salinidades y mayores temperaturas que huevos y larvas de sardina austral.

#### 4.3.7. Distribución de mesozooplancton

Debido a que en la dieta de sardinas y anchovetas juveniles y adultos los copépodos y eufáusidos normalmente llegar a los grupos mesozooplanctónicos dominantes, en el presente estudio se presenta la distribución observada en terreno por ambos grupos en la X y XI regiones durante los cruceros hidroacústicos de junio 2013. La data de copépodos se presenta clasificada en dos grupos de tallas con el fin de explorar si se pudiese observar diferencias en el tamaño de mesozooplancton (copépodos pequeños  $\leq 1\text{mm}$ , copépodos grandes  $> 1\text{mm}$ , eufáusidos) entre zonas. Adicionalmente, se presenta la distribución de los dos grupos de mesozooplancton (copépodos totales y eufáusidos totales) obtenida a partir de la data de cruceros llevados a cabo en noviembre, entre la X y la XII regiones desde el 2006 (X región) al 2010 (XII región), como parte de los cruceros del programa CIMAR Fiordos (12 al 16).

### 4.3.8. Crucero hidroacústico de Junio 2013

En la **Figura 4.51** y en las **Tablas 4.56** y **4.57** se presenta la distribución y abundancia de copépodos pequeños, grandes y eufáusidos durante el crucero hidroacústico del 2013. Las aparentes diferencias en distribución de cada grupo entre sectores de la X región (copépodos y eufáusidos más abundantes en la costa de Chiloé y luego en la zona el Reloncaví) o de la XI región (copépodos y eufáusidos más abundantes en la zona externa y luego en la zona interna) no es significativa. Sin embargo, al comparar las abundancias de los tres grupos zooplanctónicos entre regiones es notoria la mayor abundancia de los 3 grupos en la X región, coincidiendo con las mayores abundancias de huevos y larvas de las especies objetivo.

### 4.3.9. Serie histórica de cruceros en primavera (noviembre) 2006-2010.

La información analizada corresponde a distintos años por lo que los posibles patrones espaciales observables podrían resultar tanto de variabilidad interanual (cada región muestreada en distintos años) como de diferencias reales entre regiones (si es que la variación interanual es menor que la espacial). Dado que la base de datos no permite separar ambos tipos de variabilidad, se presenta esta sección sólo como un análisis exploratorio preliminar que se espera pueda repetirse en el tiempo en la medida que más cruceros se vayan realizando en la zona.

Al comparar entre meses del año en la serie anual de datos de abundancia de copépodos (**Tablas 4.56** y **4.57**) se observa que las mayores abundancias ocurren durante noviembre (primavera), luego en mayo-junio (otoño) y finalmente en julio (invierno), independientemente del año o región analizada. El cambio estacional en abundancias de copépodos en la X región no fue seguido por los cambios de abundancias de eufáusidos. Este último grupo presentó mayores abundancias en otoño (junio), intermedias en primavera (noviembre) y menores en invierno (julio). Al comparar las abundancias promedios de copépodos entre regiones solo los meses de noviembre (mes con mayor número de datos) la X región aparece con menor número de copépodos promedio y la XI sur (Golfo de Penas – Canales) la con mayores abundancias, sin embargo, estas diferencias no son significativas al tomar en cuenta la alta dispersión de los valores (desviación estándar) en cada zona. Igualmente, al comparar las abundancias de eufáusidos durante sólo los meses de noviembre entre regiones, una disminución aparente en abundancias con la latitud es observable (**Figura 4.51**), lo cual contrastaría con lo observado en copépodos.

En resumen, los resultados de los análisis de distribución de zooplancton sugieren que: i) los meses de mayor abundancia de copépodos concordarían con la información ya publicada sobre periodos reproductivos de las tres especies objetivo y con los meses de mayor abundancia larval (primavera), y ii) las diferencias en abundancia de copépodos entre regiones observada durante el crucero hidroacústico 2013 también concordarían con la distribución de huevos y larvas en el mismo periodo (mayores abundancias en X región y menores en la XI). Las posibles relaciones latitudinales entre copépodos y/o eufáusidos con las zonas de presencia de huevos y larvas, sin

embargo, quedarán sin determinar hasta que mas información exista para evaluar el efecto de posibles variaciones interanuales.

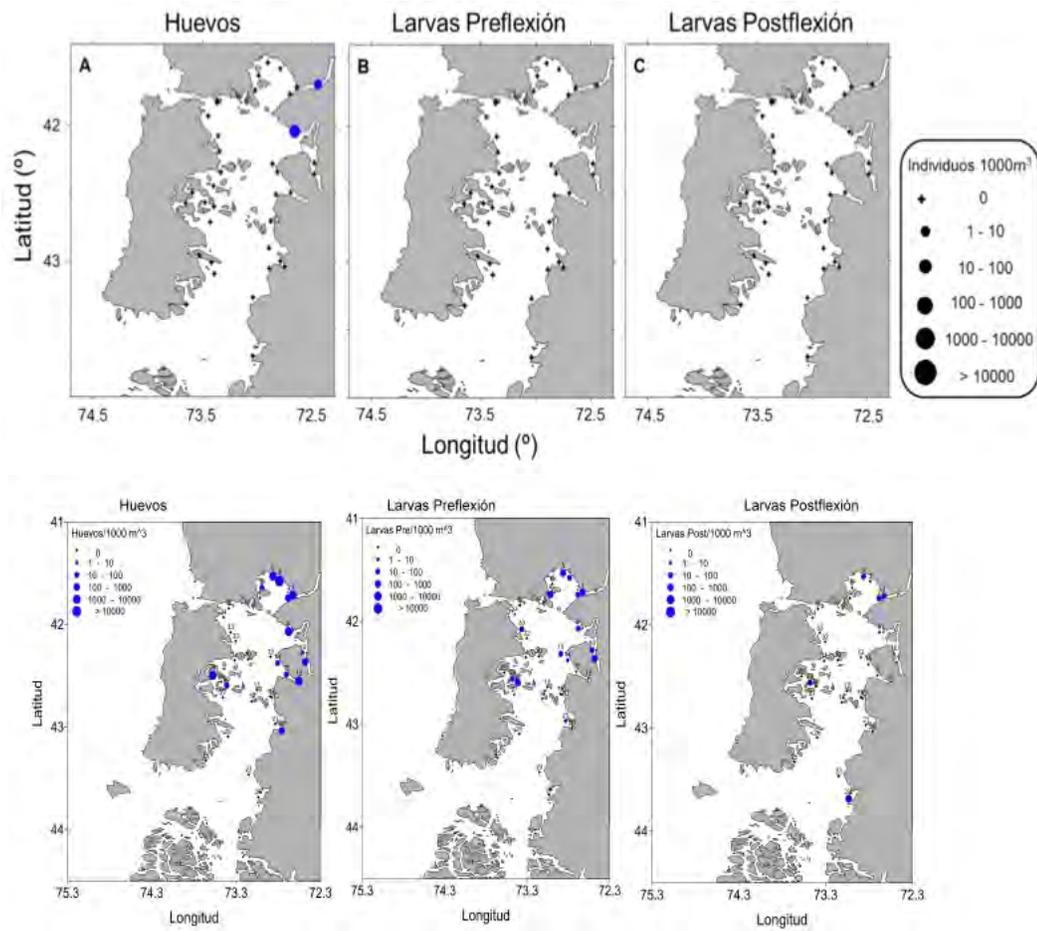


Figura 4.45: Distribución de huevos, larvas pre-flexión y post-flexión de anchoveta durante mayo-junio 2013 (panel superior) y durante Enero 2011 (panel inferior), X Región.

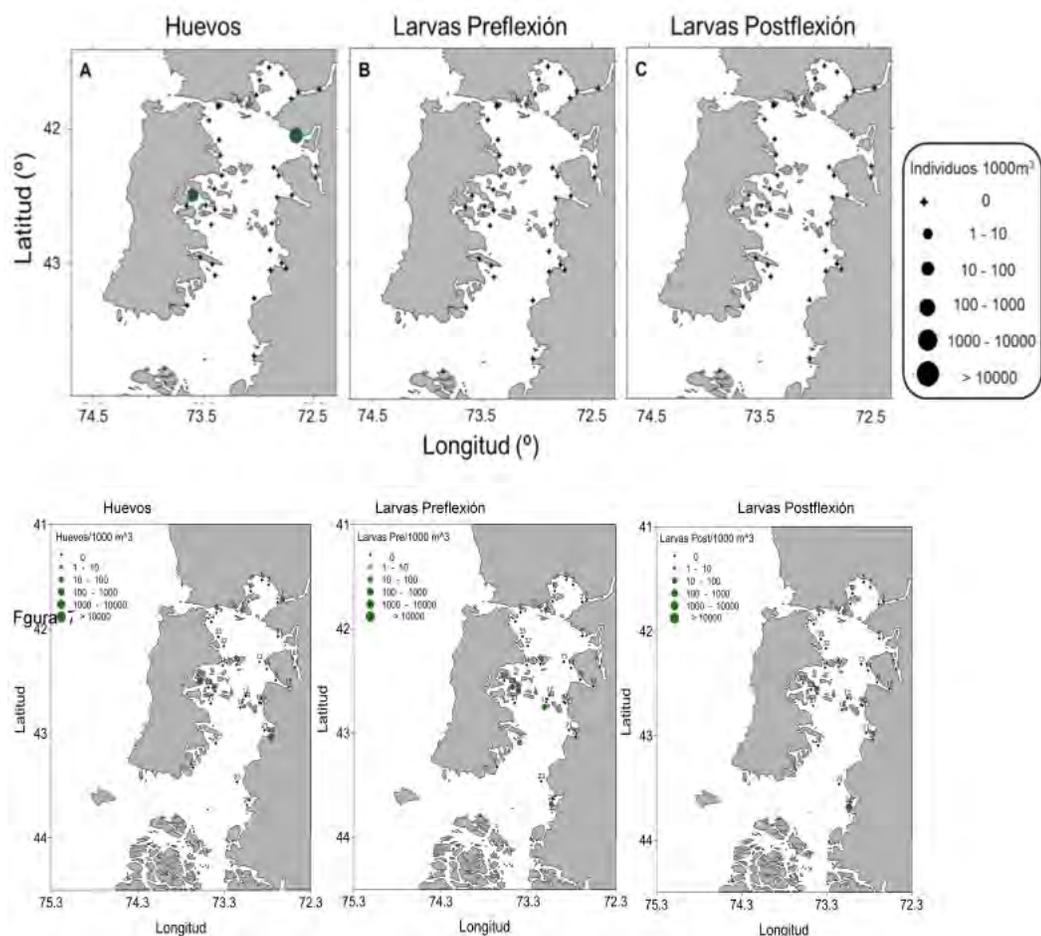


Figura 4.46: Distribución de huevos, larvas pre-flexión y post-flexión de sardina común durante mayo-junio 2013 (panel superior) y durante Enero 2011 (panel inferior), X Región.

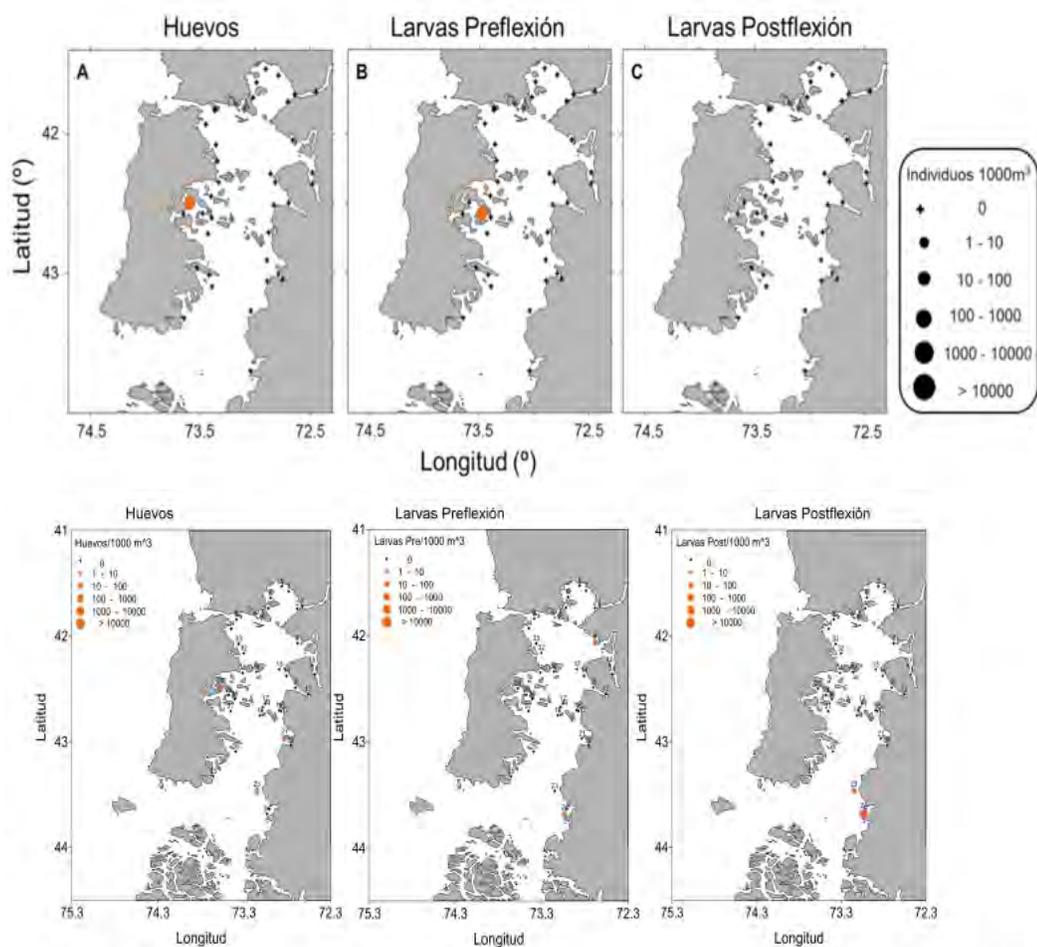


Figura 4.47: Distribución de huevos, larvas pre-flexión y post-flexión de sardina austral durante mayo-junio 2013 (panel superior) y durante Enero 2011 (panel inferior), X Región.

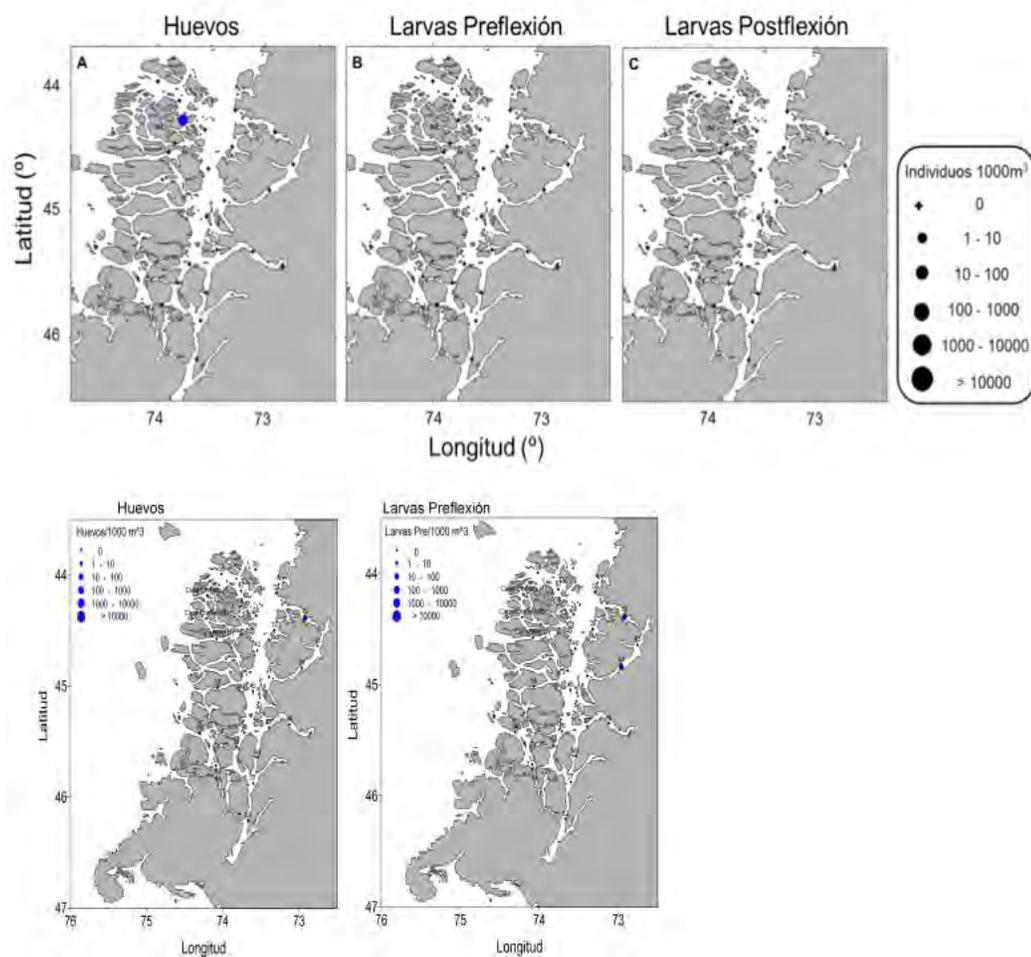


Figura 4.48: Distribución de huevos, larvas pre-flexión y post-flexión de anchoveta durante mayo-junio 2013 (panel superior) y durante Enero 2011 (panel inferior), XI Región.

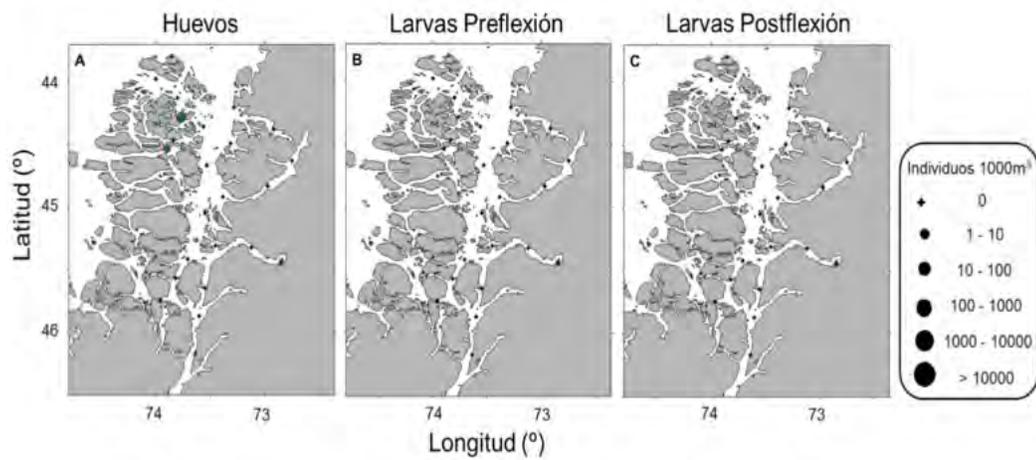


Figura 4.49: Distribución de huevos, larvas pre-flexión y post-flexión de sardina común durante mayo-junio 2013, XI Región.

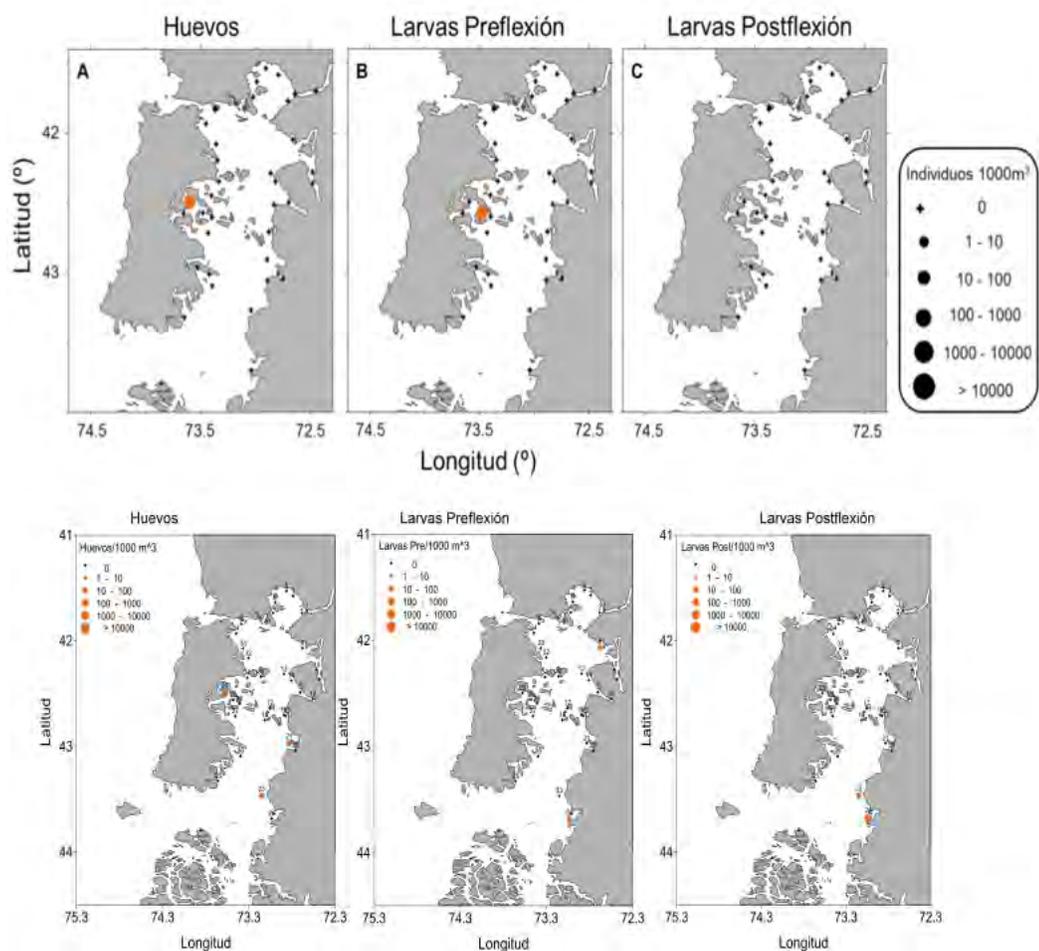


Figura 4.50: Distribución de huevos, larvas pre-flexión y post-flexión de sardina austral durante mayo-junio 2013 (panel superior) y durante Enero 2011 (panel inferior), XI Región.

