



Instituto de  
Investigación  
Pesquera

# Informe Final

---

**FIP N° 2002-14**

**EVALUACIÓN DEL STOCK  
DESOVANTE DE ANCHOVETA Y  
SARDINA COMÚN ENTRE LA V Y X  
REGIONES, AÑO 2002**

Talcahuano, junio de 2003

**TITULO DEL PROYECTO** : Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X regiones, año 2002

**REQUIRENTE** : Consejo de Investigación Pesquera, CIP  
Fondo de Investigación Pesquera  
Presidente CIP: Felipe Sandoval Precht

**UNIDAD EJECUTORA** Departamento de Pesquerías  
Instituto de Investigación Pesquera  
Director: Dagoberto Arcos Rojas

**UNIDADES SUBCONTRATADAS** : Instituto de Fomento Pesquero  
Dirección Zonal I y II Región  
Director: Jorge Oliva

Departamento de Oceanografía  
Universidad de Concepción  
Director: Ciro Oyarzún

**JEFE PROYECTO** : Luis Cubillos Santander (MSc)  
Biólogo Pesquero  
Instituto de Investigación Pesquera  
Casilla 350, Talcahuano, Chile  
Tel.: 56-41-583741  
Fax: 56-41-583939  
E-mail: lcubillos@inpesca.cl

---

FIP 2002-14

## EVALUACIÓN DEL STOCK DESOVANTE DE ANCHOVETA Y SARDINA COMÚN ENTRE LA V Y X REGIONES, AÑO 2002



**Instituto de  
Investigación  
Pesquera  
Octava Región**

### **Jefe Proyecto**

**Luis Cubillos S.**

**Editor : Luis Cubillos**

**Autores : Núñez, S., Ruiz, P., Véjar, F.**

*Distribución y abundancia de huevos de anchoveta y sardina común*

**Oliva, J., Claramunt, G., Herrera, G., Pizarro, P., Muñoz, Y., Díaz, E.**

*Fecundidad parcial y frecuencia del desove de anchoveta*

**Oyarzún, C., Gacitúa, S., Aedo, G., Gonzalez, P., Valero, C., Daza, E., Leal, E.**

*Fecundidad parcial y frecuencia del desove de sardina común*

**Castro, L., Roa, R., Núñez, S., Veas, R.**

*Condiciones ambientales y distribución de huevos de anchoveta y sardina común*

**Rebolledo, H., Pino, C.**

*Frecuencia de tallas y proporción sexual de anchoveta y sardina común*

**Cubillos, L., Ruiz, P., Sepúlveda, A., Alarcón, C.**

*Producción diaria de huevos y biomasa desovante de anchoveta y sardina común*

Talcahuano (Chile), 2003



## 1 PERSONAL PARTICIPANTE

PERSONAL PROFESIONAL	FUNCIÓN	HH
Luis Cubillos S.	Jefe de Proyecto Producción diaria de huevos y mortalidad. Estimación de varianzas. Estimación biomasa desovante. Taller	360
Aquiles Sepúlveda O.	Modelos asignación de la edad. Crucero de adultos. Asignación de edad.	270
Claudio Gatica	Estimación de varianzas. Evaluación tamaños de muestra.	100
Flor Véjar	Crucero. Análisis espacial de parámetros oceanográficos.	240
Héctor Peña	Coordinación logística Crucero de adultos.	135
Sergio Núñez	Crucero Ictioplanctónico. Oceanografía.	235
Claudio Pino	Crucero de adultos. Coordinador zona centro.	230
Patricia Ruiz	Ictioplancton. Asignación de edades a huevos. Crucero.	435
Hernán Rebolledo	Crucero de Adultos. Coordinador zona sur	120
Carlos Gonzalez	Crucero de Adultos	135
José Ortiz	Oceanografía y Distribución huevos	335
Patricio Torres	Oceanografía. Crucero Huevos	225
Carolina Alarcón	Ictioplancton. Separación y clasificación. Crucero	300
Francisco Contreras	Crucero de adultos	120
Francisco Gómez	Crucero de adultos	120
Claudio Toro	Crucero de adultos	200
Ivonne Calisto	Crucero de Huevos	200
Maximiliano Reyes	Crucero de adultos	240
<b>IFOP</b>		
Jorge Oliva	Coordinador – reproducción. Taller	220
Eduardo Díaz	Reproducción	480
Victor Baros	Reproducción	320
Sergio Barraza	Reproducción	480
Carlos Montenegro	Análisis estadístico – pesquero	80
Patricio Barría	Evaluación de stock. Taller	60
Rodolfo Serra	Evaluación de stock. Taller.	60
Gabriel Claramunt	Reproducción	180
Gustavo Herrera	Reproducción	170
Yasna Muñoz	Reproducción	150
Pedro Pizarro	Reproducción	100

<b>PERSONAL PROFESIONAL</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>HH</b>
<b>U. de Concepción</b>		
Ciro Oyarzún	Reproducción	133
Santiago Gacitua	Reproducción	110
Leonardo Castro	Oceanografía	167
Ivan Veas	Crucero ictioplancton	105
Marcelo Pavez	Crucero ictioplancton	94
Paola Gonzalez	Reproducción	149
Gustavo Aedo	Reproducción	140
Erik Daza	Reproducción	100
Ruben Roa	Oceanografía-ictioplancton	167
Alejandra Llanos	Oceanografía-Ictioplancton	90
Maria Krautz	Crucero ictioplancton	167
<b>Colaboradores:</b>		
Elson Leal F.	Reproducción	
Christian Valero	Reproducción	
Mariano Moreno	Muestreo adultos	
Pedro Carrasco	Muestreo adultos	
Rubén Mena	Muestreo adultos	
Cristian Villouta	Muestreo adultos	
Alejandro Benavides	Muestreo adultos	

## 2 RESUMEN EJECUTIVO

---

Entre el 15 de agosto y 9 de septiembre de 2002, se desarrolló un crucero orientado a la evaluación de la biomasa desovante de anchoveta y sardina común mediante el método de la producción diaria de huevos.

La condición reproductiva de las especies, evaluada a través de indicadores macroscópicos previo al crucero, indicó que ambas especies habrían iniciado su actividad reproductiva invernal en julio de 2002. La condición reproductiva macro y microscópica de sardina común indicó que el crucero de huevos y adultos se desarrolló en plena actividad reproductiva.

Durante la ejecución del crucero ictioplanctónico se evaluó tres estratos geográficos: a) sector norte, entre Valparaíso y Constitución ( $33^{\circ} - 34^{\circ}40'S$ ), b) sector centro, entre Constitución y Golfo de Arauco, y c) sector sur, entre Bahía Carnero y Punta Galera ( $37^{\circ}28'S - 40^{\circ}S$ ), a través de un muestreo sistemático sobre una grilla de 761 estaciones separadas cada 2 millas náuticas y dispuestas en transectas perpendiculares a la costa equidistante cada 5 millas náuticas, excepto en el sector norte en que las estaciones estuvieron separadas cada 10 millas náuticas. El sector norte y sur fue realizado a bordo del PAM Fox de Pesquera El Golfo, mientras que el sector centro fue evaluado a bordo de la L/I KayKay de la Universidad de Concepción. Por razones meteorológicas, el muestreo de la zona centro terminó de evaluarse el 25 de septiembre lo que básicamente implicó 24 estaciones en la Bahía de Concepción a bordo de la L/M Río Maipo II.

Desde el punto de vista meteorológico, el período de estudio estuvo dominado por cinco sistemas frontales e inestabilidades post-frontales que se caracterizaron por vientos intensos del cuadrante norte que producen transporte de agua hacia la costa y convergencias.

La expresión del desove indicó la ausencia de huevos de ambas especies entre Valparaíso y Constitución, excepto por algunas estaciones positivas ligeramente al norte de Constitución. En el sector centro, hubo mayor abundancia de huevos de sardina común (10,0 huevos/0,05

m<sup>2</sup>) que de anchoveta (4,1 huevos/0,05 m<sup>2</sup>) en las estaciones totales, expresándose el desove de anchoveta con una mayor extensión latitudinal a lo largo de la región más costera. En el sector sur, la expresión del desove estuvo restringida al sector más costero asociado a la isóbata de 50 m. La abundancia de anchoveta fue de 10,2 huevos/0,05 m<sup>2</sup>, levemente menor que la sardina común (12,6 huevos/0,05 m<sup>2</sup>). Se considera que el crucero abarcó de buena forma el área de desove de ambas especies, resolviéndose los límites longitudinales y latitudinales del desove en el área de estudio.

El crucero de adultos se desarrolló mediante la modalidad de pesca de investigación, utilizando 10 lanchas artesanales distribuidas en el sector centro y sur del área de estudio. Se lograron 106 lances de pesca de los cuales 17 resultaron sin pesca. Específicamente se lograron 39 lances de pesca efectivos de anchoveta y 76 de sardina común. La cobertura geográfica del muestreo de adultos fue amplia, entre el sur de Constitución y Punta Galera.

A bordo se midieron 4.884 ejemplares de anchoveta, de las cuales 2.501 fueron machos y 2.383 hembras. La distribución de tallas fue bimodal con una mayor participación de ejemplares con moda en 10 cm en el sector centro y de 14 – 15 cm en el sector sur. En el caso de la sardina común se midieron 11.569 ejemplares (6.321 machos y 5.248 hembras), y observó una estructura de tallas similar entre el sector norte y sur, caracterizada por dos modas; una principal centrada en los 10 cm y otra secundaria en los 14 – 14,5 cm.

En relación con los objetivos específicos del proyecto, los principales resultados obtenidos permiten concluir lo siguiente:

- a) La expresión espacial del desove de ambas especies estuvo circunscrita al sector nerítico costero comprendido por la isobata de 50 m aproximadamente, con núcleos de desove representados entre Constitución - Golfo de Arauco y Bahía Carnero – Corral.
- b) La producción diaria de huevos fue estimada por regresión no-lineal ponderada en cada estrato geográficos, siendo en la anchoveta de 19,6 huevos/0,05 m<sup>2</sup>/día (CV = 2,96 %) y de 47,7 huevos/0,05 m<sup>2</sup>/día para la sardina común (CV = 3,31 %). La tasa

de mortalidad diaria de huevos, que fue estimada en 0,410 y 0,607 día<sup>-1</sup> para anchoveta (CV = 18,3 %) y sardina común (CV = 32,7 %), respectivamente.

- c) Los principales parámetros reproductivos utilizados en el método de la producción diaria de huevos fueron evaluados a partir de 1.348 hembras en 32 lances de pesca de anchoveta y de 1.278 hembras en 57 lances de pesca de sardina común. Durante el crucero de evaluación, las hembras de anchoveta y sardina común se encontraban reproductivamente activas.
- d) La fecundidad parcial se relacionó linealmente en función del peso corporal a partir de 158 hembras de anchoveta y 116 hembras de sardina común. La fecundidad media poblacional estimada para todos los lances de pesca fue de 6.758 ovocitos en la anchoveta (CV = 6,9 %) y 9.227 ovocitos en la sardina común (CV = 3,54 %).
- e) La fracción diaria de hembras desovantes fue estimada en 10,7 % en la anchoveta (CV = 12,8 %) y 13,1 % en la sardina común (CV = 11,34 %). Aparentemente, la mayor fracción diaria de hembras desovantes de sardina común explica la mayor producción diaria de huevos encontrada para esta especie.
- f) La proporción de hembras en peso fue estimada en 51 % para la anchoveta (CV = 3,7 %) y en 47 % para la sardina común (CV = 3,28 %), mientras que el peso promedio de las hembras maduras fue de 18,6 g en la anchoveta (CV = 5,8 %) y 21,4 g en la sardina común (CV = 3,6 %).
- g) El área de desove fue más extenso en la anchoveta que en la sardina común, con 26,2 % y 15,3 % del área total de estudio (27.835,5 km<sup>2</sup>). Cabe señalar que prácticamente no hubo expresión del desove entre Valparaíso y Constitución.
- h) La biomasa desovante fue estimada en 144.329 t para la anchoveta (CV = 13,2 %) y 153.898 t para la sardina común (CV = 13,98 %), valores que son consistentes con la biomasa desovante estimada con el método hidroacústico en el 2001 y por evaluaciones indirectas realizadas entre 1990 y 1998.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1</b>	<b>PERSONAL PARTICIPANTE</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b> .....	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS ESPERADOS</b> .....	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>15</b>
<b>7</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>16</b>
7.1	TALLER DE DISCUSION DE RESULTADOS.....	16
7.2	AREA DE ESTUDIO.....	17
7.3	EPOCA DEL CRUCERO.....	17
7.3.1	<i>Vigilancia reproductiva</i> .....	17
7.4	DISEÑO DE MUESTREO ICTIOPLANCTONICO.....	19
7.4.1	<i>Muestreo de huevos</i> .....	21
7.4.2	<i>Muestreo oceanográfico</i> .....	22
7.5	DISEÑO DE MUESTREO DE ADULTOS.....	23
7.5.1	<i>Tamaño de muestra</i> .....	23
7.6	METODOLOGIA POR OBJETIVO ESPECIFICO.....	25
7.6.1	<i>Estimación de la producción diaria de huevos, varianza y tasa de mortalidad instantánea de huevos</i> .....	25
7.6.2	<i>Estimación de la proporción de estadios de madurez sexual y la fracción diaria de hembras desovantes</i> .....	29
7.6.3	<i>Estimación de la fecundidad parcial en función del peso corporal y fecundidad media poblacional</i> .....	34
7.6.4	<i>Estimación de la proporción sexual y peso promedio de hembras maduras</i> .....	36
7.6.5	<i>Estimación de la biomasa del stock desovante</i> .....	38
7.6.6	<i>Covarianza de los parámetros</i> .....	39
7.6.7	<i>Análisis de la distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas</i> .....	40
<b>8</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>45</b>
8.1	DESARROLLO DEL MUESTREO PLACTÓNICO Y DE ADULTOS.....	45
8.1.1	<i>Indicadores reproductivos</i> .....	45
8.1.2	<i>Monitoreo reproductivo</i> .....	46
8.2	CONDICIONES METEOROLÓGICAS GENERALES.....	48
8.3	DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE HUEVOS DE ANCHOVETA Y SARDINA COMÚN.....	49
8.3.1	<i>Distribución espacial</i> .....	53
8.4	CRUCERO DE ADULTOS.....	57
8.4.1	<i>Distribución espacial de los lances de pesca</i> .....	58
8.4.2	<i>Distribución de tamaños</i> .....	59
8.5	RESULTADOS POR OBJETIVO ESPECIFICO.....	61

8.5.1	<i>Estimación de la producción diaria de huevos, varianza y tasa de mortalidad instantánea de huevos</i> .....	61
8.5.2	<i>Estimación de la proporción de estadios de madurez sexual y la fracción diaria de hembras desovantes</i> .....	65
8.5.3	<i>Estimación de la fecundidad parcial en función del peso corporal y fecundidad media poblacional</i> .....	69
8.5.4	<i>Estimación de la proporción sexual y peso promedio de hembras maduras</i> .....	71
8.5.5	<i>Estimación de la biomasa del stock desovante</i> .....	71
8.5.6	<i>Análisis de la distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas</i> .....	72
<b>9</b>	<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b> .....	<b>93</b>
9.1	DESARROLLO DEL CRUCERO .....	93
9.2	PRODUCCIÓN DIARIA DE HUEVOS.....	95
9.3	ASPECTOS REPRODUCTIVOS.....	97
9.4	BIOMASA DESOVANTE .....	98
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>100</b>
<b>11</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>102</b>
<b>12</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>108</b>
12.1	ANEXO A: TALLER DE DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	108
12.2	ANEXO B: CALIBRACIÓN DE TERMISTORES .....	114
12.3	ANEXO C: BITÁCORA DE PESCA CRUCERO DE ADULTOS .....	115
12.4	ANEXO D: EVALUACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA.....	118
12.5	ANEXO E: FACTORES DE CORRECCIÓN DEBIDO AL FIJADOR.....	121
12.6	ANEXO F: DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE DESOVE.....	125

### Listado de Tablas

Tabla	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Escala empírica de madurez sexual para hembras de especies desovantes parciales (adaptada de Holden y Raitt, 1975).	19
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de los estadios de desarrollo embrionario.	26
<b>Tabla 3.</b> Caracterización de los estadios ováricos de peces pelágicos, modificada para hembras de sardina común y anchoveta.	30
<b>Tabla 4.</b> Estados de madurez microscópicos de sardina común obtenidos del monitoreo (n=146).	47
<b>Tabla 5.</b> Número de ejemplares de sardina común con Folículos postovulatorios (FPO) en cada una de las muestras analizadas del monitoreo (n=146).	47

- Tabla 6.** Número de estaciones positivas para huevos de sardina común y anchoveta, considerando los diferentes sectores al interior del área de estudio. Entre paréntesis se entrega el porcentaje de estaciones positivas con relación al total de estaciones realizadas en cada sector de estudio. 53
- Tabla 7.** Estadística básica de la densidad promedio de huevos de sardina común y anchoveta (huevos/0,05 m<sup>2</sup>) por sector de estudio, considerando el total de estaciones de muestreo y las estaciones positivas para cada recurso. 54
- Tabla 8.** Edad y abundancia promedio, y desviación estándar de sardina común y anchoveta, por estratos geográficos. 64
- Tabla 9.** Estimación de la producción diaria de huevos y tasa de mortalidad diaria de huevos de anchoveta y sardina común. 65
- Tabla 10.** Proporción de estadios de madurez sexual microscópicos de anchoveta y sardina común durante el crucero de evaluación. 66
- Tabla 11.** Resumen de los datos de los lances. Promedios del muestreo aleatorio de hembras maduras de anchoveta: longitud total (LT), peso total (PT), peso total corregido (PTCOR), peso corporal (PC), peso de gónada (PG), fecundidad parcial estimada (FPE), hembras maduras (HM), hembras hidratadas (HH), folículos postovulatorios (FPO) de edad 0, 1, y 2 días. Peso total de hembras corregido (PTHCOR), hembras (H), peso total de machos corregidos (PTMCOR), y machos (M) del muestreo aleatorio de proporción sexual. 67
- Tabla 12.** Resumen de los datos de los lances. Promedios del muestreo aleatorio de hembras maduras de sardina común: longitud total (LT), peso total (PT), peso total corregido (PTCOR), peso corporal (PC), peso de gónada (PG), fecundidad parcial estimada (FPE), hembras maduras (HM), hembras hidratadas (HH), folículos postovulatorios (FPO) de edad 0, 1, y 2 días. Peso total de hembras corregido (PTHCOR), hembras (H), peso total de machos corregidos (PTMCOR), y machos (M) del muestreo aleatorio de proporción sexual. 68

<b>Tabla 13.</b>	Parámetros del modelo lineal utilizado para estimar la fecundidad parcial en función del peso corporal.	69
<b>Tabla 14.</b>	Parámetros reproductivos, producción diaria de huevos y biomasa del stock desovante de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur de Chile.	72
<b>Tabla 15.</b>	Covarianza (COVAR) y correlación (COR) entre los parámetros reproductivos de las hembras de anchoveta y sardina común.	72
<b>Tabla 15.</b>	Resultados de la prueba de aleatorización de la asociación entre los huevos de sardina común y anchoveta con la temperatura y profundidad. El símbolo “*” denota los valores de probabilidad de $0.05 \geq p > 0.01$ y el símbolo “**” denota los valores de probabilidad de $0.01 \geq p$ . El número debajo de cada valor p es el rango de preferencia de la variable ambiental.	87

## Listado de Figuras

<b>Figuras</b>		<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b>	Disposición geográfica de las estaciones de muestreo y batimetría (ecosonda) de la región de estudio.	20
<b>Figura 2.</b>	Índice gonadosomático de anchoveta y sardina común (1996 – Julio de 2002).	45
<b>Figura 3.</b>	Fracción de hembras maduras de anchoveta (arriba) y sardina común (abajo) del muestreo macroscópico, previo al crucero de huevos.	46
<b>Figura 4.</b>	Distribución del estado de madurez sexual de sardina común durante el monitoreo reproductivo (8 julio – 30 de agosto).	46
<b>Figura 5.</b>	Presión atmosférica superficial y ráfagas máximas de viento entre el 15 de agosto y el 11 de septiembre de 2002 (Estación meteorológica de INPESCA, Talcahuano).	49

- Figura 6.** Disposición geográfica de estaciones positivas y distribución espacial de huevos (huevos/0,05 m<sup>2</sup>) de anchoveta y sardina común en el sector norte del área prospectada. 50
- Figura 7.** Disposición geográfica de estaciones positivas y distribución espacial de huevos (huevos/0,05 m<sup>2</sup>) de anchoveta y sardina común en el sector central del área prospectada. 51
- Figura 8.** Disposición geográfica de estaciones positivas y distribución espacial de huevos (huevos/0,05 m<sup>2</sup>) de anchoveta y sardina común en el sector sur del área prospectada. 52
- Figura 9.** Distribución espacial de a) estaciones positivas para huevos de anchoveta, b) estaciones positivas para huevos de sardina común, c) densidad (huevos/0,05 m<sup>2</sup>) de huevos de anchoveta y d) densidad (huevos/0,05 m<sup>2</sup>) de huevos de sardina común al interior de la Bahía de Concepción. 56
- Figura 10.** Distribución espacial de los lances de pesca totales y lances de pesca efectivos de anchoveta, 19 de agosto – 9 de septiembre de 2002. 57
- Figura 11.** Distribución espacial de los lances de pesca totales y lances de pesca efectivos de sardina común, 19 de agosto – 9 de septiembre de 2002. 58
- Figura 12.** Composición de longitudes de la anchoveta (izquierda) y sardina común (derecha) en el crucero de adultos (19 de agosto – 9 de septiembre, 2002). 60
- Figura 13.** Número de huevos por estadio de desarrollo de anchoveta y sardina común, centro-sur de Chile. 61
- Figura 14.** Número de huevos de anchoveta y sardina común por grupos de edad provisionales de medio día, zona centro-sur de Chile. 62
- Figura 15.** Abundancia de huevos de anchoveta y sardina común en función de la edad. 63
- Figura 16.** Regresión lineal entre la fecundidad parcial y el peso corporal de hembras hidratadas de anchoveta (arriba) y sardina común (abajo). 70

<b>Figura 17.</b>	Temperatura superficial del mar en el área de estudio, agosto- septiembre de 2002.	74
<b>Figura 18.</b>	Temperatura a 10 m en el área de estudio, agosto – septiembre de 2002.	76
<b>Figura 19.</b>	Temperatura a 50 m en el área de estudio, agosto – septiembre de 2002.	77
<b>Figura 20.</b>	Salinidad a 10 y 50 m en la zona centro, agosto – septiembre de 2002.	78
<b>Figura 21.</b>	Oxígeno disuelto a 10 y 50 m en la zona centro, agosto – septiembre de 2002.	79
<b>Figura 22.</b>	Secciones verticales de temperatura sector central, agosto – septiembre de 2002.	81
<b>Figura 23.</b>	Secciones verticales de temperatura sector sur, agosto – septiembre de 2002.	82
<b>Figura 24.</b>	Secciones verticales de salinidad sector centro, agosto – septiembre de 2002.	83
<b>Figura 25.</b>	Secciones verticales de oxígeno disuelto en el sector centro, agosto – septiembre de 2002.	84
<b>Figura 26.</b>	Distribución de huevos de anchoveta (izquierda) y sardina común (derecha) y su relación con la distribución de temperatura a 10 m, sector centro.	85
<b>Figura 27.</b>	Distribución de huevos de anchoveta (izquierda) y sardina común (derecha) y su relación con la distribución de temperatura a 10 m, sector sur.	86
<b>Figura 28.</b>	Distribución de huevos de anchoveta (izquierda) y sardina común (derecha) y su relación con la distribución de temperatura y salinidad a 10 m, sector centro.	86
<b>Figura 29.</b>	Distribución de frecuencia acumulada de las variables del hábitat: temperatura y profundidad de los huevos de sardina común; f(t) línea azul; g(t) línea roja; d: línea negra (diferencia absoluta entre g(t) y f(t)).	88
<b>Figura 30.</b>	Distribución de frecuencia acumulada de las variables del hábitat: temperatura y profundidad de los huevos de anchoveta; f(t) línea azul; g(t) línea roja; d: línea negra (diferencia absoluta entre g(t) y f(t)).	89

- Figura 31.** Mapeos geoestadísticos de huevos de anchoveta en la zona centro-sur. 91  
La escala indica huevos/0.05 m<sup>2</sup>.
- Figura 32.** Mapeos geoestadísticos de huevos de sardina en la zona centro-sur. La 92  
escala indica huevos/0.05 m<sup>2</sup>.
- Figura 33.** Estacionalidad de las capturas de anchoveta y sardina común en la zona 98  
centro-sur de Chile (1990-2002).