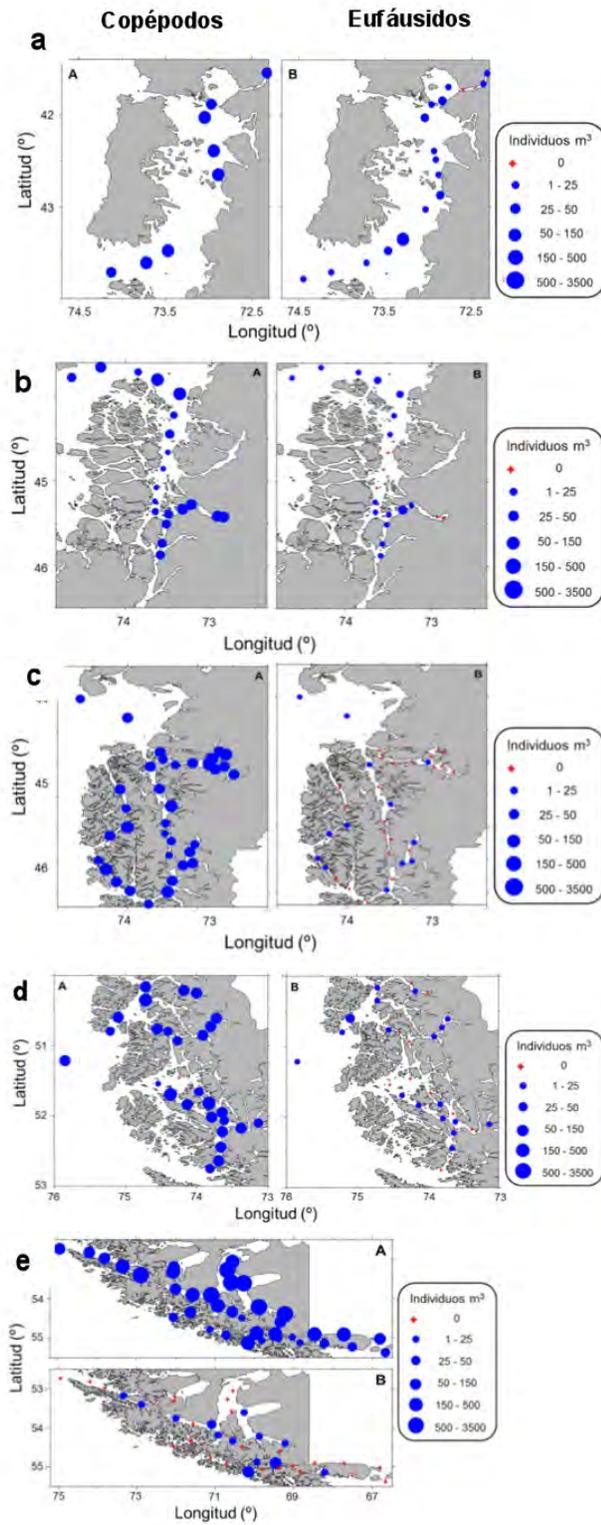


Figura 4.51: Abundancia de A) copéodos y B) eufáusidos en estrato 0-50m en noviembre a) 2006, b) 2007, c) 2008, d) 2009 y e) 2010. Cruceros CIMAR 12-16.  
*FIP 2013-11 Evaluación acústica de pelágicos pequeños*

Tabla 4.53: Número de estaciones totales por estrato y sector, estaciones con huevos de anchoveta, sardina común, sardina fueguina y clupeidos, y el porcentaje que representan las estaciones por estrato con huevos de cada especie del total de estaciones muestreadas por sector, X región.

	Anchoveta			Sardina común		Sardina Austral		Clupeidos	
ESTRATO SOMERO (25-0m)									
Sector	Est Totales	Est Positivas	%	Est Positivas	%	Est Positivas	%	Est Positivas	%
Seno Reloncaví	8	0	0	0	0	0	0	0	0
Costero Continental	14	1	7	1	7	0	0	0	0
Costero Isla Chiloé	14	0	0	0	0	1	7	1	7
ESTRATO INTERMEDIO (50-25m)									
Sector	Est Totales	Est Positivas	%	Est Positivas	%	Est Positivas	%	Est Positivas	%
Seno Reloncaví	8	0	0	0	0	0	0	0	0
Costero Continental	13	0	0	0	0	0	0	0	0
Costero Isla Chiloé	14	0	0	1	7	0	0	0	0
ESTRATO PROFUNDO (75-0m)									
Sector	Est Totales	Est Positivas	%	Est Positivas	%	Est Positivas	%	Est Positivas	%
Seno Reloncaví	8	1	13	0	0	0	0	0	0
Costero Continental	11	0	0	0	0	0	0	0	0
Costero Isla Chiloé	12	0	0	0	0	0	0	0	0
ESTRATO PROFUNDO (100-75m)									
Sector	Est Totales	Est Positivas	%	Est Positivas	%	Est Positivas	%	Est Positivas	%
Seno Reloncaví	8	0	0	0	0	0	0	0	0
Costero Continental	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Costero Isla Chiloé	10	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 4.54: Número de estaciones totales por estrato y sector, estaciones con huevos de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos, y el porcentaje que representan las estaciones por estrato con huevos de cada especie del total de estaciones muestreadas por sector, XI región.

	Anchoveta			Sardina común		Sardina Austral		Clupeidos	
ESTRATO SOMERO (25-0m)									
Sector	Est Totales	Est Positivas	%	Est Positivas	%	Est Positivas	%	Estaciones Positivas	%
Interno	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Intermedio	11	0	0	0	0	0	0	0	0
Externo	6	0	0	0	0	0	0	0	0
ESTRATO INTERMEDIO (50-25m)									
Sector	Est Totales	Est Positivas	%	Est Positivas	%	Est Positivas	%	Est Positivas	%
Interno	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Intermedio	11	0	0	0	0	0	0	0	0
Externo	6	0	0	1	17	0	0	0	0
ESTRATO PROFUNDO (75-0m)									
Sector	Est Totales	Est Positivas	%	Est Positivas	%	Est Positivas	%	Est Positivas	%
Interno	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Intermedio	9	0	0	0	0	0	0	0	0
Externo	6	1	17	0	0	0	0	0	0
ESTRATO PROFUNDO (100-75m)									
Sector	Est Totales	Est Positivas	%	Est Positivas	%	Est Positivas	%	Est Positivas	%
Interno	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Intermedio	9	0	0	0	0	0	0	0	0
Externo	4	0	0	1	25	0	0	1	25

Tabla 4.55: Presencia de huevos y larvas de anchoveta, sardina común, sardina austral y clupeidos asociados a las variables ambientales en los estratos en que estuvieron presentes.

crucero	Especie	Nº Estaciones (+)	Estado de desarrollo	Variable Ambiental					
				Temperatura (°C)			Salinidad		
				Rango	$\bar{x}$	DS	Rango	$\bar{x}$	DS
X Región	Anchoveta	2	Huevo	10.930-11.619	11.24	0.299	28.906-32.782	32.03	1.098
	Sardina común	2	Huevo	10.875-11.619	11.24	0.303	28.906-33.348	32.29	1.303
	Sardina austral	1	Huevo	10.855-10.878	10.87	0.005	33.227-33.239	33.23	0.003
	Clupeidos	1	Larva preflexión	10.929-10.937	10.93	0.003	33.290-33.303	33.30	0.004
XI Región	Anchoveta	1	Huevo	10.116-10.122	10.12	0.002	31.725-31.784	31.75	0.023
	Sardina común	2	Huevo	10.113-10.506	10.29	0.181	31.725-32.026	31.87	0.124
	Clupeidos	1	Huevo	10.401-10.408	10.406	0.002	31.974-31.987	31.98	0.004

Tabla 4.56: Abundancia promedio de copépodos por grupo de tamaño y totales por región, periodo de estudio (año/mes) y sector.

Región	Año	Mes	Sector	Grupo/talla	Abundancia (m3)			
					$\bar{x}$	DS	Mínimo	Máximo
X	2006	Julio	Fiordo Reloncaví	copépodo total	3.23	10.90	0.001	38
			Golfo Corcovado					
		noviembre	Fiordo Reloncaví	copépodo total	198.59	70.77	102	266
			Golfo Corcovado	copépodo chico	21.87	26.84	2	83
	2007	julio-agosto	Fiordo Reloncaví	copépodo grande	49.56	51.42	4	167
				copépodo total	71.43	59.27	6	177
				copépodo chico	10.19	14.27	1	52
			Costero continental	copépodo grande	28.73	38.56	1	143
		Noviembre		copépodo total	38.91	43.14	2	148
				copépodo chico	41.26	70.60	1	241
				copépodo grande	44.65	48.85	1	161
				copépodo total	85.91	112.78	1	334
	2008	julio-agosto	Golfo Corcovado	copépodo total	24.58	21.75	1	80
			Canal Moraleda					
		Noviembre	Golfo Corcovado	copépodo total	255.98	481.86	6	2137
			Canal Moraleda					
XI	2008	noviembre	Golfo Pena	copépodo total	420.20	554.77	22	3065
			canales	copépodo chico	9.86	9.43	2	22
		Junio	interno	copépodo grande	27.94	31.25	3	87
				copépodo total	37.79	38.88	6	109
	2013	Junio	intermedio	copépodo chico	2.41	2.04	1	7
				copépodo grande	7.88	6.67	1	20
		externo		copépodo total	10.28	8.45	1	27
				copépodo chico	3.70	3.68	1	9
	2009	octubre-noviembre	externo	copépodo grande	42.57	47.62	6	111
				copépodo total	46.27	50.84	7	118
octubre-noviembre		Canal Concepción						
		Seno Unión	copépodo total	343.79	370.68	2	1629	
XII	2010	octubre-noviembre	Canal O'Higgins					
			Estrecho Magallanes	copépodo total	362.57	705.00	4	3324
			Canal Beagle					

Tabla 4.57: Abundancia promedio de eufásidos totales por región, periodo de estudio (año/mes) y sector.

Región	Año	Mes	Sector	Grupo/talla	Abundancia (m3)			
					$\bar{x}$	DS	mínimo	máximo
X	2006	julio	Fiordo Reloncaví	eufásido total	0.31	0.66	0.03	2
			+ Golfo Corcovado					
	noviembre	Fiordo Reloncaví	eufásido total	29.19	56.44	1	242	
		+ Golfo Corcovado						
	2013	mayo-junio	Fiordo Reloncaví	eufásido total	71.43	59.27	6	177
			Costero continental	eufásido total	38.91	43.14	2	148
Costero Isla Chiloé			eufásido total	85.91	112.78	1	334	
XI	2007	julio-agosto	Golfo Corcovado	eufásido total	0.62	0.84	0.002	3
			+ Canal Moraleda					
	noviembre	Golfo Corcovado	eufásidos total	11.32	20.18	0.1	84	
		+ Canal Moraleda						
	2008	noviembre	Golfo Pena	eufásido total	4.04	7.39	1	40
			+ canales					
2013	junio	interno	eufásido total	37.79	38.88	6	109	
		intermedio	eufásido total	10.28	8.45	1	27	
		externo	eufásido total	46.27	50.84	7	118	
XII	2009	octubre-noviembre	Canal Concepción	eufásido total	3.88	9.10	1	50
			+ Seno Unión					
	2010	octubre-noviembre	Canal O'Higgins	eufásido total	7.64	22.49	1	128
			+ Estrecho Magallanes					
			Canal Beale					

### 4.3.10. Características hidrográficas y de circulación general

El patrón general de circulación y estructura de la columna de agua de los mares interiores ubicados en los canales australes desde Puerto Montt al sur, es de naturaleza estuarina con dos capas de agua principales y la presencia de fuertes gradientes verticales de temperatura, salinidad, oxígeno y nutrientes (Sievers y Silva 2008). La capa superficial presenta valores altos de temperatura y oxígeno disuelto y bajos valores de salinidad y nutrientes, y está principalmente asociada a los flujos de agua dulce derivados de la descarga de ríos (Davila et al., 2002) y la alta pluviosidad de la zona (Pickard, 1971). La capa profunda en cambio, se caracteriza por valores altos de salinidad y nutrientes y bajos de temperatura y oxígeno disuelto, presentando una mayor estabilidad que la capa superior (Silva et al., 1997). Los ríos en general aportan aguas con bajo contenido de fosfato y nitrato y un alto contenido de silicatos. Por otro lado, la presencia de importantes accidentes topográficos en la zona impiden la entrada libre de aguas desde la zona oceánica adyacente y aumentarían el tiempo de residencia de las aguas más profundas.

La distribución general de masas de agua en la zona oceánica adyacente a los canales australes se caracteriza por la presencia de las siguientes masas de agua: i) Agua Superficial Antártica (ASAA, ~0-150 m), ii) Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS, ~150-300 m), y iii) Agua Intermedia Antártica (AIAA, >300 m) (Silva et al. 1998a). Las ASAA y AESS penetran al sistema de aguas interiores alcanzando la capa superficial la primera y la capa profunda la segunda, sin embargo, la influencia de esta última en los mares interiores está determinada por las características topográficas de los canales (Silva et al., 1998a). Por otro lado, a medida que la capa superficial de ASAA avanza hacia los canales se va mezclando con el agua dulce proveniente del continente, lo cual conduce a la formación de un frente salino como el observado en la zona próxima al golfo de Corcovado. Adicionalmente, de la mezcla de agua dulce y ASAA resultan aguas con distintas categorías de salinidad las cuales fueron definidas de acuerdo a su porcentaje de mezcla en tres tipos: Estuarina-salada, Estuarina-salobre y Estuarina-dulce (Silva et al., 1998a), y conforman la llamada Agua Subantártica Modificada (ASAAM, Silva et al., 1995). Estos mismos autores tomando en consideración, la distribución de las aguas observadas en los canales interiores propusieron un modelo esquemático de circulación (**Figura 4.52**) para aguas superficiales (~0-30 m), intermedias (~0-150 m) y profundas (~150 m-fondo), el cual muestra un flujo neto superficial hacia la boca estuarina y uno profundo hacia la cabeza. Este modelo general de circulación de tres capas (Silva et al. 1998a), indica el flujo de aguas superficiales, de características estuarinas, hacia fuera de los canales y golfos. En la capa intermedia, el ASAA fluye hacia el interior del golfo de Corcovado donde se bifurcaría hacia el norte bajo la capa de circulación estuarina proveniente del seno de Reloncaví. En el paso Desertores-Apiao, la porción más superficial de esta capa intermedia (<100 m), pasa al golfo de Ancud, hundiéndose para llenar la cuenca del golfo de Ancud-seno de Reloncaví. Finalmente, el nivel más profundo (>150 m) con aguas de origen ecuatorial subsuperficial penetraría la zona sur del golfo de Corcovado hacia el norte y hacia el sur por el canal de Moraleda. Adicionalmente, las mareas con fuertes cambios

diarios (> 5m en Puerto Montt y Castro), sería un importante forzante de la circulación a través de las corrientes de llenante y vaciante, produciendo un movimiento hacia dentro y fuera de los canales y golfos (Silva et al., 1998a), impactando la distribución de componentes orgánicos e inorgánicos de la columna de agua a través de las diferentes cuencas. El viento por su parte, facilita la mezcla vertical en el interior de los canales, y en la zona oceánica adyacente los vientos del sur y suroeste, permiten el ascenso de AESS a través de la surgencia, la cual penetra a los canales interiores a través de las zonas de acceso, tal como la Boca del Guafo, uno de los principales puntos de entrada de aguas oceánicas en la Patagonia norte.

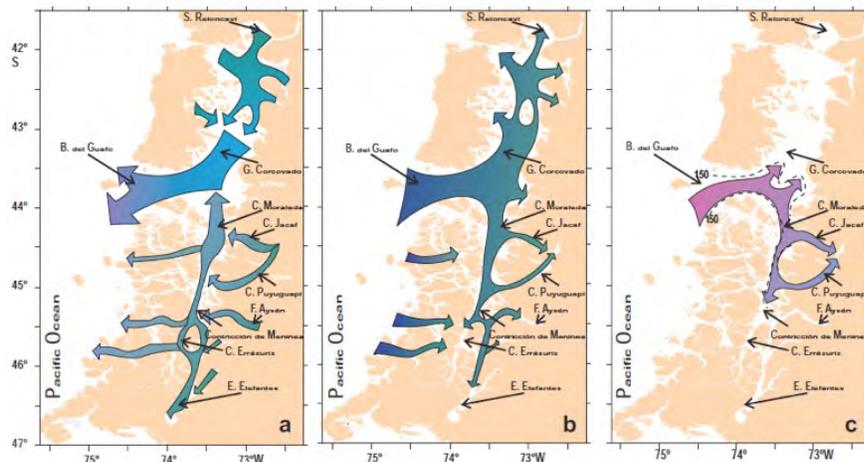


Figura 4.52: Modelo de circulación de tres capas propuesto por Silva et al. (1998), a = 0-30 m, b = 30-150 m, c 0 >150 m).

Hacia el norte y hacia el sur de la Boca del Guafo, la presencia de constricciones limita la circulación libre de aguas oceánicas y las ASAA que logran pasar las constricciones, por su mayor densidad, ocupan la parte profunda de las cuencas permitiendo la ventilación de estas zonas. Una de estas constricciones, paso Desertores-Apiao (<100 m, ~42°45' S), se encuentra ubicada entre los golfos de Ancud y Corcovado. Es así como, por sobre los 150 m AESS provenientes del talud continental adyacente quedan retenidas a la altura del extremo sur del golfo de Corcovado, producto de las bajas profundidades que se presentan en la parte central y norte de este golfo (Silva et al., 1998a). Una característica relevante en esta zona es la presencia de un frente salino a la altura del grupo de islas Desertores-Apiao, que separa la zona comprendida entre el seno de Reloncaví-golfo de Ancud (con un alto gradiente vertical y horizontal de salinidad) del golfo de Corcovado que presentaría una capa cuasi homoalina (Silva et al., 1998a).

#### 4.3.10.1. Hidrografía y circulación en el estuario y seno de Reloncaví y mar interior de Chiloé

El seno de Reloncaví está ubicado en la parte norte de la región de canales y fiordos del sur de Chile ( $41^{\circ}22'$ - $41^{\circ}45'S$  y  $72^{\circ}18'$ - $72^{\circ}40'W$ ), el fiordo de Reloncaví presenta una extensión aproximada de 55 km. Cerca de la cabeza el fiordo es alimentado de agua dulce por los ríos Petrohué (caudal medio anual  $280\text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ; Niemeyer y Cereceda 1984), Puelo (caudal medio anual  $640\text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ; León 2005) y Cochamo ( $20\text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ), y por la descarga de agua dulce proveniente de la central hidroeléctrica de Canutillar ( $75.5\text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ). El estuario de Reloncaví descarga sus aguas al Seno del mismo nombre, el cual se concentra con el Golfo de Ancud en el mar interior de Chiloé. La sección transversal del fiordo varía su extensión entre 3.1 – 1.6 km. En el estuario de Reloncaví el patrón de circulación se caracteriza por presentar una corriente superficial más intensa hacia la boca ( $> 10\text{cms}^{-1}$ ) que alcanza aproximadamente los 8 m de profundidad. En aguas subsuperficiales hasta aproximadamente los 20 m se observa una corriente compensatoria hacia la cabeza del fiordo con valores de velocidad bajo los  $10\text{ cms}^{-1}$  (Cifuentes 2012). La estructura hidrográfica de la columna de agua muestra una marcada estratificación producto de la descarga de agua dulce, y muestra variaciones estacionales en la temperatura. Así, valores de temperatura más altos en la capa superficial que en la profunda son observados durante el verano, mientras que en invierno se observan una inversión térmica con valores más bajos de temperatura en la capa superficial (FIP 2007-21). A pesar de la estratificación observada los gradientes verticales de velocidad horizontal asegurarían la mezcla vertical y el transporte de componentes entre ambas capas.

Finalmente, se ha determinado por medio de un análisis de corrientes efectuado mediante el uso de ADCP remolcado en el Paso Nao que existe una alta variabilidad del flujo vertical, con cambio de patrón de corrientes en un período de horas, encontrándose al este del paso una pluma superficial muy somera de agua dulce de gran rapidez ( $< 20\text{cms}^{-1}$ ), corroboradas por las distribuciones verticales de temperatura y salinidad. Además se determinó la presencia de fluctuaciones diurnas y especialmente intensas las semidiurnas, resultados concluyentes que permiten aseverar que el Seno de Reloncaví posee una alta variabilidad y que los períodos de circulación cambian en períodos de horas (Soto et al. 2009).

#### 4.3.10.2. Productividad biológica y flujos de carbono en estuario y seno de Reloncaví y mar interior de Chiloé

El ciclo productivo en la zona de fiordos del sur de Chile parece responder fuertemente a las condiciones de luminosidad presentes en la zona (Pantoja et al. 2010), la cual gatillaría la producción fitoplanctónica de finales del invierno hacia delante (Iriarte y González 2008). Este ciclo se caracterizaría por la predominancia de pequeños flagelados durante invierno (Czypionka et al. 2011), un marcado incremento de diatomeas en primavera y un aumento en la abundancia de dinoflagelados tecados en verano (Iriarte y González 2008). Las tasas más altas de

producción primaria han sido observadas principalmente a comienzos de primavera, en áreas tales como el mar interior de Chiloé la biomasa de fitoplancton permanece relativamente alta durante el verano y comienzos de otoño (Iriarte et al. 2007). Durante este periodo, la productividad primaria puede hacerse limitada por nutrientes (Pizarro et al 2000, Iriarte et al. 2007) y por lo tanto los procesos hidrodinámicos de mezcla pueden ser clave para el suministro de nutrientes a las aguas superficiales. En este contexto Montero et al. (2011) sugieren que tanto la hidrografía así como la productividad en estos fiordos puede estar respondiendo a otros factores tales como cambios en la dirección e intensidad de vientos. Estos autores sugieren que los cambios estacionales en estas variables junto con un mejoramiento en las condiciones de luz pueden determinar el momento para la ocurrencia del bloom de fitoplancton y de esta manera modular los ciclos productivos en la zona del fiordo de Reloncaví. En términos de actividad heterotrófica, la comunidad procarionte parece ser responsable del procesamiento de una importante fracción de la materia orgánica producida por fotosíntesis durante primavera y verano, durante invierno en cambio se sugiere la entrada de materia orgánica alóctona sustentando la actividad heterotrófica (Montero et al. 2011).

Con respecto a la limitación de la productividad primaria por nutrientes, Iriarte et al. (2012) estudiaron la respuesta de la comunidad microplancónica ante el suministro de nitrato en el fiordo de Comau. Los resultados obtenidos por estos autores indican que el nitrato adicionado es rápidamente removido estimulando el incremento de clorofila-a y nitrógeno y carbono orgánico particulado. Adicionalmente, estos autores observaron cambios en la estructura de la comunidad fitoplanctónica. Esto cambios evidencian la sensibilidad de la comunidad microplancónica que habita estos ecosistemas a alteraciones en las condiciones de nutrientes debido a perturbaciones de tipo natural y/o aquellas derivadas de la actividad humanas (e.g. acuicultura, agricultura, etc.) (Iriarte et al. 2012).

El estudio de comunidades planctónicas en el área de estudio arrojó como resultado final para el caso del fitoplancton la presencia de 19 taxas, agrupados en 3 clases Bacillariophyceae, Dinophyceae y Xanthophyceae, siendo el primero el más representativo.

El análisis de similitud entre periodos y estaciones de muestreo, no presentan diferencias, generando un gran conglomerado representados por la dominancia de diatomeas (Bacillariophyceae), con asociaciones mínimas entre las estaciones más contiguas, que no denota una diferencia latitudinal en la composición taxonómica al interior del área de estudio.

Como conclusión global para el fitoplancton expresado como producción primaria (oferta de alimento) asociada geográficamente al área de estudio, denota abundancias regulares de diatomeas propias del periodo, no registrando grandes dominancias de dinoflagelados u otras clases taxonómicas que pudieran ser nocivas.

En el caso del zooplancton, independiente del período de muestreo o la zona geográfica, la clase principal ha sido la Crustacea, siendo la taxa más relevante el grupo de los copépodos. Se apreció una notoria diferencia entre

el sector de Sotomó con el resto de los sectores evaluados, siendo estos últimos similares en la composición de especies y abundancias detectadas, siendo superiores a lo encontrado en el área de Sotomó. Finalmente, en ambos muestreos para todas las estaciones no se encontró rastros de ningún estadio larval de mitílidos.

Con respecto al estudio de corrientes efectuado, cabe destacar que principalmente en la zona de Sotomó se encuentran las mayores magnitudes de flujos superficiales, alcanzando valores de entre  $0,3$  y  $1,5 \text{ ms}^{-1}$ , siendo los flujos de la columna del tipo baroclínico para todas las áreas estudiadas.

### 4.3.11. Correntometría

#### 4.3.11.1. Distribución vertical de velocidad

En función del análisis preliminar de la información obtenida del anclaje sur Calbuco se grafican las componente zonales y meridionales de la velocidad para el periodo de invierno 2013 (**Figura 4.53**). La componente de velocidad zonal muestra una predominancia casi en toda la columna de un comportamiento barotrópico, con algunas perturbaciones en superficie. Similar comportamiento se observa en la componente de la velocidad meridional. Para el periodo de junio, la componente zonal muestra las mayores intensidades hacia este, en cambio a fines de julio este proceso se invierte.