### **3 OBJETIVO GENERAL**

---

Evaluar el stock desovante de los recursos anchoveta y sardina común correspondientes al litoral de la V a la X Región.

### **4 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

---

- 4.1. Estimar la producción diaria de huevos en el mar, su varianza asociada y la tasa diaria de mortalidad instantánea de los huevos para los recursos anchoveta y sardina común.
- 4.2. Estimar la proporción de estadios de madurez sexual microscópicos y la fracción diaria de hembras desovantes de anchoveta y sardina común con su varianza asociada.
- 4.3. Estimar la fecundidad parcial en función del peso corporal, el modelo de regresión correspondiente a esta relación, y la fecundidad media poblacional de los recursos anchoveta y sardina común, con sus respectivas varianzas.
- 4.4. Estimar la proporción sexual en peso y el peso promedio de hembras maduras de los recursos anchoveta y sardina común, con sus respectivas varianzas.
- 4.5. Estimar la biomasa del stock desovante de anchoveta y sardina común y su varianza asociada, incluyendo la covarianza de los parámetros de adultos.
- 4.6. Realizar un análisis de la distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas.

## 5 RESULTADOS ESPERADOS

---

- 5.1. Distribución cartográfica de las estaciones de muestreo de ictioplancton y fracción adulta.
- 5.2. Determinación y caracterización geográfica del área total de desove y delimitación de las subzonas determinadas para el estudio.
- 5.3. Estimación de la producción diaria de huevos por unidad de muestreo en el mar y su varianza asociada.
- 5.4. Distribución espacial y abundancia relativa de huevos en el área prospectada.
- 5.5. Estimación de la tasa diaria de mortalidad instantánea de huevos para la zona de estudio.
- 5.6. Proporción de los estadios de madurez sexual microscópicos y fracción diaria de hembras desovantes, con su varianza, según los folículos postovulatorios utilizados en la estimación (edad).
- 5.7. Estimación de la fecundidad parcial en función del peso corporal, según el modelo establecido en el proyecto, con su respectivo grado de ajuste.
- 5.8. Estimación de la fecundidad media poblacional y su varianza asociada.
- 5.9. Estimación del peso promedio de hembras maduras y la proporción sexual en peso, con sus respectivas varianzas.
- 5.10. Determinación de la distribución de tallas de los ejemplares muestreados en las subzonas de estudio.
- 5.11. Estimación de la biomasa del stock desovante de anchoveta y sardina común con su respectiva varianza e intervalos de confianza.
- 5.12. Distribución espacial de huevos, asociada a variables oceanográficas.

## 6 ANTECEDENTES

---

En la zona centro-sur de Chile, la sardina común *Strangomera bentincki* y la anchoveta *Engraulis ringens*, constituyen recursos pesqueros de importancia para una flota industrial y artesanal de cerco. Estas especies se caracterizan por ser típicamente costeras, cuya distribución longitudinal no supera las 30 – 50 millas náuticas de la costa; por presentar un corto ciclo de vida, con tres a cuatro años de longevidad; rápido crecimiento; elevada tasa de mortalidad natural; por formar cardúmenes altamente densos; y por ser una especie marcadamente influenciada por factores ambientales (bióticos y abióticos) en todas las etapas de su ciclo vital (Yáñez et al. 1992; Cubillos y Arancibia 1993, Cubillos et al. 1998, Cubillos et al. 2001).

En la actualidad, la evaluación de los stocks de anchoveta y sardina común se ha realizado con métodos directos e indirectos. En los métodos de evaluación directa, destaca el método hidroacústico aplicado para la cuantificación del reclutamiento (Castillo et al. 2000, 2001) y del stock desovante (Castillo et al. 2002a). Sin embargo, los antecedentes biológicos del stock desovante de anchoveta y sardina común, evaluados por Sepúlveda et al. (2000), sugieren que una de las mejores metodologías de evaluación de la biomasa desovante corresponde al Método de Producción Diaria de Huevos (MPDH).

El MPDH define la biomasa desovante como la relación entre la producción diaria de huevos (huevos por día para la población total) y la fecundidad específica diaria de la población adulta (huevos por día por tonelada métrica). La producción diaria de huevos se calcula a partir de la producción total de huevos evaluada en un crucero de ictioplancton. La fecundidad específica diaria de la población adulta se determina mediante el procesamiento de muestras de peces obtenidas durante un crucero de pesca, las cuales proporcionan información respecto de la fecundidad parcial, peso promedio de hembras, frecuencia del desove y proporción de sexos.

Las ventajas del MPDH son varias, entre ellas la estimación de tasas instantáneas para estimar la biomasa desovante, lo que permite evaluar la biomasa desovante en un instante

particular del periodo reproductivo sin necesidad de integrar toda la producción de huevos de una estación de desove. A su vez, los requerimientos de muestreo de adultos son bajos en términos de precisión, ya que los parámetros de la fracción adulta tienden a variar dentro de una misma estación reproductiva. Lo crítico es el número de estaciones o lances de pesca debido a la condición reproductiva y características de agregación de los cardúmenes. Finalmente, el MPDH constituye una fuente de información auxiliar valiosa para modelos de evaluación que consideran la dinámica de varias cohortes en el tiempo.

## **7 METODOLOGIA**

---

El método de la producción diaria de huevos (MPDH) considera un muestreo intensivo de la producción total de huevos en el área de desove, y de los atributos biológicos de los adultos que están desovando en términos de la fecundidad media poblacional, fracción de hembras desovantes diarias, peso promedio de las hembras maduras, y proporción de hembras durante el período de mayor actividad reproductiva (Hunter y Lo 1993, Alheit 1993).

### **7.1 TALLER DE DISCUSION DE RESULTADOS**

Entre los días 28 y 30 de enero de 2003 se realizó el Taller de Discusión de Resultados con la participación de los Drs Nancy Lo (Fisheries Resources División, SWFSC, NOAA, USA) y Andrés Uriarte (Fundación AZTI, País Vasco) como expertos internacionales. En los tres días de trabajo se discutió y analizó el diseño de muestreo utilizado y los resultados obtenidos hasta la fecha. La agenda de trabajo, así como las conclusiones y recomendaciones para futuros estudios que surgieron en el taller pueden ser consultadas en el Anexo A.

## **7.2 AREA DE ESTUDIO**

El área de estudio correspondió al litoral marítimo comprendido entre los 33°00' S y los 40°00' S. Desde un punto de vista operacional, el área de estudio se dividió en tres sectores, a saber: a) Sector Norte, entre Valparaíso y Constitución (33°00' – 34°50'S), b) Sector Centro, entre Constitución y el Golfo de Arauco (34°50' – 37°10'S) y c) Sector Sur, entre Golfo de Arauco y Corral. Además, se evaluó la presencia de huevos de anchoveta y sardina común en el interior de la Bahía de Concepción.

## **7.3 EPOCA DEL CRUCERO**

### **7.3.1 Vigilancia reproductiva**

Los antecedentes disponibles señalan que la principal época reproductiva de sardina común y anchoveta ocurre entre julio y septiembre, con indicadores macroscópicos que presentan un máximo entre agosto y septiembre ([Cubillos et al. 1999](#)).

La fecha de inicio del crucero se fijó considerando indicadores reproductivos evaluados a partir de julio de 2002. Se destaca que los recursos sardina común y anchoveta se encontraban en veda reproductiva a contar del 22 de julio de 2002, y previo a esa fecha el sector artesanal había cubierto la cuota de pesca asignada. En este contexto, la actividad de vigilancia reproductiva fue evaluada con indicadores hasta esa fecha, previo al crucero.

Subsecretaría de Pesca autorizó una pesca de investigación para que embarcaciones artesanales operen durante el período de veda reproductiva, que se extendió entre el 22 de julio y el 30 de agosto, pero fue imposible desarrollar la pesca de investigación de adultos previo al crucero debido al clima de protestas y demandas en que se encontraban el gremio de pescadores artesanales.

No obstante lo anterior, se pudo contar con muestras de sardina y anchoveta que permitieron detectar el inicio de la actividad reproductiva invernal de ambas especies, analizándose los siguientes indicadores reproductivos macroscópicos:

**a) Índice gonadosomático**

Se analizó la evolución mensual del índice gonadosomático (*IGS*), expresado por

$$IGS = \frac{G}{W - G} \times 100 \quad (1)$$

donde *G* es el peso de la gónada y *W* es el peso del cuerpo del pez. En peces con desove parcial y fecundidad indeterminada el peso de la gónada varía en función del estado de madurez sexual. Por lo tanto, el *IGS* promedio de peces en diferentes estados de madurez sexual constituirá un indicador de los estados más dominantes, esperándose valores promedio máximos del *IGS* como indicadores de actividad reproductiva. Para los meses de agosto y septiembre se evaluó el *IGS* a partir de las hembras obtenidas durante el crucero de evaluación.

**b) Fracción de hembras maduras por análisis macroscópico**

Otro indicador reproductivo macroscópico lo constituye la frecuencia relativa de diferentes estados de madurez sexual (EMS). 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 1**).

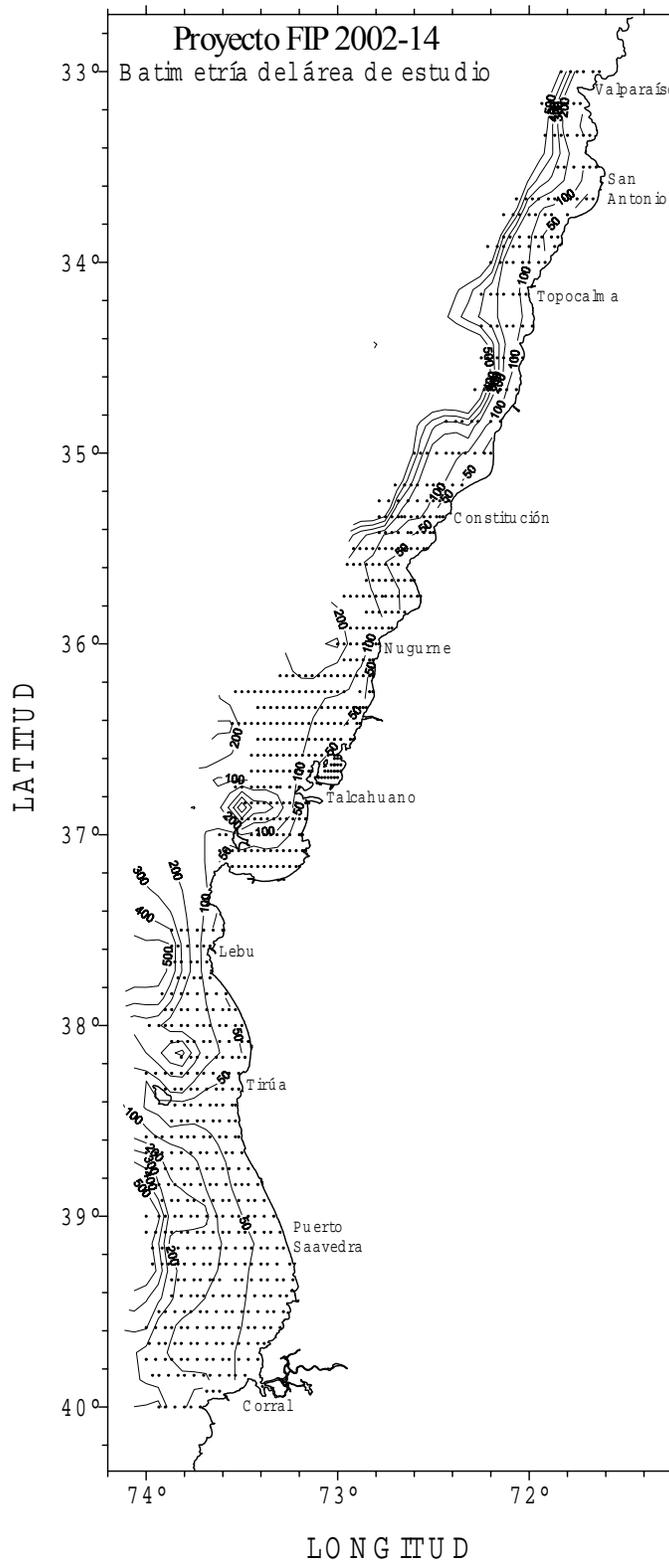
En esta escala de madurez, un indicador de desove inminente lo constituye el EMS 4 que representa los ovarios hidratados. La hidratación de los ovocitos es un proceso que dura pocas horas, siendo una condición de los cardúmenes desovantes. A su vez, la mayor proporción de individuos en el EMS 3 indicará una mayor actividad reproductiva poblacional.

**Tabla 1.** Escala empírica de madurez sexual 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, traslúcidos, ovocitos invisibles a simple vista.
II	Virgen madurando y en 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 indentificables a simple vista. Se observan 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.

#### 7.4 DISEÑO DE MUESTREO ICTIOPLANCTONICO

En el área de estudio, la evaluación de la densidad de huevos de sardina común y anchoveta se efectuó por medio de un muestreo sistemático sobre un a grilla de 761 estaciones de muestreo dispuestas en transectas perpendiculares a la costa. El muestreo se desarrolló con una grilla de estaciones equidistantes en 10 mn en el sector norte, y cada 5 mn en los sectores centro y sur. El límite occidental de las transectas se asoció al quiebre de la plataforma continental, por lo que la extensión longitudinal de éstas tuvo un límite variable. Las estaciones se iniciaron en la primera milla náutica y, desde ahí, hacia el océano cada 2 mn (**Figura 1**). Una vez alcanzado el quiebre de la plataforma, el muestreo prosiguió por un máximo de dos estaciones más hacia el océano.



**Figura 1.** Disposición geográfica de las estaciones de muestreo y batimetría (ecosonda) de la región de estudio.

El crucero de investigación fue realizado a bordo de dos embarcaciones, el Pesquero de Alta Mar FOX operado por la empresa Pesquera El Golfo S.A., que cubrió el sector norte y sur entre los días 15 y 30 de Agosto de 2002; y por otra parte, la embarcación L/I KayKay operada por la Universidad de Concepción, que evaluó el sector central del área de estudio entre los días 29 de Agosto y 8 de Septiembre de 2002. Por razones meteorológicas, el muestreo de la Bahía de Concepción se completó entre el día 24 y 25 de septiembre a bordo de la embarcación L/M Río Maipo II, fecha que determinó el término del crucero de huevos.

#### **7.4.1 Muestreo de huevos**

En cada estación, el muestreo de huevos de ambas especies objetivo se realizó a través de arrastres verticales, entre los 70 m de profundidad y la superficie ó 3 – 5 m desde el fondo para profundidades menores, por medio de redes estándares CALVET (California Vertical Tow) en su versión doble PAIROVET (Smith et al. 1985), de 0,05 m<sup>2</sup> de área de boca, equipadas con mallas de 150  $\mu$  de abertura de poro y flujómetros General Oceanics calibrados. Un total de 295 estaciones de muestreo (38,9 % del total de estaciones realizadas) tuvieron una profundidad de ecosonda menor a los 70 m de profundidad, las que estuvieron vinculadas principalmente con los sectores central (105 estaciones, 40,7 %) y sur (149 estaciones, 41,9 %) del área de estudio; en contraste, el sector norte, de plataforma continental más estrecha, sólo evidenció 19 estaciones con profundidades menores a los 70 m (15,2 %).

Las redes fueron bajadas a una velocidad aproximada de 70 metros por minuto, mantenida 10 segundos en la profundidad máxima de muestreo e izada también a una velocidad de 70 metros por minuto. Durante el arrastre, el ángulo del cable fue determinado mediante un clinómetro manual, con el propósito de corregir la profundidad real de cada lance en función del ángulo de cable. En el análisis de la información planctónica fueron eliminadas las estaciones que presentaron un ángulo de cable igual o superior a los 30° (37 estaciones, 4,6 %).

Durante la ejecución de cada arrastre vertical, se registró los siguientes datos básicos: número de transecta y estación, fecha, hora, posición geográfica, profundidad de ecosonda, tipo de arrastre, red planctónica utilizada, cantidad de cable arriado, ángulos de cable y duración del lance (tiempo de arriado y virado).

Las muestras planctónicas fueron inmediatamente removidas del copo colector y trasvasiadas a frascos de 0,5 l de capacidad, debidamente etiquetados y fijados inmediatamente con una solución de formalina en agua de mar al 5 %, tamponada con tetraborato de sodio.

En el Laboratorio de Plancton del Instituto de Investigación Pesquera, cada una de las muestras planctónicas colectadas se analizó en su totalidad, extrayendo y cuantificando todos los huevos de sardina común y anchoveta, los que fueron almacenados en frascos ámbar de 5 ml. La separación y enumeración fue realizada bajo estereomicroscopios Zeiss y Olympus.

#### **7.4.2 Muestreo oceanográfico**

En consideración al diseño de muestreo y número total de estaciones planctónicas propuestas, el campo de evaluación oceanográfico involucró el desarrollo de estaciones oceanográficas en transectas intercaladas del diseño planctónico, y registros de temperatura superficial del mar en todas las estaciones planctónicas. El muestreo de registros verticales de temperatura y salinidad, entre la superficie y un máximo de 100 m de profundidad se realizó con sonda oceanográfica CTD. Cabe señalar que en la región norte, y posteriormente en la zona sur, una de las sondas oceanográficas falló utilizándose como alternativa registros de temperatura con termistores. Para la región central se cuenta con datos verticales de temperatura y salinidad, mientras que para las regiones norte y sur se cuenta con datos verticales de temperatura de termistores, corregidos según calibración realizada con CTD (ver Anexo B). Desde el punto de vista meteorológico, en cada estación de muestreo se registró la dirección y rapidez del viento local.

## **7.5 DISEÑO DE MUESTREO DE ADULTOS**

En el área de estudio, el muestreo de adultos de sardina común y anchoveta se efectuó bajo la modalidad de pesca de investigación durante época de veda reproductiva, en cada estrato geográfico contemplado y durante la ejecución del crucero de huevos. Para ello, Subsecretaría de Pesca autorizó pesca a 10 lanchas artesanales, 5 de ellas (L/M Río Maipo, L/M Achernar, L/M Huracán, L/M Victor Guillermo, L/M Riveira) con puerto base en Talcahuano y otras 5 (L/M Arlekin, L/M Nelly, L/M Margarita del Mar, L/M Ramiro, L/M Samaritano) con puerto base en Corral. El muestreo de adultos se realizó entre el 19 de agosto y el 9 de septiembre de 2002.

La nave industrial, PAM Fox, que desarrolló el muestreo planctónico solamente fue autorizada para pescar una vez finalizado el crucero de huevos, razón por la cual fue imposible realizar pesca en la región norte del área de estudio. Por otra parte, las lanchas artesanales carecen de la autonomía para cubrir el sector norte del área de estudio.

Las lanchas artesanales tenían permiso de pesca vigente, equipadas con sonar, radar, GPS, radiogoniómetro y radios VHF y HF. El arte de pesca que se utilizó fue red cerco anchovetera, construida de paños con nudos y sin nudos para sistema de pesca de cerco.

### **7.5.1 Tamaño de muestra**

Debido a que los cardúmenes desovantes de anchoveta (y sardina común) presentan una condición reproductiva generalmente homogénea durante la época de máxima actividad reproductiva ([Blaxter y Hunter, 1982](#)), uno de los aspectos que se deben tomar en cuenta es muestrear un mayor número de cardúmenes más que un gran número de individuos por cardumen.

Se desarrolló un muestreo según criterio, tratando de evitar que las muestras de adultos se desarrollen en zonas de alta abundancia. El diseño utilizado por estratos geográficos

permite evitar que las muestras de adultos se concentren alrededor de un puerto base particular.

Sobre la base del número de lances que han sido realizados en la aplicación del MPDH a la anchoveta entre la I y II Regiones, se consideró que un tamaño mínimo de 40 lances por especie para este proyecto. Sin embargo, se realizaron 106 lances, de los cuales 17 fueron sin pesca. Del total de lances positivos, 76 fueron de sardina común y 39 de anchoveta, mientras que 28 lances fueron mixtos (Anexo C). Se destaca que en la zona norte el número de lances ha variado entre 32 (Claramunt et al. 1997) y 60 lances (Oliva et al. 2001). En Perú, se han realizado 40 lances (Ayon y Buitron, 1997). Los requerimientos de muestra en términos de la precisión fueron evaluados a partir de las estimaciones de los parámetros reproductivos, específicamente con los datos de precisión de la fracción de hembras desovantes diarias, a partir del cual se evaluó los tamaños de muestra obtenidos (Anexo D).

#### **a) Muestreo a bordo**

El muestreo se realizó a bordo, y con el objeto de contar con antecedentes sobre la composición por longitudes y actividad reproductiva macroscópica, se obtuvo una muestra de 120 ejemplares de cada lance específico. A estos ejemplares se les midió en su longitud total con una precisión de 0,5 cm, se clasificaron por sexo y en el caso de las hembras se identificó el estado de madurez sexual de acuerdo con la escala de madurez de 5 puntos (Tabla 1).

#### **b) Submuestra**

Para determinar la fracción de hembras desovantes (Objetivo 3.2) se obtuvo una submuestra aleatoria de 30 hembras maduras en cada lance específico (Picquelle, 1985, Oliva et al. 2001), y las cuales fueron analizadas histológicamente con el fin de analizar la incidencia de folículos postovulatorios.

En relación con la determinación de la fecundidad parcial (Objetivo 3.3), de aquellos lances en que se verificó la presencia de hembras hidratadas se realizó un muestreo dirigido adicional de 30 hembras en dicha condición.

El muestreo a bordo consistió en abrir los ejemplares desde el ano hasta las aletas pélvicas, seleccionando aquellos ejemplares vivos que fueron inmediatamente fijados en formalina al 10 % buferada (introducidos completamente en el fijador), la que se preparó según [Santander et al. \(1984\)](#) y [Oliva et al. \(2000, 2001\)](#) en 16,2 l de agua destilada, 117 g de fosfato de sodio dibásico ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ), 72 g de fosfato de sodio monobásico ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4\text{H}_2\text{O}$ ) y 1,8 l de solución de formaldehído (37%). Para asegurar el efecto del fijador se utilizó un bajo número de ejemplares por recipientes de 2 l (10 – 15 ejemplares por frascos).

## **7.6 METODOLOGIA POR OBJETIVO ESPECIFICO**

### **7.6.1 Estimación de la producción diaria de huevos, varianza y tasa de mortalidad instantánea de huevos**

#### **a) Clasificación de los huevos por estadios de desarrollo**

La muestra de zooplancton se analizó en el laboratorio bajo lupa con el objeto de separar la totalidad del ictioplancton, identificando los huevos de sardina común y anchoveta inicialmente para luego clasificarlos según estadios de desarrollo.

Para la anchoveta se utilizó los criterios de clasificación de huevos previamente descritos por [Moser y Ahlstrom \(1985\)](#), los que ya fueron utilizados exitosamente como parte de los programas de evaluación mediante MPDH en el Perú ([Santander et al. 1984](#)), y en los proyectos del MPDH de anchoveta en el norte de Chile ([Oliva et al. 2000, 2001](#)). En el caso de la sardina común se utilizó los criterios establecidos por [Sepúlveda et al. \(2000\)](#). Los criterios de clasificación se resumen en la **Tabla 2**. Según la metodología propuesta por [Moser y Ahlstrom \(1985\)](#), estadios de desarrollo no identificables o desintegrados se les clasifica como huevos deteriorados.