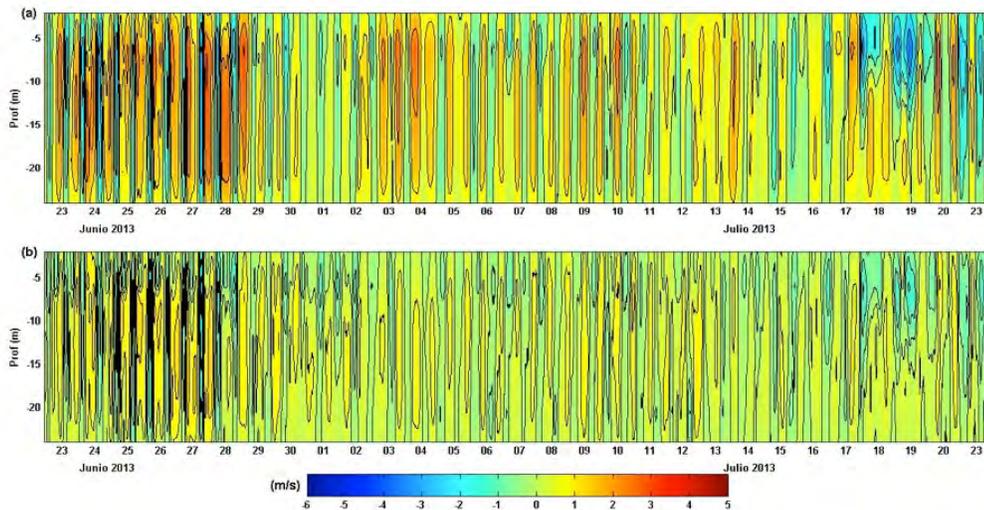


Figura 4.53: Componentes zonales y meridionales de la velocidad en el anclaje sur Calbuco en la profundidad de 0 a 24 m.

### 4.3.11.2. Diagramas de dispersión y de trazos

Se observa en los diagramas de dispersión de las componente U y V una dirección preferencial de  $\sim 12^\circ$  coherente con la forma de la línea de la costa (**Figura 4.54**). El diagrama de trazo muestra las amplitudes de las componente de velocidad en el fondo (24 m), las cuales fluctúan entre  $\pm 1\text{ms}^{-1}$ , aunque a principios de los registros (23 hasta el 30 de junio) alcanza una máxima de  $1,5\text{ms}^{-1}$ . Esta tendencia se mantiene en los niveles superiores (hasta los 7 m de profundidad) .

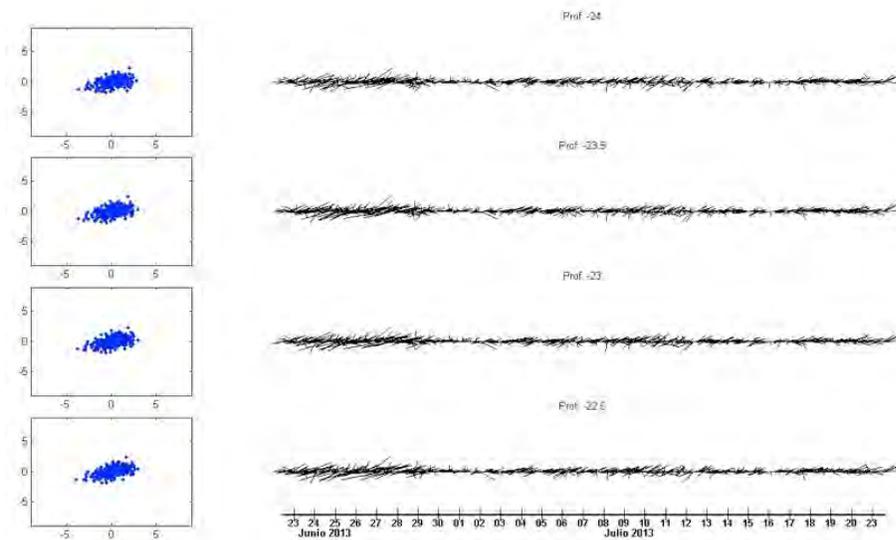


Figura 4.54: Diagrama de dispersión de las componentes U(E-W) y V(N-S) de la velocidad para el anclaje Sur Calbuco y los diagramas de trazos en las capas de fondo (22.5 hasta 24 m).

En los niveles superficiales (**Figura 4.55**) se mantiene la tendencia observada en los diagramas de dispersión de fondo (**Figura 4.54**). En la superficie los diagramas de trazos se observa un notable aumento de las velocidades con respecto al fondo, predominando las mayores amplitudes a inicio del registro.

### 4.3.11.3. Distribución vertical de velocidad media

La **Figura 4.56**, muestra la distribución media de las velocidades zonales (U) y meridionales (V) considerando todo el registro (color azul). La media vertical zonal (U), muestra un flujo predominantemente barotrópico desde los 4 m hasta el fondo, sin embargo, se invierte el flujo en superficie debido posiblemente a la influencia de vientos locales. Las **Figuras 4.53, 4.54, y 4.55** muestran un mayor flujo durante el periodo de junio 2013, esta diferencia,

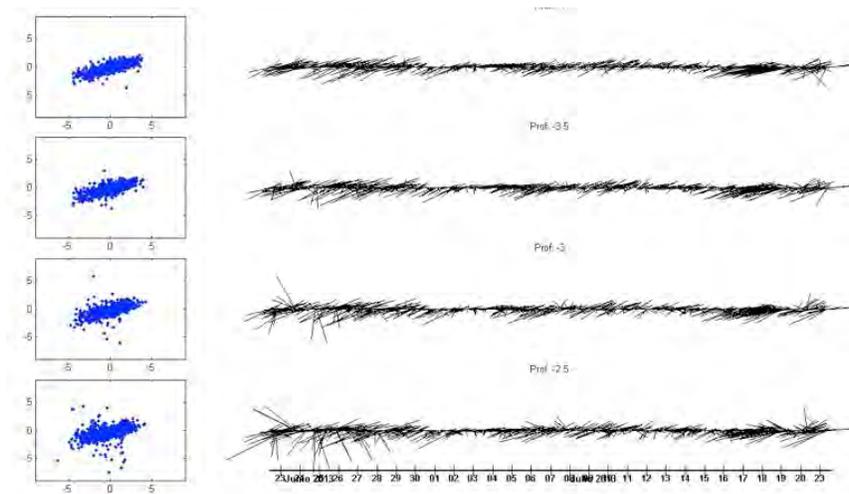


Figura 4.55: Diagrama de dispersión de las componentes U(E-W) y V(N-S) de la velocidad para el anclaje Sur Calbuco y los diagramas de trazos en las capas de fondo (2.5 hasta 4 m).

se observa en la media de junio (contorno rojo). Similar comportamiento se observa en la componente meridional vertical media (V).

#### 4.3.11.4. Histogramas de frecuencias de la dirección y magnitud de las velocidades

En la barra de magnitudes de las rapideces (**Figura 4.57**) en la profundidad máxima (23.5 y 22.5 m) muestra claramente que estas se concentran en un rango de intensidad (0.3 y 0.15  $ms^{-1}$ ). Además, las direcciones se orientan en todas las direcciones, aunque las mayores frecuencias se orientan hacia el N y SW.

En la capa superficial (2.5 y 3.5 m) se observa que la barra de magnitudes de las rapideces (**Figura 4.58**) se concentran en un rango de intensidad (0.3 y 0.15  $ms^{-1}$ ). Además, las direcciones se orientan en todas las direcciones, aunque las mayores frecuencias se orientan hacia el N y SW.

#### 4.3.11.5. Distribuciones verticales de velocidades residuales

La **Figura 4.59** muestra las direcciones preferenciales de la corriente residual zonal y meridional. Las velocidades residuales zonales muestran una dirección preferencial hacia el este asociado posiblemente a efectos topográficos y la cercanía con el océano Pacífico, además, se observan flujos hacia el oeste asociado posible a los fuertes vientos en la zona. Similar proceso se observa en los flujos residuales meridionales.

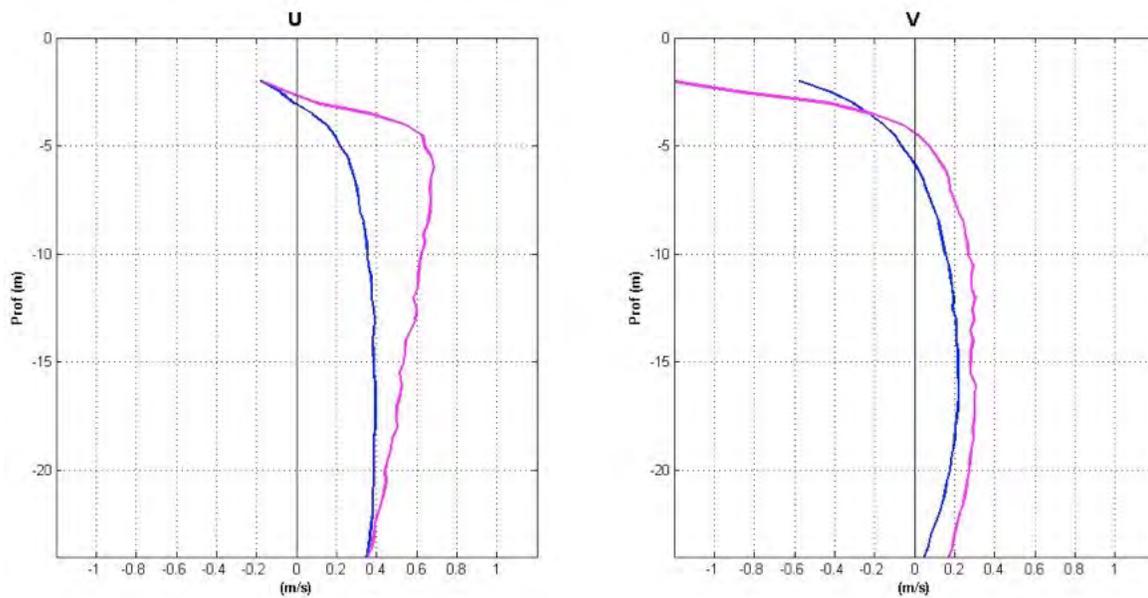


Figura 4.56: Distribución vertical de velocidades medias de la componente zonal y meridional (color azul). Y la distribución vertical media de velocidades medias de la componente zonal y meridional para el periodo de Junio 2013 (color rojo).

La **Figura 4.60** muestra los vectores progresivos integrados de (a) fondo, (b) subsuperficial y (c) superficial. El desplazamiento medio de las partículas de aguas entre la capa de fondo y subsuperficial, es aproximadamente de 900 km durante un mes aproximadamente, además, el desplazamiento hacia el NE es coherente a lo mostrados por los diagramas de dispersión (**Figura 4.55**) y los histogramas (**Figura 4.57**). En cambio, en superficie el desplazamiento es mayor, debido a las velocidades superficiales son mucho mayores (ver **Figura 4.56**) y con una tendencia ha advectarse hacia SE.

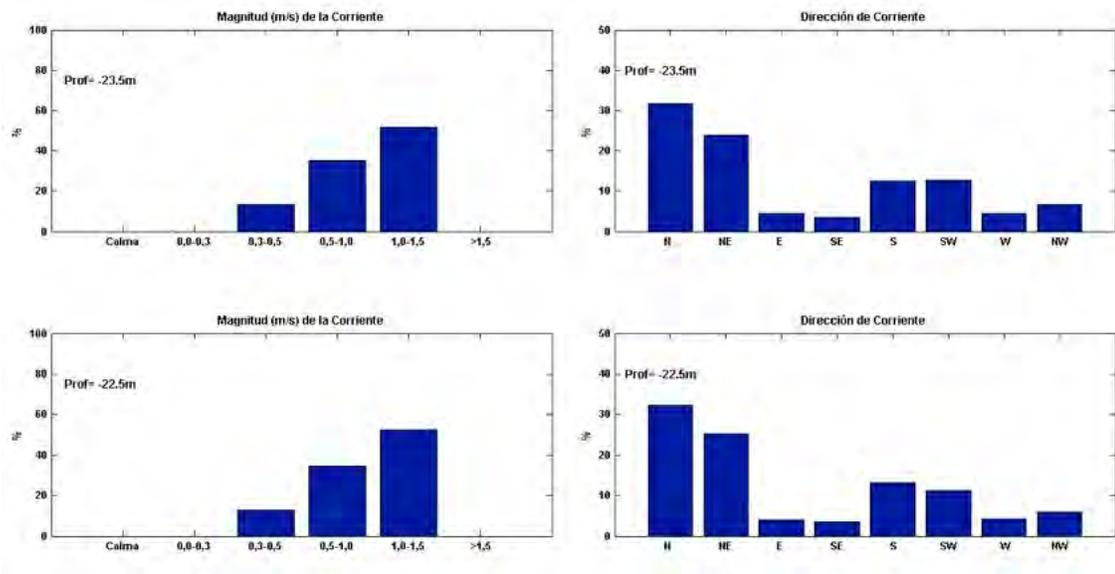


Figura 4.57: Histogramas de frecuencias de la presencia de la dirección y magnitud de la corriente de fondo (23.5 y 22.5 m) para Junio y Julio 2013.

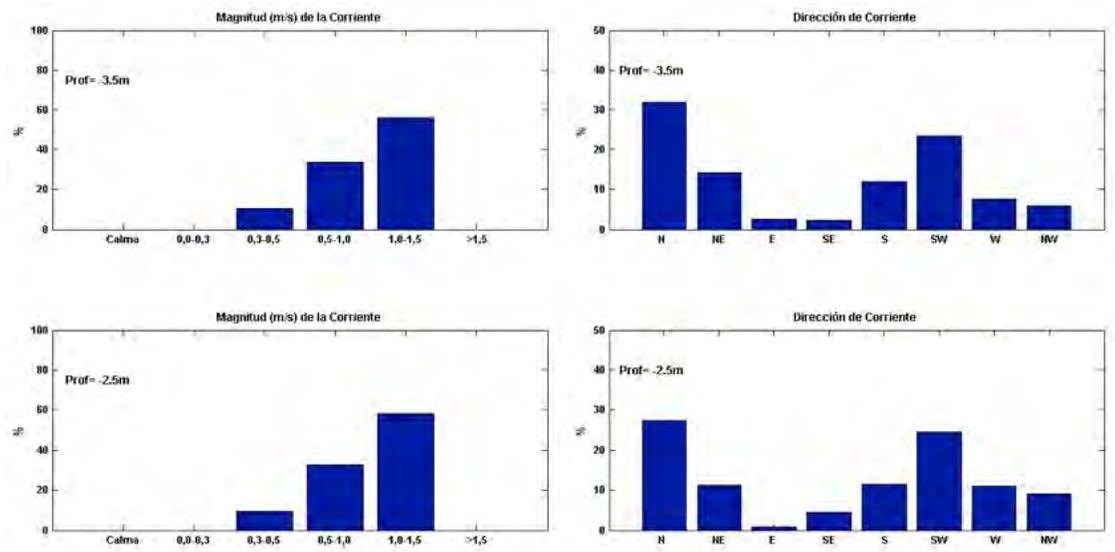


Figura 4.58: Histogramas de frecuencias de la presencia de la dirección y magnitud de la corriente de superficie (3.5 y 2.5 m) para Junio y Julio 2013.

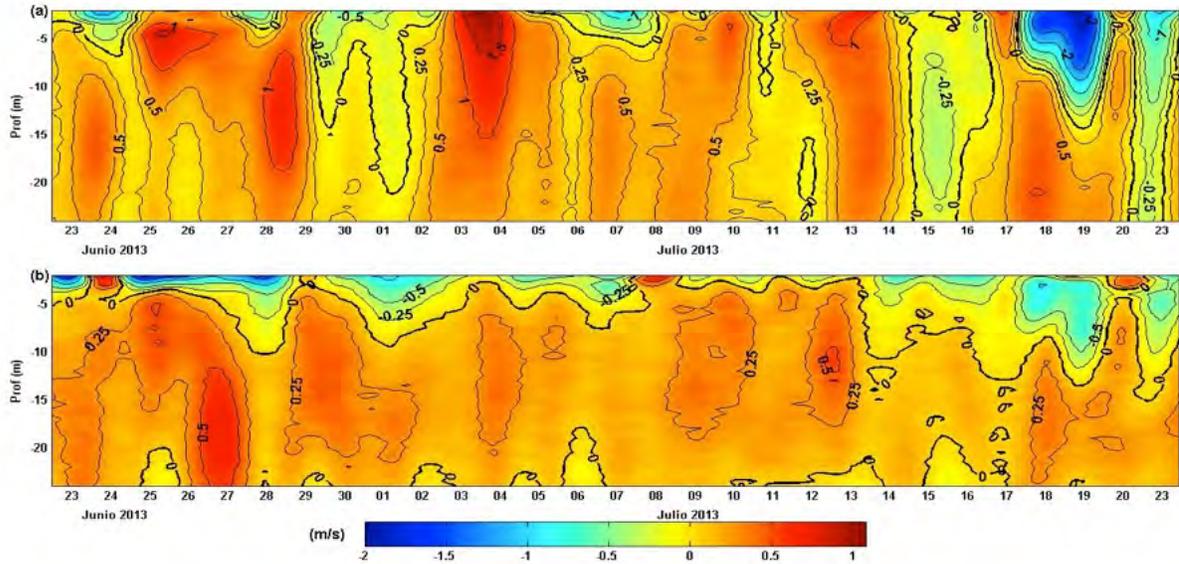


Figura 4.59: Distribución vertical de velocidades residuales E-O y N-S para Junio y Julio 2013.

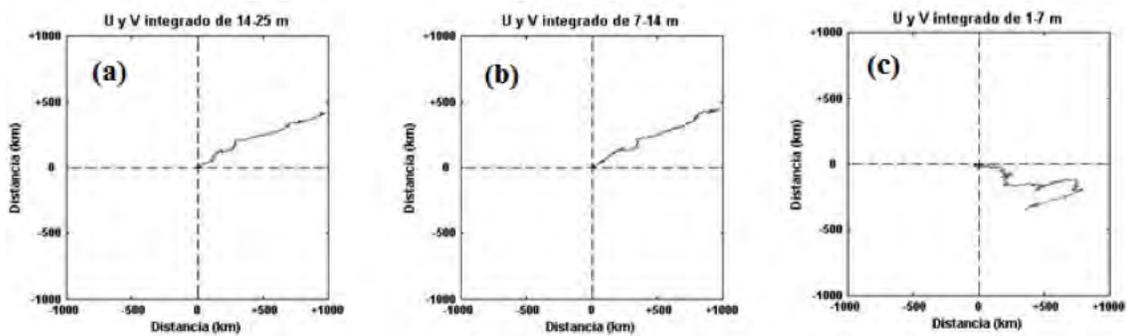


Figura 4.60: Vectores progresivos integrados de Fondo (14 a 25 m), subsuperficial (7 a 14 m) y superficial (1 a 7 m) para Junio y Julio 2013.

### 4.3.12. Imágenes satelitales

Imágenes satelitales de resolución diaria de temperatura satelital del mar (TSM, **Figuras 4.61 y 4.63**) y clorofila (CHL, **Figuras 4.64 y 4.66**) desde el 01 de mayo de 2013 y hasta el 31 de Julio de 2013 fueron procesadas y georreferenciadas, generando imágenes de TSM y de CHL en unidades de grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ) y miligramos en metros cúbicos ( $\text{mgm}^{-3}$ ), respectivamente. Para generar una mejor caracterización de los procesos involucrados en la TSM y la CHL, se obtuvo promedios semanales a partir de las imágenes diarias de ambas variables. Adicionalmente, imágenes de TSM y CHL y viento mensuales fueron procesadas desde enero de 2003 hasta el diciembre 2013 con el fin de lograr generar un análisis histórico de estas variables. Para ello, se generaron series temporales construidas en tres sectores asociados al área de estudio: norte ( $73.82^{\circ}\text{W}$ - $72.42^{\circ}\text{W}$ ;  $42.69^{\circ}\text{S}$ - $41.47^{\circ}\text{S}$ ), centro ( $74.57^{\circ}\text{W}$ - $72.66^{\circ}\text{W}$ ;  $43.89^{\circ}\text{S}$ - $42.70^{\circ}\text{S}$ ) y sur ( $74.57^{\circ}\text{W}$ - $73.06^{\circ}\text{W}$ ;  $46.22^{\circ}\text{S}$ - $43.90^{\circ}\text{S}$ ). Las series fueron analizadas por medio de sus anomalías, las que fueron calculadas extrayéndoles el ciclo anual a cada serie (TSM, CHL y viento) por medio del método de mínimos cuadrados. Con el fin de analizar los cambios de tendencias de las series, se calculó la frecuencia acumulada de las series de las anomalías de TSM, CHL y viento.

#### 4.3.12.1. Temperatura superficial del mar

Las imágenes satelitales de temperatura superficial del mar promediadas semanalmente (**Figuras 4.61 y 4.63**), muestran la evolución de la temperatura desde comienzos de mayo desde valores alrededor y bajo los  $13^{\circ}\text{C}$  hasta valores levemente no superiores a  $12^{\circ}\text{C}$  hacia finales de julio de 2013 en la zona de aguas interiores.

En la **Figura 4.61**, durante el mes de mayo de 2013, se observa que en las aguas interiores se produce un descenso paulatino de la temperatura, comenzando durante la primera semana con temperaturas que bordean los  $12,5\text{-}13^{\circ}\text{C}$ , descendiendo para la segunda semana a valores cercanos a los  $12^{\circ}\text{C}$ , para durante la tercera semana encontrar una alta cobertura nubosa en gran parte del área, por lo que solo se puede apreciar la TSM en las aguas interiores frente a Chiloé, alcanzando temperaturas en torno a los  $11^{\circ}\text{C}$  y finalmente para fines de Mayo se mantiene la temperatura en el mismo rango. En el mar interior de Chiloé, se aprecia claramente como las aguas más frías comienzan su ingreso a medida que transcurre el mes, encontrando en el sector del golfo del Corcovado TSM del orden de los  $13^{\circ}\text{C}$  a principios de Mayo y a finales del mes la TSM promedio era del orden de  $11^{\circ}\text{C}$ .

En las **Figuras 4.62 y 4.63**, correspondiente a la TSM de los promedios semanales del mes de Junio y Julio, se aprecia claramente el descenso de la temperatura promedio para los meses mencionados, alcanzando valores inferiores a los  $10^{\circ}\text{C}$ .

En la zona del mar interior de Chiloé, también es claro el descenso de TSM, encontrándose en la zona sur de la isla temperaturas del orden de los  $10^{\circ}\text{C}$  y en la zona norte bordeando los  $11^{\circ}\text{C}$  a fines de Julio.

#### 4.3.12.2. Clorofila (CHL)

Las imágenes de clorofila promediadas semanalmente (**Figuras 4.64 y 4.66**) muestran alta cobertura nubosa para los tres meses de estudio, dejando solo en evidencia valores en torno a los  $10 \text{ mgm}^{-3}$  (para las semanas en que se pueden apreciar datos).

Sin embargo, en términos generales, para el periodo de estudio se aprecia que en las aguas interiores los valores en la concentración de clorofila son comparativamente más altos que en las aguas oceánicas, esto es, valores promedios en torno a los  $7 \text{ mgm}^{-3}$  en aguas interiores mientras en aguas oceánicas los valores no superan los  $5 \text{ mgm}^{-3}$ .

#### 4.3.12.3. Análisis histórico satelital

La ATSM muestra una estacionalidad bien definida. Las mayores ATSM, se observan en el sector norte del área de estudio, donde alcanza valores  $-2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  el año 2003 y sobre  $2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  a fines del año 2008. El patrón de las ATSM observado en el sector norte del área de estudio es el mismo observado hacia el sur. Las diferencias observadas entre el sector norte y sur, radican en la magnitud de las anomalías, las cuales disminuyen hacia el sector sur (**Figura 4.67**). Además por otro lado, en las tres series se observa un máximo positivo muy marcado el año 2008, no coincidiendo con las condiciones más bien frías que han sido registradas por el Índice Oceánico El Niño, durante el año 2008 (<http://ggweather.com/enso/oni.htm>).