**Tabla 2.** Clasificación de los estadios de desarrollo embrionario.

<b>Estadio</b>	<b>Características morfológicas</b>
<b>Estadio I</b>	La división celular aún no se ha iniciado, los huevos están recién desovados, sin observarse segmentación alguna. Sólo se conforma el blastodisco, una acumulación de citoplasma en un polo.
<b>Estadio II</b>	Este comienza con la división de la célula en dos células o blastómeros y termina con la formación de la mórula.
<b>Estadio III</b>	Este estadio fue inicialmente definido a partir de huevos de sardina como iniciándose con la aparición de la cavidad de segmentación, que es el espacio formado entre el blastodisco y la masa de vitelo durante el último clivaje. Este estado marca el comienzo de la gastrulación. El final de este estadio es identificado ya que el anillo germinal está localizado un tercio más abajo que la masa de vitelo y la naturaleza bilateral del embrión ya es percible.
<b>Estadio IV</b>	El comienzo de este estadio se identifica con el anillo germinal que ha envuelto un tercio de la masa de vitelo y el embrión está comenzando a formarse en la región mediana del escudo o defensa embrional. Al final el anillo germinal envuelve dos tercios del vitelo y la región de la cabeza del embrión comienza a aparecer.
<b>Estadio V</b>	Comienza con el anillo germinal dos tercios bajo el vitelo y finaliza con el cierre del blastoporo.
<b>Estadio VI</b>	Se inicia con el cierre del blastoporo y finaliza cuando la cola comienza a separarse de la masa de vitelo.
<b>Estadio VII</b>	El extremo de la cola está separado del vitelo y comienza a elongarse, la notocorda se extiende hasta el extremo de la cola y la aleta embrional comienza a visibilizarse. Al final de este estado la longitud de la cola libre en un medio de la longitud de la cabeza.
<b>Estadio VIII</b>	Se observa cuando la cola libre es mayor que un medio de la longitud de la cabeza y finaliza una vez la longitud de la cola libre es igual a la longitud de la cabeza.
<b>Estadio IX</b>	Se observa cuando la cola se extiende o representa un cuarto de la longitud del saco vitelino y finaliza cuando ésta representa un medio de la longitud del saco vitelino.
<b>Estadio X</b>	Se inicia cuando la longitud de la cola libre representa un medio de la longitud del saco vitelino y finaliza cuando ésta alcanza a tres cuartos de la longitud del saco vitelino.
<b>Estadio XI</b>	Este corresponde al estado final previo a la eclosión y es definido porque la longitud de la cola es más de tres cuartos mayor que la longitud del saco vitelino.

### **b) Determinación de la edad de los huevos**

El cálculo de la producción diaria de huevos por unidad de área requiere de un método de asignación de edad a los huevos. Se utilizó los modelos temperatura-estadio-dependiente descritos por [Sepúlveda et al. \(2000\)](#) que permite estimar la edad de un huevo en función de

la temperatura y el estadio. Los modelos, por lo tanto, permiten estimar la edad de los huevos de las muestras planctónicas según la temperatura, previa clasificación de la muestra de huevos en estadios, y se basan en la expresión encontrada por [Lo \(1985\)](#):

$$Y_{D,T} = \alpha e^{(\beta_1 T + \beta_2 D)} (D)^{\beta_3} \quad (2)$$

donde  $Y_{D,T}$  es la edad promedio estimada de los huevos para cada estadio y temperatura;  $T$  es la temperatura,  $D$  es el estadio de desarrollo; mientras que  $\alpha$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ , y  $\beta_3$  son constantes específicas para cada especie, siendo las siguientes:

Parámetro	Sardina común	Anchoveta
$\alpha$	15,98	18,1
$\beta_1$	0,0631	0,0789
$\beta_2$	0,0199	0,0542
$\beta_3$	1,0443	1,3079
$R^2$	0,98	0,99

Estos modelos consideran un rango de temperatura que fluctuó entre 10 y 22 °C, desarrollándose 11 curvas edad-temperatura.

Se aplicó la metodología de [Lo \(1985\)](#) para corregir la estimación de la edad al tiempo de la colecta de huevos considerando un tiempo cero que corresponde a la hora del desove, asumiéndose a las 22 horas. La edad en horas de los huevos clasificados en estadios de cada estación se calculó con la Ecuación (2), mientras que la corrección considera un ajuste por la fracción del día desde la hora del desove hasta la colecta. Para ello, se utilizó:

$$Y_{D,T,k} = Y_{D,T} + k - f \quad (3)$$

donde  $Y_{D,T}$  es la edad estimada por el modelo estadio-temperatura dependiente,  $k$  es la hora de la colecta (lance), y  $f$  es la porción remanente que surge de la suma de la hora estimada y

la hora del desove menos 24 horas. Las desiciones de corrección según la hora de colecta son:

$$Y_{D,T,k} = \left[ \begin{array}{l} k < (f - g) \Rightarrow y_{D,T} - g \\ (f - g) < k < (f + g) \Rightarrow y_{D,T} + k - f \\ (f + g) < k \Rightarrow y_{D,T} + g \end{array} \right] \quad (4)$$

donde  $g$  es el doble de la desviación estándar promedio de la edad dentro de cada estadio.

### c) Producción diaria de huevos y mortalidad

De acuerdo con [Picquelle y Stauffer \(1985\)](#), la producción diaria de huevos en el mar es el número de huevos promedio desovados por día, por unidad de área, en el rango de duración de un crucero que provee de datos de abundancia de huevos por edad. El intercepto a la edad cero de un modelo de mortalidad exponencial ajustado a los datos, representa un estimado de la producción diaria de huevos ( $P_0$ ).

La producción diaria de huevos,  $P_0$ , y su varianza, fue estimada de acuerdo con el siguiente modelo de mortalidad:

$$P_{t_{ij}} = P_0 \exp(-Zt_{ij}) + \varepsilon_{ij} \quad (5)$$

donde  $P_{t_{ij}}$  es el número de huevos (huevos por unidad de área,  $m^2$ ) a la edad  $t$  del  $i$ -ésimo estadio en la  $j$ -ésima estación,  $t_{ij}$  es la edad en días estimada para los huevos del estadio  $i$  en la estación  $j$ ,  $P_0$  es la producción diaria de huevo por una unidad de área ( $m^2$ ),  $Z$  es la tasa instantánea de mortalidad diaria de huevos, y  $\varepsilon_{ij}$  es un término de error aditivo.

El modelo asume que todos los huevos son fertilizados y desovados a una hora fija, y que todos los huevos experimentan una tasa instantánea de mortalidad constante hasta la eclosión. Debido a la estructura aditiva del término error, se utilizó regresión no lineal minimizando las diferencias cuadráticas entre la producción de huevos estimada por el modelo y la observada, utilizando la rutina *nls* de S-plus. Atendiendo a la recomendación

del Taller de Discusión de Resultados, realizado los días 28 – 30 de enero de 2003 en Talcahuano (Anexo A), la producción diaria de huevos fue estimada por estrato geográfico utilizando regresión no lineal ponderada por el inverso de la varianza, usando AD Model Builder. Este procedimiento otorga menor peso a las edades con mayor variación, generalmente con abundancias altas y que constituyen puntos atípicos. La varianza se calculó en intervalos de edad de ½ día. La producción diaria de huevos total fue calculada como un promedio ponderado por el área de desove de cada estrato geográfico (Armstrong et al. 1988), i.e.

$$P_0 = \frac{\sum_i A_i P_{0,i}}{\sum_i A_i}$$

y varianza igual a:

$$V(P_0) = \frac{\sum_i A_i^2 V(P_{0,i})}{\left(\sum_i A_i\right)^2}$$

donde  $A_i$  representa el área de desove en el estrato  $i$ , en tanto  $P_{0,i}$  es la producción diaria de huevos en el estrato  $i$ . Estas ecuaciones también se aplicaron para estimar la tasa de mortalidad y su varianza.

## 7.6.2 Estimación de la proporción de estadios de madurez sexual y la fracción diaria de hembras desovantes

### a) Análisis microscópico de los ovarios

Las variaciones en la condición reproductiva de las hembras fueron determinadas a través del análisis de la proporción de los estadios de madurez de los ovarios, aplicando la escala microscópica específica basada en los criterios señalados por [Wallace y Selman \(1981\)](#); [Selman y Wallace \(1989\)](#) y [Hunter y Macewicz \(1985\)](#). La escala microscópica incorpora

un estadio llamado “Postdesovante de tanda” que contiene un momento importante en el proceso reproductivo de desovadores parciales y que permite definir con mayor claridad el máximo período reproductivo (**Tabla 3**).

**Tabla 3.** Caracterización de los estadios ováricos de peces pelágicos, modificada para hembras de sardina común y anchoveta.

<b>ESTADIO OVARICO</b>	<b>CITOLOGIA E HISTOMORFOLOGIA OVARICA</b>
<b>Estadio I: Virginal</b>	Ovario con numerosos nidos ovogoniales y ovocitos primitivos rodeados por tejido conectivo intersticial de donde destacan tabiques fibro-conectivos.
<b>Estadio II: Inmaduro (reincidente)</b>	Lamelas repletas con ovocitos no vitelados rodeados por delgadas células foliculares. Vesícula germinativa grande y de posición central, con prominentes nucléolos esféricos, próximos a la membrana nuclear. El citoplasma es escaso, finamente granular y fuertemente basófilo. En ovocitos previtelogénicos tardíos se observan pequeñas vesículas periféricas.
<b>Estadio III: Parcialmente vitelado</b>	Predominio de ovocitos en estado temprano de depositación de vitelo, abarcando no más de las $\frac{3}{4}$ partes del citoplasma. Vesícula germinativa grande, central, con numerosos nucléolos periféricos. Se destaca la presencia de vesículas periféricas. La zona radiata es delgada, subyacente a células foliculares de poca altura.
<b>Estadio IV: Vitelado</b>	Ovocitos cargados de glóbulos de vitelo, desde la periferia a la región perinuclear. Vesícula germinativa mantiene su posición central permaneciendo los nucléolos en la periferia. La zona radiata bien desarrollada. Células foliculares rectangulares en sentido transversal con núcleo esférico, central y citoplasma ligeramente basófilo.
<b>Estadio V: Próximo a la hidratación</b>	Ovocitos cuyo citoplasma presenta grandes glóbulos de vitelo (término de la depositación de vitelo). Vesícula germinativa excéntrica migrante hacia el polo animal. Células foliculares altas claramente distinguibles, con núcleo ovoide desplazado a la base y citoplasma claro de aspecto espumoso.
<b>Estadio VI: Hidratado</b>	Ovocitos con o sin vesícula germinativa en el polo animal, según se haya iniciado la maduración, los cuales se han expandido incrementando considerablemente de tamaño por incorporación de fluidos. Los glóbulos de vitelo se fusionan formando placas de vitelo por ingreso de líquido al citoplasma. La granulosa y la zona radiata se adelgazan.
<b>Estadio VII: En desove</b>	Co-existencia de ovocitos hidratados y folículos postovulatorios nuevos, entre ovocitos en depositación temprana de vitelo.
<b>Estadio VIII: Postdesovante de tanda</b>	Ovario con presencia de folículos postovulatorios y ovocitos vitelogénicos; eventualmente ovocitos próximos a la hidratación.
<b>Estadio IX: Desovado</b>	Predominio de ovocitos inmaduros. Se aprecia atresia folicular. Ovocitos vitelados residuales y eventualmente folículos postovulatorios.

### b) Folículos postovulatorios (FPO)

De acuerdo con [Hunter y Goldberg \(1980\)](#), cada ovocito hidratado está rodeado por un folículo alargado y fino, una capa epitelial de células granulosas y una única capa externa de tejido conectivo de células con algunos capilares sanguíneos. Durante la ovulación los ovocitos completamente hidratados son liberados desde sus folículos. El folículo vacío o folículo postovulatorio (FPO) no se fragmenta y se mantiene íntegro en el ovario por algunos días, posteriormente éste se deteriora y es reabsorvido.

Para usar los FPO en la estimación de la frecuencia de desove, el proceso de deterioración y reabsorción del folículo se divide en una serie de diferentes estadios histológicos, cada uno con una edad asignada. En la anchoveta la edad de los FPO puede ser determinada solamente hasta 56 horas después del desove. Los criterios para determinar la edad de los FPO se basan en las características citológicas y morfohistológicas (tamaño, forma aparente, aspectos de las células de la granulosa y del lúmen) propuestas por [Hunter y Goldberg \(1980\)](#) para *Engraulis mordax* y por [Macewicz y Hunter \(1993\)](#) para *Trachurus symmetricus*, asumiendo que dichos criterios y cambios estructurales son similares a los que experimentan los FPO de *E. ringens* y *S. bentincki*:

<b>FPO nuevos de día 0 ( &lt; 24 h )</b>	Folículos postovulatorios nuevos que no muestran signos de degeneración. Estructura de forma irregular formada por una columna epitelial bien organizada con numerosas involuciones. Adyacente a las células foliculares se ubica la lámina de células tecales conectivas que pueden verse como una prominente capa. El lúmen es amplio e irregular.
<b>FPO de día 1 ( 24 h &lt; FPO 48 h )</b>	Folículos postovulatorios en regresión, mostrando signos de degeneración. Son más pequeños que los folículos postovulatorios nuevos, el cual se ha contraído sobre sí mismo. Presencia de células foliculares con citoplasma vacuolado y núcleo picnótico, cuyas paredes no son claramente distinguibles. La disposición lineal de las células se mantiene. La lámina tecal se destaca claramente. El lúmen es estrecho e irregular.
<b>FPO de día 2 ( &gt; 48 h )</b>	Folículos postovulatorios con marcada degeneración celular. De menor tamaño que el folículo postovulatorio de día 1. Epitelio folicular desorganizado, perdiendo la disposición lineal de sus células, las cuales se presentan en avanzado estado degenerativo, de forma irregular, con citoplasma vacuolado y núcleo picnótico. Lámina tecal desarrollada. El lúmen está ocluido.

### c) Fracción diaria de hembras desovantes

La fracción diaria de hembras desovantes se determinó a partir de las ecuaciones de [Santander et al. \(1984\)](#). Cuando el muestreo de hembras hidratadas o de hembras con FPO de día 1 ó de día 2 no es sesgado, entonces la fracción de hembras desovantes en el lance  $i$  puede ser estimado por:

$$S_i = \frac{m_{h,i}}{m_i} \quad \text{ó} \quad \frac{m_{1,i}}{m_i} \quad \text{ó} \quad \frac{m_{2,i}}{m_i} \quad (6)$$

donde:

$$m_i = m_{h,i} + m_{1,i} + m_{2,i} + m_{a,i} \quad (7)$$

y cada uno de los términos corresponden a:

$m_{hi}$  = Número de hembras hidratadas en el lance  $i$ .

$m_{1i}$  = Número de hembras de día 1 en el lance  $i$ .

$m_{2i}$  = Número de hembras de día 2 en el lance  $i$ .

$m_{ai}$  = Número de hembras que no han desovado entre las 9 y 56 horas (incluidas las hembras con FPO con una edad menor de 9 horas, FPO nuevos)

$m_i$  = Número de hembras maduras en el lance  $i$ .

$S_i$  = Fracción desovante en el lance  $i$ .

Debido a que los lances de pesca que se realizan con red de cerco pueden sesgar el número de hembras hidratadas ([Alheit 1985](#)), es necesario realizar una corrección. El número de hembras hidratadas ( $m_{hi}$ ), se asume puede ser representada por:

$$m_{h,i} = \frac{m_{1,i} + m_{2,i}}{2} \quad (8)$$

de tal forma que la fracción de hembras desovantes de día 1 es:

$$S_{1,i} = \frac{m_{1,i}}{\frac{m_{1,i} + m_{2,i}}{2} + m_{1,i} + m_{2,i} + m_{a,i}} = \frac{m_{1,i}}{m_{y,i}} \quad (9)$$

y la fracción desovante de hembras de día 2 es:

$$S_{2,i} = \frac{m_{2,i}}{\frac{m_{1,i} + m_{2,i}}{2} + m_{1,i} + m_{2,i} + m_{a,i}} = \frac{m_{2,i}}{m_{y,i}} \quad (10)$$

donde  $S_i$  es la fracción corregida de hembras con FPO de día 1 ó de día 2, en el lance  $i$ . El número de hembras que no ha desovado se estima por:  $m_{a,i} = m_i - m_{0,i} - m_{1,i} - m_{2,i} - m_{h,i}$  (se recuerda que  $m_{a,i}$  incluye las hembras con FPO nuevos menores a 9 hrs,  $m_{0,i}$ ), mientras que el número corregido de hembras maduras para el lance  $i$  viene dada por la siguiente expresión:

$$m_{y,i} = \frac{m_{1,i} + m_{2,i}}{2} + m_{1,i} + m_{2,i} + m_{a,i} \quad (11)$$

Finalmente, la estimación de la fracción de hembras desovantes diarias para el lance  $i$  se realizó promediando las ecuaciones (9) y (10), mediante la siguiente expresión:

$$\bar{S}_i = \frac{S_{1,i} + S_{2,i}}{2} = \frac{\sum (m_{1,i} + m_{2,i})}{2 \sum \left[ \frac{m_{1,i} + m_{2,i}}{2} + m_{1,i} + m_{2,i} + m_{a,i} \right]} = \frac{\sum (m_{1,i} + m_{2,i})}{2 \sum m_{y,i}} \quad (12)$$

La fracción de hembras desovantes promedio se estimó por:

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{S}_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (13)$$

con varianza igual a:

$$Var(\bar{S}) = \frac{1}{n(n-1)} \sum \left( \frac{m_{y,i}}{\bar{m}} \right)^2 (\bar{S}_i - \bar{S})^2 \quad (14)$$

donde:  $\bar{S}$  es la fracción promedio de hembras desovantes por día en todos los lances,  $m_{yi}$  es el número corregido de hembras maduras en el lance  $i$ ,  $\bar{m}$  es el número promedio corregido de hembras maduras, i.e.

$$\bar{m} = \sum \frac{m_{y,i}}{n} \quad (15)$$

### 7.6.3 Estimación de la fecundidad parcial en función del peso corporal y fecundidad media poblacional

#### a) Fecundidad parcial

La fecundidad se estimó siguiendo al método gravimétrico descrito por [Hunter y Goldberg \(1980\)](#), [Hunter et al., \(1985\)](#), [Santander et al., \(1984\)](#), [Oliva et al. \(2000, 2001\)](#). El método se basa en que todos los ovocitos hidratados en el interior del ovario son liberados en corto tiempo y el número de éstos refleja la fecundidad parcial, cabe mencionar que las ventajas comparativas con otros métodos, son el ahorro de tiempo en su conteo (rapidez en la determinación) y no hay dudas sobre la disgregación de las modas en los diagramas de frecuencia - tamaño de los ovocitos, debido a la diferencia de tallas de los ovocitos hidratados, los cuales se caracterizan por su enorme tamaño, transparencia y consistencia blanda.

Todos los ovarios que se colectaron como hidratados fueron sometidos a un examen histológico, descartando aquellos que tenían indicios de desove (presencia de folículos postovulatorios), seleccionando sólo aquellos que con seguridad estaban hidratados.

El procedimiento técnico de conteo se inicia con la absorción de líquido superficial del ovario con papel filtro, submuestreando la mitad más grande del ovario, tomando tres segmentos del tejido uno del centro y dos de la parte media entre el centro y los extremos del eje mayor del ovario. Las submuestras fueron pesadas en una balanza con una precisión de 0,0001gramos, posteriormente fueron colocadas en una cápsula pettri cubriéndolas con gotas de glicerina (33%) para contabilizar los ovocitos bajo microscopio estereoscópico.

El número promedio de los ovocitos hidratados de las tres submuestras (metodología descrita por [Hunter et al. 1985](#)), fue utilizado para la estimación del número total de ovocitos hidratados del ovario (fecundidad parcial), de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\bar{E}_i = \bar{n} * W_i \tag{16}$$

donde:

$\bar{E}_i$  = Fecundidad parcial (número total de ovocitos hidratados en el ovario).

$\bar{W}_i$  = Peso húmedo del ovario (g).

$\bar{n}$  = Número promedio de ovocitos hidratados por gramo de submuestra.

### **b) Fecundidad media poblacional**

El MPDH requiere la fecundidad media poblacional, es decir el número de ovocitos liberados por una hembra promedio representativa de la población de hembras maduras. Para ello, es necesario establecer un modelo entre la fecundidad parcial y el peso corporal de las hembras maduras. De acuerdo con lo comunicado por [Oliva et al. \(2000, 2001\)](#) y [Sepúlveda et al. \(2000\)](#), el modelo que mejor se relaciona con el peso corporal (peso total menos el peso de la gónada) corresponde a una función lineal con intercepto. Esto es particularmente importante pues la varianza de la pendiente de esta relación se incorpora en la estimación de la varianza de la fecundidad media poblacional.

La fecundidad media poblacional y su varianza se estimó siguiendo la metodología descrita por [Hunter et al. \(1985\)](#):

$$\bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{E}_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \tag{17}$$

donde  $\bar{E}$  es la fecundidad media poblacional,  $m_i$  es el número de peces muestreados en el lance  $i$ ,  $\bar{E}_i$  es el promedio de la fecundidad parcial en el lance  $i$ .

Dado que para el promedio se utiliza la fecundidad parcial estimada a través del modelo de regresión, cada estimado tiene su propia varianza asociada. Entonces, la estimación de la varianza de la fecundidad media poblacional se debe ajustar para incluir esta variación adicional según la siguiente expresión:

$$Var(\bar{E}) = \frac{\sum_{i=1}^n \left[ \frac{(\bar{E}_i - \bar{E})^2}{n-1} + \frac{S_h^2}{n_h} + (w_i^* - w_h^*) S_\beta^2 \right]}{\left( \sum_{i=1}^n (m_i / n) \right)^2 n} \quad (18)$$

donde  $\bar{E}$  es el estimado de la fecundidad media poblacional,  $\bar{E}_i$  es el promedio de la fecundidad para el lance  $i$ ,  $S_h^2$  es la varianza de la regresión,  $n_h$  es el número de hembras hidratadas utilizadas para ajustar la regresión,  $\bar{W}_i^*$  es el peso corporal promedio para el lance  $i$ ,  $\bar{W}_h^*$  es el peso corporal promedio de hembras utilizadas en la regresión,  $S^2(\beta)$  es la varianza de la pendiente de la regresión, y  $n$  es el número de lances.

#### 7.6.4 Estimación de la proporción sexual y peso promedio de hembras maduras

La proporción de hembras se estimó para cada lance a partir de una submuestra aleatoria de un mínimo de 120 ejemplares, preservados en formalina. Este número de ejemplares no se cumplió en todos los lances, particularmente en los lances identificados como muestras. El peso de los ejemplares fue corregido por un factor debido a la fijación (Anexo E).

La proporción total de hembras en peso fue estimada por:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{R}_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (19)$$

y su varianza por:

$$V\hat{A}R(\bar{R}) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 (\bar{R}_i - \bar{R})^2}{\left[ \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{n} \right]^2 n(n-1)} \quad (20)$$

donde  $\bar{R}$  es la proporción en peso promedio de hembras maduras,  $\bar{R}_i$  es la proporción en peso de hembras maduras en el lance  $i$ ,  $m_i$  es el número de peces muestreados del lance  $i$ , y  $n$  es el número total de lances.