La **Figura 4.68** muestra las anomalías acumuladas de la TSM. Estas anomalías acumuladas son capaces de reproducir los cambios que se observa a través de índice climático, como el Índice Oceánico El Niño (ION). En términos generales entre los años 2002-2006, el ION fue mayormente positivos, mostrando condiciones más cálidas. Entre el año 2007-2013, las condiciones en promedio han sido más frías, como se observa en la figura del ION (<http://ggweather.com/enso/oni.htm>). Estos patrones de condiciones cálidas y frías, se ven reflejados en las tres series de anomalías de temperatura superficial del mar acumulada (**Figura 4.68**).

Por otro lado los datos de anomalía de clorofila, presenta una gran variabilidad. La variabilidad de las anomalías de clorofila, del sector norte del área de estudio, es mayor y además presenta un patrón diferente en comparación con el sector centro y sur (**Figura 4.69**), lo cual también se observa en las anomalías acumuladas (**Figura 4.70**).

Las tendencias observadas en las anomalías de clorofila acumulada, no son coincidentes con los patrones mostrados por la anomalía acumulada de la temperatura superficial del mar. La variabilidad de la concentración de clorofila, está sujeta a cambios remotos así como también a cambios en las condiciones locales, las que juegan un importante rol en la variabilidad. Factores como la variabilidad de los vientos del suroeste, durante primavera-verano, provocan una advección de nutrientes desde las zonas oceánicas, hacia las capas eufóticas de las aguas

interiores, generando un aumento en la biomasa fitoplanctónica y la producción primaria, sobre  $4 \text{ gCm}^{-2}\text{d}^{-1}$  (Iriarte et al., 2007). Otro factor, de variabilidad local es la disponibilidad de la luz en la zona eufótica (Iriarte et al. 2007, Tello y Rodríguez-Benito 2009), así como también el escurrimiento de los ríos.

La variabilidad de la anomalía de clorofila acumulada, presentó un patrón en la zona norte y otro diferente en la zona centro-sur. La variabilidad de la zona centro sur, puede estar siendo más influenciada por las condiciones oceanográficas de la corriente circumpolar antártica y por la deriva del oeste, las cuales están impactando aproximadamente a los  $43^{\circ}\text{S}$ .

En la **Figura 4.71** se observa la componente u y v del viento en los tres sectores. La variabilidad de las componentes u y v del viento son muy similares. Se observa una variabilidad estacional, con el máximo de intensidad en invierno, con dirección sur.

La anomalía acumulada de las componentes u y v del viento (**Figura 4.72**), muestran un cambio de tendencia marcado, en el año 2008. Esto es coincidente con el cambio, observado en la temperatura, el cual se puede asociar, al cambio observado en el índice climático ION, pasando desde un periodo cálido a uno frío (<http://ggweather.com/enso/oni.htm>).

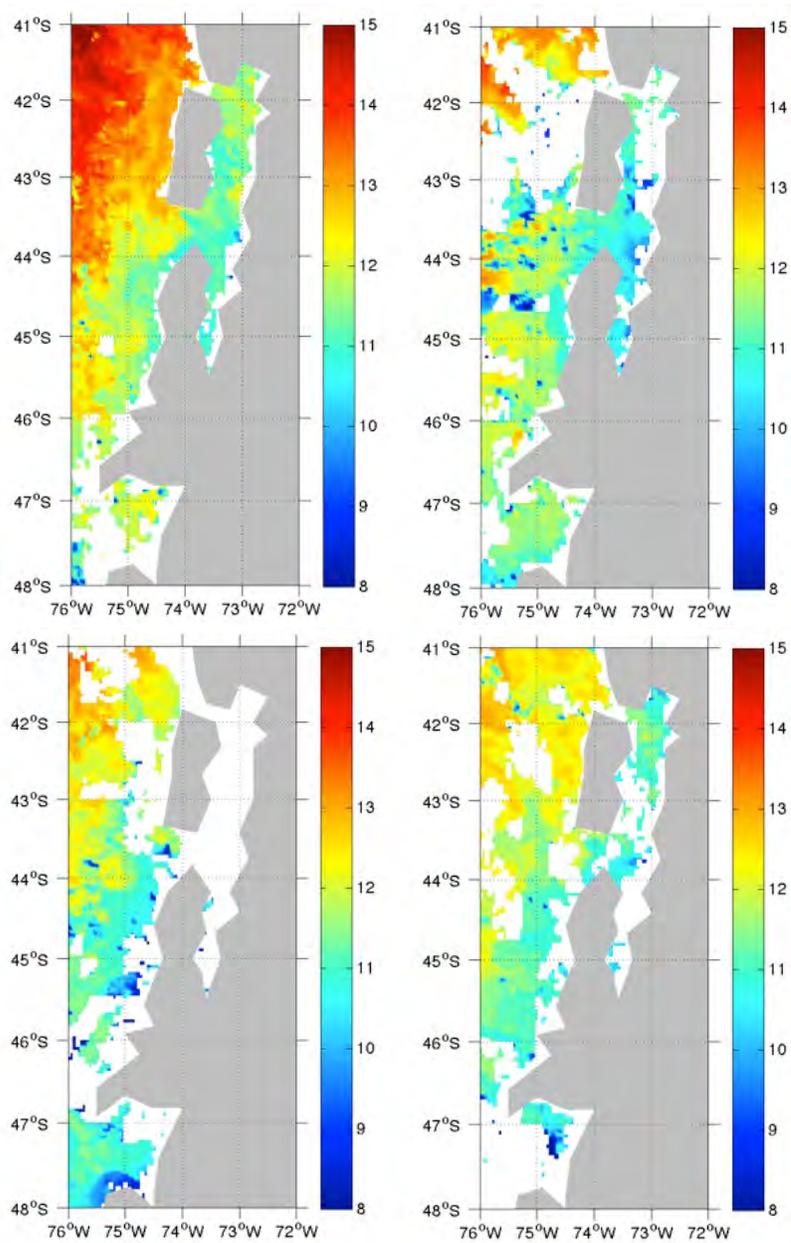


Figura 4.61: Imágenes satelitales semanales de temperatura superficial del mar para Mayo 2013.

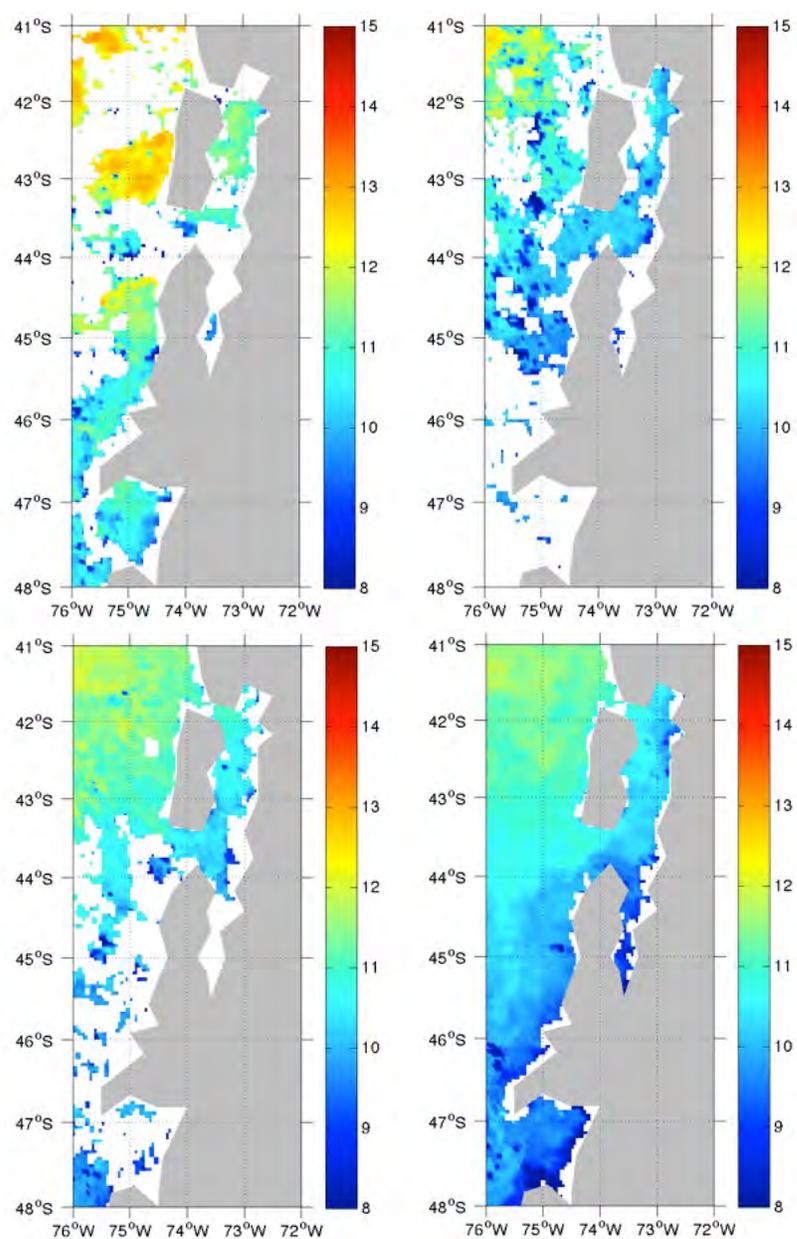


Figura 4.62: Imágenes satelitales semanales de temperatura superficial del mar para Mayo 2013.

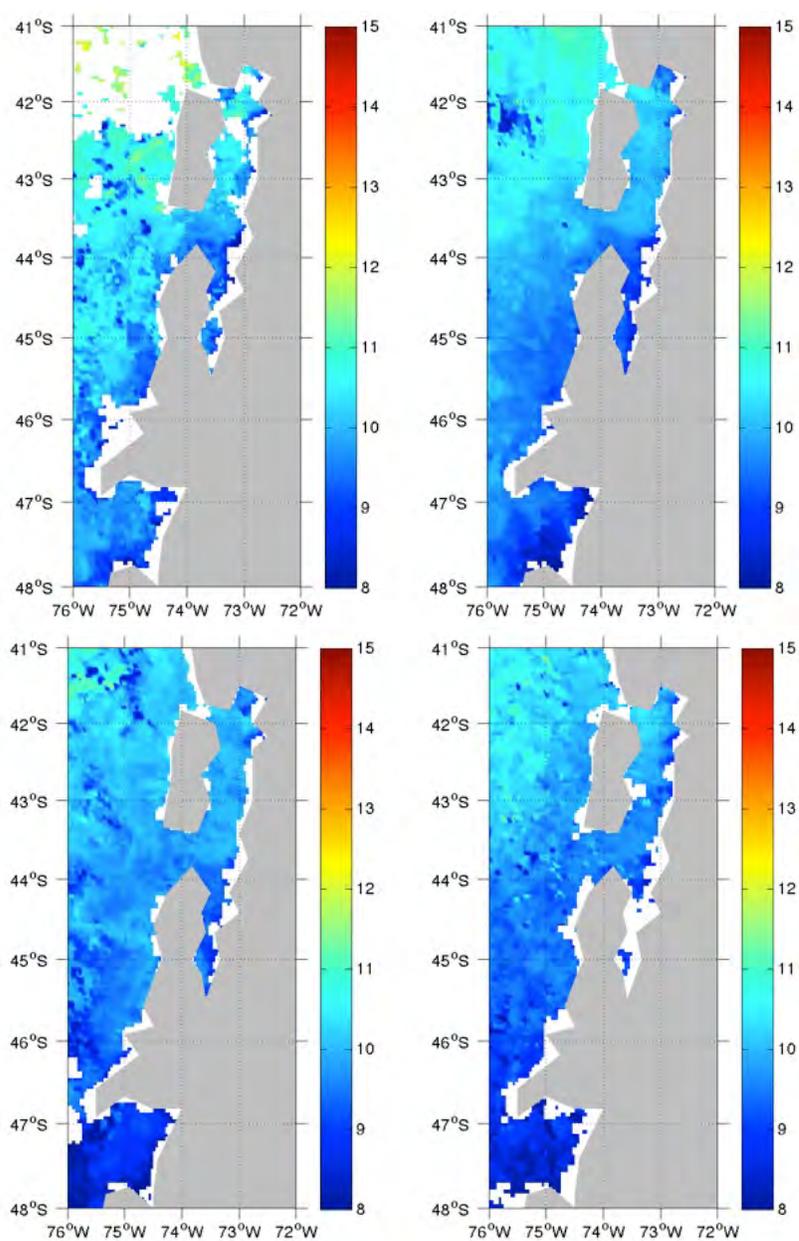


Figura 4.63: Imágenes satelitales semanales de temperatura superficial del mar para Mayo 2013.

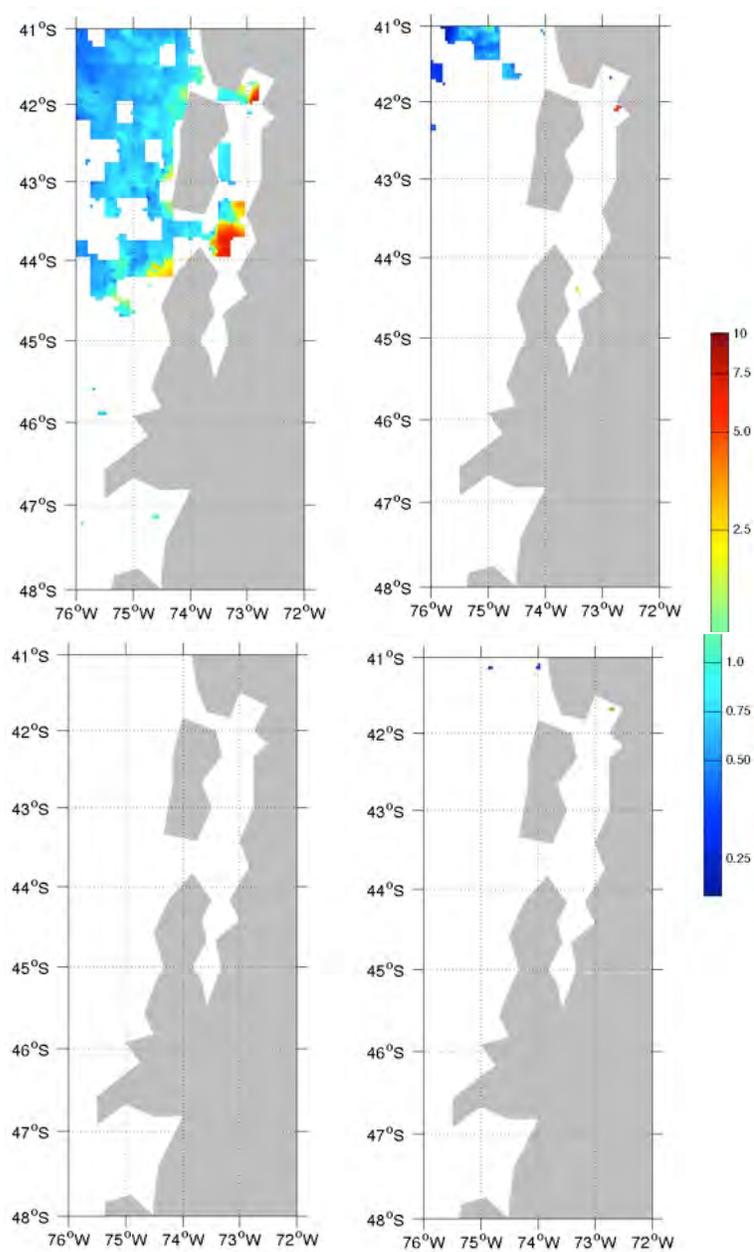


Figura 4.64: Imágenes satelitales semanales de temperatura superficial del mar para Mayo 2013.

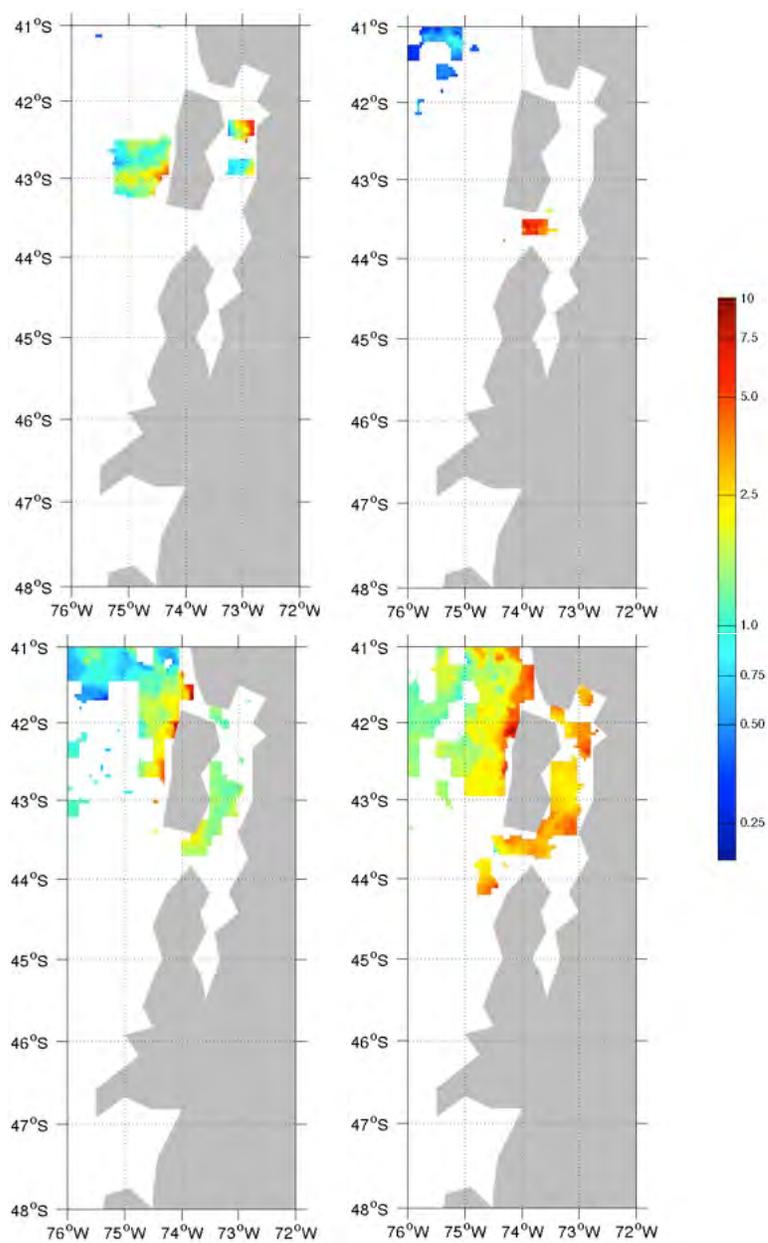


Figura 4.65: Imágenes satelitales semanales de temperatura superficial del mar para Mayo 2013.

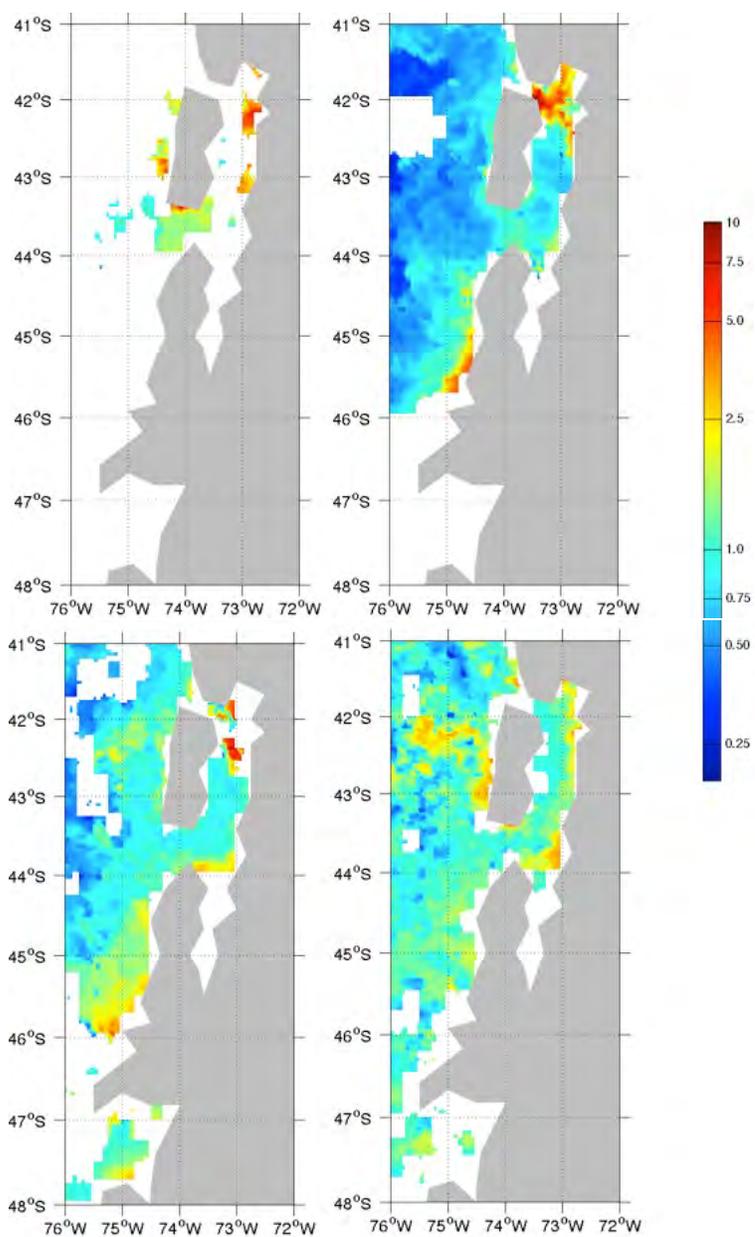


Figura 4.66: Imágenes satelitales semanales de temperatura superficial del mar para Mayo 2013.

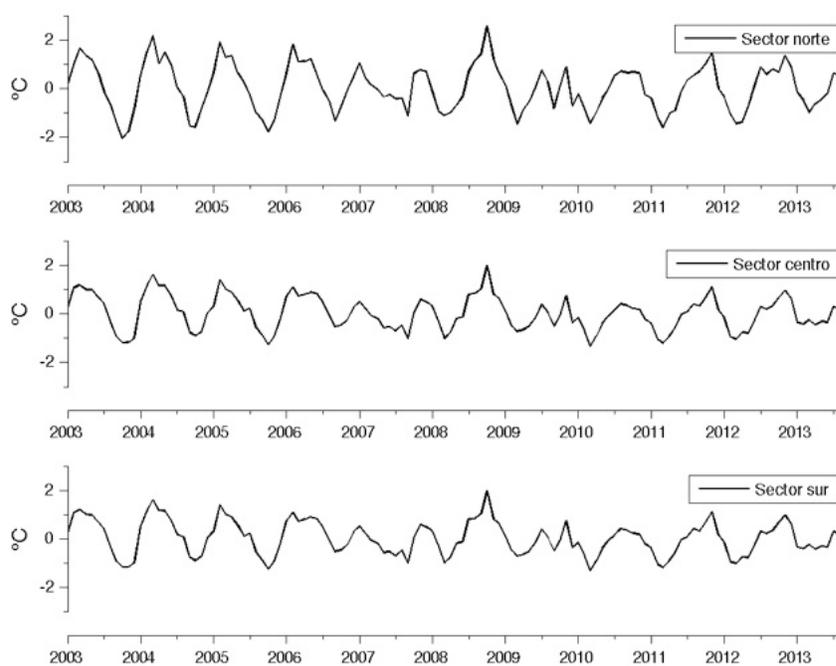


Figura 4.67: Series temporales de anomalías de la TSM satelital entre 2003-2013.

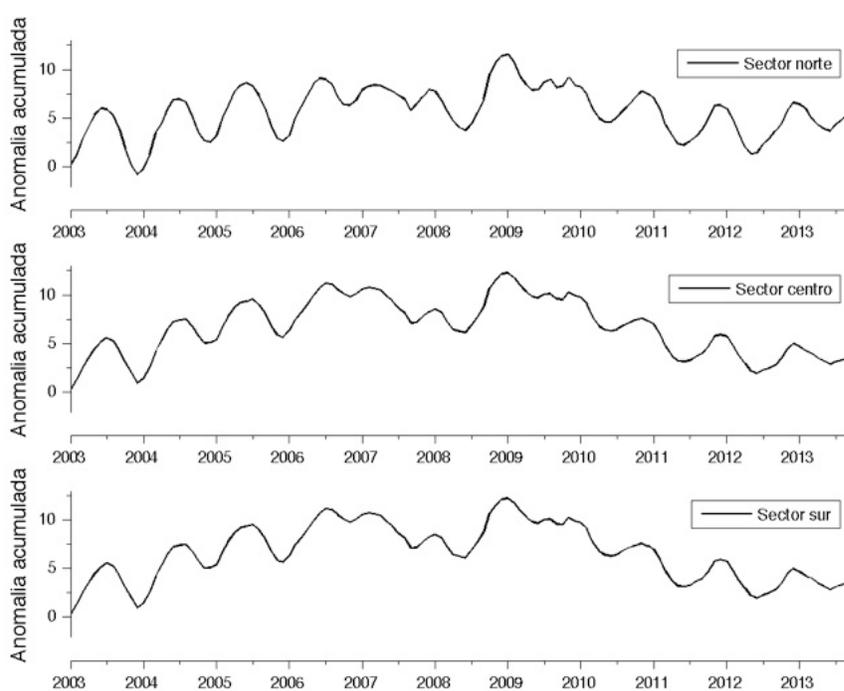


Figura 4.68: Series temporales de anomalías acumuladas de la TSM satelital entre 2003-2013.

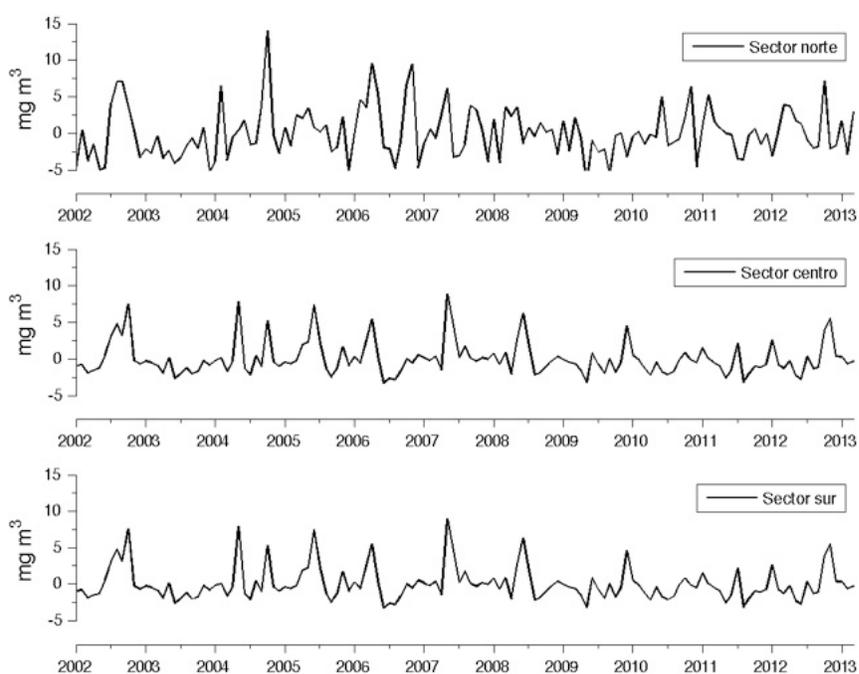


Figura 4.69: Series temporales de anomalías de la CHL satelital entre 2005-2012.



Figura 4.70: Series temporales de anomalías acumuladas de la CHL satelital entre 2003-2013.

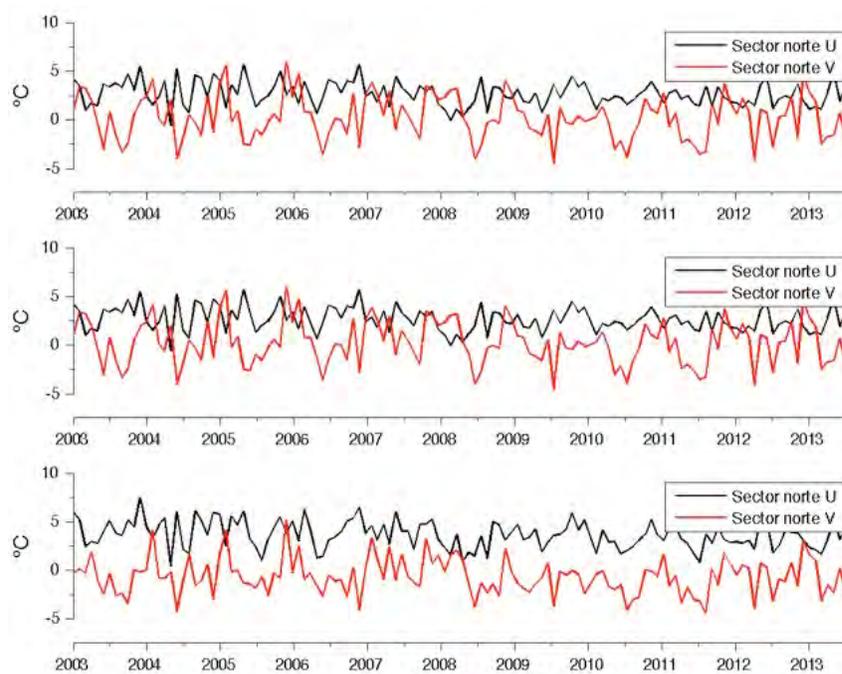


Figura 4.71: Series temporales de las componentes de la velocidad U y V del viento satelital entre 2003-2013.

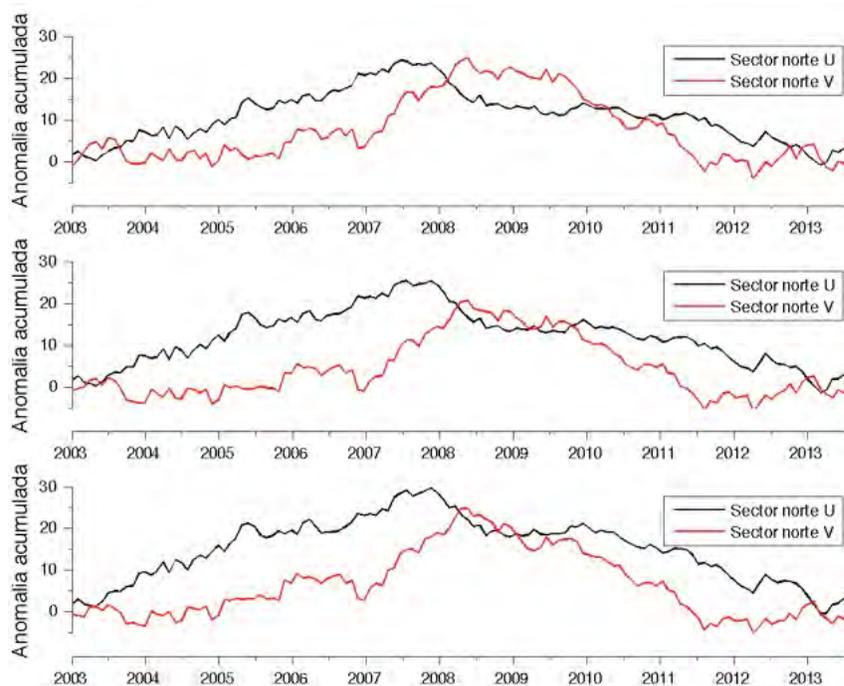


Figura 4.72: Series temporales de la anomalía acumulada de las componentes de la velocidad U y V del viento satelital entre 2003-2013.

## 4.4. Estimación de la relación talla-fuerza de blanco

### 4.4.0.4. Descripción de las actividades realizadas

Las actividades experimentales con ejemplares en cautiverio de sardina austral se realizaron entre el 7 al 9 de junio<sup>3</sup>, en instalaciones aledañas al muelle industrial de la Fundación Chinquihue (Puerto Montt). Para ello, con el objeto de mantener ejemplares vivos se construyó una plataforma (jaula) cuadrada utilizando tubos de PVC de alta densidad, unidos mediante codos del mismo material revestidos con fibra de vidrio. Esto permitió resistencia tanto al ambiente marino como a impactos generados en su construcción, instalación y transporte. Con una dimensión de 5 x 5 metros y una altura de 40 cm desde la superficie de agua, también se incluyó una plataforma central metálica que permitió la instalación del equipo acústico (**Figura 4.73**) (**Figura 4.74**) (**Figura 4.75**).



Figura 4.73: Construcción de plataforma de mantenimiento para ejemplares vivos.

### Traslado de especímenes

Los ejemplares fueron colectados en el lance de pesca 18 (08/06/2013), y trasladados vivos en bins de 1 m<sup>3</sup> de capacidad. Para la mantención en el transporte se implementó un sistema de recambio constante de agua de mar y aireación constante mediante una bomba aireadora eléctrica (**Figura 4.76**). Se colectaron cerca de 3000 ejemplares, sobreviviendo a la operación de transporte aproximadamente el 50 % de estos. De estos, sólo 500

<sup>3</sup>Aunque en la oferta técnica se explicitó un período mayor de actividades experimentales, lo que consistía en lograr registros acústicos por un mínimo de 15 días, se decidió cubrir sólo el registro acústico diurno y nocturno por dos razones: 1) la mortalidad de peces, y 2) Subsecretaría de Pesca y Acuicultura requería contar con resultados preliminares de la evaluación acústica, toda vez que existía un compromiso de actualizar el estatus y la factibilidad de aumentar cuota de sardina austral.



Figura 4.74: Transporte hacia la plataforma de mantención.

fueron ingresados a la jaula de mantención para determinar el registro acústico, tomándose información en horas diurnas y nocturnas (**Figuras 4.77** y ??). Finalmente, los ejemplares fueron sacrificados con el objeto de obtener los datos biológico-específicos a un total de 300 especímenes.

### **Registro Acústico**

Se diseñó una estructura de soporte para el equipo acústico (frecuencia de 38 KHz); el cual fue instalado sumergido (aprox. 1 m desde la superficie) en el centro de la jaula (**Figura 4.79**) (**Figura 4.80**). Se obtuvieron registros acústicos continuos tanto en horas diurnas como nocturnas con el fin de identificar blancos (ecos) individuales de sardina austral utilizados para la determinación de la Fuerza de Blanco (TS) de este recurso (**Figura 4.81**) (**Figura 4.82**)).



Figura 4.75: Instalación de la plataforma de mantención en muelle industrial Fundación Chiquihue. Inclusion de malla.



Figura 4.76: Transporte de ejemplares vivos de sardina austral para experimento de TS.



Figura 4.77: Ingreso de ejemplares vivos de sardina austral a la plataforma de mantención



Figura 4.78: Ejemplares vivos de sardina austral empleados en experimento determinación TS



Figura 4.79: Adecuación del equipo acústico antes de su instalación sobre plataforma de mantención



Figura 4.80: Instalación del equipo acústico sobre plataforma de mantención



Figura 4.81: Registro acústico Nocturno



Figura 4.82: Registro acústico Diurno

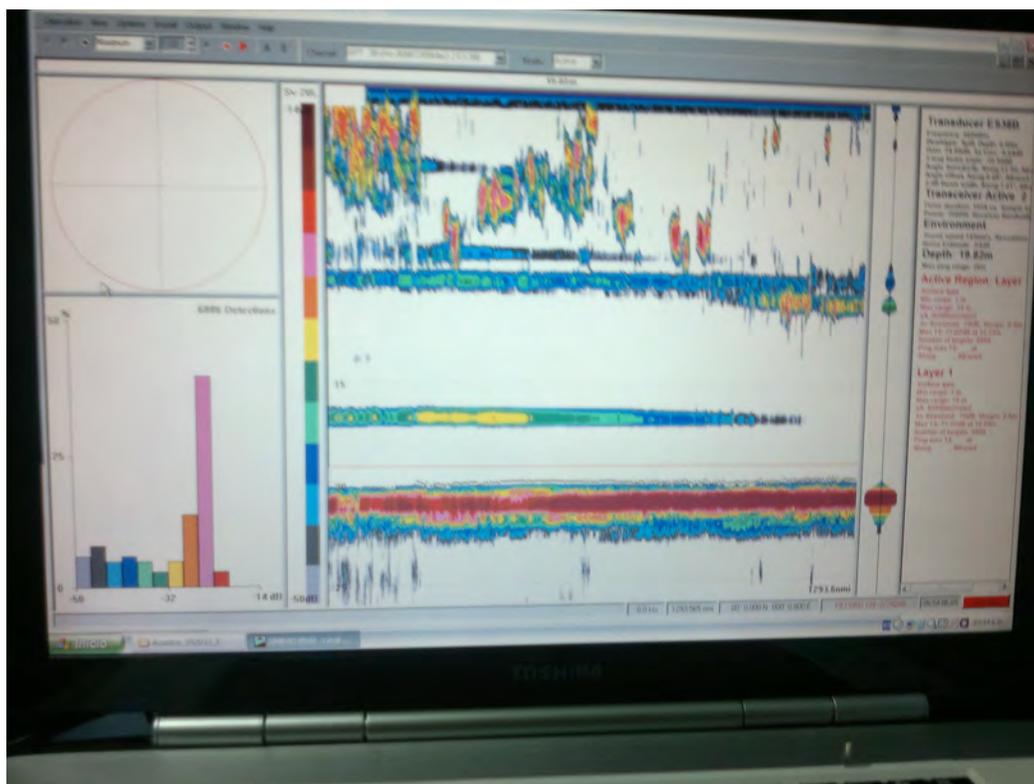


Figura 4.83: Registro acústico de los ejemplares de sardina austral mantenidos en cautiverio.

### Determinación la TS de sardina austral

Los registros acústicos obtenidos de los ejemplares en cautiverio fueron procesados con el módulo FISH-TRACK de ECHOVIEW, el cual permitió trabajar con ecos individuales y la determinación directa de la TS (Figura 4.83).

El procesamiento (escrutinio) de los registros individuales obtenidos con FISHTRACK permitió generar la frecuencia de valores de TS tanto para los registros diurnos como nocturnos. En las Tablas 4.58 y 4.59, se presentan tanto el número de registros como las frecuencias de valores TS y la talla de los peces. Las frecuencias de TS posteriormente fueron sobrepuestas con los histogramas de frecuencia de tallas de los ejemplares en cautiverio. De esta manera se logró determinar la relación TS-Talla de sardina austral (Figura 4.84). Los resultados consolidados de los resultados según período (diurno y nocturno) se presentan en la ((Tabla 4.60)

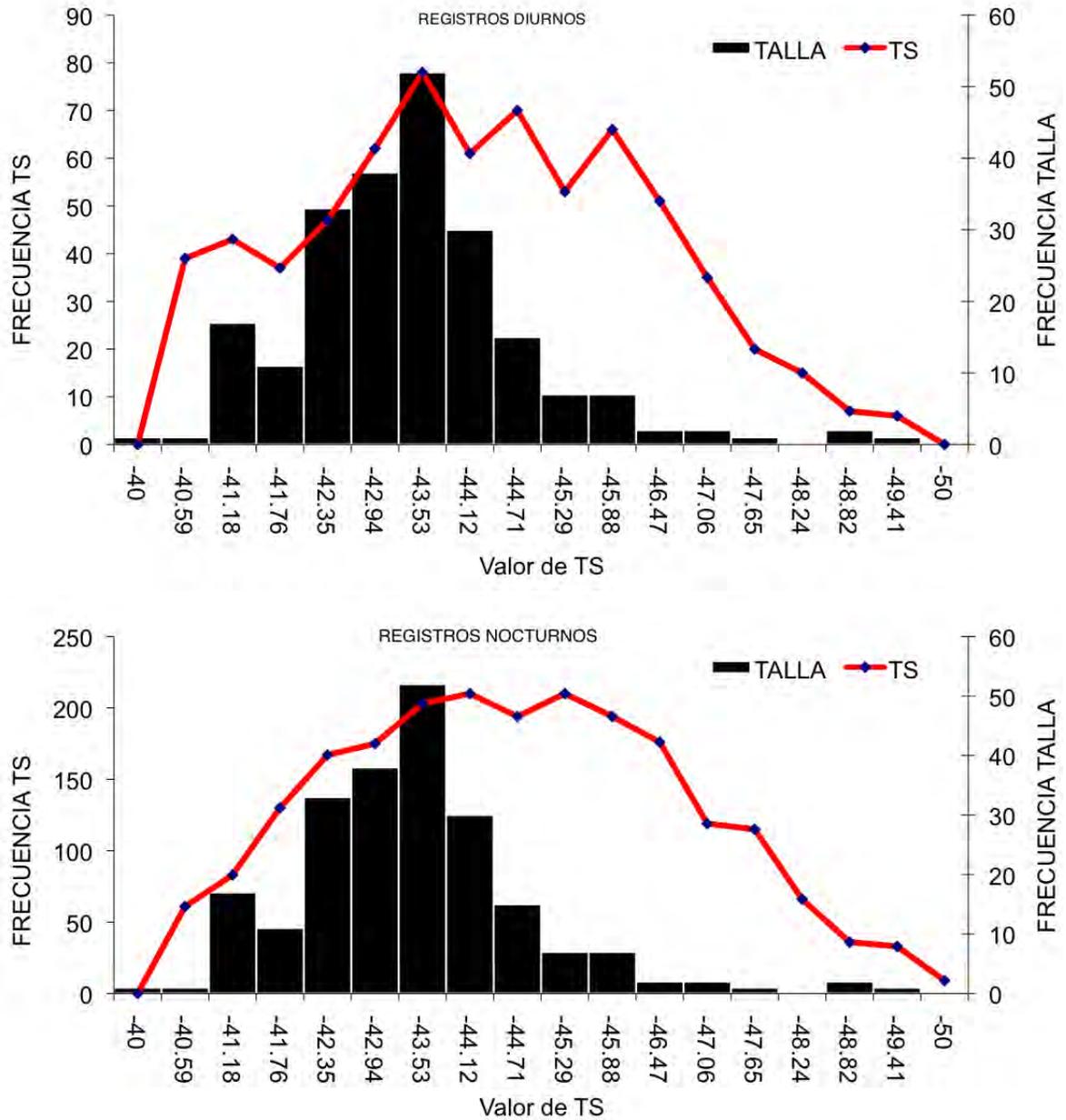


Figura 4.84: Frecuencia de valores de TS sobrepuesta al histograma de tallas de los ejemplares en cautiverio, registro de información diurna

Tabla 4.58: Resultados del numero de registros y frecuencia de TS desde el escrutinio de la información diurna. Se incluye frecuencia de la talla de los ejemplares en cautiverio

Valores TS	N_Registros TS	Frecuencia TS	Intervalo Talla	N_Registros Talla	Frecuencia Talla
-40.00	0	0	17.50	1	17.50
-40.59	39	39	17.00	1	17.00
-41.18	82	43	16.50	17	280.50
-41.76	119	37	16.00	11	176.00
-42.35	166	47	15.50	33	511.50
-42.94	228	62	15.00	38	570.00
-43.53	306	78	14.50	52	754.00
-44.12	367	61	14.00	30	420.00
-44.71	437	70	13.50	15	202.50
-45.29	490	53	13.00	7	91.00
-45.88	556	66	12.50	7	87.50
-46.47	607	51	12.00	2	24.00
-47.06	642	35	11.50	2	23.00
-47.65	662	20	11.00	1	11.00
-48.24	677	15	10.50		0.00
-48.82	684	7	10.00	2	20.00
-49.41	690	6	9.50	1	9.50
-50.00	690	0	9.00		0.00

Tabla 4.59: Resultados del numero de registros y frecuencia de TS desde el escrutinio de la información nocturna. Se incluye frecuencia de la talla de los ejemplares en cautiverio

Valores TS	N_Registros TS	Frecuencia TS	Intervalo Talla	N_Registros Talla	Frecuencia Talla
-40.00	0	0	17.50	1	17.50
-40.59	61	61	17.00	1	17.00
-41.18	144	83	16.50	17	280.50
-41.76	274	130	16.00	11	176.00
-42.35	441	167	15.50	33	511.50
-42.94	616	175	15.00	38	570.00
-43.53	819	203	14.50	52	754.00
-44.12	1029	210	14.00	30	420.00
-44.71	1223	194	13.50	15	202.50
-45.29	1433	210	13.00	7	91.00
-45.88	1627	194	12.50	7	87.50
-46.47	1803	176	12.00	2	24.00
-47.06	1922	119	11.50	2	23.00
-47.65	2037	115	11.00	1	11.00
-48.24	2103	66	10.50		0.00
-48.82	2139	36	10.00	2	20.00
-49.41	2172	33	9.50	1	9.50
-50.00	2181	9	9.00		0.00

Tabla 4.60: Resultados de la estimación de ecuaciones de TS para sardina austral desde registro acústico de ejemplares en cautiverio

Variable	Diurno	Nocturno	Consolidado
TS	-44.24	-44.65	-44.29
B20	-67.54	-67.94	-67.59
Talla	14.61	14.61	14.61
Ecuación Día	TS = 20 log (LT) -67.54		
Ecuación Noche	TS = 20 log (LT) -67.94		
Ecuación Consolidada	TS = 20 log (LT) -67.59		

## Análisis y discusión de resultados

La evaluación de la biomasa acústica de los peces pelágicos pequeños en aguas interiores de la Región de Los Lagos y Región de Aysén se realizó en mayo y junio de 2013, respectivamente. El proyecto fue licitado en marzo de 2013, y aunque el método acústico evalúa la biomasa total de la estructura de tallas y edades de los peces que están disponibles en una zona y área dada, el estudio estaba dirigido a evaluar la intensidad del reclutamiento. Por razones administrativas, y la socialización del proyecto con los usuarios de la pesquería, el periodo del crucero fue tardío si se considera que la mayor disponibilidad de juveniles de sardina austral que están reclutando tiende a presentarse desde febrero a abril en la Región de Los Lagos (Aranís et al., 2009).

Los resultados preliminares fueron sometidos a discusión tanto por sectorialistas, investigadores del Instituto de Fomento Pesquero, como con los usuarios de la pesquería de sardina austral (ver Anexos), y fueron incorporados en la evaluación de stock de sardina austral (Leal et al., 2013). Al considerar que se requería valores comparables entre los diferentes estimados de biomasa total disponibles, investigadores del Instituto de Fomento Pesquero realizaron las correcciones correspondientes a las evaluaciones hidroacústicas de cruceros previos. En este contexto, no fue necesario realizar dichas correcciones a través del presente estudio.

El diseño de muestreo estratificado, considerando estratos geográficos y por profundidad, permitió una evaluación de la abundancia y biomasa basada en el diseño, es decir sin asumir una distribución de probabilidad *a priori* de la distribución de la densidad (Gunderson, 1993). El número de estratos considerados tomó en cuenta la distribución de las zonas de pesca de la flota artesanal, y las características geográficas (Cubillos et al., 2012). La relación entre la media y la varianza tanto de los NASC como de la densidad de sardina austral demuestra que la distribución no es homogénea en cada región. En este contexto, la estimación basada en el diseño se considera representativa de la abundancia y biomasa presente en cada región. De esta manera, la estimación de biomasa con el método estratificado, por estratos geográficos y de profundidad, arrojó valores de 118173 toneladas para la Región de Los Lagos y de 101630 toneladas para la Región de Aysén (**Tabla B.1**).