El peso de las hembras es estimado de un tamaño fijo de submuestra de hembras maduras. A partir del peso promedio de las hembras en cada lance, se estimó el peso promedio de hembras maduras por

$$\bar{W} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{W}_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (21)$$

y la varianza por

$$V\hat{A}R(\bar{W}) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 (\bar{W}_i - \bar{W})^2}{\left[ \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{n} \right]^2 n(n-1)} \quad (22)$$

donde  $\bar{W}$  es el peso promedio de hembras maduras,  $\bar{W}_i$  es el peso promedio de hembras maduras en el lance  $i$ ,  $m_i$  es el número de peces muestreados del lance  $i$ , y  $n$  es el número total de lances. El peso observado es ajustado hacia abajo en las hembras maduras, cuyos ovarios contienen huevos hidratados, debido a que su peso corporal está temporalmente sobreestimado debido a la retención de agua. El peso ajustado ( $\hat{W}_{ij}$ ) es estimado a partir de

una regresión lineal entre el peso total y el peso sin gónadas ( $W_{ij}^*$ ) que es ajustado solo de aquellas hembras que no tienen huevos hidratados

$$\hat{W}_{ij} = \hat{\alpha} + \hat{\beta}W_{ij}^* \quad (23)$$

La distribución de frecuencia observada del peso promedio de hembras por lance es usualmente simétrica aunque puede ocurrir cierta insinuación de bimodalidad si hay una clase anual mayor a 1 año. Los pesos dentro de cada lance tienden a ser homogéneos, lo que sugiere que los cardúmenes de anchoveta (y sardina común) son homogéneos en relación al peso.

#### 7.6.5 Estimación de la biomasa del stock desovante

Se aplicó el modelo comunicado por [Stauffer y Picquelle \(1980\)](#) para estimar la biomasa desovante:

$$B = P \times \frac{A \times (k \times W)}{(R \times F \times S)} \quad (24)$$

donde:

- $B$  = biomasa desovante (toneladas);
- $P$  = producción diaria de huevos (huevos  $m^{-2} d^{-1}$ );
- $W$  = peso promedio de hembras maduras (g);
- $R$  = razón de sexos, fracción de la población que son hembras maduras, en peso (g);
- $F$  = fecundidad parcial, número de huevos por hembra madura por vez;
- $S$  = fracción de hembras maduras desovantes por día;
- $A$  = área de desove ( $m^2$ );
- $K$  = factor de conversión de gramos a toneladas.

### 7.6.6 Covarianza de los parámetros

Stauffer y Picquelle (1980), basados en el modelo delta de Seber (1973), demostraron que el sesgo aproximado y la varianza para el estimador de biomasa son función de las varianzas y covarianzas muestrales. El sesgo ( $b$ ) está dado por:

$$E[B] = \hat{B} + b \quad (25)$$

donde  $E[B]$  es el valor esperado de la biomasa y  $\hat{B}$  es el estimado de la Ec. (24). El sesgo puede estimarse aproximadamente de la siguiente forma:

$$b \cong \hat{B}(CV(R)^2 + CV(F)^2 + CV(S)^2 + COVS) \quad (26)$$

donde  $CV$  representa el coeficiente de variación del parámetro estimado y  $COVS$ , corresponde a la suma de términos que incorpora las respectivas covarianzas:

$$COVS = \frac{COV(PW)}{PW} - \frac{COV(PR)}{PR} - \frac{COV(PF)}{PF} - \frac{COV(PS)}{PS} - \frac{COV(WR)}{WR} - \frac{COV(WF)}{WF} - \frac{COV(WS)}{WS} \\ + \frac{COV(RF)}{RF} + \frac{COV(RS)}{RS} + \frac{COV(SF)}{SF} \quad (27)$$

Si se ignora el sesgo, la varianza aproximada del estimado está dada por:

$$Var(B) \cong \hat{B}^2 \times (CV(P)^2 + CV(W)^2 + CV(F)^2 + CV(S)^2 + 2 \times COVS) \quad (28)$$

## **7.6.7 Análisis de la distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas**

### **7.6.7.1 Caracterización oceanográfica: análisis espacial**

A partir de la información oceanográfica obtenida, se procedió a describir la zona de estudio usando para ello la data de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, cuando esté disponible. Para la descripción se realizaron mapas de isolíneas mediante interpolación cuadrática (kriging) en la forma de:

- a) secciones horizontales (mapas) de isolíneas de temperatura en superficie, a 10 y 50 m de profundidad para el área de estudio,
- b) secciones horizontales (mapas) de isolíneas de salinidad en superficie, a 10 y 50 m de profundidad para toda el área de estudio,
- c) secciones horizontales de oxígeno disuelto (cuando esté la data disponible) a 10 y 50 m de profundidad para toda el área de estudio,
- d) secciones verticales de temperatura costa-océano cada 30 millas náuticas de latitud,
- e) secciones verticales de salinidad costa-océano cada 30 millas náuticas de latitud,
- f) secciones verticales de oxígeno disuelto costa-océano (cuando esté la data disponible) cada 30 millas náuticas de latitud

### **7.6.7.2 Relación distribución de huevos con variables ambientales**

- Análisis cualitativo

Para explorar las posibles relaciones de las distribuciones de huevos con las variables ambientales se realizó el siguiente análisis cualitativo:

- a) Se confeccionaron mapas de contornos con variables oceanográficas descritos en los puntos anteriores, a los que se les superpuso una representación horizontal escalada de la abundancia de huevos de anchoveta y sardina común.

b) Se confeccionaron diagramas T-S en los cuales se sobrepuso una representación escalada de la abundancias de huevos de anchoveta y sardina común.

- Análisis cuantitativo (preferencia-rechazo)

Para la determinación de la asociación entre alguna característica poblacional (en este caso densidad de huevos de sardina común y anchoveta) y las variables ambientales se utilizó el método propuesto por D' Amours (1993), Perry y Smith (1994). En el uso de esta técnica, primero se construye la distribución de frecuencia acumulada (DFA) de la variable ambiental (e.g. temperatura y profundidad de fondo), para posteriormente generar el producto de cada DFA por la densidad de huevos de ambas especies.

La comparación entre la (DFA) y el producto de ésta por la densidad de huevos provee una prueba estadística para determinar la asociación entre la densidad de huevos y un rango de variables ambientales características del hábitat. Si la población está distribuida al azar con respecto a la variable ambiental, las curvas no serán significativamente diferentes. En cambio, si la característica poblacional presenta cierta asociación por un rango particular de la variable del hábitat, las curvas tienden a incrementarse de manera diferente, aumentando la diferencia entre ambas funciones.

La DFA para la variable ambiental (e.g., temperatura) se calculó de la siguiente manera:

$$f(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I(x_i) \quad (29)$$

con la función indicador,

$$I(x_i) = \begin{cases} 1, & \text{si } x_i \leq t; \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (30)$$

donde  $t$  representa el índice, ordenado en forma creciente y en saltos apropiados para la variable del hábitat. El salto seleccionado fue de 0,1 °C para temperatura y de 1 m para la

profundidad del fondo;  $n$  es el número de estaciones oceanográficas y  $x_i$  es la medición de la variable del hábitat en la estación ( $i = 1, \dots, n$ ).

El segundo paso fue asociar los valores de densidad de huevos en las estaciones para cada una de las especies con las condiciones del hábitat, como una ponderación de la forma:

$$g(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{\bar{y}} I(x_i) \quad (31)$$

donde  $Y_i$  = densidad de huevos en cada estación de muestreo en el conjunto  $i$  dentro de  $t$  rango de variable del hábitat,  $\bar{y}$  es el estimado de la densidad media de huevos.

Si los valores grandes de  $y_i / \bar{y}$  están asociados consistentemente con una condición particular del hábitat, se sugiere una fuerte asociación entre los huevos de una especie determinada con la condición del hábitat.

El tercer paso fue determinar la fuerza de la asociación entre densidad de huevos y la variable característica del hábitat, evaluando la máxima diferencia entre  $g(t)$  y  $f(t)$ :

$$\max_{\forall t} |g(t) - f(t)| = \max_{\forall t} \left| \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{y_i - \bar{y}}{\bar{y}} \right) I(x_i) \right| \quad (32)$$

La prueba estadística usada en este caso correspondió a la diferencia entre  $g(t)$  y  $f(t)$  (ecuación precitada), y el valor de probabilidad se calculó mediante un re-muestreo Montecarlo de la(s) variable(s) ambiental(es), bajo la hipótesis nula de una relación al azar entre la(s) variable(s) ambiental(es) y la(s) característica(s) poblacional(es). Se analizaron dos niveles de significancia ( $p < 0,05$  y  $p < 0,01$ ). Para calcular el nivel de probabilidad se comparó la distancia máxima obtenida entre  $g(t)$  y  $f(t)$  de los datos originales con la distribución empírica de las distancias máximas obtenidas a partir de 2000 iteraciones.

- Análisis cuantitativo (Geoestadística)

Se aplicaron técnicas geoestadísticas para analizar cuantitativamente la distribución espacial de la abundancia de huevos. La estimación geoestadística se basa en la correlación espacial entre los datos en lugar de evitarla, como en el caso de un muestreo aleatorio, y permite obtener resultados insesgados prácticamente desde cualquier tipo de diseño muestral (Conan 1985, Petitgas 1996). No obstante, se obtiene una mayor precisión al aplicar este tipo de análisis bajo estrategias de muestreo de tipo regular (Conan 1985), como es el caso de este estudio (Figura 1). Las estimaciones locales de cada variable obtenidas durante el crucero son consideradas como una representación muestral del proceso aleatorio subyacente (*i.e.* campo de la densidad de huevos o campo de la variable físico-química). Se realizó en primer lugar un análisis estructural para caracterizar el proceso sobre la base de las propiedades de los datos, modelando el cambio en su disimilitud en función de la distancia entre ellos. Posteriormente, este modelo de correlación espacial fue utilizado para la interpolación por *kriging puntual ordinario* con el objeto de asignar ponderadores óptimos a las mediciones de la variable local densidad local en cada lance. El procedimiento básico del *kriging* lineal consiste en la interpolación sobre el área no muestreada mediante combinaciones lineales de las observaciones provenientes del área muestreada en la grilla de transectas. Los coeficientes de las combinaciones lineales son óptimos desde el punto de vista de las desviaciones cuadráticas esperadas entre las observaciones y las interpolaciones (Isaaks y Srivastava 1989).

En el análisis se realizó por estadio de desarrollo, los 11 estadios fueron agrupados en 3 conjuntos aproximadamente 1 día de duración cada conjunto (anchoveta: I-III, IV-VII, VIII-XI; sardina: I-IV, V-VIII, IX-XI). Esto permitió contar con suficiente número de observaciones para cada conjunto para la realización del análisis geoestadístico. Además del análisis por conjunto de estadios de desarrollo, se realizó un análisis similar para todos los estadios agregados, es decir para la densidad de huevos totales.

Debido a la alta varianza en los conjuntos de datos de ambas especies y todos los estadios de desarrollo de los huevos, se analizó el logaritmo natural de la densidad (huevos/0,05

m<sup>2</sup>). Por la misma razón, la herramienta estructural consistió en el variograma experimental estandarizado. En todos los variogramas experimentales, la distancia máxima fue menor que la mitad de la distancia máxima entre cualquier par de muestras del crucero, tal como se recomienda en la literatura (Isaaks y Srivastava 1989). Asimismo, el número de *lags* fue fijado en 20, haciendo variar la tolerancia de los *lag* hasta encontrar una estructura espacial lo más continua posible y claramente asintótica. En el estudio de la anisotropía, se estudiaron los ejes norte-sur (N-S, 0°) y este-oeste (E-O, 90°) con una tolerancia de 22,5° hacia ambos lados de cada eje, en concordancia con la naturaleza del hábitat en la plataforma continental chilena. El ajuste de los variogramas teóricos a los variogramas experimentales se realizó mediante la función de mínimos cuadrados ponderados de Cressie (1993). La inspección visual de los variogramas experimentales determinó una comparación entre variogramas teóricos exponenciales y esféricos. Para ambas especies y casi todos los estadios de desarrollo, los variogramas exponenciales fueron superiores a los esféricos juzgando a través de la suma de cuadrados residual. Por lo tanto, los variogramas exponenciales fueron utilizados en el *kriging*. Esta última etapa se realizó mediante *kriging* puntual ordinario, después de un análisis de validación cruzada para determinar los parámetros de búsqueda en la vecindad de las localidades observadas.

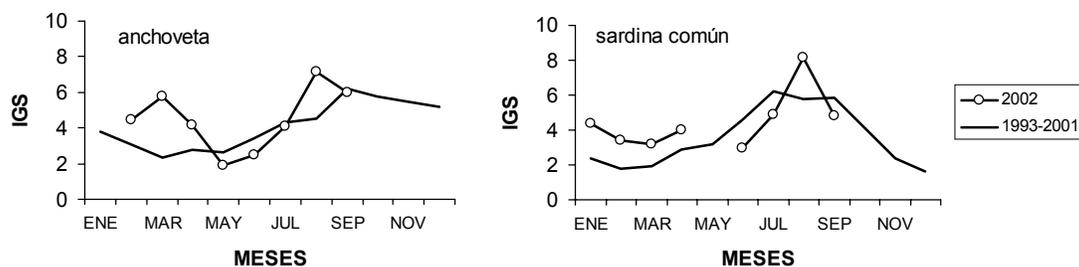
## 8 RESULTADOS

### 8.1 DESARROLLO DEL MUESTREO PLACTÓNICO Y DE ADULTOS

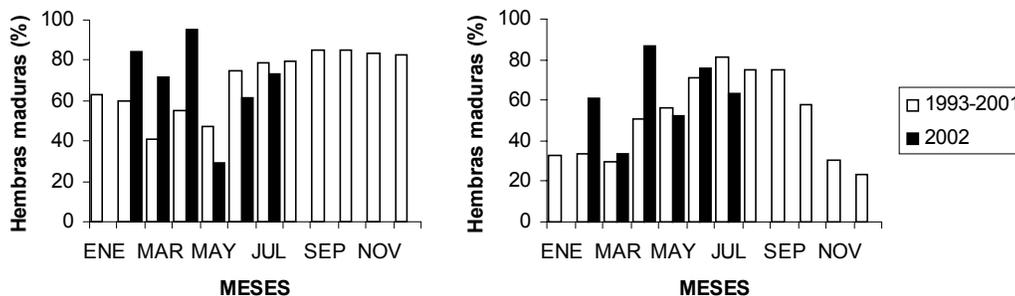
#### 8.1.1 Indicadores reproductivos

La pesquería entró en veda reproductiva el 22 de julio y, a pesar que se contó con la autorización para desarrollar pesca, movilizaciones y demandas gremiales de los pescadores artesanales obligaron a postergar el muestreo, lo que sumado a días de mal tiempo impidieron contar con muestras suficientes para evaluar la condición reproductiva en momentos previos al crucero (julio), los que se complementan con información de las hembras obtenidas durante el crucero (agosto-septiembre).

El índice gonadosomático reveló un incremento significativo en julio de 2002 en ambas especies, reflejando el inicio del período reproductivo (**Figura 2**), el cual presentó su máxima expresión en agosto, tal y como ha sido observado en años previos. En el estado de madures sexual de hembras clasificadas macroscópicamente como maduras se observó actividad reproductiva entre febrero y abril (**Figura 3**), sin embargo, se estima que el inicio de la actividad reproductiva invernal habría comenzado en las primeras semanas de julio.



**Figura 2.** Índice gonadosomático de anchoveta y sardina común (1996 – Julio de 2002).

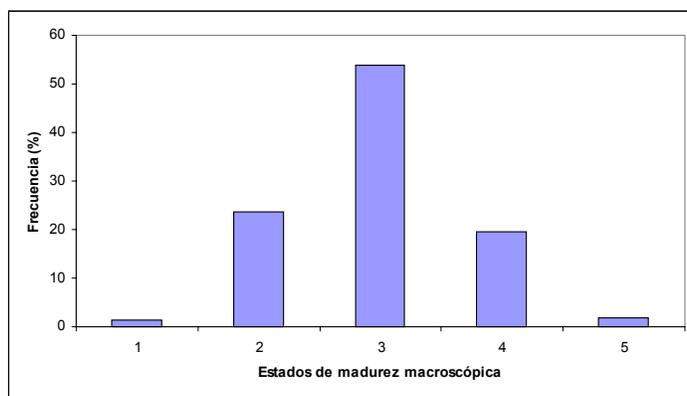


**Figura 3.** Fracción de hembras maduras de anchoveta (izquierda) y sardina común (derecha) del muestreo macroscópico, previo al crucero de huevos.

### 8.1.2 Monitoreo reproductivo

Entre los días 8 de julio y 30 de agosto se obtuvieron muestras de sardina común de los desembarques artesanales para apreciar como evolucionaba el proceso reproductivo de sardina común, previo y durante el crucero. En total, se obtuvo 222 ejemplares, cuya longitud fluctuó entre 9 y 18 cm de LT, con una moda principal en los 10 cm (22 %) y otra secundaria en los 16 cm de LT (17 %). De estos 222 ejemplares, 146 fueron hembras. En el caso de la anchoveta, no fue posible contar con un número adecuado de muestras que permitieran evaluar la condición reproductiva previo al crucero.

Los estados de madurez macroscópica de las hembras de sardina común obtenidas del presente monitoreo se presentan en la **Figura 4**, donde se observa una gran proporción de hembras en estado 3 o maduro con 54 % de los ejemplares, seguido por aquellas hembras en estado 2 (virgen madurando o en recuperación) con 24 % de los peces y luego el estado 4 (hidratado) con casi 20 % de los individuos, los estado 1 (inmaduro) y 5 (en regeneración) se presentan en frecuencias inferiores al 2 %.



**Figura 4.** Distribución del estado de madurez sexual de sardina común durante el monitoreo reproductivo (8 julio – 30 de agosto).

A partir de los 146 ejemplares hembra, se realizaron cortes histológicos para identificar los distintos estadios de madurez microscópicos de acuerdo con la escala de madurez microscópica, que establece 9 estados diferentes. En la **Tabla 4** se muestra la proporción en porcentaje de cada uno de los estados de madurez por fecha de muestreo (o barco), se observa que hacia los últimos días de muestreo el porcentaje de hembras maduras (estados 3 a 9) aumenta a valores cercanos al 90 %, lo que estaría indicando que el proceso de máxima actividad reproductiva de la sardina común fue cubierto durante el crucero.

En el caso de aquellas hembras que presentaron folículos postovulatorios (FPO), se observa que los primeros días del monitoreo no aparecen FPO excepto el día 8 de julio donde se encuentran 5 FPO de día 2, para luego desde el 14 de julio comenzar a encontrar los 3 estados de FPO (**Tabla 5**).

**Tabla 4.** Estados de madurez microscópicos de sardina común obtenidos del monitoreo (n=146).

Fecha	Barco	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Sin corte	Corte malo	% Maduros
08/07/02	Marcelo Rodolfo	0	0	0	0	8	0	0	31	15	38	8	54
11/07/02	Sta. Isabel	54	15	8	0	0	0	0	0	0	15	8	8
11/07/02	Samaritano II	43	21	14	0	0	0	0	0	0	21	0	14
13/07/02	Doña Florina	0	0	6	39	17	0	0	6	0	11	22	67
14/07/02	Eben Ezer	23	23	5	9	0	0	0	9	0	18	14	23
19/08/02	Don samuel	0	0	0	0	30	0	0	15	0	0	0	45
20/08/02	Luis alberto	0	0	0	4	18	0	0	61	7	0	0	89
30/08/02	N.N.	0	0	0	13	40	0	0	0	30	0	0	83

**Tabla 5.** Número de ejemplares de sardina común con Folículos postovulatorios (FPO) en cada una de las muestras analizadas del monitoreo (n=146).

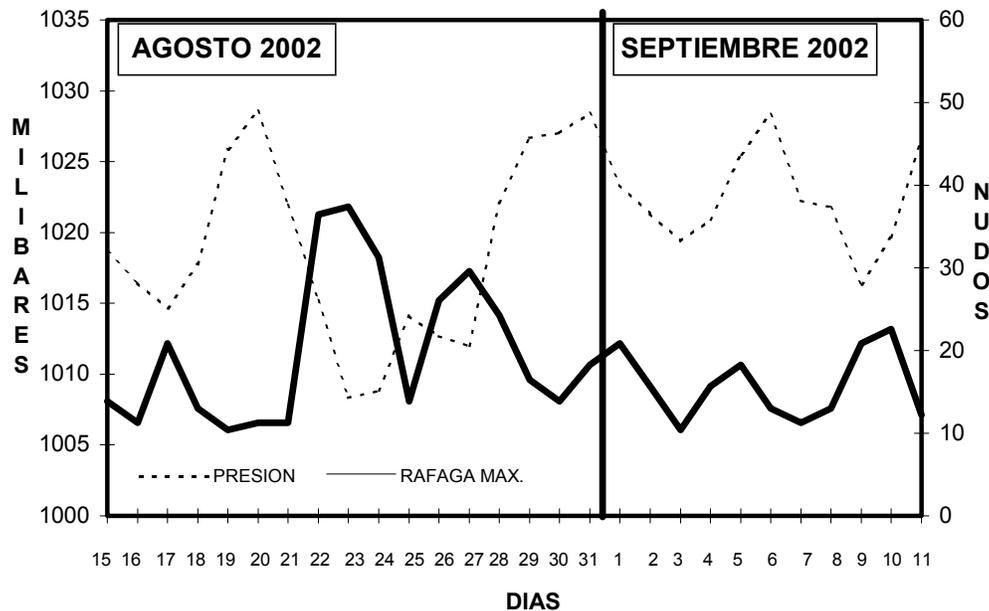
Fecha	Barco	FPO (día 0)	FPO (día 1)	FPO (día 2)	Nº total
08/07/02	Marcelo Rodolfo	0	0	5	7
11/07/02	Sta. Isabel	0	0	0	10
11/07/02	Samaritano II	0	0	0	11
13/07/02	Doña Florina	0	0	1	12
14/07/02	Eben Ezer	0	1	1	15
19/08/02	Don samuel	1	3	3	33
20/08/02	Luis alberto	0	11	7	28
30/08/02	N.N.	3	3	4	30

## 8.2 Condiciones meteorológicas generales

El muestreo de huevos y de adultos de anchoveta y sardina común se desarrolló entre el 19 de agosto y el 9 de septiembre de 2002, principalmente. De acuerdo con los datos registrados en la estación meteorológica del Instituto de Investigación Pesquera, durante la segunda quincena de agosto de 2002, se presentaron 3 sistemas frontales. Uno de ellos tuvo un carácter débil entre el 16 y 18 de agosto, con ráfagas que no superaron los 20 nudos. Los otros dos se presentaron con gran intensidad, y que en suma tuvieron una duración aproximadamente de 7 días (22 al 28 de Agosto), con ráfagas de vientos que superaron los 25 nudos (**Figura 5**).

Durante el período de días comprendidos entre el 01 al 11 de septiembre de 2002 las condiciones meteorológicas fueron más favorables, registrándose el paso de 2 frentes de mal tiempo, el primero de carácter débil, que no superó los 20 nudos y de dos días de duración (03 al 04 de Septiembre), el segundo, de intensidad moderada, con ráfagas de viento que alcanzaron como máximo los 23 nudos, tuvo una duración aproximada de dos días (09 al 11 de Septiembre, **Figura 5**).

El muestreo de huevos comenzó por el sector norte a contar del 18 de agosto con el PAM Fox, y continuó en el sector sur entre el 22 de agosto y el 31 de agosto. La embarcación KayKay desarrolló el crucero de huevos entre el 28 de agosto y el 1° de septiembre, reanudándose entre el 04 y 08 de septiembre. Por razones climáticas y presupuestos de días en el uso de la embarcación Fox algunas transectas no pudieron completarse, particularmente aquellas distribuidas entre el 40°05'S y 41°00'S. Sin embargo, la evaluación global de los resultados indica que el área de desove de ambas especies en el sector sur fue cubierta.