Se han realizado dos evaluaciones hidroacústicas que han incluido más de una región (Niklitschek et al. 2009, Cubillos et al. 2011), en el primero se encontró biomazas similares en las regiones de Los Lagos (Puerto Montt-Golfo de Corcovdo) y Aysén (Golfo de Corcovado-Estero Elefantes). Sin embargo, debido a problemas logísticos

Tabla 5.61: Estimaciones estratificadas de la biomasa de sardina austral en la Región de Los Lagos (mayo de 2013) y en la Región de Aysén (junio de 2013).

Los Lagos		Aysén	
Estratos	Biomasa (t) y CV (%)	Estratos	Biomasa (t) y CV (%)
A	20161 (33,2)	J	15356 (15,8)
B	5848 (42,3)	L	13409 (30,5)
C	23755 (17,8)	K	4125 (25,8)
D	34423 (28,0)	I	11950 (18,2)
E	20424 (20,7)	H	56790 (13,1)
F	13562 (20,7)	M	-
Total	118173 (11,6)	Total	101630 (9,01)

y climáticos no fue posible evaluar simultáneamente toda el área, correspondiendo las estimaciones a los meses de otoño en Los Lagos y primavera en Aysén. En el segundo estudio, Cubillos et al. (2012), la evaluación fue realizada entre diciembre de 2010 y enero de 2011, quienes no evaluaron al recurso en el sector más costero. Sin embargo, en 2006, Niklitschek et al. (2006) realizaron una evaluación hidroacústica en el mar interior de Chiloé y evaluaron 18,3 mil millones de individuos y una biomasa de 335 mil toneladas en otoño de ese año. Posteriormente, Niklitschek et al. (2009), evaluaron una abundancia de 6,8 mil millones de ejemplares en la Región de Los Lagos en otoño, y 29,2 mil millones de ejemplares en la Región de Aysén en primavera. La biomasa de sardina austral fue evaluada en 114,6 mil toneladas en otoño (CV=22 %) en la Región de Los Lagos; y de 150,7 mil ton (CV=13 %) en primavera para la Región de Aysén. Cubillos et al. (2011), estimaron las biomásas más bajas de sardina austral en ambas regiones (**Tabla refEstra2**, probablemente debido a que el crucero no muestreó bien el sector costero. Las estimaciones aquí reportadas no son comparables debido a las diferencias en TS utilizadas, sin embargo, demuestran un aumento relativo en la abundancia y biomasa de sardina austral respecto del 2011.

Los atributos biológicos de los especímenes capturados, particularmente los datos de composición por tallas, constituyen evidencia adicional que la población de sardina austral no es homogénea en aguas interiores de la X y XI Región. En la Región de Aysén, la composición de tallas muestra una mayor incidencia de juveniles que en la Región de Los Lagos, situación que también se advierte en la pesca comercial y en resultado previos (Niklitschek et al., 2009; Cubillos et al., 2012). En efecto, Aranís et al. (2006) registraron un estructura de tallas bimodal con ejemplares distribuidos en un rango entre 9,5 y 18,5 cm LT, obtuvo entre mayo y diciembre del 2005. La moda principal estuvo centrada en 12,5 cm y la secundaria en 17 cm, mientras que la talla media fue de 13,7 cm. Niklitschek et al. (2009) reportaron un rango de tallas entre 6,5 y 15,7 cm, y presencia de individuos juveniles

Tabla 5.62: Resumen de la evaluación de la biomasa y abundancia de sardina austral realizados en aguas interiores de la X y XI Región.

Región	Año	Epoca	Biomasa ( $10^3 t$ )	Abundancia ( $10^9$ )	Método	Fuente
X	2006	Otoño	335,0	18,3	Geoestadística	Niklitscheck et al. (2007)
X	2008	Otoño	114,6	6,8	Geoestadística	Niklitscheck et al. (2009)
XI	2008	Primavera	150,7	29,2	Geoestadística	Niklitscheck et al. (2009)
X	2011	Verano	68,0	3,7	Bootstrap	Cubillos et al. (2011)
XI	2011	Verano	47,8	5,5	Bootstrap	Cubillos et al. (2011)
X	2013	Otoño	118,2	6,2	Diseño-basado	Este estudio
XI	2013	Otoño	106,7	12,5	Diseño-basado	Este estudio

con tallas medias entre 6,5 y 8,2 cm en los fiordos y canales más orientales de Aysén (Canal Puyuguapi, Fiordos Aysén y Quitrusco, Canal Costa y zonas adyacentes). Los autores sugieren que estos lugares son posibles áreas de crianza o refugio invernal; situación que contrasta con los canales occidentales (Tuamapu, Pérez Norte, Goñi, Ninualac), que se abren al Pacífico, donde se reportó una mayor proporción de individuos adultos, con alguna actividad reproductiva, con un promedio de 11,5 cm (Niklitscheck et al. 2009, Aranís et al. 2009). Cubillos et al. (2011), registraron una estructura de talla unimodal con moda en los 12,5 cm en un rango de entre 10 y 16,5 cm en la Región de Los Lagos. En la Región de Aysén, registraron una estructura de talla bimodal con longitud modal en 10,5 cm y un rango entre los 4,5 y 17,5 cm, con alta incidencia de individuos pequeños. Miranda (2010) realizó un monitoreo en la Región de Aysén (Pesca de Investigación Res. Ex. N° 1363), y comunica un rango de tallas de 4,5 a 16,7 cm para el periodo julio a diciembre de 2010.

Aunque las bases solicitaban como resultados esperados un modelo explicativo a partir de las características biológicas en los lances de identificación, y la abundancia de estadios tempranos, no es posible cubrir dicho tópico debido a la baja incidencia de estaciones positivas con presencia de huevos y larvas. En efecto, la relación con las características batimétricas y oceanográficas podrán ser evidentes cuando el crucero que se solicita cubra el período reproductivo. De esta manera se desconoce si en aguas interiores de la Región de Aysén se constituye un área de crianza que permite alimentar con reclutas a la Región de Los Lagos, a través de alguna migración ontogenética. El gradiente observado en la estructura de tallas de sardina austral puede ser consecuencia de las diferentes tácticas de pesca que utilizan los pescadores en cada región.

Se destaca que las estimaciones que aquí se comunican consideran la fuerza de blanco de 67,6 y que fue determinada a partir de blancos individuales de sardina austral confinados. La fuerza de blanco es un valor crítico para la estimación de biomasa de una especie objetivo mediante metodologías acústicas. Este valor permite determinar el número, y consecuentemente la biomasa, de ejemplares evaluados a partir de la energía acústica integrada en la porción de la columna de agua donde se distribuye el recurso. Los valores de fuerza de blanco más utilizados

en evaluaciones acústicas provienen de muestreos *in situ* de los ejemplares en su estado natural, es decir imperturbados (Ona, 2003; Didrikas y Hansson, 2004). La fuerza de blanco se relaciona directamente con la longitud del pez, y dicha relación requiere obtener simultáneamente valores de fuerza de blanco y muestreos de longitud de los peces insonificados acústicamente.

Cubillos et al. (2012) intentaron una estimación *in situ* de la fuerza de blanco de sardina austral. Los valores de fuerza de blanco estimados fueron -49.4 y -58.1 dB en dos zonas de la Región de Aysén. Ambas zonas se encontraban separadas geográficamente, y los valores fueron colectados a distintas horas y profundidades. Al asumir que los blancos individuales se corresponden con ejemplares capturados en lances de pesca adyacentes, con una longitud media cercana a los 11 cm, la TS resultante sería equivalente a 70,2 y 78,9, respectivamente. Estos valores serían más altos que la TS=67,6 aquí obtenida y que la TS=67,8 propuesta por Niklitschek et al. (2009). Esta inconsistencia revela la necesidad de disponer de un número adecuado de pares de valores talla-fuerza de blanco para establecer una relación robusta y que permita su comparación con estudios previos y del mismo modo favorecer el establecimiento de una relación talla-fuerza de blanco para la sardina austral en función de la profundidad y localidad geográfica. La reflectividad del recurso podría cambiar debido a las diferencias en la velocidad del sonido debido a cambios en la temperatura y densidad del agua de mar. Por esta razón, se debe considerar seguir investigando la estimación de la fuerza de blanco de la sardina austral.

En efecto, se destaca que un aspecto de fundamental importancia lo constituye la heterogeneidad geográfica de la Región de Aysén. En otros pelágicos, se ha encontrado que el rango y varianza espacial de las agregaciones es dependiente de la topografía costera, como de la batimetría (Giannoulaki et al. 2006). De esta manera, la presencia de fiordos, canales y bahías, área y batimetría con diferentes condiciones ambientales podría influir en la organización espacial de los parches o cluster de peces pelágicos, además del comportamiento diurno-nocturno característico. En efecto, se ha observado -por ejemplo-, que el spratus *Sprattus sprattus* exhibe diferentes modos de comportamiento bajo condiciones ambientales cambiantes (Solberg et al., 2012). Durante la primera parte del invierno, parte de la población de sprat ocurre en aguas profundas durante el día y la noche, aunque aún con una distribución más somera durante la noche. Además, se distribuye en cardúmenes durante el día y realiza migraciones verticales hacia aguas superficiales durante la noche. Este último comportamiento, parece ocurrir en el caso de la sardina austral en aguas de la Región de Aysén, donde se observan densas agregaciones tipo cardúmen en aguas muy superficiales durante la noche.

En consecuencia, al considerar que hay aspectos de comportamiento que no han sido demostrados o completamente descritos para la sardina austral bajo diferentes condiciones ambientales y estacionales, más que considerar que la biomasa o abundancia de la población es un estimado absoluto, las estimaciones reportadas hasta la fecha deben ser consideradas como un índice de abundancia relativa. En este contexto, y desde el punto de vista de la dinámica de los pequeños pelágicos, el índice de biomasa acústico será de valor cuando se pueda comparar los

cambios espacio-temporales en la densidad acústica.

# Conclusiones

1. En mayo de 2013, la biomasa total de sardina austral fue de 118173 toneladas ( $CV = 11,6\%$ ) para la Región de Los Lagos.
2. En junio de 2013, la biomasa presente en aguas interiores de la región de Aysén fue de 101630 toneladas ( $CV = 9,0\%$ ).
3. La abundancia de sardina austral fue de 6200 millones de peces en aguas interiores de la Región de Los Lagos, y de 12500 millones de peces en la Región de Aysén.
4. La sardina austral fue la especie más abundante en las dos regiones, seguida por la anchoveta con 1652 millones de peces (50 mil toneladas) en la Región de Los Lagos y con 765 millones de peces (18,7 mil toneladas) en la Región de Aysén. La sardina común fue registrada solamente en la Región de Los Lagos con a menor abundancia, solamente 319 millones de peces y una biomasa de 5327 toneladas.
5. No hubo fauna acompañante ni pesca incidental en las capturas realizadas durante los lances de identificación.
6. La composición por tallas de sardina austral muestra que la población de sardina austral no es homogénea en aguas interiores de la X y XI Región. En la Región de Aysén, la composición de tallas muestra una mayor incidencia de juveniles que en la Región de Los Lagos.
7. En la Región de Los Lagos, las condiciones hidrográficas se caracterizaron por una columna de agua con escasos cambios en temperatura, pero con un estrato somero con variaciones importantes en salinidad y densidad, y con una alta estabilidad.
8. En la Región de Aysén se registraron marcados gradientes verticales de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno. Destaca la ocurrencia de una termoclina inversa, en que la temperatura aumenta desde 8,5-9 °C en superficie hasta un máximo de entre 10,5-11 °C a profundidades de 30-40 m.

9. Se registró un número bajo de estaciones con huevos de las especies objetivo, lo que se debe a que durante el periodo de muestreo no hubo actividad reproductiva importante.
10. Se determinó una fuerza de blanco de 67,6 dB para la sardina austral a partir de confinados en una jaula-balsa, cuyo tamaño fluctuó entre 9 y 17,5 cm de longitud total y un promedio de 14,6 cm.

# Bibliografía

- [1] Aranís A, Caballero L, Cerna F, Gómez A, López A, Bernal C (2006) Monitoreo de la pesquería de pequeños pelágicos en aguas interiores de la X Región, año 2004. Informe Final FIP 2004-39. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile), 231 p.
- [2] Aranís et al. (2009) Monitoreo de anchoveta y sardina en aguas interiores de la X Región de los Lagos, 2009. Informe Final Pesca de Investigación. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile), 163 p.
- [3] Bernal, M., Stratoudakis, Y., Coombs, S., Angelico, M.M., Lago de Lanzós, A., Porteiro, C., Sagarminaga, Y., Santos, M., Uriarte, A., Cunha, E., Valdés, L., Borchers, D., 2007. Sardine spawning off the European Atlantic coast: Characterization of and spatio-temporal variability in spawning habitat. *Progress in Oceanography*. 74: 210-227.
- [4] Bustos, CA, MF Landaeta, F Balbontín. 2008. Spawning and nursery areas of anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns, 1842, in fjords of southern Chile. *Rev. Biol. Mar. y Oceanogr.* 43(2): 381-389.
- [5] Borchers DL, Buckland ST, Priede IG, Ahmadi S (1997) Improving the precision of the daily egg production method using generalized additive models. *Can J Fish Aqu Sci* 54, 2727-2742.
- [6] Buckland ST, Anderson DR, Burnham KP, Laake JL, Borchers DL, Thomas L (2001) An introduction to distance sampling. Oxford University Press, Oxford.
- [7] Castro L.R., G. Claramunt, M.C. Krautz, A. Llanos-Rivera and P. Moreno. 2009. Egg trait variations in anchoveta *Engraulis ringens*: A maternal effect to changing environmental conditions in contrasting spawning habitats. *Marine Ecology Progress Series* 381: 237-248
- [8] Castro L.R., M.A. Cáceres, N. Silva, M.I. Muñoz, R. León, M.F. Landaeta, S. Soto-Mendoza. 2011. Short-term variations in mesozooplankton, ichthyoplankton, and nutrients, associated with semi-diurnal tides in a Patagonian gulf. *Continental Shelf Research* 31: 282-292.

- [9] Checkley, D.M., Jr., R.C. Dotson, D.A. Griffith. 2000. Continuous, underway sampling sardine (*Sardinops sagax*) and northern anchovy (*Engraulis mordax*) in spring off southern and central California. *Deep-Sea Research II* 47, 1139-1155.
- [10] Castillo J (2008) Evaluación hidroacústica pequeños pelágicos en el mar interior de Chiloé, 2007. Informe Pesca de Investigación. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile).
- [11] Christensen OF (2004) Monte Carlo maximum likelihood in model-based geostatistics. *J Comp Graph Sta.* 13, 702-718.
- [12] Christensen OF, Ribeiro PJ (2002) *geoRglm: a package for generalized linear spatial models*. *R-NEWS* 2, 26–28.
- [13] Cochran WG (1977) *Sampling techniques*, 3er ed. John Wiley and Sons. NY, 428 p.
- [14] Cubillos L, Páramo J, Castro L, Sobarzo M, Peña H, Soto S, Rodríguez A, Pedraza-García M, Rebolledo H, Castillo-Jordán C (2011) Estimación de abundancia, biomasa y distribución espacial de pequeños pelágicos en aguas interiores de la X y XI regiones y su relación con algunas variables ambientales, año 2010. Informe Final. Subsecretaría de Pesca. Valparaíso. 343 págs.
- [15] Cubillos et al. 2001
- [16] Drapeau, L. (2004) Introduction to the use of quotient curves for characterizing spawning habitat of small, pelagic fish. In Report of a GLOBEC-SPACC Workshop on Characterizing and comparing the spawning habitat of small pelagic fish. van der Lingen, CD., Castro, L., Drapeau, L., Checkley, D. (Eds.). GLOBEC Report 21:xii, 33 pp.
- [17] Foote, K. G. 1980a. Effect of fish behaviour on echo energy: the need for measurements of orientation distributions. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, 39: 193–201.
- [18] Foote, K. G. 1980b. Importance of the swimbladder in acoustics scattering by fish: a comparison of gadoid and mackerel target strength. *Journal of the Acoustical Society of America*, 67: 2084–2089.
- [19] Foote, K. G. 1985. Rather-high-frequency sound scattering by swimbladdered fish. *Journal of the Acoustical Society of America*, 78: 688–700.
- [20] Foote, K. G., Aglen, A., and Nakken, O. 1986. Measurements of fish target strength with split-beam echo sounder. *Journal of the Acoustical Society of America*, 80: 612–621.
- [21] Foote, K. 1987. Fish target strengths for use in echo integrator surveys. *J. Acoust. Soc. Am.* 82(3): 981-987.

- [22] Foote, K.G., y H.P. Knudsen. 1994. Physical measurement with modern echo integrators. *J. Acoust. Soc. Japan.*, 15: 393-395
- [23] Foote KG, Knudsen HP, Vestnes G, MacLennan DN, Simmonds EJ (1987) Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. ICES Coop. Res. Rep. 144, 69 p.
- [24] Foote KG, Knudsen HP (1994) Physical measurement with modern echo integrators. *J Acoust Soc Japan* 15, 393-395
- [25] Gerritsen HD, McGrath D (2007) Precision estimates and suggested samples sizes for length-frequency data. *Fish Bull* 106, 116-120
- [26] Gunderson DR (1993) Surveys of fisheries resources. John Wiley & Sons, INC. Washington.
- [27] Hastie TJ, Tibshirani RJ (1990) Generalized additive models. Chapman and Hall, London.
- [28] Kaltenberg AM, Benoit-Bird KJ (2009) Diel behavior of sardine and anchovy schools in the California Current System. *Mar Ecol Prog Ser* 394, 247-262.
- [29] Korneliussen RJ, Ona E, Elliassen I, Heggelund Y, Patel R, GodøOR, Giertsen C, Patel D, Nornes E, Bekkvik T, Knudsen HP, Lien G. (2006) The Large Scale Survey System - LSSS. Proceedings of the 29th Scandinavian Symposium on Physical Acoustics, Ustaoset 29 January – 1 February 2006.
- [30] Landaeta MF, LR Castro 2006. Landaeta, MF, LR Castro. 2006. Larval distribution and growth of the rockfish, *Sebastes capensis* (Sebastidae, Pisces), in the fjords of southern Chile. *ICES Journal of Marine Sciences*. 63: 714-724
- [31] Llanos-Rivera, A., LR Castro. 2004. Latitudinal and seasonal egg size variations of the anchoveta *Engraulis ringens* off the Chilean Coast. *Fishery Bulletin* 102: 207-212
- [32] Lockwood RN, Hayes DB (2000) Sample size for biological Studies. In: Schneider, J.C. (ed.) Manual of fisheries survey methods II: with periodic update. Michigan Department of Natural Resources, Fisheries Special Report 25, Ann Arbor.
- [33] MacLennan DN, Simmonds EJ (1992) Fisheries Acoustics. Chapman & Hall. First edition. London, 325 p.
- [34] MacLennan DN, Fernandes PG, Dalen J (2002) A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *ICES J Mar Sci* 59, 365-369.
- [35] Marcotte D (1991) Cokrigage with MATLAB. *Computers & Geosciences* 17, 1265-1280.

- [36] Montecinos S, LR Castro, MI Muñoz 2012. Distribución de huevos y larvas de sardina común (*Strangomera bentincki*) en los fiordos y canales del sur de Chile. *Ciencia y Tecnología del Mar*.
- [37] Navarro, E., Schneider, W. and Letelier, J. (2004) Estimation of onshore-offshore transport off central Chile by means of Maximum Cross-Correlation using satellite derived SST. *Gayana* : 68 (2): 427-431.
- [38] Niklitschek E, Toledo P, Hernández E, Nelson J, Soule M, Herranz C, Murillo C, Valenzuela X (2009) Identificación y evaluación hidroacústica de pequeños pelágicos en aguas interiores de la X y XI regiones, año 2007. Informe Final Proyecto FIP 2007-05. Universidad Austral de Chile, 198 p.
- [39] Nilsson LAF, Thygesen UH, Lundgren B, Nielsen BF, Nielsen JR, Beyer JE (2003) Vertical migration and dispersion of sprat (*Sprattus sprattus*) and herring (*Clupea harengus*) schools at dusk in the Baltic Sea. *Aquat Living Resour* 16, 317-324
- [40] Peltonen H, Vinni M, Lappalainen A, Pönni J (2004) Spatial feeding patterns of herring (*Clupea harengus* L.), sprat (*Sprattus sprattus* L.), and the three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus* L.) in the Gulf of Finland, Baltic Sea. *ICES J Mar Sci* 61, 966-971
- [41] Ribeiro PJ, Diggle PJ (2001) geoR: a package for geostatistical analysis. *R-NEWS* 1, 15–18.
- [42] Ribeiro P J, Christensen OF, Diggle PJ (2003) geoR and geoRglm: software for model-based geostatistics. In *Proceedings of the 3rd International Workshop on Distributed Statistical Computing*, Vienna. Hornik E, Leisch F, Zeileis A (Eds.). Technische Universität Wien, Vienna. 16 p.
- [43] Roa-Ureta R, Niklitschek E (2007) Biomass estimation from surveys with likelihood-based geostatistics. *ICES J Mar Sci* 64, 1723-1734.
- [44] Smith SJ, Maguire JJ (1983) Estimating the variance of length composition samples. In: Doubleday, W.G., Rivard, D. (eds.) *Sampling commercial catches of marine fish and invertebrates*. Can. Spec. Pub. Fish. Aquat. Sci. 66, 165-170.
- [45] Simmonds J, MacLennan D (2005) *Fisheries Acoustics: Theory and Practice* (Fish and Aquatic Resources). Wiley-Blackwell. 2nd edition, 437 p.
- [46] Sparre Venema
- [47] Thompson SK (1992) *Sampling*. Wiley, New York.
- [48] Tsagarakis K, Giannoulaki M, Somarakis S, Machias A (2012) Variability in positional, energetic and morphometric descriptors of European anchovy *Engraulis encrasicolus* schools related to patterns of diurnal vertical migration. *Mar Ecol Prog Ser* 446, 243-258

- [49] van der Lingen, C.D., Hutchings, L., Merkle, D., van der Westhuizen, J.J., Nelson, J., 2001. Comparative spawning habitats of anchovy (*Engraulis capensis*) and sardine (*Sardinops sagax*) in the southern Benguela upwelling ecosystem. In: Spatial processes and Management of Marine Populations. Kruse, G. H., Bez, N., Booth, T., Dorn, M., Hills, S., Lipcius, R. N., Pelletier, D., Roy, C., Smith, S. J. and D. Witherell (Eds). University of Alaska Sea Grant, AK-SG -01-02, Fairbanks, USA. 185-209.
- [50] van der Lingen, L Castro, L Drapeau, D Checkley (Editors) 2005. Report of the SPACC Workshop on Characterizing and comparing the spawning habitat of small pelagic fish. GLOBEC Report 21: xii, 33 pp
- [51] Wood S (2006) Generalized Additive Models: An Introduction with R. Chapman and Hall/CRC.
- [52] Zar JH (1999) Biostatistical análisis. Prentice-Hall Inc., Englewood cliffs, NJ, 663 p.

# ANEXOS

# Apéndice A

## Modificaciones al diseño de evaluación hidroacústica

### A.1. Antecedentes

#### A.1.1. Términos de Referencia

El Consejo del Fondo de Investigación Pesquera asignó a la Universidad de Concepción la ejecución del Proyecto FIP 2013-11 *Evaluación hidroacústica de pequeños pelágicos en aguas interiores de la X y XI Regiones, año 2013*. En este contexto, la primera actividad consistió en realizar una serie de talleres de trabajo, con el objeto comunicar y someter a discusión los aspectos metodológicos relativos al muestreo hidroacústico de peces pelágicos pequeños en el área de estudio.