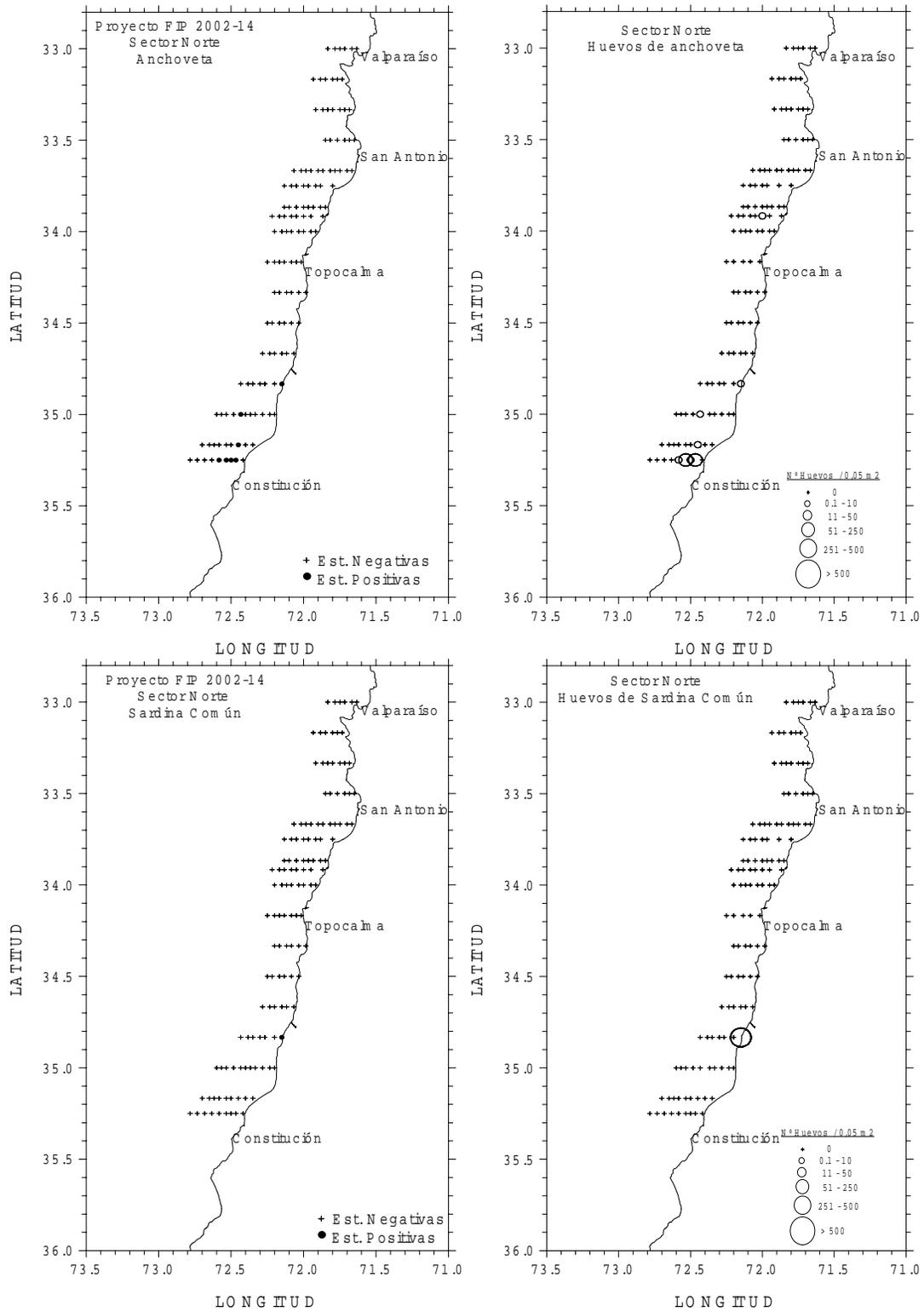


**Figura 5.** Presión atmosférica superficial y ráfagas máximas de viento entre el 15 de agosto y el 11 de septiembre de 2002 (Estación meteorológica de INPESCA, Talcahuano).

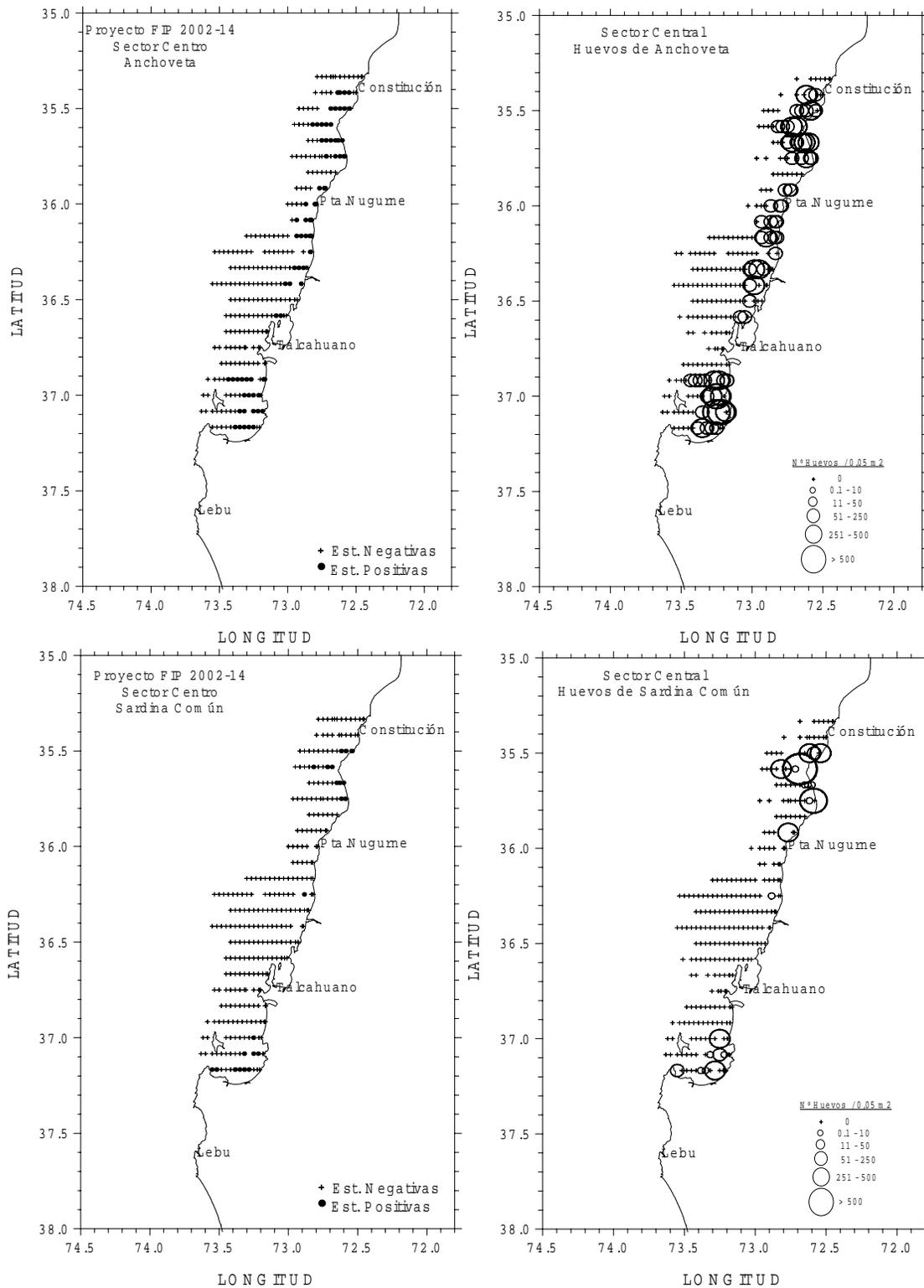
### 8.3 DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE HUEVOS DE ANCHOVETA Y SARDINA COMÚN

El análisis de las 761 muestras planctónicas recolectadas durante el crucero, permitió verificar la presencia de huevos de sardina común en 106 estaciones de muestreo, alcanzando un 13,9 % de todas las estaciones realizadas; en tanto que, para el recurso anchoveta se detectó huevos en 186 estaciones, con un porcentaje de estaciones positivas que alcanzó al 24,4 %.

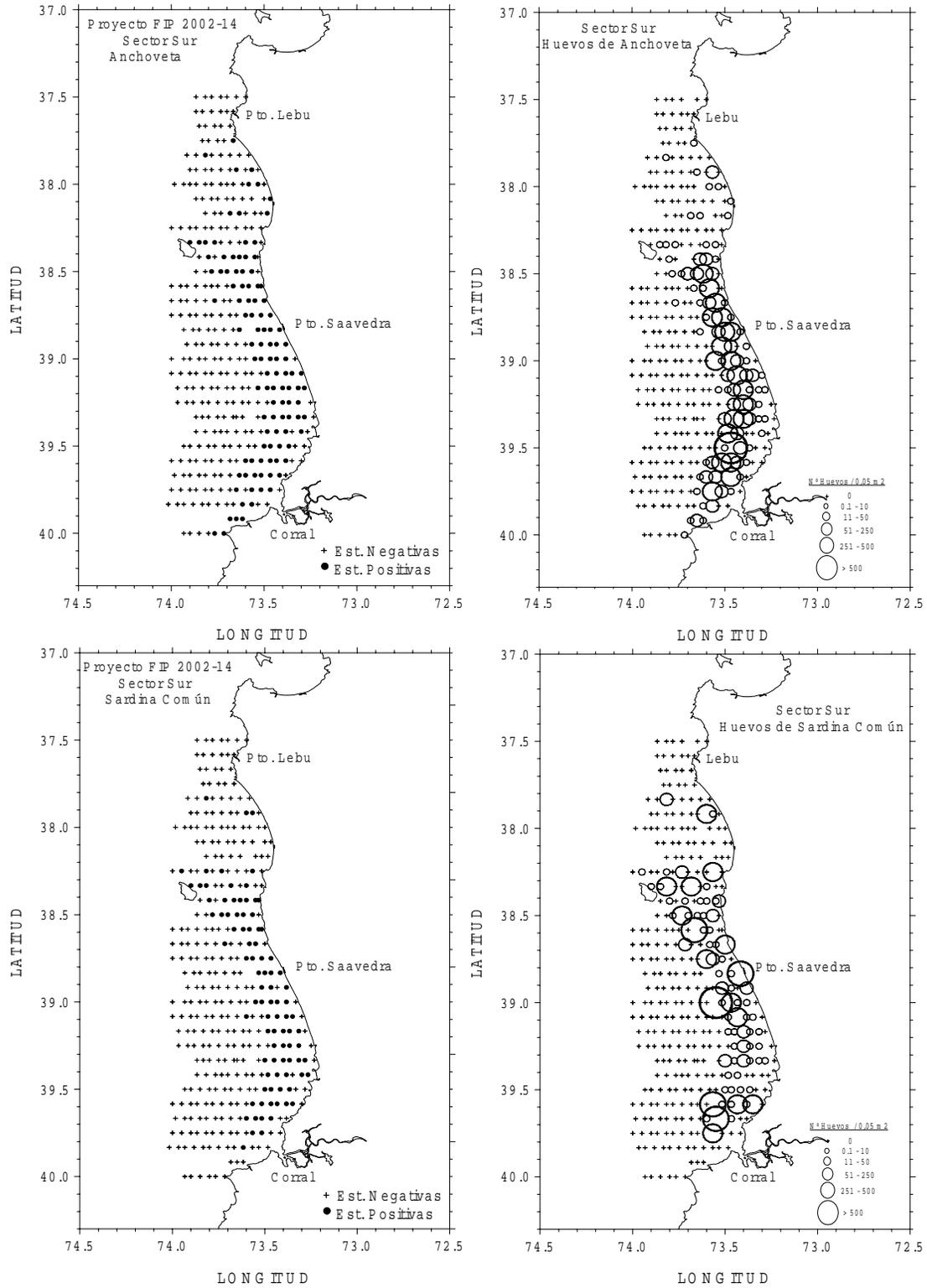
En ambos recursos, el porcentaje de estaciones positivas fue explicado en gran parte por las estaciones realizadas en el sector sur del área de estudio, en contraste a lo reportado para el sector norte, donde este porcentaje fue significativamente menor (**Tabla 6**). La distribución espacial de las estaciones positivas para sardina común y anchoveta, considerando cada uno de los sectores estudiados se presenta en las **Figuras 6, 7 y 8**, para los sectores norte, centro y sur, respectivamente.



**Figura 6.** Disposición geográfica de estaciones positivas y distribución espacial de huevos (huevos/0,05 m<sup>2</sup>) de anchoveta y sardina común en el sector norte del área prospectada.



**Figura 7.** Disposición geográfica de estaciones positivas y distribución espacial de huevos (huevos/0,05 m<sup>2</sup>) de anchoveta y sardina común en el sector central del área prospectada.



**Figura 8.** Disposición geográfica de estaciones positivas y distribución espacial de huevos (huevos/0,05 m<sup>2</sup>) de anchoveta y sardina común en el sector sur del área prospectada.

En toda el área de estudio se verificó un total de 7.298,2 huevos/0,05 m<sup>2</sup> para sardina común y 4.712,0 huevos/0,05 m<sup>2</sup> para sardina común.

**Tabla 6.** Número de estaciones positivas para huevos de sardina común y anchoveta, considerando los diferentes sectores al interior del área de estudio. Entre paréntesis se entrega el porcentaje de estaciones positivas con relación al total de estaciones realizadas en cada sector de estudio.

	SARDINA COMÚN		ANCHOVETA	
	Est. Totales	Est. Positivas	Est. Totales	Est. Positivas
Norte	125	1 (0,8%)	125	8 (6,4%)
Centro	261	21 (8,1%)	261	72 (27,6%)
Sur	353	81 (22,9%)	353	102 (28,9%)
B. Concepción	22	3 (13,6%)	22	4 (18,2%)
<b>TOTAL</b>	<b>761</b>	<b>106 (13,9%)</b>	<b>761</b>	<b>186 (24,4%)</b>

La **Tabla 7** muestra la densidad de huevos de anchoveta y sardina común en cada uno de los sectores estudiados, evidenciando densidades promedio mayores para sardina común (68,9 huevos/0,05 m<sup>2</sup>) con relación con anchoveta (25,3 huevos/0,05 m<sup>2</sup>), al considerar las estaciones positivas detectadas en toda el área de estudio. Un análisis por sector reveló un claro gradiente latitudinal, positivo hacia el sur, en la densidad de huevos de ambas especies, con densidades mayores vinculadas con el sector situado entre los 37°30'S (Lebu) y los 40°00'S (Corral), lo que contrasta con la muy baja densidad descrita para el sector norte.

### 8.3.1 Distribución espacial

La distribución espacial de los huevos de sardina común y anchoveta en el área de estudio, evidenció que el desove de ambas especies estuvo limitado al sector centro-sur del área de estudio, entre la rada de Llico (34°40'S) y Corral (40°00'S). El sector norte, comprendido entre los 33°00' y los 34°40'S, presentó una muy baja densidad de huevos de ambos recursos. Asimismo, más del 95 % de las estaciones de muestreo positivas para huevos de

una u otra especie, estuvo concentrado entre la costa y las 10 - 15 millas náuticas mar afuera, denotando un desove costero de ambos recursos en el período de estudio. Lo anterior implica reconocer que el crucero abarcó de buena forma el área de desove global de ambas especies, resolviendo los límites longitudinales y latitudinales del desove en el área de estudio.

**Tabla 7.** Estadística básica de la densidad promedio de huevos de sardina común y anchoveta (huevos/0,05 m<sup>2</sup>) por sector de estudio, considerando el total de estaciones de muestreo y las estaciones positivas para cada recurso.

SARDINA	Zona Norte		Zona Centro		Zona Sur		B.Concepción		Area Total	
	Totales	Positivas	Totales	Positivas	Totales	Positivas	Totales	Positivas	Totales	Positivas
Promedio	1,95		10,04	124,80	12,56	54,74	1,44	10,53	9,59	68,85
Desv. Estándar	18,95		95,34	321,13	88,87	180,04	4,53	8,48	82,72	213,10
Valor mínimo	0,00	211,87	0,00	1,02	0,00	1,02	0,00	1,02	0,00	1,02
Valor Máximo	211,87	211,87	1460,66	1460,66	1523,81	1523,81	17,32	17,32	1523,81	1523,81
N	125	1	261	21	353	81	22	3	761	106
ANCHOVETA	Zona Norte		Zona Centro		Zona Sur		B.Concepción		Area Total	
	Totales	Positivas	Totales	Positivas	Totales	Positivas	Totales	Positivas	Totales	Positivas
Promedio	0,32	4,97	4,09	14,67	10,20	35,41	0,19	1,02	6,21	25,33
Desv. Estándar	1,98	6,54	16,59	29,18	39,87	68,23	0,40	0,00	29,18	54,78
Valor mínimo	0,00	1,02	0,00	1,02	0,00	1,02	0,00	0,00	0,00	1,02
Valor Máximo	17,32	17,32	191,50	191,50	557,17	546,98	1,02	1,02	557,17	557,17
N	125	8	261	72	353	102	22	4	761	186

#### a) Sector norte

En el sector norte del área de prospección (entre Valparaíso y Constitución), el análisis de las 125 muestras planctónicas recolectadas reveló la presencia de muy bajas densidades de huevos para ambas especies; esto es, 211,9 huevos/0,05 m<sup>2</sup> para sardina común y 39,70 huevos/0,05 m<sup>2</sup> para anchoveta, contribuyendo al recuento total de huevos con 2,9 y 0,8 %, respectivamente. En esta zona se verificó una muy baja presencia de huevos de sardina común y anchoveta, los que en promedio alcanzaron densidades de 211,9 huevos/0,05 m<sup>2</sup> (n = 1 estación) y 4,97 ± 6,54 huevos/0,05 m<sup>2</sup> (n = 8 estaciones, **Figura 6**).

#### b) Sector central

En el sector central, entre Constitución y Golfo de Arauco, donde se evaluó 261 estaciones planctónicas, se contabilizó un total de 2620,8 huevos/0,05 m<sup>2</sup> para sardina común y 1056,3

huevos/0,05 m<sup>2</sup> para anchoveta, contribuyendo con 35,9 y 22,4 % del total de huevos contabilizados en toda el área de estudio. Por su parte, en la Bahía de Concepción (22 muestras colectadas), se evidenciaron muy bajas densidades de ambas especies, con sólo 31,6 huevos/0,05 m<sup>2</sup> para sardina común y 4,07 huevos/0,05 m<sup>2</sup> para anchoveta, contribuyendo con 0,43 y 0,09 % al recuento total de huevos para ambas especies.

En este sector se detectó densidades comparativamente mayores de ambas especies, comparadas con las descritas para el sector norte; no obstante, se destaca la mayor abundancia de huevos de anchoveta (**Figura 7**) los que evidenciaron una distribución costera (menor a las 15 millas náuticas) prácticamente a lo largo de todo el sector, verificándose cuatro núcleos de mayor densidad asociados a: a) el sector de Cabo Carranza (entre Constitución y Bahía Chanco), b) Punta Nugurne (36°00'S), c) la desembocadura del río Itata (36°25'S) y d) el sector oriental y fondo de saco del Golfo de Arauco.

Por el contrario, la distribución de huevos de sardina común no presentó una distribución continua a lo largo del sector, sino que restringida a un núcleo de alta densidad situado frente a Cabo Carranza (entre Constitución y Bahía Chanco) y a otro, de menor densidad, asociado al sector oriental del Golfo de Arauco (**Figura 7**). En esta especie, el desove también fue costero, no sobrepasando las 10 millas náuticas desde la costa.

### **c) Sector sur**

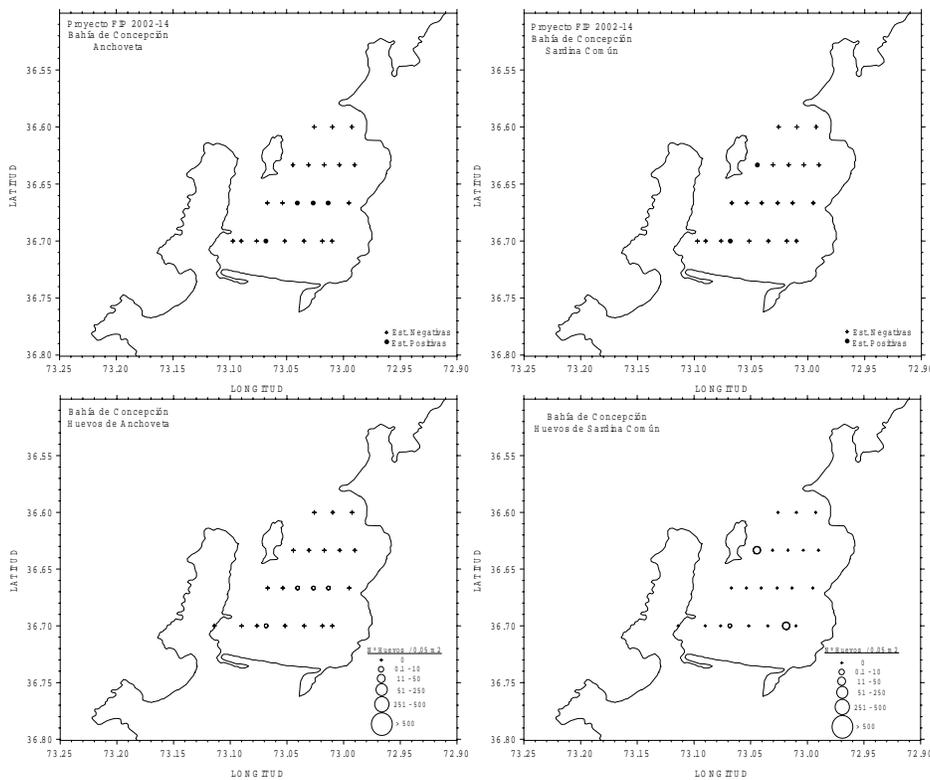
El sector sur del área de prospección, entre Bahía Carnero (37°28'S) y Punta Galera (40°00'S), presentó la mayor concentración de huevos para ambos recursos, totalizando 4433,9 huevos/0,05 m<sup>2</sup> para sardina común y 3611,9 huevos/0,05 m<sup>2</sup> para anchoveta, a partir de 353 muestras analizadas, aportando al recuento total con porcentajes de 60,8% y 76,7% para sardina común y anchoveta, respectivamente..

La distribución espacial de huevos, tanto de sardina común como de anchoveta, evidenciaron bajas densidades en el sector norte (entre Bahía Carnero y Tirúa). Por el contrario, al sur de Tirúa, ambas especies presentaron alta densidad de huevos,

verificándose una distribución continua hasta Bahía Corral (**Figura 8**). En esta región, el desove de ambas especies también fue costero, atendiendo a que su distribución no sobrepasó las 15 millas náuticas desde la costa.

#### d) Bahía de Concepción

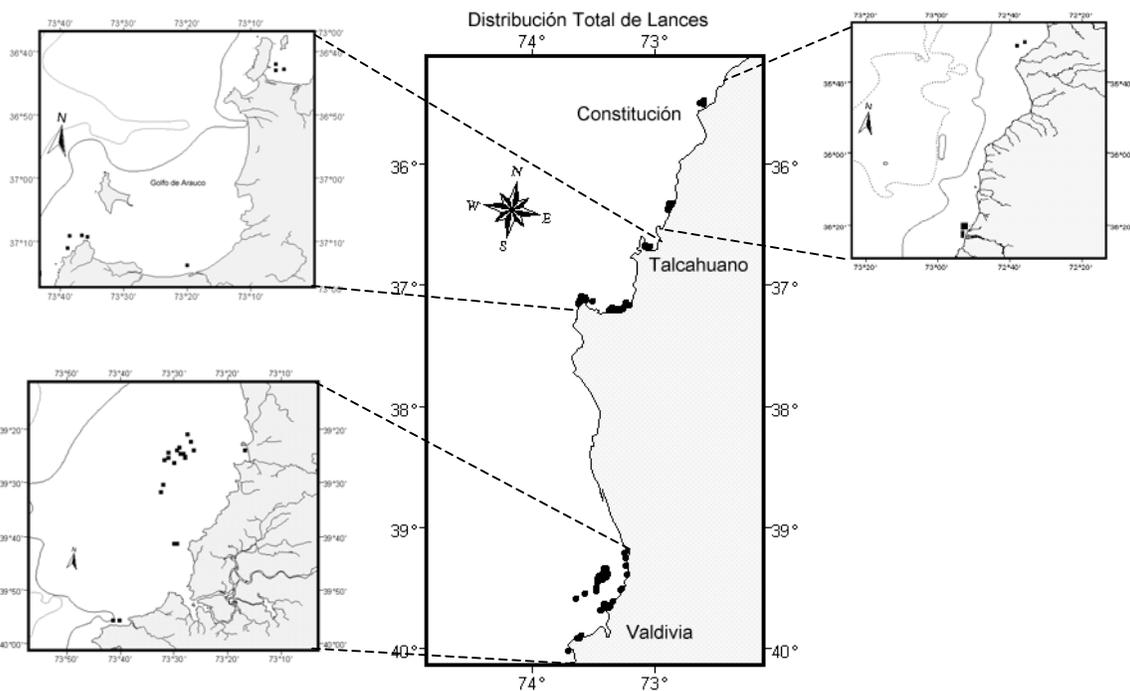
El análisis de la distribución espacial de huevos de sardina común y anchoveta al interior de la Bahía de Concepción (**Figura 9**), reveló una distribución heterogénea, sin revelar gradientes latitudinales ni longitudinales de importancia. Ambas especies evidenciaron muy bajos porcentaje de estaciones positivas con densidades que no sobrepasaron los 10 huevos/0,05 m<sup>2</sup>.



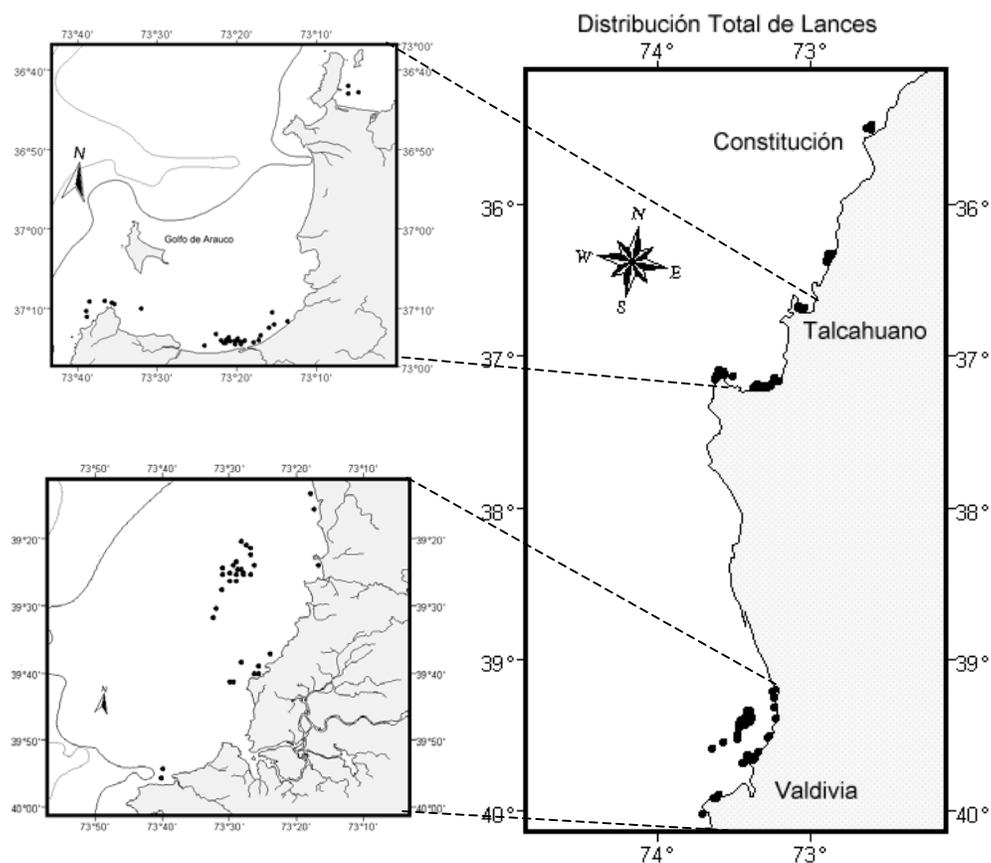
**Figura 9.** Distribución espacial de a) estaciones positivas para huevos de anchoveta, b) estaciones positivas para huevos de sardina común, c) densidad (huevos/0,05 m<sup>2</sup>) de huevos de anchoveta y d) densidad (huevos/0,05 m<sup>2</sup>) de huevos de sardina común al interior de la Bahía de Concepción.

## 8.4 CRUCERO DE ADULTOS

El crucero de adultos se desarrolló entre el 19 agosto y el 9 de septiembre, totalizándose 106 lances de pesca de los cuales 17 fueron sin pesca. Del total de lances positivos ( $n = 89$ ), 28 lances de pesca fueron mixtos permitiendo 76 lances con sardina común y 39 con anchoveta. La distribución espacial de los lances de pesca totales y efectivos se presenta en las **Figuras 10** y **11** para anchoveta y sardina común, respectivamente. La bitácora de pesca se presenta en el Anexo C.



**Figura 10.** Distribución espacial de los lances de pesca totales y lances de pesca efectivos de anchoveta, 19 de agosto – 9 de septiembre de 2002.



**Figura 11.** Distribución espacial de los lances de pesca totales y lances de pesca efectivos de sardina común, 19 de agosto – 9 de septiembre de 2002.

#### 8.4.1 Distribución espacial de los lances de pesca

Las agregaciones de anchoveta se detectaron en tres sectores principales: a) Norte de Carranza – desembocadura del río Itata ( $35^{\circ}30'S - 36^{\circ}25'S$ ), b) Bahía de Concepción – Golfo de Arauco ( $36^{\circ}35'S - 37^{\circ}15'S$ ), y c) Norte del río Mehuín – Punta Galera ( $39^{\circ}20'S - 39^{\circ}58'S$ ). En términos generales, las pescas fueron costeras excepto en el sector sur, donde agregaciones importantes de anchoveta fueron detectadas fuera de las 5 millas náuticas a bordo del PAM Fox (**Figura 10**).

Las agregaciones de sardina común fueron detectadas principales en dos sectores: a) Bahía de Concepción – Golfo de Arauco ( $35^{\circ}30'S - 36^{\circ}25'S$ ), b) Bahía de Concepción – Golfo de

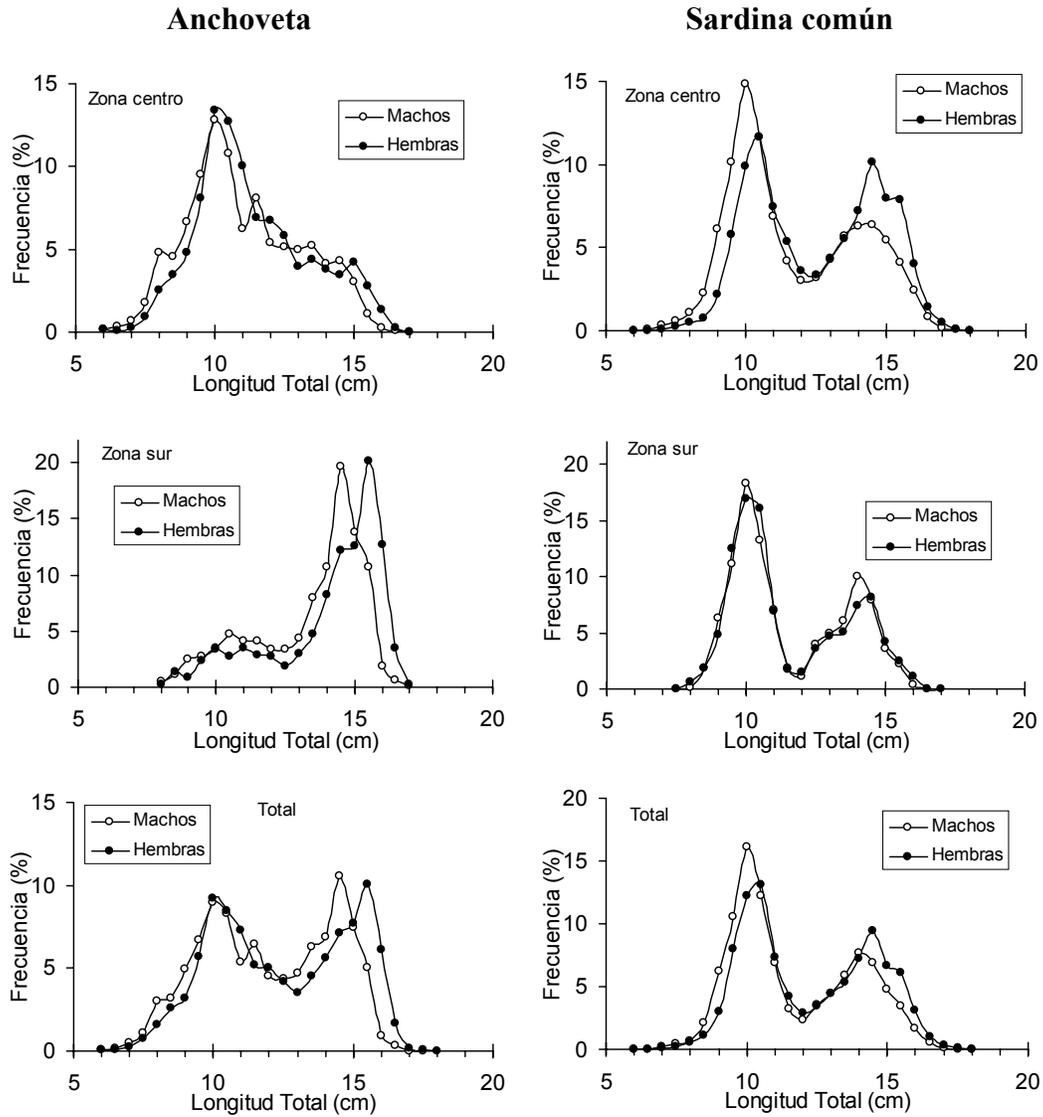
Arauco ( $36^{\circ}35'S - 37^{\circ}15'S$ ), y c) Norte del río Mehuín – Punta Galera ( $39^{\circ}20'S - 39^{\circ}58'S$ ). La distribución de los lances de pesca fue más importante al interior del Golfo de Arauco, con una distribución esencialmente costera. En el sector sur, la sardina fue capturada costera y por fuera de las 5 millas náuticas (**Figura 11**).

Las capturas en los lances de pesca fueron 1.485 toneladas, distribuidas en 73 lances con pesca efectiva. Hubo 16 lances que se consideraron como muestras, ya que no se realizaron sobre agregaciones comerciales.

#### **8.4.2 Distribución de tamaños**

El crucero de adultos determinó 4.884 ejemplares de anchoveta, con un rango comprendido entre 6,0 y 17,5 cm de longitud total (LT). Del total de anchovetas medidas 2.501 fueron machos y 2.383 hembras, cuya distribución por tamaño se muestra en la **Figura 12**. En el sector central, se observa una moda centrada en 10 cm LT, mientras que en el sector sur los machos presentaron una moda en 14,5 cm y las hembras en 15,5 cm LT.

En el caso de la sardina común, se obtuvo un total de 11.569 ejemplares en un rango comprendido entre 6,0 y 17,5 cm LT. Del total de ejemplares 6.321 fueron machos y 5.248 hembras con similar rango de tamaño. En la zona centro y sur, la sardina común presentó una estructura similar caracterizada por una moda principal en los 10 cm LT y otra secundaria en los 14 – 15 cm LT (**Figura 12**).

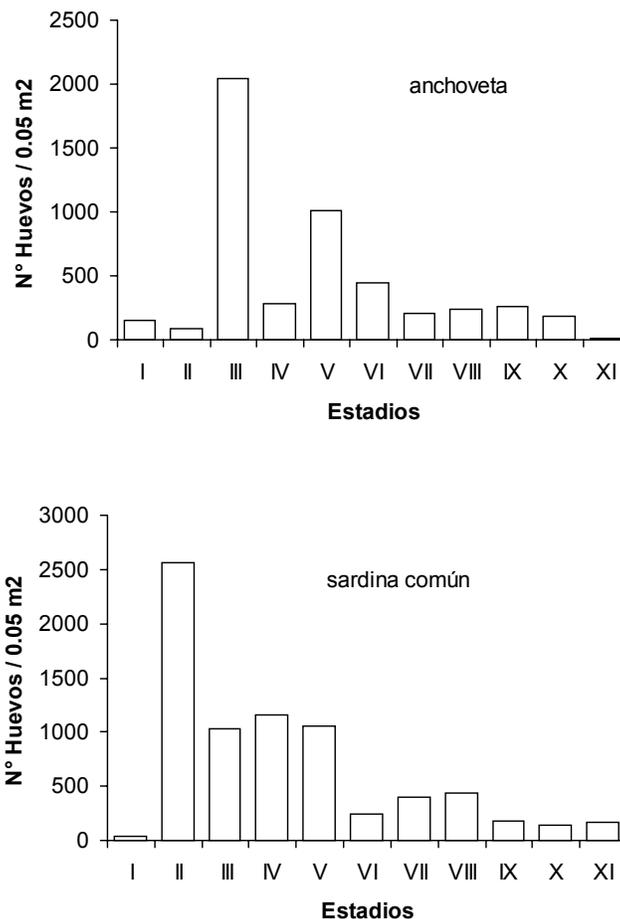


**Figura 12.** Composición de longitudes de la anchoveta (izquierda) y sardina común (derecha) en el crucero de adultos (19 de agosto – 9 de septiembre, 2002).

## 8.5 RESULTADOS POR OBJETIVO ESPECIFICO

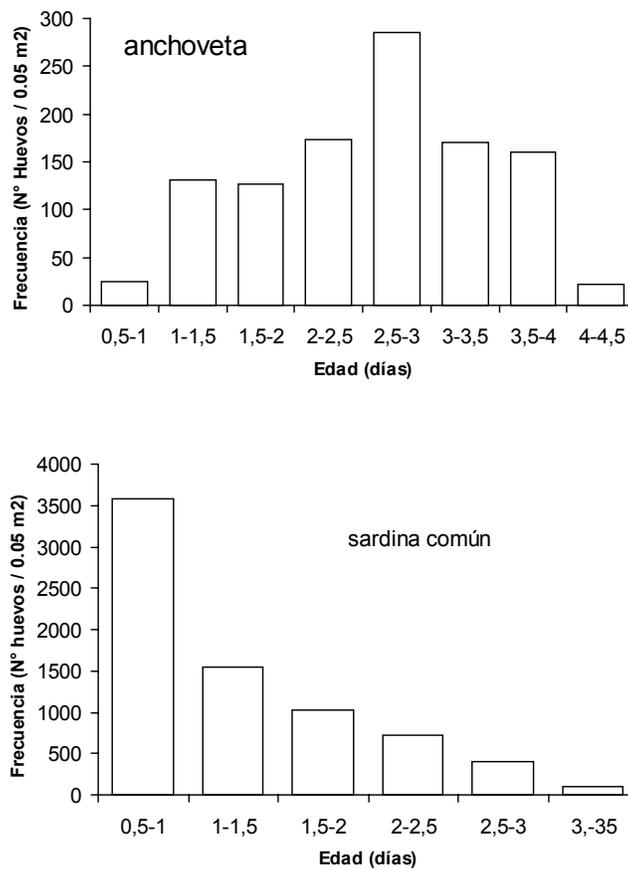
### 8.5.1 Estimación de la producción diaria de huevos, varianza y tasa de mortalidad instantánea de huevos

El número de huevos por estadios de desarrollo se presenta en la **Figura 13**, observándose en el caso de la anchoveta una mayor abundancia del estadio III y V, mientras que en la sardina común son abundantes los estadios II al V, dominando el estadio II. El estadio I está escasamente representado en ambas especies, y fue eliminado para la estimación de la producción diaria de huevos.



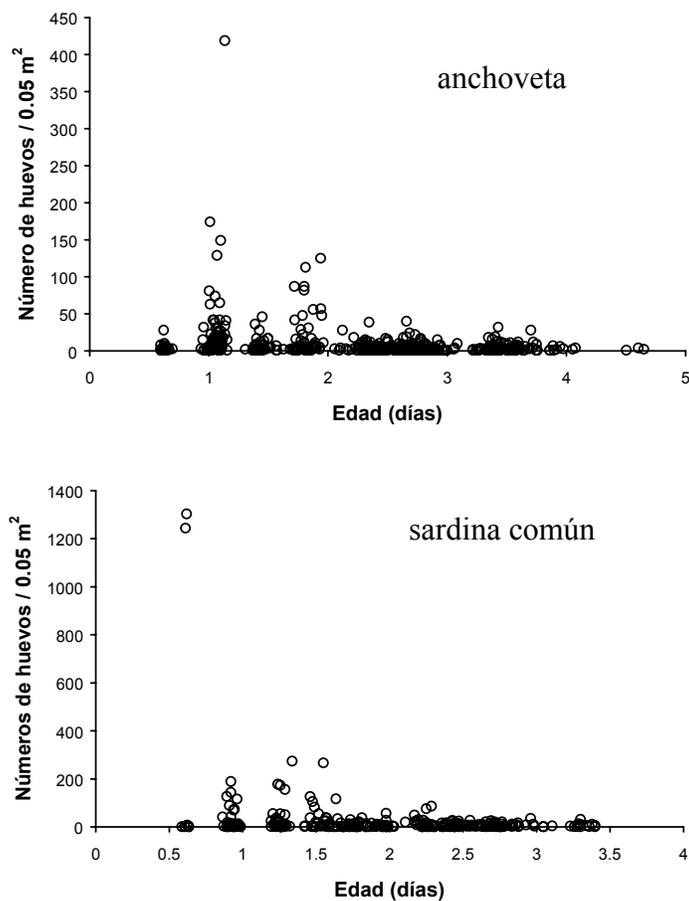
**Figura 13.** Número de huevos por estadio de desarrollo de anchoveta y sardina común, centro-sur de Chile.

En relación con el número de huevos por grupos de edad provisionales de medio día, se observa que la anchoveta alcanza un mayor número de días que la sardina común (**Figura 14**). En el caso de la anchoveta, domina el grupo de edad de 2,5-3 días mientras que en la sardina común lo hace el grupo de edad menor a 1 día declinando gradualmente la contribución numérica de los grupos de edad mayores.



**Figura 14.** Número de huevos de anchoveta y sardina común por grupos de edad provisionales de medio día, zona centro-sur de Chile.

En relación con la estimación de la producción diaria de huevos, en la **Figura 15** se muestra la abundancia por edad (se descartó el estadio I de los datos). En la sardina común, se observa la presencia de dos puntos atípicos que fueron determinantes en la estimación de la producción diaria de huevos de sardina común, generando estimaciones de  $P_0$  extraordinariamente altas y poco precisas, razón por la cual fueron descartados en el proceso de estimación.



**Figura 15.** Abundancia de huevos de anchoveta y sardina común en función de la edad.

La estimación de la producción diaria de huevos se realizó considerando regresión no-lineal y regresión no-lineal ponderada por el inverso de la varianza de la abundancia por grupos de edad de  $\frac{1}{2}$  día (**Tabla 8**). En la sardina común se eliminó los puntos atípicos, representados por la abundancia extraordinariamente alta en edades muy próximas a 0,5 días (**Figura 15**).

**Tabla 8.** Edad y abundancia promedio, y desviación estándar de sardina común y anchoveta, por estratos geográficos.

Sardina común Norte y Centro				Anchoveta Norte y Centro			
Edad (días)	Abundancia huevos/0,05 m <sup>2</sup>	DE huevos/0,05 m <sup>2</sup>	n	Edad (días)	Abundancia huevos/0,05 m <sup>2</sup>	DE huevos/0,05 m <sup>2</sup>	n
0.85	37.5	52.4	12	0.8	4.39	6.8	23
1.35	44.2	57.5	13	1.2	13.29	30.7	41
1.76	26.7	66.9	15	1.8	8.41	17.1	32
2.35	7.7	7.3	20	2.3	3.30	2.7	33
2.74	8.8	8.9	16	2.7	3.14	3.2	50
-	-	-	-	3.4	2.92	2.7	25
-	-	-	-	3.6	2.29	2.6	7
Sector SUR				Sector SUR			
Edad (días)	Abundancia huevos/0,05 m <sup>2</sup>	DE huevos/0,05 m <sup>2</sup>	n	Edad (días)	Abundancia huevos/0,05 m <sup>2</sup>	DE huevos/0,05 m <sup>2</sup>	n
0.89	18.9	41.2	31	0.64	7.9	8.6	8
1.29	31.5	61.8	31	1.16	23.2	53.8	72
1.75	12.3	20.5	51	2.34	10.3	19.5	135
2.33	12.9	18.2	44	3.34	6.3	7.7	26
2.71	7.5	7.2	34	3.66	4.7	5.2	37
3.27	6.5	7.8	16	4.06	3.0	1.4	2
-	-	-	-	4.59	2.3	1.5	3

En términos de precisión de las estimaciones, los resultados del ajuste no-lineal ponderados por el inverso de la varianza fueron más precisos en términos del coeficientes de variación (**Tabla 9**). En la anchoveta, la producción diaria de huevos fue mayor en el sector sur con 25,7 huevos/0,05 m<sup>2</sup>/día, ocurriendo lo contrario en el caso de la sardina común cuya mayor producción diaria de huevos ocurrió en el sector norte-centro con 99,6 huevos/0,05m<sup>2</sup>/día.

Las tasas instantáneas de mortalidad de huevos fueron estimadas en 0,410 día<sup>-1</sup> para anchoveta (CV = 3,45 %) y en 0,607 día<sup>-1</sup> para sardina común (CV = 3,08 %, **Tabla 9**). La tasa de mortalidad instantánea total indica que 33,6 % de los huevos de anchoveta muere diariamente, en tanto que en la sardina común lo hace el 45,5 %.

**Tabla 9.** Estimación de la producción diaria de huevos y tasa de mortalidad diaria de huevos de anchoveta y sardina común.

anchoveta				sardina común		
<b>a) Regresión no-lineal</b>						
	Norte-Centro	Sur	Total	Norte-Centro	Sur	Total
Po	16.997	39.063	30.779	85.72	36.189	45.204
V(Po)	37.318	140.008	59.878	1761.90	170.59	172.504
CV	35.94	30.29	25.14	48.97	36.09	29.06
Z	0.533	0.559	0.549	0.746	0.474	0.523
V(Z)	8.92E-05	3.43E-02	1.34E-02	0.119	0.049	3.66E-02
CV	1.77	33.13	21.06	46.18	46.66	36.58
n	211	283		76	207	
<b>b) Regresión no-lineal ponderada</b>						
	Norte-Centro	Sur	Total	Norte-Centro	Sur	Total
Po	9.296	25.721	19.555	99.614	36.196	47.738
V(Po)	0.389	0.719	0.34	24.02	2.54	2.50
CV	6.71	3.30	2.96	4.92	4.40	3.31
Z	0.373	0.432	0.410	0.957	0.529	0.607
V(Z)	8.63E-04	2.00E-04	1.99E-04	7.96E-04	4.82E-04	3.49E-04
CV	7.88	3.27	3.45	2.95	4.15	3.08
n	211	283		76	207.00	
Area	2736.6	4553.0	7289.6	775.8	3487.0	4262.8

### 8.5.2 Estimación de la proporción de estadios de madurez sexual y la fracción diaria de hembras desovantes

#### a) Análisis microscópico de los ovarios

En el caso de la anchoveta se analizaron 1.384 hembras en 32 lances de pesca (**Tabla 10**). En la anchoveta dominó el estadio de madurez sexual IV (vitelados) con el 53,5 %, siguiendo en importancia el estadio de madurez VIII (postdesovante de tanda) con 25,3 % y el estadio hidratado con 9,5 %. A su vez, 8,6% de las hembras se encontraba en un estadio próximo a la hidratación, aspectos que indican que las hembras se encontraban sexualmente activas y en pleno proceso de desove durante el crucero.