Se realizaron tres talleres de trabajo, dos de ellos en la ciudad de Puerto Montt y uno de ellos en la ciudad de Coyahique. En estos talleres de trabajo participaron armadores, pescadores y profesionales de SUBPESCA (Tabla A.1). Aparte de exponer la metodología general, el objetivo de estos talleres fue consultar a los usuarios de la pesquería, aquellas zonas de pesca en las que opera frecuentemente la flota artesanal con el propósito considerarlas durante la ejecución del crucero.

Producto de estas reuniones de carácter técnico, se resolvió realizar modificaciones al diseño de muestreo hidroacústico, las cuales se informan en este documento y que se entiende tienen el propósito de mejorar la evaluación hidroacústica de los pelágicos pequeños en aguas interiores de la Región de Los Lagos y de la Región de Aysén.

## **A.1.2. Objetivos**

El objetivo general de los talleres de trabajo fue presentar y someter a discusión el enfoque metodológico relativo a la evaluación hidroacústica de peces pelágicos pequeños en el área de estudio.

Los objetivos específicos fueron:

- i) Describir el diseño de muestreo hidroacústico.
- ii) Lograr un acuerdo sobre las zonas de pesca recurrentes donde se podrían detectar agregaciones comerciales del recurso.
- iii) Mejorar el diseño de muestreo considerando la experiencia y colaboración por parte de los pescadores artesanales en cada una de las regiones.

## **A.1.3. Participantes**

En los talleres participaron usuarios armadores y pescadores pertenecientes a diferentes organizaciones de la Región de Los Lagos y Región de Aysén (Tabla A.1).

## **A.2. Desarrollo de los talleres**

La presentación tanto de los antecedentes técnicos relativos a los equipos hidroacústicos, artes de pesca, y la plataforma de trabajo, como de los aspectos metodológicos relacionados con el diseño muestral hidroacústico como de pesca de identificación del proyecto, estuvo a cargo del Dr(c) Milton Pedraza en la ciudad de Puerto Montt, y del Ingeniero Sr. Hernán Rebolledo en la ciudad de Coyahique, quienes tienen la función de Jefe de Crucero en la Región de Los Lagos y Región de Aysén, respectivamente.

### **A.2.1. Primer taller de trabajo - Puerto Montt**

En el taller se realizó en la ciudad de Puerto Montt, en dependencias de la Fundación Chiquihue, con fecha 17 de abril del 2013, cuya discusión general se resume a continuación:

- Los pescadores estimaron que el ecosonda no es el equipo más adecuado para detectar las agregaciones de peces pelágicos en la región, sugiriendo que es necesario utilizar el sonar.

Tabla A.1: Descripción del lugar, fecha, y participantes en los talleres de trabajo realizados para discutir la metodología general de evaluación hidroacústica de pelágicos pequeños.

Región	Fecha	Lugar	Participante	Organización
Región de Los Lagos	17 – 04 – 13	Fundación Chiquihue	Iván Vásquez	AGARMAR
			Rene Gallardo	AGARMAR
			Luis Guerrero	Sind. Pescadores (cerco)
			Segundo Herrera	ASOGPESCA
			Adan Díaz	Sind. Pescadores (cerco)
			Víctor Espejo	SUBPESCA
			Milton Pedraza	EPOMAR - UdeC
			Hernán Rebolledo	EPOMAR - UdeC
			Gustavo Castro	DZP-SUBPESCA
Región de Los Lagos	03 – 05 – 13	Dirección Zonal de Pesca	Alberto Millaquén	Asesor
			Ricardo Fernández	ASOGFER
			Segundo Herrera	ASOGPESCA
			Iván Vásquez	AGARMAR
			Juan Sanhueza	PERCERPAL
			Alfredo Cuevas	Consultor
			Enrique Gómez	Pesquera La Potada
			Francisca Aravena	AGARMAR
			José Herrera	Patrón de pesca
			Milton Pedraza	EPOMAR - UdeC
			Gustavo Castro	DZP-SUBPESCA
			Cristian Rodríguez	–
Región de Aysén	26 – 04 – 13	SEREMI de Economía	Misael Ruiz	CORFAPA
			Oscar Núñez	Armador artesanal
			Víctor Leviñanco	Armador artesanal
			Braulio Cubillos	DZP-SUBPESCA
			Hernán Rebolledo	EPOMAR - UdeC
			Cristián Parra	EPOMAR - UdeC
			Víctor Espejo	SUBPESCA
			Andrea Paillacar	DZP-SUBPESCA

- En relación con el track de navegación, se discute que no refleja los caladeros de pesca que ellos visitan con fines comerciales, y sugieren las zonas de pesca que deben ser cubiertas como aporte al proyecto.
- Se indica que los pescadores desean colaborar con la investigación en términos operativos, considerando tanto con embarcaciones de prospección con sonar como de pesca, además de un observador a bordo de la embarcación que realizará el muestreo hidroacústico. Sin embargo, no existe cuota de captura ni de investigación que permita cubrir los gastos operacionales.

#### **A.2.1.1. Acuerdos y compromisos**

1. Ajustar el diseño muestral acústico con el objeto de cubrir las zonas de pesca que con el diseño actual no están representadas en el "track" de navegación hidroacústico, respetando el diseño estadístico y de cobertura.
2. Los usuarios se comprometieron a colaborar con el estudio, poniendo a disposición embarcaciones que permitan obtener muestras biológicas, para generar un contraste con los resultados que se obtengan con la red científica (media agua).

### **A.2.2. Segundo taller de trabajo - Puerto Montt**

El segundo taller se realizó en dependencias de la Dirección Zonal de Pesca, el 03 de mayo de 2013, con el objeto de acordar los protocolos de muestreo y la revisión de las modificaciones realizadas al track original.

#### **A.2.2.1. Acuerdos y compromisos**

1. Atendiendo a las características propias de la actividad pesquera de los recursos pelágicos en la Región de Los Lagos, modificar parte del horario contemplado inicialmente con el objeto de realizar el crucero durante la noche, de tal manera que se consideren los momentos óptimos de pesca.
2. Realizar el muestreo adaptativo de minigrillas cuando sean detectados focos de alta concentración de peces por la embarcación de evaluación hidroacústica cuando las embarcaciones acompañantes detecten estas agregaciones con sonar.
3. Es importante que el patrón de pesca de la embarcación de exploración de agregaciones comerciales con sonar, utilice una escala relativa de la magnitud de las agregaciones, y que navegue en un radio no mayor a 2 millas de la nave de evaluación. El sonar deberá permanecer constante todo el tiempo, con un ángulo de

barrido de 360°, rango de búsqueda de 500 m, ángulo de incidencia (tilt) de 3°, y ganancia intermedia del TVG.

#### **A.2.2.2. Tercer taller de trabajo - Coyhaique**

Este taller se realizó el 26 de abril de 2013 en dependencias de la SEREMI de Economía en la ciudad de Coyhaique. El Sr. Hernán Rebolledo, Jefe de Crucero, presentó la metodología general y se discutió el track de navegación, llegándose a los siguientes acuerdos y compromisos:

1. Ajustar el diseño muestral acústico con el objeto de focalizarse en las zonas de pesca, y considerar un muestreo adaptativo de minigrillas cuando sean detectados focos de alta concentración de peces.
2. Los usuarios se comprometieron a colaborar con el estudio, poniendo a disposición embarcaciones que permitan obtener muestras biológicas, para obtener un contraste con los resultados que se obtengan con la red de media agua.

### **A.3. Diseño muestral hidroacústico**

Para evaluar la abundancia de peces pelágicos pequeños en el área de estudio, se realizará un muestreo sistemático que cubrirá las áreas de interés establecidas como zonas de pesca por los pescadores, y zonas de exploración.

En la Región de Los Lagos, el diseño muestral obedece a un muestreo sistemático, con énfasis en la evaluación hidroacústica de la región costera de 10 millas náuticas, realizando una navegación en transectas perpendiculares en la región norte, cubriendo el Seno de Reloncaví y Golfo de Ancud, y hacia el sur rodeando las islas Chauquenes, Quinchao, Apiao y Chauñec, Lemuy, del borde occidental del mar interior, y posterior navegación en zig-zag hasta el extremo sur. El borde oriental del mar interior se evaluará con navegación en zig-zag, pasando por las Islas Desertores. El diseño de muestreo en los canales y fiordos ubicados hacia el borde oriental del mar interior será evaluado con una navegación a la forma de cadenas, de tal manera de cubrir las regiones costeras a lo largo del fiordo o canal, como la sección transversal del fiordo o canal (**Figura A.1**). En la Región de Aysén, el diseño muestral también obedece a un muestreo sistemático focalizado en el Canal Moraleda, Canal Puyuhuapi y Fiordo Aysén (**Figura A.2**).

En la Región de Los Lagos, se utilizará una nave de exploración para la detección de agregaciones comerciales con sonar a lo largo del track de navegación, la cual navegará en un radio no mayor a 2 millas náuticas. El objetivo de esta nave de detección será detectar agregaciones comerciales, las que puedan ser evaluadas acústicamente a

través de minigrillas con la nave de evaluación hidroacústica. En este contexto, el diseño de muestreo obedece a un muestreo sistemático probabilístico y un muestreo adaptativo de agregaciones con minigrillas, una vez detectadas con sonar (**Figura A.3**).

Si bien es cierto en el diseño original el muestreo adaptativo con minigrillas se realizaría una vez detectadas las agregaciones con el ecosonda científico, el trabajo de la detección de las agregaciones con el sonar omnidireccional en una embarcación acompañante tiene la ventaja de no interferir el desempeño de la ecosonda científico. Además, al utilizar la detección omnidireccional, la experiencia de los pescadores permitiría tener idea de la magnitud de la biomasa que podría ser vulnerada. En este contexto, esta es una oportunidad única que podría ser utilizada para calibrar los sonares para que puedan ser utilizados en programas de evaluación de abundancia relativa. Para ello es de extrema importancia la grabación en video y fotografía de las pantallas de los sonares (tal que indique posición geográfica, distancia, profundidad, otros). Las fotografías servirán para clasificar el tamaño y forma de las agregaciones en categorías de tamaño. La pesca (atributos biológicos de los peces) y la densidad acústica detectada por el ecosonda científico (muestreo de mini-grillas), servirán para validar la clasificación y tamaño de las agregaciones detectadas con sonar.

El horario de evaluación acústica se realizará desde las 06 am hasta la medianoche. Sin embargo, en algunas zonas se evaluará el comportamiento del recurso entre la medianoche y las 6 am, particularmente en aquellas zonas de pesca donde los pescadores operan.

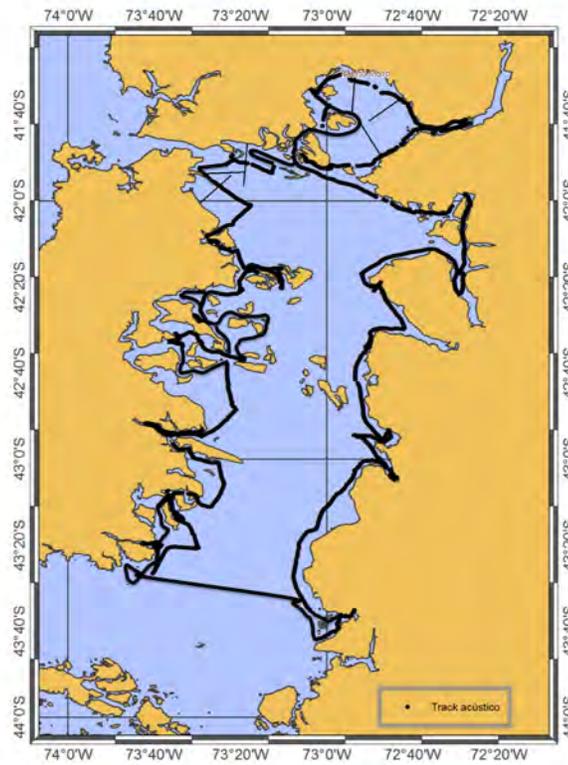


Figura A.1: Diseño del track de navegación sistemático propuesto para realizar el muestreo hidroacústico la Región de Los Lagos.

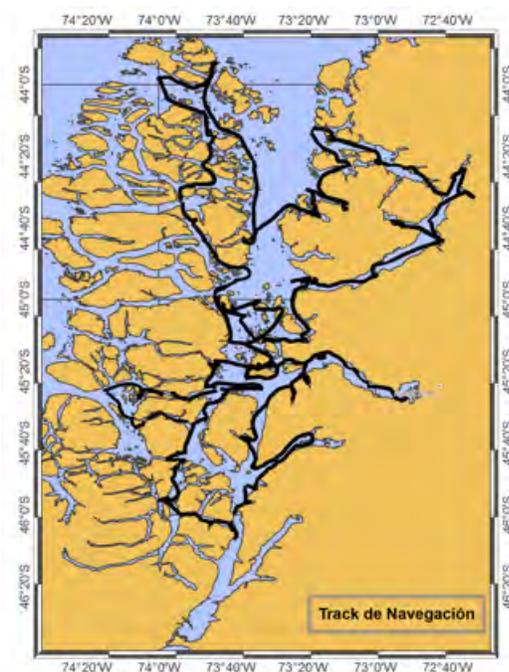


Figura A.2: Diseño del track de navegación sistemático propuesto para realizar el muestreo hidroacústico la Región de Aysén.

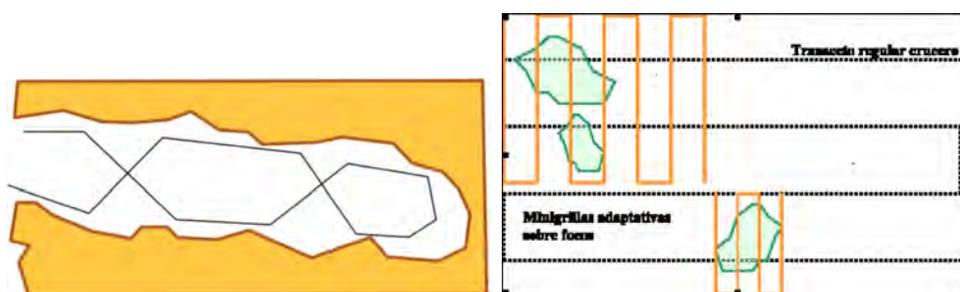


Figura A.3: Ejemplo de las minigrillas adaptativas y del track de navegación sistemático en canales y fiordos.

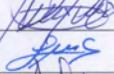
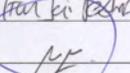
## **A.4. Listado de participantes**

TALLER "PROYECTO FIP N° 2013-11: "EVALUACIÓN HIDROACÚSTICA DE PEQUEÑOS PELÁGICOS EN AGUAS INTERIORES DE LA X Y XI REGIONES, AÑO 2013"

En reunión realizada en la ciudad de Puerto Montt, en dependencias de la Fundación Chiquihue, con fecha 17 de abril del 2013, los representantes de la pesca artesanal de cerco, armadores y tripulantes, se comprometieron en lo siguiente:

1. Ajustar el diseño muestral acústico conforme al conocimiento experto de los usuarios (track de navegación), con apego a respetar el diseño estadístico necesario e informar de esto al FIP.
2. Con los antecedentes previos, ambas partes se comprometen a respetar el nuevo diseño.
3. Los usuarios se comprometieron a colaborar con el estudio, poniendo a disposición embarcaciones que permitan obtener muestras biológicas, para obtener un contraste con los resultados que se obtengan con la red científica (media). Lo que será formalizado por escrito a más tardar el martes 23 de abril del presente.
4. Finalmente, se comprometieron a formalizar por escrito el representante de dichos usuarios que se embarcará en la nave científica.

Firman los presentes a continuación

Nombre	Organización	Firma
IVAN ULBIEZ GOMEZ	ABARTIAL	
Pere Galindo Lopez	AGARMAN	
Luis Guerrero B.	S. Pescadores (cerco)	
SEGUNDO HERRERA	ASOG PESCA	
ADAN DIAZ DIAZ	S. Pescadores (cerco)	
VICTOR ESPEJO	SSPA	
YIMAN LIZ PEDRAZA	Universidad Concepcion	
Hernán Rebolledo	Universidad Concepcion	
Cesarino Carrasco A	SSPA DZ	

REUNION DE TRABAJO, RECURSO: F. HERRERA, P. S. N. C. S.

LISTA DE ASISTENCIA

INSTITUCION	NOMBRE	FIRMA Y E-MAIL (CORREO ELECTRONICO)
Asesor	Alberto Pillaquén Durando	 amillaquén@gmail.com
ASOEFER	RICARDO FERNANDEZ	 ASDOFER@HOTMAIL.COM
ASOGRISA	SEGUNDO KEMENS	 ASOGRISA@GMAIL.COM
ASOPTOR	Edmundo Faramonby	 ASOPTOR@HOTMAIL.COM
NOVENAR	LUAN ULLIVER GONZ	
PERCEVAL	JUAN SANTIAGA CH	 JUANSC@SOPEL.FA
COEULTOR	Alfredo Luera P.	 alfredoluera@telefonos
Pl. Parale	Emilio Gomez R	 egarcia@psycuza.udec.cl
NOVENAR	FRANCISCO DOMINGUEZ	 fo.dominguez@udec.cl
COMUN	JOSÉ HEREDIA A	
UDEC	Milton Pedraza-Jacón	 mpedraza@udec.cl
SUPERESCA	Suarez Casasa A	 suarez@superesca.cl
ATA	CRISTINA ROSARIO	 CROSARIO@FONDOACUSTIC

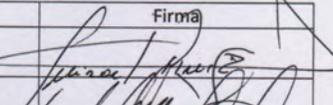
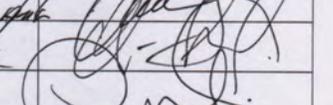
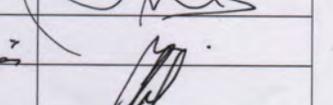
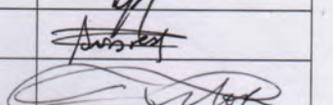
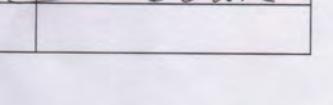
FECHA: 03 Mayo 2013

TALLER "PROYECTO FIP N° 2013-11: "EVALUACIÓN HIDROACÚSTICA DE PEQUEÑOS PELÁGICOS EN AGUAS INTERIORES DE LA X Y XI REGIONES, AÑO 2013"

En reunión realizada en la ciudad de Coyhaique, en dependencias de la Seremi de Economía, con fecha 26 de abril del 2013, los representantes de la pesca artesanal de cerco, armadores y tripulantes, se comprometieron en lo siguiente:

1. Ajustar el diseño muestral acústico conforme al conocimiento experto de los usuarios (track de navegación), con apego a respetar el diseño estadístico necesario e informar de esto al FIP.
2. Con los antecedentes previos, ambas partes se comprometen a respetar el nuevo diseño.
3. Los usuarios se comprometieron a colaborar con el estudio, poniendo a disposición embarcaciones que permitan obtener muestras biológicas, para obtener un contraste con los resultados que se obtengan con la red científica (media agua). Lo que será formalizado por escrito los primeros días de mayo (5 de mayo) del presente.

Firman los presentes a continuación

Nombre	Organización	Firma
Michael Ruiz Naranjo	Los Jaques A.S.	
Osvaldo Naranjo	ARMADOR ARTESANAL	
Victor Leiva W.	ARMADOR ARTESANAL	
Bruno Cabillos S.	Subperce	
Hernán Rebolledo	U. de Concepción	
Cristián Parra Riquelme	U. de Concepción	
Ana Paillón	SSPA	
VICTOR ESPESO	SSPA	

## **Apéndice B**

# **Taller de Trabajo: Difusión de resultados de la evaluación acústica de sardina austral**

### **B.1. Presentación**

En este documento se comunican resultados de la evaluación acústica de sardina austral realizadas con el método estratificado y geoestadístico, y que constituyen parte de los resultados obtenidos en el marco de la ejecución del Proyecto FIP 2013-11 Evaluación Hidroacústica de Pelágicos Pequeños en Aguas Interiores de la X y XI Región, año 2013. Estos resultados fueron solicitados por Subsecretaría de Pesca para ser presentados en el Taller de Trabajo de la Mesa Pelágica, realizada el 22 de octubre de 2013 en dependencias de la Fundación Chiquihue, Puerto Montt.

### **B.2. Objetivo**

Presentar resultados actualizados de la biomasa acústica de sardina austral, según los métodos de estimación comprometidos en el Proyecto FIP 2013-11.

## B.3. Metodología general

### B.3.1. Áreas y periodo de estudio

En la Región de Los Lagos y de Aysén, el área de estudio quedó definida por 6 y 5 estratos, respectivamente (**Figura B.1**). El muestreo acústico de estos estratos fue realizado mediante un trazado de navegación continuo, el cual involucró 1080 mn en la Región de Los Lagos y de 937 mn en la Región de Aysén (**Figura B.2**). El tamaño de los estratos fue definido por una distancia de 10 mn de la costa, y sus límites fueron acordados según la conformación de zonas de pesca, e información *ad hoc* provista por los pescadores de cada región. El periodo de estudio quedó definido entre el 13 de mayo y 31 de mayo de 2013 en la Región de Los Lagos, y entre el 3 y 30 de junio de 2013 en la Región de Aysén.