En la sardina común, se han analizado 1.278 hembras en 57 lances de pesca. El estado de madurez sexual IV (vitelados) y V (en hidratación) fueron los estadios dominantes con 34,5

y 34,0 %, siguiéndole en importancia el estadio de madurez sexual VIII (postdesovante de tanda) con 27,6 %. El estadio de madurez sexual VI (hidratado) representó el 1,6 %. Esta situación indica que las hembras de sardina común se encontraban sexualmente activas y en pleno desove durante el crucero (**Tabla 10**).

**Tabla 10.** Proporción de estadios de madurez sexual microscópicos de anchoveta y sardina común durante el crucero de evaluación.

EMS	Anchoveta		Sardina común	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%
I	0	0.0	2	0.2
II	3	0.2	1	0.1
III	16	1.2	11	0.9
IV	740	53.5	441	34.5
V	119	8.6	434	34.0
VI	132	9.5	20	1.6
VII	8	0.6	1	0.1
VIII	350	25.3	353	27.6
IX	16	1.2	15	1.2
Total	1384	100	1278	100

#### b) Fracción diaria de hembras desovantes

Para ambas especies, se contó con dos conjuntos de datos independientes para determinar la fracción diaria de hembras desovante; esto es, la fracción de hembras desovantes con folículos postovulatorio de día 1 y 2 (**Tabla 11 y 12**).

En la anchoveta, el porcentaje de hembras con FPO de día 1 varió entre 0 y 36,7 %, en tanto la fracción de hembras con FPO de día 2 varió entre 0 y 33,8 %. La estimación de la fracción diaria de hembras desovantes de anchoveta se realizó combinando los datos de hembras con FPO de día 1 y 2, lo que resultó en 0,107, varianza de 0,00019 y coeficiente de variación de 12,8 %. Esto indica que las hembras de anchoveta desovaron en promedio cada 9,4 días, o bien que cada día desovó el 10,7% de las hembras maduras.

En la sardina común, la fracción de hembras con FPO de día 1 fluctuó entre 0 y 48 % mientras que la fracción de hembras con FPO de día 2 lo hizo entre 0 y 50 %. La estimación de la fracción diaria de hembras desovante combinando las hembras con FPO de día 1 y 2 fue de 0,131 % con varianza de 0,00022 (CV = 11,34 %). Esto implica que las hembras de sardina común estuvieron desovando cada 7,7 días, o bien que cada día desovó el 13,1 % de las hembras activas.

**Tabla 11.** Resumen de los datos de los lances. Promedios del muestreo aleatorio de hembras maduras de anchoveta: longitud total (LT), peso total (PT), peso total corregido (PTCOR), peso corporal (PC), peso de gónada (PG), fecundidad parcial estimada (FPE), hembras maduras (HM), hembras hidratadas (HH), folículos postovulatorios (FPO) de edad 0, 1, y 2 días. Peso total de hembras corregido (PTHCOR), hembras (H), peso total de machos corregidos (PTMCOR), y machos (M) del muestreo aleatorio de proporción sexual.

DATOS LANCES					DATOS HEMBRAS MADURAS										PROPORCIÓN SEXUAL				
Lance (n)	Fecha (d-m)	Colecta (h)	Posición (s) (w)		LT (cm)	PT (g)	PTCOR (g)	PC (g)	PG (g)	FPE (n)	HM (n)	HH (n)	EDAD F. P. O.			PTHCOR (g)	H (n)	PTMCOR (g)	M (n)
													0	1	2				
1	20/8	09:00	39°56'	73°37'	15.5	22.1	23.2	21.0	1.15	8719	40	1	0	0	5	20.7	143	19.7	57
2	20/8	10:50	39°57'	73°38'	15.3	21.4	22.5	20.4	1.01	8464	38	0	1	0	0	22.1	113	20.1	83
3	7/9	13:25	39°26'	73°25'	15.4	22.8	24.0	21.5	1.28	8972	50	1	2	5	5	21.6	75	19.5	132
4	7/9	15:00	39°24'	73°23'	15.4	21.2	22.3	20.0	1.14	8309	39	0	0	3	10	18.3	78	14.9	66
5	8/9	10:50	39°26'	73°25'	16.0	25.4	26.6	23.9	1.47	10008	38	2	2	3	7	23.6	110	22.3	90
6	8/9	12:00	39°25'	73°26'	15.6	23.4	24.5	21.9	1.49	9123	39	3	0	2	4	22.4	73	20.2	71
7	8/9	15:20	39°24'	73°26'	15.5	22.2	23.4	20.9	1.29	8713	41	0	0	2	2	20.5	58	19.6	142
8	8/9	18:00	39°25'	73°26'	14.9	21.4	22.5	20.2	1.30	8353	41	2	1	1	7	21.6	32	17.1	42
9	9/9	07:10	39°27'	73°27'	15.7	25.3	26.5	23.7	1.58	9922	40	4	1	1	7	24.1	112	23.2	94
10	9/9	11:10	39°23'	73°24'	15.0	20.9	21.9	19.6	1.29	8102	40	2	2	4	2	22.9	30	18.6	78
11	9/9	13:00	36°22'	73°25'	15.0	21.9	23.0	20.5	1.37	8528	37	0	0	2	4	21.5	36	20.1	50
12	29/8	11:44	39°25'	73°14'	15.6	24.5	25.6	22.7	1.77	9474	41	3	0	3	5	24.3	119	22.2	71
13	7/9	17:13	39°42'	73°27'	13.2	14.1	14.9	13.4	0.75	5344	40	0	0	0	1	9.0	88	7.9	83
14	7/9	19:00	39°42'	73°26'	12.4	11.6	12.2	11.0	0.58	4283	31	0	0	1	2	6.1	53	6.8	56
15	7/9	22:00	39°31'	73°29'	13.7	15.9	16.8	15.1	0.85	6110	39	0	1	3	9	11.5	98	11.4	101
16	7/9	23:15	39°32'	73°29'	14.2	17.6	18.5	16.7	0.93	6808	38	0	0	1	5	10.8	66	11.4	97
17	9/9	01:56	39°25'	73°28'	15.1	23.1	24.2	21.7	1.32	9070	41	0	1	0	4	21.4	29	15.9	15
18	9/9	06:31	39°26'	73°28'	15.7	23.5	24.6	22.1	1.42	9188	40	6	9	1	5	21.3	93	16.9	105
19	9/9	08:00	39°26'	73°29'	15.6	23.3	24.5	22.0	1.36	9155	41	5	2	3	5	21.8	74	18.7	47
20	19/8	10:43	36°13'	72°32'	13.5	14.6	14.9	13.1	1.41	5074	89	34	0	3	9	16.3	90	15.6	110
21	19/8	13:45	36°14'	72°32'	13.4	14.0	14.1	12.5	1.49	4700	7	3	0	0	1	6.5	58	4.2	64
22	19/8	15:15	35°17'	72°22'	14.3	19.2	20.2	17.6	1.57	7236	44	0	0	6	5	18.5	55	17.0	45
23	19/8	17:10	35°18'	72°23'	14.1	19.4	20.5	17.9	1.58	7361	39	0	1	0	2	17.5	88	16.4	125
24	21/8	09:35	37°06'	73°23'	11.1	8.0	8.4	7.8	0.19	2856	9	0	0	0	0	6.5	44	5.5	76
25	19/8	14:50	35°17'	72°22'	14.9	19.9	20.9	18.4	1.55	7579	38	0	0	5	5	18.3	127	14.9	98
26	21/8	07:50	36°13'	72°31'	12.9	13.1	13.7	12.2	0.93	4760	74	17	3	15	25	11.9	94	10.8	106
27	21/8	09:20	36°12'	72°31'	12.4	11.7	12.1	10.8	0.92	4111	82	23	5	9	12	10.9	96	9.1	146
28	21/8	12:20	36°12'	72°32'	13.1	13.7	14.4	12.8	0.85	5096	49	1	0	18	16	13.2	73	12.0	133
29	31/8	13:45	36°25'	73°02'	12.0	9.7	10.2	9.3	0.43	3505	80	7	5	9	11	8.7	109	8.2	104
30	19/8	07:00	36°25'	73°03'	12.8	12.1	12.7	11.4	0.73	4445	57	13	5	1	5	12.6	62	10.8	64
31	20/8	07:10	36°25'	73°03'	11.9	9.9	10.4	9.4	0.50	3586	53	5	18	3	6	11.0	57	10.1	68
32	5/9	08:07	37°05'	73°21'	11.3	7.9	8.3	7.4	0.50	2676	9	0	0	0	0	5.6	89	5.5	61

**Tabla 12.** Resumen de los datos de los lances. Promedios del muestreo aleatorio de hembras maduras de sardina común: longitud total (LT), peso total (PT), peso total corregido (PTCOR), peso corporal (PC), peso de gónada (PG), fecundidad parcial estimada (FPE), hembras maduras (HM), hembras hidratadas (HH), folículos postovulatorios (FPO) de edad 0, 1, y 2 días. Peso total de hembras corregido (PTHCOR), hembras (H), peso total de machos corregidos (PTMCOR), y machos (M) del muestreo aleatorio de proporción sexual.

DATOS LANCES				DATOS HEMBRAS MADURAS											PROPORCIÓN SEXUAL			
Lance (n)	Fecha (d-m)	Colecta (h)	Posición (s) (w)	LT (cm)	PT (g)	PTCOR (g)	PC (g)	PG (g)	FPE (n)	HM (n)	HH (n)	EDAD F. P. O.			PTHCOR (g)	H (n)	PTMCOR (g)	M (n)
1	2-9	10:18	37°13 73°20	14.1	23.7	24.6	21.1	2.58	10096	2	0	0	0	0	20.4	134	16.36	85
2	2-9	12:40	37°13 73°20	13.2	19.3	19.9	17.8	1.43	8595	29	5	2	4	8	19.3	106	16.85	118
3	2-9	14:30	37°13 73°20	12.2	15.6	16.3	14.7	0.96	7285	26	0	0	5	7	22.6	119	21.28	81
4	2-9	16:15	37°13 73°20	13.1	17.6	18.0	16.3	1.30	7872	22	3	3	6	7	19.1	123	16.08	82
5	2-9	18:15	37°12 73°22	14.7	24.3	25.3	22.6	1.70	10714	15	0	1	0	3	24.3	104	23.41	100
6	3-9	12:02	37°13 73°20	13.8	19.7	20.4	18.5	1.19	8929	25	0	0	3	6	20.6	92	18.85	108
7	3-9	14:00	37°13 73°19	12.4	15.1	15.7	13.9	1.13	6967	25	0	0	1	9	15.5	51	13.75	49
8	9-9	8:05	37°13 73°13	12.6	17.8	18.5	16.8	0.96	8204	25	0	0	12	6	18.7	85	16.13	74
9	9-9	10:00	37°13 73°21	14.0	20.8	21.6	19.6	1.18	9411	25	0	0	8	11	17.7	123	14.79	84
10	9-9	12:45	37°13 73°19	13.9	21.8	22.7	20.3	1.55	9699	25	0	0	5	12	22.4	68	18.54	79
11	9-9	15:20	37°13 73°20	11.8	15.3	15.9	14.3	0.99	7130	26	0	0	3	12	13.5	105	10.99	121
12	21-8	8:00	37°09 73°38	12.7	13.4	13.9	12.2	1.18	6218	20	0	0	0	0	12.1	6	7.49	119
13	31-8	9:20	37°09 73°31	11.7	12.4	12.9	11.4	0.96	5879	14	0	0	0	0	8.5	93	7.44	114
14	21-8	12:20	36°20 72°53	10.8	8.4	8.8	7.8	0.58	4333	18	0	0	2	1	9.6	98	8.63	141
15	31-8	13:45	36°42 73°04	12.0	13.2	13.7	12.4	0.82	6287	24	0	0	2	8	9.8	75	8.35	101
16	5-9	8:50	37°08 73°35	10.3	8.3	8.6	7.8	0.43	4330	24	0	0	0	6	8.1	88	7.53	112
17	5-9	13:50	37°13 73°19	15.0	27.1	28.2	25.1	2.02	11798	24	0	0	1	7	22.5	119	21.54	101
18	5-9	14:25	37°13 73°21	15.3	26.3	27.3	24.3	1.97	11451	28	0	0	0	2	25.6	83	22.01	117
19	5-9	16:15	37°13 73°15	14.6	24.5	25.4	23.1	1.39	10905	26	0	2	6	11	27.1	77	25.00	123
20	5-9	18:00	37°09 73°15	15.0	26.6	27.6	24.8	1.78	11656	25	0	1	0	8	27.2	131	25.43	48
21	5-9	9:30	37°13 73°18	14.0	21.5	22.3	20.2	1.26	9689	31	0	1	6	14	18.0	123	15.40	77
22	5-9	12:00	37°13 73°20	13.2	18.0	18.7	17.0	1.02	8291	27	0	3	4	8	17.1	80	14.22	86
23	5-9	14:20	37°14 73°18	14.5	24.2	24.9	22.4	1.82	10534	25	2	2	8	6	21.4	76	18.85	124
24	5-9	16:00	37°14 73°18	14.7	23.9	24.9	22.3	1.67	10566	21	0	0	1	6	22.5	68	20.75	132
25	6-9	19:45	37°13 73°18	13.3	18.7	19.5	17.6	1.15	8536	21	0	0	2	8	15.5	85	11.82	115
26	9-9	1:56	39°25 73°28	13.9	22.9	23.8	21.3	1.62	10138	24	0	0	0	1	12.6	80	11.55	122
27	29-8	11:44	39°25 73°14	14.1	21.3	22.1	19.8	1.52	9486	25	0	0	0	1	18.9	81	17.30	123
28	29-8	14:39	39°14 73°15	13.8	19.3	20.1	18.3	1.01	8846	27	0	0	3	6	18.7	113	17.47	86
29	20-8	9:00	39°56 73°37	14.9	26.0	27.1	23.9	2.19	11258	27	0	0	0	0	22.3	85	23.04	106
30	7-9	6:50	39°27 73°26	14.0	23.6	24.5	22.0	1.57	10456	30	0	2	0	2	16.3	47	17.77	140
31	7-9	8:20	39°26 73°24	14.0	22.6	23.5	21.1	1.51	10050	25	0	0	0	4	15.2	80	15.05	122
32	7-9	9:55	39°26 73°26	15.4	30.2	31.4	28.1	2.15	13072	27	0	0	0	2	27.1	54	26.00	144
33	8-9	12:00	39°25 73°26	14.5	23.3	24.2	21.7	1.59	10315	26	0	0	0	5	15.2	63	18.50	127
34	8-9	18:00	39°25 73°26	13.7	20.6	21.4	19.0	1.64	9128	25	1	0	1	3	8.6	45	10.40	116
35	7-9	11:30	39°25 73°25	15.1	26.9	27.9	24.9	1.97	11702	27	0	1	1	1	25.4	73	23.95	86
36	7-9	13:25	39°26 73°25	14.5	25.1	26.1	23.5	1.66	11088	24	0	0	2	1	17.0	73	15.80	125
37	7-9	15:00	39°25 73°23	14.7	25.4	26.4	23.5	1.94	11101	25	0	0	1	2	13.4	44	14.37	73
38	8-9	10:50	39°26 73°25	14.5	24.0	24.9	22.3	1.70	10572	27	0	0	2	4	21.4	24	21.95	87
39	8-9	15:20	39°24 73°26	13.6	19.0	19.7	17.9	1.06	8673	21	0	0	1	2	11.5	88	13.22	111
40	8-9	20:00	39°22 73°24	13.9	20.2	21.0	18.9	1.31	9118	21	0	0	0	2	11.7	73	11.87	121
41	8-9	22:00	39°21 73°25	13.6	19.1	19.8	16.1	2.95	7947	22	0	0	1	5	11.7	73	11.87	121
42	9-9	7:10	39°27 73°27	14.5	24.5	25.4	22.8	1.65	10815	22	0	0	0	1	22.5	98	21.79	93
43	9-9	9:50	39°28 73°28	14.1	22.9	23.8	21.5	1.43	10230	22	0	0	0	1	19.7	59	17.38	51
44	9-9	11:10	39°23 73°24	14.3	22.9	23.8	21.3	1.55	10158	23	0	0	0	2	19.8	67	19.42	56
45	19-8	7:00	36°42 73°05	11.6	12.3	12.6	10.9	1.38	5610	26	3	0	1	1	11.4	78	10.99	97
46	20-8	7:10	36°41 73°05	12.3	14.3	14.8	13.0	1.33	6510	26	4	0	0	4	12.5	70	12.01	55
47	5-9	8:07	37°08 73°34	10.4	7.9	8.2	7.5	0.44	4172	28	0	0	0	1	8.5	85	8.40	78
48	5-9	12:50	37°13 73°19	14.8	22.6	23.5	21.0	1.63	10012	25	1	1	1	4	19.3	87	14.71	112
49	5-9	14:45	37°13 73°20	15.0	24.7	25.7	22.9	1.81	10847	25	0	0	0	2	17.9	59	14.59	130
50	6-9	9:30	37°11 73°13	14.6	25.4	26.4	23.8	1.64	11222	23	0	1	2	4	22.9	139	19.23	80
51	6-9	15:15	37°13 73°16	13.5	20.5	21.3	19.2	1.38	9207	23	1	0	1	6	18.3	109	14.68	105
52	6-9	18:30	37°13 73°16	12.7	16.6	17.3	15.6	1.07	7666	24	0	0	3	2	15.1	103	11.52	112
53	9-9	16:30	39°40 73°23	12.4	16.4	17.0	15.1	1.31	7458	5	0	0	0	0	7.2	145	6.98	176
54	9-9	17:50	39°40 73°23	12.8	16.4	17.0	15.5	0.91	7624	2	0	0	0	1	8.3	88	7.88	115
55	7-9	17:13	39°42 73°27	11.8	12.3	12.8	12.0	0.36	6107	2	0	0	0	0	5.8	106	5.95	93
56	7-9	19:00	39°42 73°26	11.2	10.5	10.9	9.9	0.58	5208	2	0	0	0	0	6.5	57	6.10	139
57	7-9	22:00	39°31 73°29	15.2	30.8	32.0	28.4	2.45	13207	24	0	0	0	1	7.7	91	8.17	120

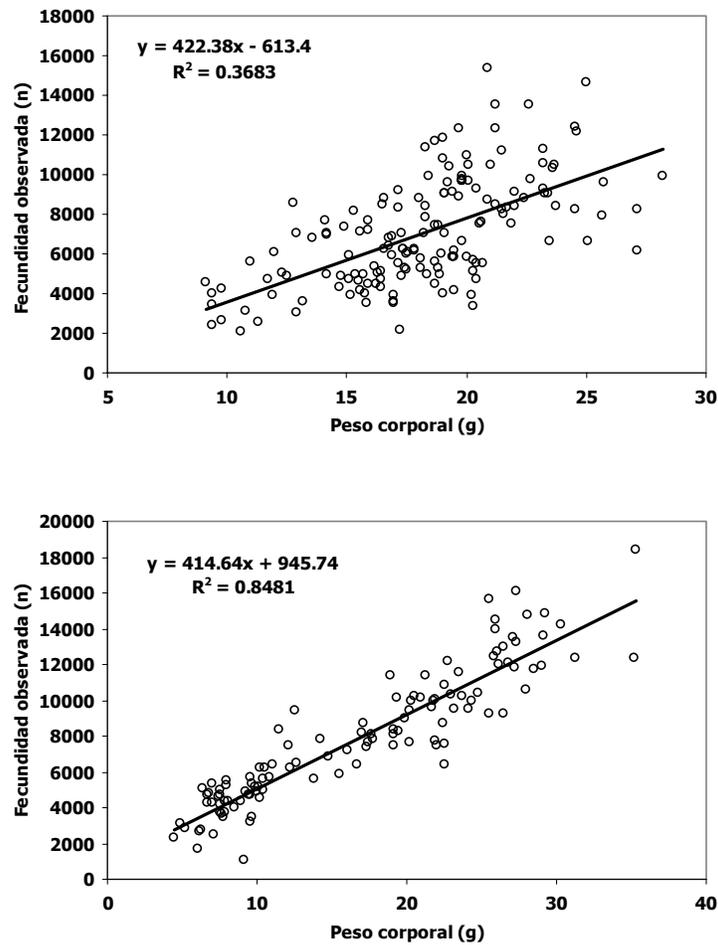
### 8.5.3 Estimación de la fecundidad parcial en función del peso corporal y fecundidad media poblacional

#### a) Fecundidad parcial

La fecundidad parcial se estimó a partir de hembras hidratadas, histológicamente evaluadas en dicha condición. En la anchoveta se contó con 158 hembras hidratadas, mientras que en la sardina común fueron 116 hembras las utilizadas para determinar el modelo de fecundidad parcial en función del peso corporal (**Tabla 13**). El ajuste del modelo lineal en función del peso corporal se muestra en la **Figura 16**, observándose la variación existente.

**Tabla 13.** Parámetros del modelo lineal utilizado para estimar la fecundidad parcial en función del peso corporal.

	anchoveta		sardina común	
	Estimado	Error Estándar	Estimado	Error Estándar
Intercepto	-613,39	824,67	945,74	306,44
Pendiente	422,38	44,29	414,64	16,44
Error típico	2156,15		1428,82	
$r^2$	0,368		0,848	
n	158		116	



**Figura 16.** Regresión lineal entre la fecundidad parcial y el peso corporal de hembras hidratadas de anchoveta (arriba) y sardina común (abajo).

### b) Fecundidad media poblacional

La fecundidad media poblacional, estimada a partir del modelo de regresión utilizando el peso corporal de las hembras a las que se les realizó el análisis histológico para determinar la fracción diaria de hembras desovantes se presenta en las **Tablas 11 y 12**.

En la anchoveta, la fecundidad media poblacional fue de 6.758 ovocitos y varianza de 219.033,2 (CV = 6,9 %). La sardina común, en tanto, presentó una fecundidad media poblacional de 9.227 ovocitos con varianza igual a 106.630,2 (CV = 3,54 %).

#### **8.5.4 Estimación de la proporción sexual y peso promedio de hembras maduras**

##### **a) Proporción sexual en peso de hembras maduras**

En la anchoveta, la proporción sexual en peso presentó un rango entre 0,30 y 0,725 (**Tabla 11**), con un promedio ponderado de 0,51 y varianza igual a 0,00036 (CV = 3,7 %). En el caso de la sardina común, la proporción sexual en peso fluctuó entre 0,075 y 0,745 (**Tabla 12**), con un promedio de 0,47 y varianza de 0,00024 (CV = 3,28 %).

##### **b) Peso promedio de hembras maduras**

El peso promedio de las hembras maduras se estimó a partir del muestreo aleatorio para caracterizar histológicamente la condición reproductiva. Los datos fueron corregidos por el efecto del fijador (formalina pro-análisis) y, a su vez, el peso de las hembras hidratadas fue corregido utilizando un modelo lineal entre el peso corporal y el peso de las hembras que no clasificaron como hidratadas.

El peso promedio de las hembras maduras de anchoveta fue de 18,6 g con varianza de 1,175 (CV = 5,8 %, **Tabla 11**), mientras que el peso promedio de las hembras maduras de sardina común fue de 21,4 g y varianza igual a 0,5783 (CV = 3,55 %, **Tabla 12**).

#### **8.5.5 Estimación de la biomasa del stock desovante**

La biomasa del stock desovante de la anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, durante el periodo de máxima actividad reproductiva entre agosto y septiembre de 2002, a través del criterio estructural se estima en 144.329 t y 153.898 t respectivamente, con varianza de  $3,656 \times 10^8$  (CV = 13,2 %) para anchoveta y de  $4,635 \times 10^8$  (CV = 14,0 %) para sardina común (**Tabla 14**). El área de desove de anchoveta fue de 7.289,6 km<sup>2</sup>, representando 26,2 % del área de estudio. El área de desove de sardina común fue de 4.262,8 km<sup>2</sup> con el 15,3 % del área total del estudio (Anexo F).

**Tabla 14.** Parámetros reproductivos, producción diaria de huevos y biomasa del stock desovante de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur de Chile.