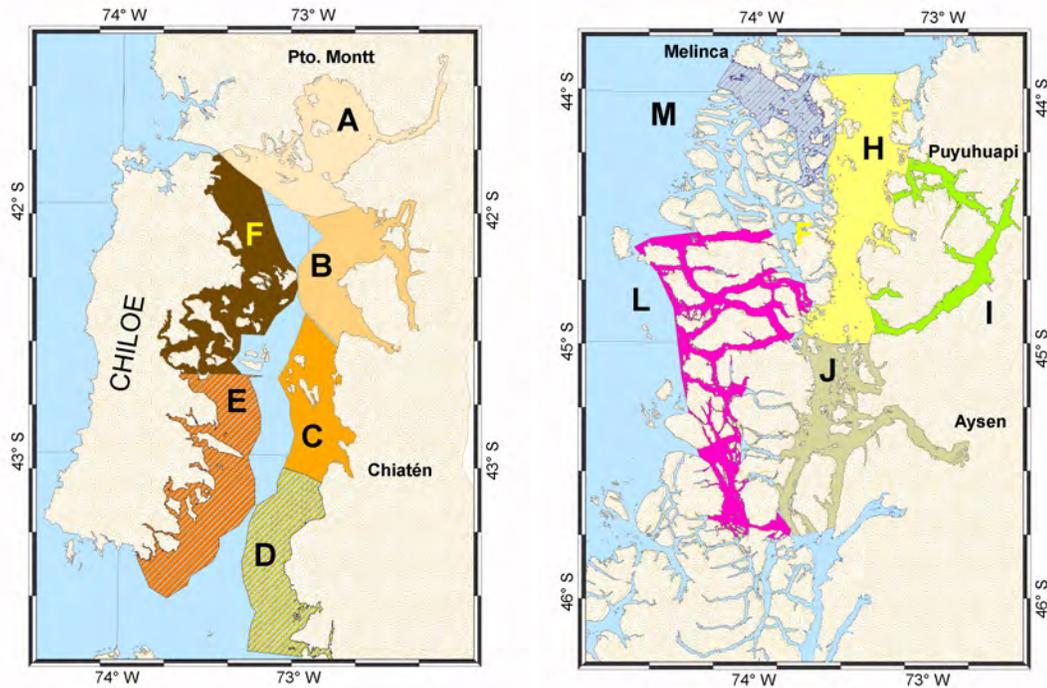


Figura B.1: Estratificación del área de estudio considerando 10 millas náuticas de la costa y según la localización de zonas de pesca de pelágicos pequeños (Cubillos et al., 2011)

El trazado de navegación fue acordado con los pescadores, con el objeto de evaluar acústicamente las zonas de pesca donde ellos operan regularmente. El muestreo acústico se realizó con una embarcación dotada con ecosonda científica EK-60 y transductor de 38 KHz adosado por banda y localizado a 2 m bajo la línea de flotación. En la Región de Los Lagos se usó la lancha Huracán y en la Región de Los Lagos la lancha Don Luis. Con el objeto de

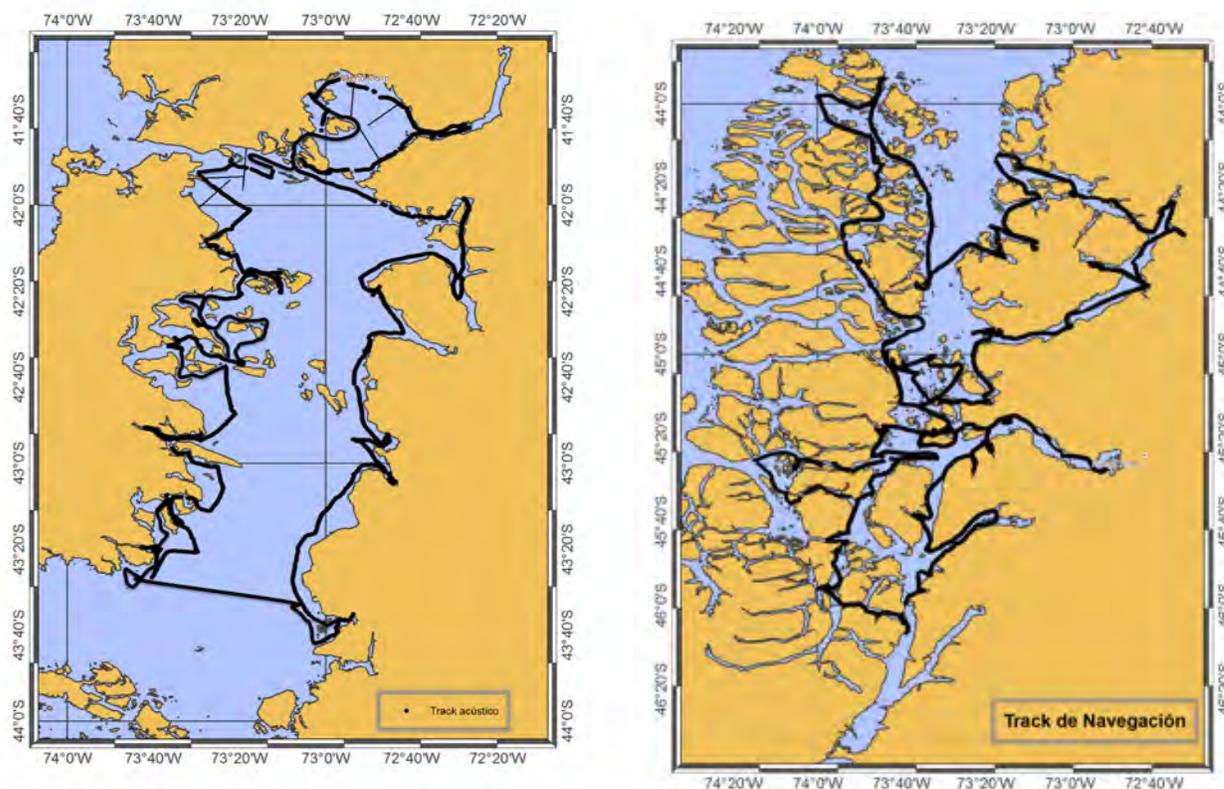


Figura B.2: Recorrido del crucero de prospección acústica en la Región de Los Lagos (13 al 31 de Mayo de 2013) y en la Región de Aysén (3 al 30 de Junio de 2013)

realizar mini grillas de evaluación sobre agregaciones de densidad detectadas con sonar y realizar lances de pesca de identificación, se utilizó una embarcación auxiliar que acompañó a la nave de evaluación acústica mientras que otras embarcación realizó pesca, respectivamente. Se optó por una nave extra con el objeto de evitar la interferencia electromagnética del sonar sobre la ecosonda científica y permitir contar con un número suficiente de lances.

### B.3.2. Procesamiento y análisis de los datos acústicos

El post proceso de los datos acústicos contó con la asesoría directa del Sr. Mariano Gutiérrez (UNOPS, Perú). Se utilizó el software de procesamiento ECHOVIEW (versión 5.4.1) para el proceso de interpretación y eco-integración de los ecogramas. El post proceso se ajustó a un estrato batimétrico de análisis de 5-200 m y a un intervalo básico de 0.5 millas náuticas. En cada ecotrazo se analizó la pertinencia de las especies en estudio

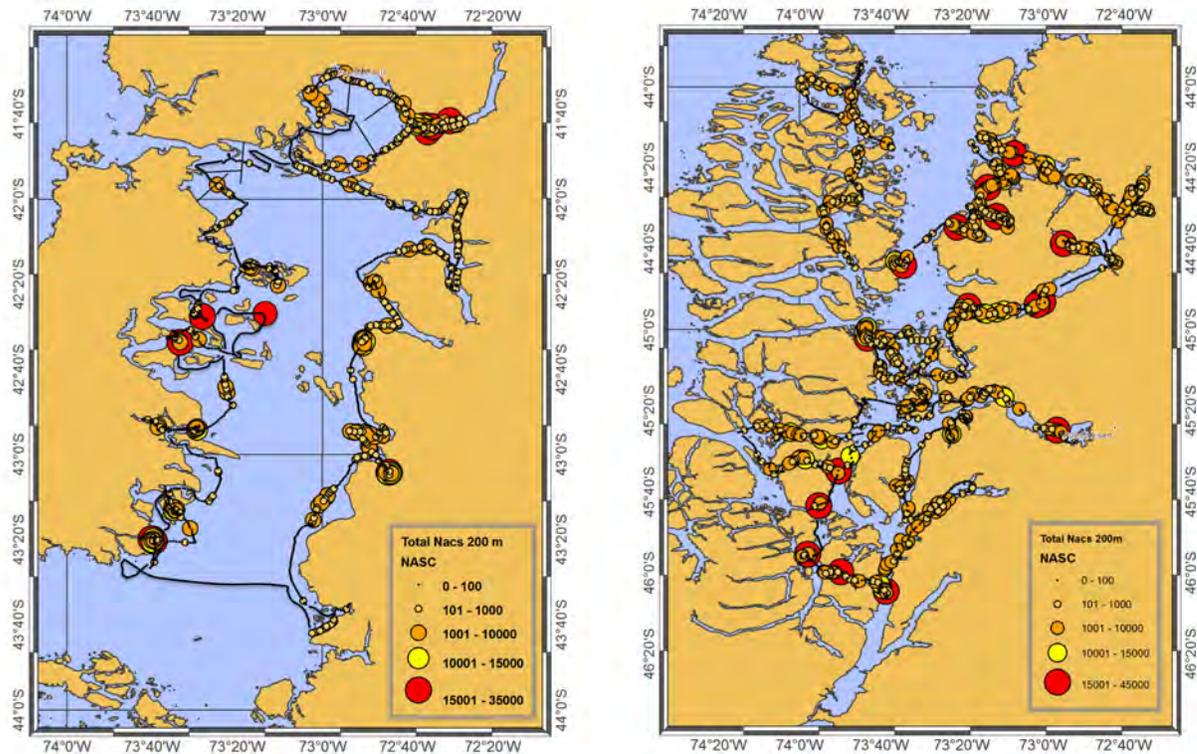


Figura B.3: Distribución total de NASC para pequeños pelágicos en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén.

eliminándose aquellos ecos de otro origen (ej: capas de plancton, ruido de la embarcación, fondos levantados, ruido ambiental, burbujas de aire, entre otros (Simmonds et al., 1992).

Para el caso particular de la Región de Los Lagos donde se contaba con registros acústicos multifrecuencia (38 y 120 KHz), se utilizó el algoritmo de escrutinio según Ballon (2010) y Ballon et al. (2011). Obteniéndose valores de eco-integración NASC (Nautical Area-Scattering Coeficient) para peces pelágicos pequeños cada 0.5 milla náutica. Para el caso de la información obtenida en la Región de Aysén, solamente se contó con registros de la frecuencia de 38KHz, razón por la cual se utilizó el criterio de separación del umbral de -65 dB (según Simmonds and MacLennan, 2005; Kaltenberg y Benoit-Bird, 2009). La distribución de los NASC totales da cuenta de la distribución y abundancia relativa de peces pelágicos pequeños en cada región (Figura B.3).

Una vez obtenido los valores de eco-integración (NASC), se procedió a la asignación de las pescas de identificación; calculándose una variable sigma-ton para cada evento de pesca de identificación. El sigma-ton ( $\sigma_{ton}$ )

relaciona la longitud y peso promedio de los peces, de tal manera que refleje la estructura de tamaños del área donde se efectuó la maniobra de pesca. En este sentido, a medida que incrementa el valor de sigma-ton, disminuye la estructura de tamaños y esto es importante en la asignación de los lances de identificación a las NASC más cercanas a ese lance. De acuerdo a esto, el área de estudio se dividió en zonas para el cálculo de densidad ( $ton/mn^2$ ) en las NASC.

El coeficiente de retrodispersión sonora por unidad de área ( $S_{a_{x,y}}$ ) se mide en  $m^2/mn^2$  (Foote y Knudsen 1994) es una medida de densidad acústica que se puede convertir a una medida biológica de densidad de peces ( $ton/mn^2$ ) de la especie  $i$  en la localidad  $(x,y)$ ,  $Z(x,y)_i$ , al dividirlo por la sección transversal de retrodispersión sonora, normalizada por unidad de peso ( $\sigma_{ton}$ ) en  $m^2/ton$ . Hay que aclarar que según las definiciones y símbolos utilizados en acústica pesquera, MacLennan et al. (2002) han recomendado utilizar la abreviación NASC (Nautical area-scattering coeficient) en lugar de  $S_{a_{x,y}}$ , debido a problemas con la terminología acústica que se utiliza en eco-integración. En nuestro caso para el procesamiento de información se prefiere utilizar  $Z(x,y)$ , debido a que los valores de densidad están referenciados a una localidad geográfica  $(x,y)$ , por lo tanto:

$$Z(x,y)_i = NASC(x,y)_i / \sigma_{ton}(x,y)_i$$

donde

$$\sigma_{ton}(x,y)_i = \bar{\sigma}(x,y)_i / \bar{W}(x,y)_i$$

donde  $\bar{W}(x,y)_i$  es el peso promedio (ton) de la especie  $i$  del lance que representa la localidad  $(x,y)$ , y  $\bar{\sigma}(x,y)_i$  es la sección promedio transversal de retrodispersión sonora (en  $m^2$ ) de la especie  $i$ , la que se calculará mediante:

$$\bar{\sigma}(x,y)_i = 4\pi \sum_j^n f_j 10^{TS_j/10}$$

donde  $f_j$  es la frecuencia de clases de tamaños  $j$  a partir de los lances de pesca de identificación y TS (target strength) es la fuerza de blanco de la clase de tamaño  $L_j$ . Debido a la presencia de más de una especie en los lances de pesca de identificación, el coeficiente de retrodispersión,  $NASC(x,y)_i$ , para la especie  $i$  se obtendrá a partir de la combinación lineal convexa (MacLennan y Simmonds, 1992):

$$NASC_i = NASC_m \varpi_i \bar{\sigma}_i / \sum \varpi_i \bar{\sigma}_i$$

donde  $NASC_m$  es el coeficiente de retrodispersión sonora para la mezcla y  $\varpi_i$  es la proporción de la especie  $i$ , calculada como el promedio ponderado de la composición de la captura.

Las ecuación de TS utilizada fue:

Especie	Ecuación	Referencia
sardina austral	$TS = 20 \log(L) - 67, 59$	Proyecto FIP2013-11

### **B.3.3. Estimación de la biomasa**

#### **B.3.3.1. Método estratificado**

A partir de los NASC totales, la densidad acústica de sardina austral se calculó considerando la proporción de especies estimada desde los lances de identificación y asignando la estructura de tallas. En la Región de los Lagos, se registró una mayor presencia de sardina austral sobre la costa oriental de la Isla de Chiloe: Archipiélago conformado por las Islas Meulin, Quenac, Teuquelin y Caguache (Zona F); lugares cercanos a el Puerto Quellón e Isla San Pedro (Zona E) y los sectores continentales cercanos a Puerto Auchemo (Zona C) y entrada del Estero Reñihue (Zona B). Por otro lado, en la Región de Aysén la mayor presencia de este recurso se registró en las costas y canales cercanos a puerto Aguirre: canal Rodríguez, Pilcomayo, Moraleda, sector Americano (Zona H-J), destacando también el área sur de prospección, dirigida hacia los canales Barros Arana, Chacabuco y Vicuña (Zona J-L).

#### **B.3.3.2. Método geoestadístico**

Se utilizó el método geoestadístico paramétrico para estimar la biomasa de sardina austral, el cual considera una distribución de probabilidad condicional normal para los datos y una función de verosimilitud normal multivariada para los parámetros. Los métodos geoestadísticos paramétricos han sido descritos por Ribeiro y Diggle (2001), y los algoritmos de estimación están disponibles a través del programa de análisis espacial geoR para el lenguaje y programa R (<http://www.r-project.org>).

El análisis geoestadístico fue aplicado para obtener los parámetros en la modelación espacial de sardina austral en cada región, en forma independientemente. Al respecto, cabe señalar que en ambas regiones el mejor modelo que caracteriza la estructura espacial de la densidad poblacional fue el modelo exponencial con varianza residual (efecto pepita) en ambas Regiones. Previamente se estableció que la modelación espacial era un mejor modelo que uno no espacial de acuerdo a los valores de AIC.

## **B.4. Resultados**

### **B.4.1. Método estratificado**

La estimación de biomasa con el método estratificado, por estratos geográficos y de profundidad, arrojó valores de 118173 toneladas para la Región de Los Lagos y de 101630 toneladas para la Región de Aysén (**Tabla B.1**).

Tabla B.1: Estimaciones estratificadas de la biomasa de sardina austral en la Región de Los Lagos (mayo de 2013) y en la Región de Aysén (junio de 2013).

Los Lagos		Aysén	
Estratos	Biomasa (t) y CV (%)	Estratos	Biomasa (t) y CV (%)
A	20161 (33,2)	J	15356 (15,8)
B	5848 (42,3)	L	13409 (30,5)
C	23755 (17,8)	K	4125 (25,8)
D	34423 (28,0)	I	11950 (18,2)
E	20424 (20,7)	H	56790 (13,1)
F	13562 (20,7)	M	-
Total	118173 (11,6)	Total	101630 (9,01)

### B.4.2. Geoestadística

El análisis máximo verosímil de la densidad poblacional de sardina austral en la Región de Los Lagos, medida en toneladas por kilómetro cuadrado, indicó que ésta se encontró en prácticamente todas las celdas de tamaño 2 x 2 km definidas para determinar la presencia/ausencia del recurso durante la prospección acústica y muestra que la densidad sigue una distribución de probabilidad de tipo log-normal.

La modelación espacial de la densidad poblacional de sardina austral tanto en la Región de Los Lagos como en la Región de Aysén, mostró que el mejor modelo de estructura correspondió al exponencial con varianza residual (efecto pepita) (**Figura B.4, Tabla B.2**).

La biomasa de sardina austral mediante el enfoque geoestadístico paramétrico alcanzó a 122.469,3 toneladas (Err.Std. = 9334,5 toneladas) en Los Lagos, mientras que en Aysén se estimó una biomasa que alcanzó a 92.890,2 toneladas (Err.Std. = 6.457 toneladas).

## B.5. Consideraciones finales

La evaluación de la biomasa acústica de sardina austral se realizó en mayo y junio para la Región de Los Lagos y la Región de Aysén, respectivamente. El periodo del crucero pudo ser tardío considerando que la mayor disponibilidad de juveniles que están reclutando tiende a presentarse desde febrero a abril en la Región de Los Lagos. Sin embargo, la estimación de la biomasa da cuenta de un aumento relativo respecto de enero de 2011

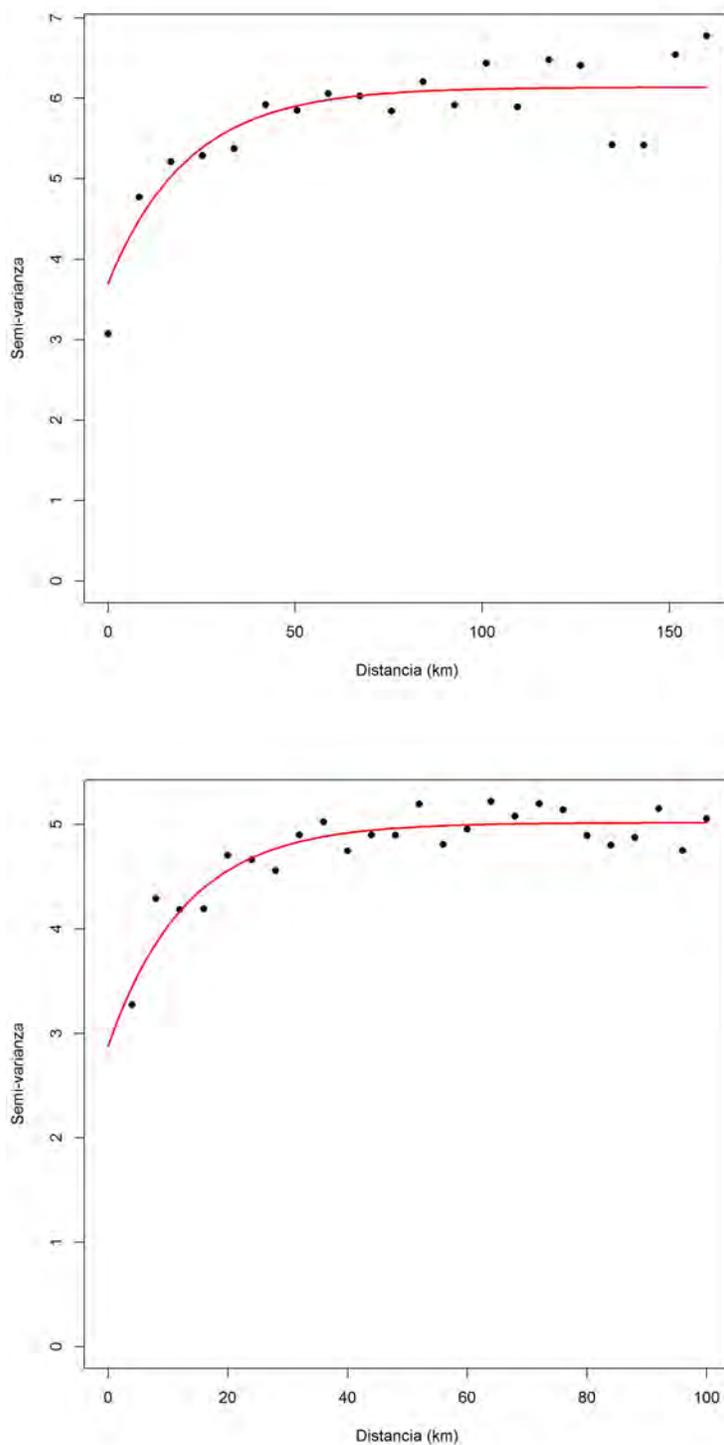


Figura B.4: Variograma exponencial que caracteriza la distribución espacial de la densidad poblacional ( $t/km^2$ ) de sardina austral en la Región de Los Lagos (arriba) y Región de Aysén (abajo).  
*FIP 2013-11 Evaluación acústica de pelágicos pequeños*

Tabla B.2: Estimación por máxima verosimilitud de la densidad media (t/km<sup>2</sup>) de sardina austral, X y XI Región. El error estándar se presentan entre paréntesis, para la densidad media se presenta su coeficiente de variación

Parámetro	Los Lagos	Aysén
Variograma	Exponencial	Exponencial
Coefficiente de transformación Box-Cox ( $\lambda$ )	0,1	0,1
Media transformada ( $\mu$ )	-0,718 (0,076)	1,041 (0,054)
Varianza espacial ( $\sigma^2$ )	2,432	2,141
Nugget ( $\tau^2$ )	3,702 (0,148)	2,875 (0,108)
Rango espacial ( $\phi$ )	21,3 (6,841)	12,968 (4,426)
Densidad media ( $Z$ , t/km <sup>2</sup> )	0,498 (0,147)	2,688 (0,557)
AIC espacial	-77,844	-221,071
AIC no-espacial	29,501	-184,243
$\Delta$ -AIC espacial - no espacial	-107,345	-36,828
Biomasa (toneladas)	122469 (9335)	92890 (6458)

(Cubillos et al., 2012). Si bien en este informe no se comunicó resultados relativos al número de lances y la estructura de tallas, éstos datos están disponibles a requerimiento. El objetivo de este informe solamente fue presentar los estimados de biomasa acústica estimados para la sardina austral a la Mesa Pelágica, y que al 22 de octubre (fecha del taller), el método geoestadístico cae en un estimado preliminar. Sin embargo, los resultados del método estratificado corresponden a los definitivos, y pueden ser usados para evaluar el estado de situación del recurso. Se destaca que las estimaciones que aquí se comunican consideran la fuerza de blanco de 67,59, la cual fue determinada a partir de blancos individuales de sardina austral confinados y cuyo resultados son parte integral del Proyecto FIP 2013-11.

La evaluación acústica de biomasa de sardina austral en la Región de Los Lagos y Región de Aysén, consideró 6 subzonas en la Región de Los Lagos y 5 subzonas en la Región de Aysén, y además cuatro estratos de profundidad (0 a 50 m, 50 a 100 m, 100 a 150 m, y 150 a 200 m). La estimación estratificada de la biomasa fue de 118173 toneladas (CV=11,6 %) en la Region de Los Lagos y 101630 toneladas (CV=9,0 %) en la Región de Aysén, mientras que la estimación con el método geoestadístico fue de 122469 toneladas (CV=7,6 %) en la Región de Los Lagos y 92890 (7,0 %) toneladas en la Región de Aysén.

Tabla B.3: Personal participante por actividad y horas-hombre realizadas.

Nombre	Actividad	HH
Luis Cubillos	Jefe Proyecto	256
Leonardo Castro	Hidrografía	291
Mariano Gutierrez	Acústica	575
Sandra Curin	Estimación biomasa	275
Claudio Carrasco	Estimación biomasa	555
Ma. Cristina Pérez	Estimación biomasa	240
Cristian Parra	Crucero	430
René Riffo	Crucero	420
Alejandro Yáñez	Crucero	420
Germán Vásquez	Crucero	420
Paulina Vásquez	Hidrografía	555
Pamela Barrientos	Hidrografía	420
Samuel Soto	Hidrografía	555
Ma. José Cuevas	Hidrografía	240
Miguel Araya	Edad	202
Eduardo Navarro	Correntometría	210
Eduardo Escalona	Crucero	202
Daniel Pezo	Crucero	240
Leticia Cisterna	Hidrografía	200
Carolina Alarcón	Biología-pesquera	240
Sandra Montecinos	Crucero	420
Roberto Torres	Crucero	420

# Apéndice C

## Informe y base de datos

El informe y la base de datos que contiene toda la información básica que se obtuvo durante la ejecución del Proyecto FIP 2013-11 “Evaluación Hidroacústica de Pelágicos Pequeños en Aguas Interiores de la X y XI Regiones, año 2013”, se encuentra almacenada en:

FIP2012-09 CD-2: Disco compacto conteniendo la base de datos, según lo solicitado en las bases administrativas y especiales, con la siguiente estructura y descripción de los archivos:

Tabla C.1: Descriptores de los datos.

Ruta	Arch	Descriptor
Basededatos-FIP2013-11	Bitacora2013.xls	Bitacora de pesca.
	CTDXR.xls	Muestras de CTD X Región.
	CTDXIR.xls	Muestras de CTD XI Región.
	ResECHOVIEWXRegion	Muestreo acústico X Región.
	ResECHOVIEWXIRegion	Muestreo acústico XI Región.
	MBEFTXREGION2013	Muestreo biológico y Frecuencia de tallas X Región
	MBEFTXIREGION2013	Muestreo biológico y Frecuencia de tallas XI Región