	Peso de hembras (g)	Fecundidad (n)	Frecuencia de desove	Proporción de hembras	Producción de huevos (huevos/0,05 m <sup>2</sup> día)	Biomasa desovante (t)
Anchoveta	18,6	6.758	0,107	0,51	19,56	144.329
CV(%)	(5,8)	(6,9)	(12,8)	(3,7)	(2,96)	(13,2)
Sardina	21,4	9.227	0,131	0,47	47,74	153.898
CV(%)	(3,55)	(3,54)	(11,34)	(3,28)	(3,31)	(13,98)

La covarianza de los parámetros y su correlación se resumen en la Tabla 15, observándose que la menor correlación entre los parámetros ocurre con la fracción diaria de hembras desovantes y la proporción sexual en peso.

**Tabla 15.** Covarianza (COVAR) y correlación (COR) entre los parámetros reproductivos de las hembras de anchoveta y sardina común.

	anchoveta		sardina común	
	COVAR	COR	COVAR	COR
F – W	470.6161	0.999	223.2191	0.998
F – R	2.3147	0.235	-0.8421	-0.032
F – S	-1.9348	-0.034	-0.6141	-0.032
W – R	0.0057	0.237	-0.0024	-0.041
W – S	-0.0048	-0.024	-0.0018	-0.048
R – S	0.0000	-0.087	0.0001	0.380

### 8.5.6 Análisis de la distribución espacial de huevos asociada a variables oceanográficas

#### 8.5.6.1 Secciones horizontales de variables oceanográficas.

En las **Figura 17** se muestra la temperatura superficial del mar (TSM) en cada una de las tres áreas abarcadas. En términos generales, las características oceanográficas del área total de estudio correspondieron a condiciones tipo invernal, con temperaturas variando entre > 13 °C en la zona más alejada a la costa en el sector norte (34,5 °S – 72,25 °W) y <9 °C en

la zona costera en el sector sur. El mayor número de estructuras térmicas superficiales de mesoescala (plumas, meandros, etc) se presentó en las zonas central y sur. En esos dos sectores habrían ocurrido las zonas de menor temperatura probablemente asociados a áreas próximas de desembocaduras de ríos (e.g. Bio-Bio).

El Sector Norte ( $33 - 35,2^{\circ}$  S) presentó una distribución de temperaturas superficiales más homogénea que los sectores central y sur, no observándose estructuras frontales importantes. Las temperaturas predominantes variaron entre  $12$  y  $13^{\circ}$  C. Las más altas temperaturas ocurrieron en el área centro-oeste ( $34,5^{\circ}$  S –  $72,25^{\circ}$  W), y las más bajas en dos pequeñas áreas al norte de Constitución ( $35^{\circ}20'$  S –  $72^{\circ}40'$  W) y al norte de Topocalma ( $34^{\circ}$ S –  $72^{\circ}$  W).

El Sector Centro ( $35,3 - 37,2^{\circ}$  S) presentó una distribución de temperaturas superficiales más complejo con estructuras frontales asociadas a plumas de ríos tales como el Itata y el Bio-Bio. Con excepción de un área pequeña dentro del Golfo de Arauco ( $73,25^{\circ}$  W –  $36,9^{\circ}$  S) de temperaturas superiores a  $13^{\circ}$  C, la mayor parte del sector central completo presentó temperaturas superficiales menores a  $12,5^{\circ}$  C ( $12,5 - 11,5^{\circ}$  C). Los centros con menor temperatura ocurrieron en las proximidades de las desembocaduras de los Ríos Itata ( $36,4^{\circ}$  S –  $72,75^{\circ}$  W) y Bio-Bio ( $36,8^{\circ}$  S –  $73,20^{\circ}$  W).

Finalmente, el Sector Sur ( $37,5^{\circ} - 40^{\circ}$  S) presentó también una distribución superficial de temperaturas compleja, con dos zonas mayores de diferentes características: una zona mayor al norte de los  $39^{\circ}$  S tanto en la costa como alejado de esta, con temperaturas mayores a  $11,5^{\circ}$  C ( $11,5 - 12^{\circ}$  C), y una zona al sur de los  $39^{\circ}$  S con temperaturas menores a  $11,5^{\circ}$  C y abundantes estructuras de mesoescala. En este sector ocurrieron las menores temperaturas de toda el área de estudio (ca.  $9^{\circ}$  C,  $39,5^{\circ}$  S –  $73,3^{\circ}$  W).

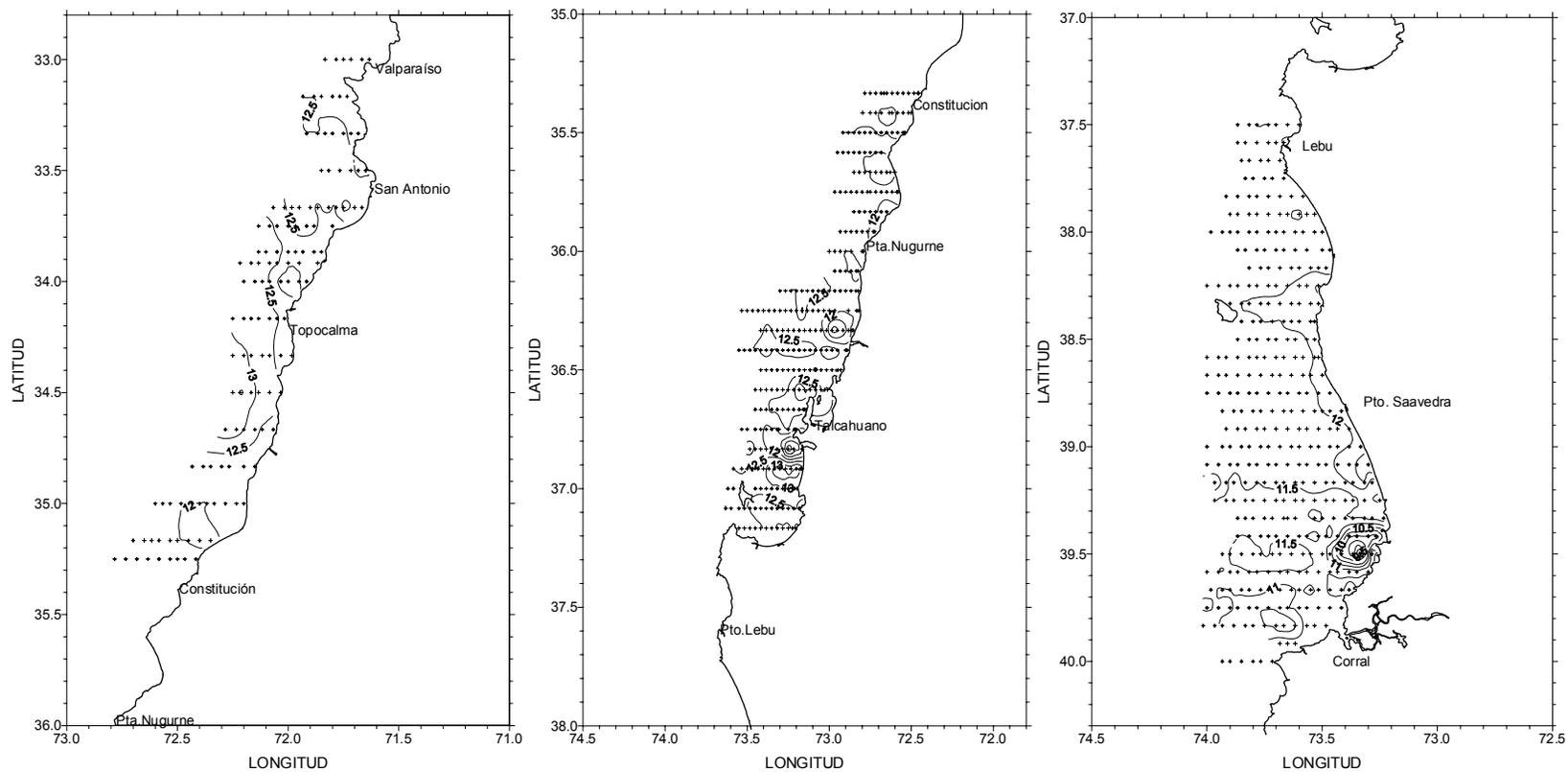


Figura 17. Temperatura superficial del mar en el área de estudio, agosto-septiembre de 2002.

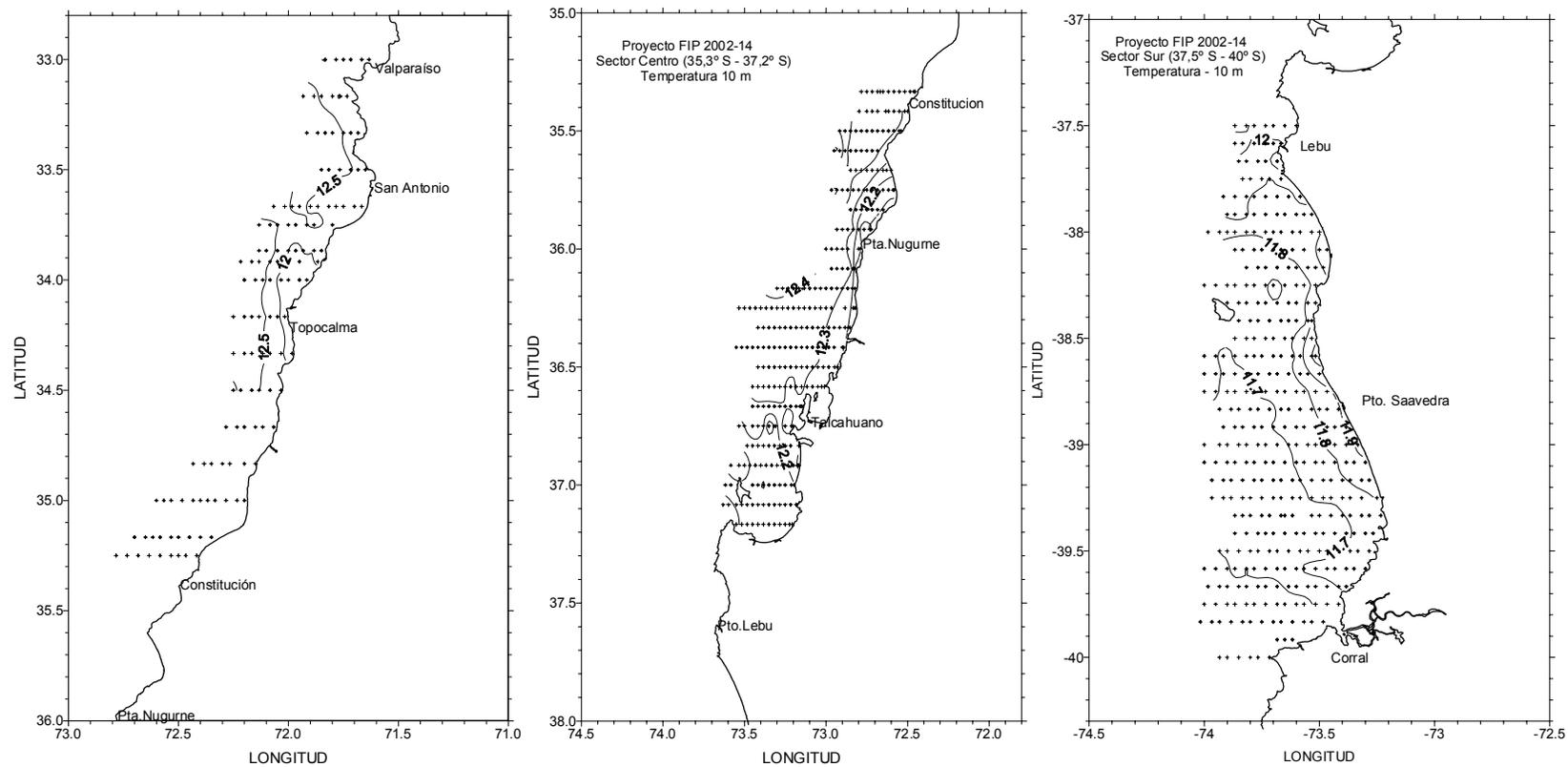
### **8.5.6.2 Características generales de temperatura a 10 m y 50 m.**

La distribución de temperatura a 10 m concuerda con la distribución en superficie en la zona norte en cuanto a que las mayores temperaturas tienden a ocurrir en la zona más alejada de la costa (**Figura 18**). Este mismo patrón de distribución de mayores temperaturas alejadas de la costa ocurre en la zona central a 10 m. En la zona sur, finalmente, se observa a 10 m una disminución de temperatura de norte a sur y un aumento de temperaturas desde la zona más oceánica a la zona más costera contrastando con lo observado en los Sectores Norte y Centro de este estudio.

A 50 m (**Figura 19**) aparecen nuevamente núcleos y gradientes de temperatura en la zona central frente a Talcahuano y boca del Golfo de Arauco. En el Sector Sur la temperatura a 50 m se presenta más homogénea con valores variando solo entre 11,6 – 11,7 °C.

### **8.5.6.3 Características generales de salinidad y oxígeno disuelto en el Sector Centro**

La distribución horizontal de salinidad a 10 m muestra valores menores a 34 psu en prácticamente en toda la zona central con disminuciones en la franja costera producto de la influencia de ríos (**Figura 20**). A 50m, esta influencia ya no es evidente observándose solo una zona de menores salinidades (< 34,5 psu) en la zona norte. En términos generales la columna de agua se encuentra bien oxigenada hasta los 50 m, con valores altos (> 6 ml l<sup>-1</sup>) a 10 m y no inferiores a 1 ml l<sup>-1</sup> a 50 m que evidencien la presencia de AESS sobre la plataforma continental (**Figura 21**).



**Figura 18.** Temperatura a 10 m en el área de estudio, agosto – septiembre de 2002.

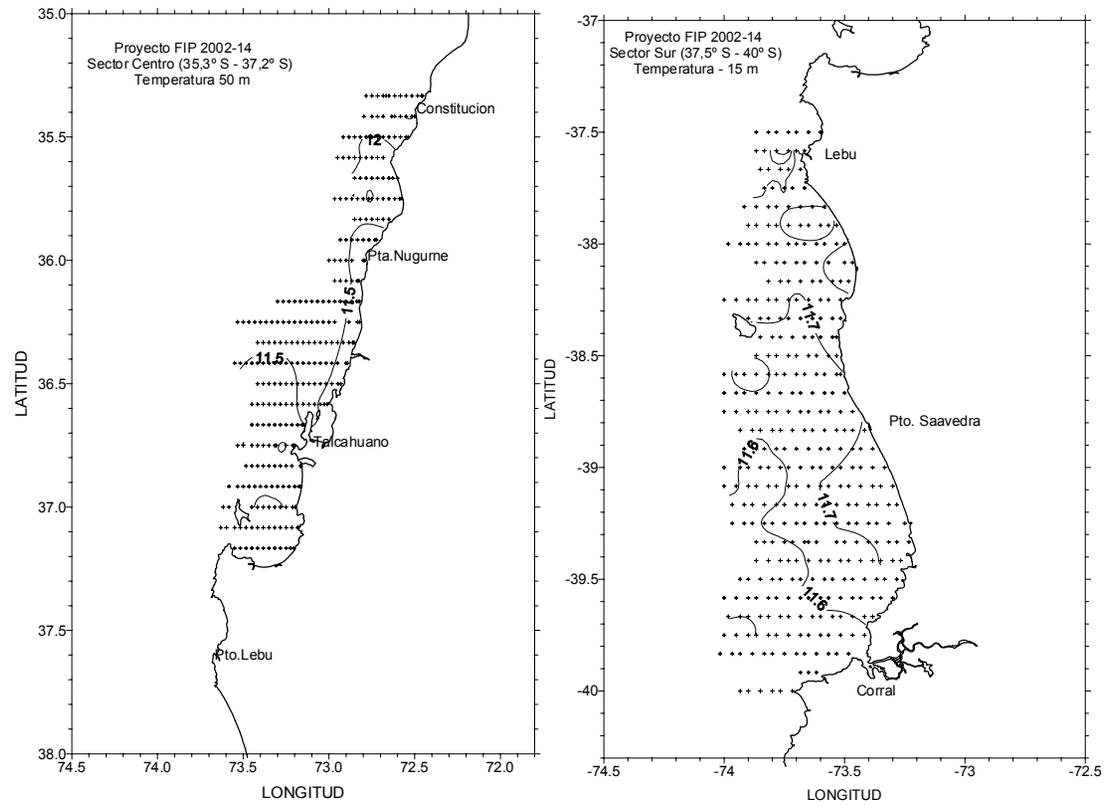
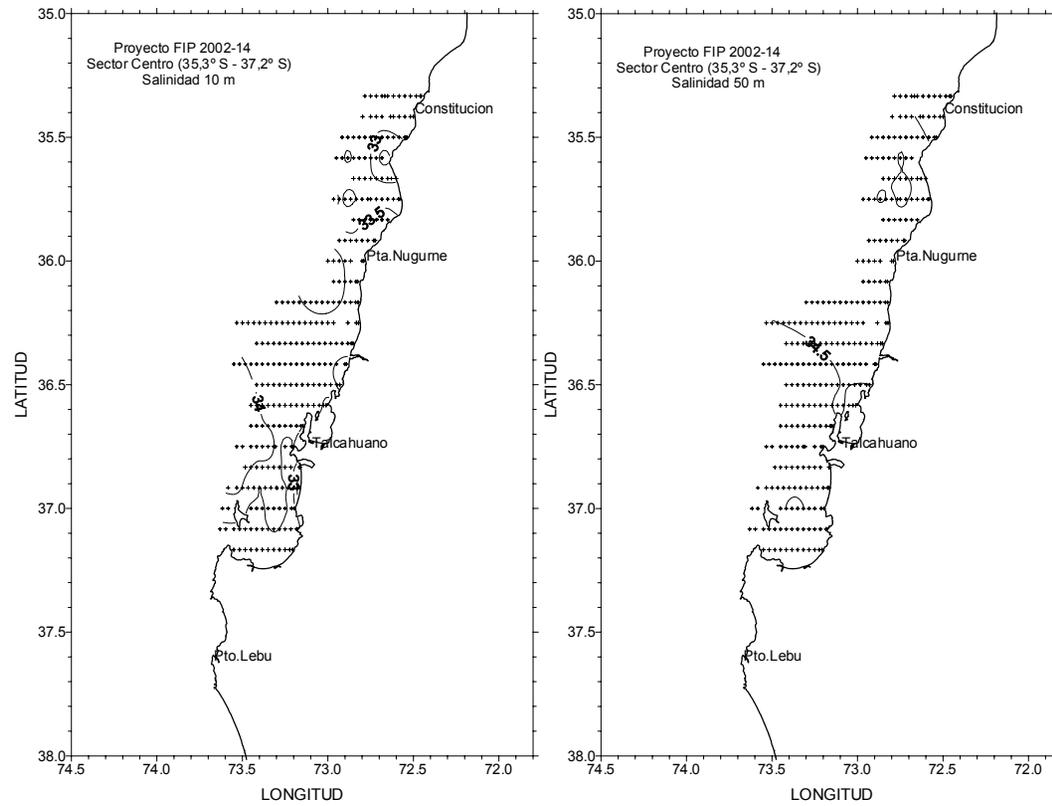
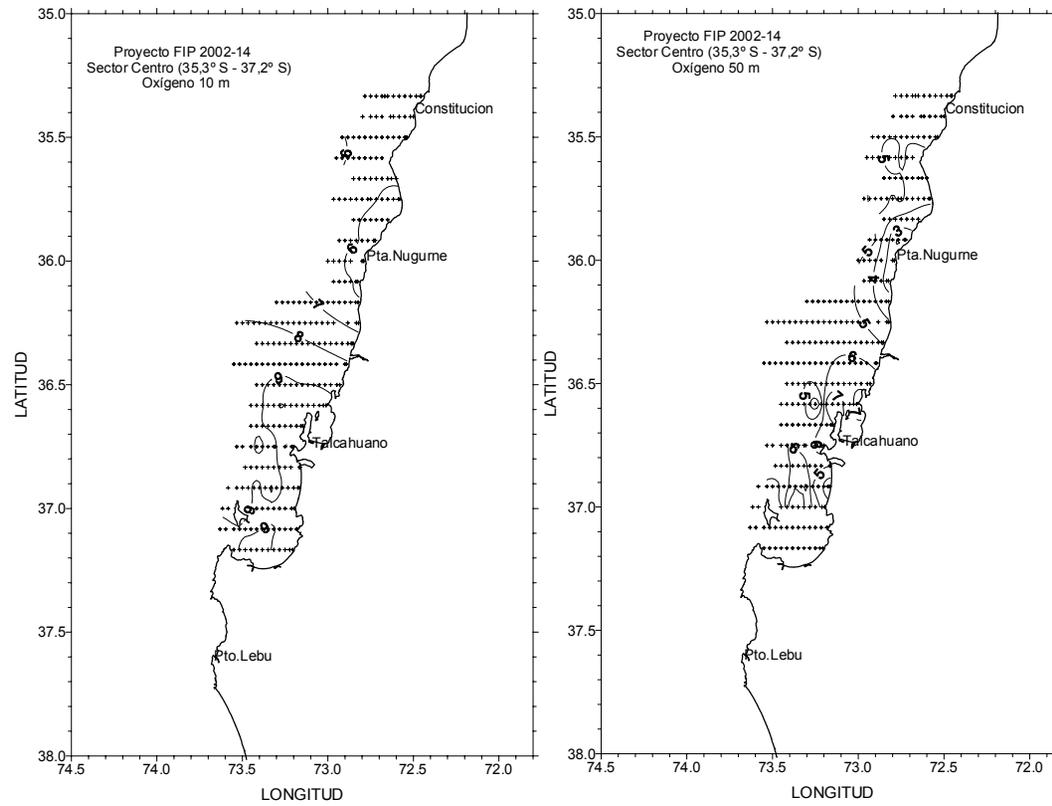


Figura 19. Temperatura a 50 m en el área de estudio, agosto – septiembre de 2002.



**Figura 20.** Salinidad a 10 y 50 m en la zona centro, agosto – septiembre de 2002.



**Figura 21.** Oxígeno disuelto a 10 y 50 m en la zona centro, agosto – septiembre de 2002.

#### 8.5.6.4 Secciones verticales de variables oceanográficas

El análisis de variables oceanográficas en la vertical se presenta para los dos sectores en que se colectaron las mayores concentraciones de huevos de anchoveta y sardina común en este estudio: centro y sur respectivamente.

En la **Figura 22** se muestra las secciones de temperatura en el sector central (35,3 – 37,2°S) (transectas 21, 27, 33, y 37). En términos generales, no se presentan fuertes gradientes térmicos en la vertical en prácticamente en todas las transectas analizadas. Habría una tendencia, sin embargo, a una disminución en temperatura en el estrato más somero hacia el sur evidenciado, por ejemplo, por la disminución de la profundidad de la isoterma de 12 °C desde aproximadamente 45 m en la transecta 21 (Figura 6a) hasta los 20 - 25 m en la transecta 37 (**Figura 22**).

Las secciones de temperatura en el sector sur (transectas 51 a 69; 37,5 – 40°S) muestran una columna de agua bien mezclada, con valores entre 11,6 y 11,9 °C en todas las transectas y temperaturas levemente superiores en la zona más cercana a la costa en superficie (**Figura 23**).

Las secciones verticales de salinidad en la zona central (35,3 – 37,2°S) muestra la influencia de aguas dulces (< 33,5) en el estrato más somero (< 20 m) de prácticamente todas las transectas (**Figura 24**). Salinidades mayores a 34,5 (y valores de oxígeno disuelto de 1 ml l<sup>-1</sup>, **Figura 25**) fueron observadas solo bajo los 80m de profundidad en la zona más al norte); en el sector sur, sin embargo, estas salinidades de 34,5 fueron observadas también en profundidades menores (40 – 50 m) (**Figura 24**), tal como se indicara en el análisis de distribución horizontal previo.

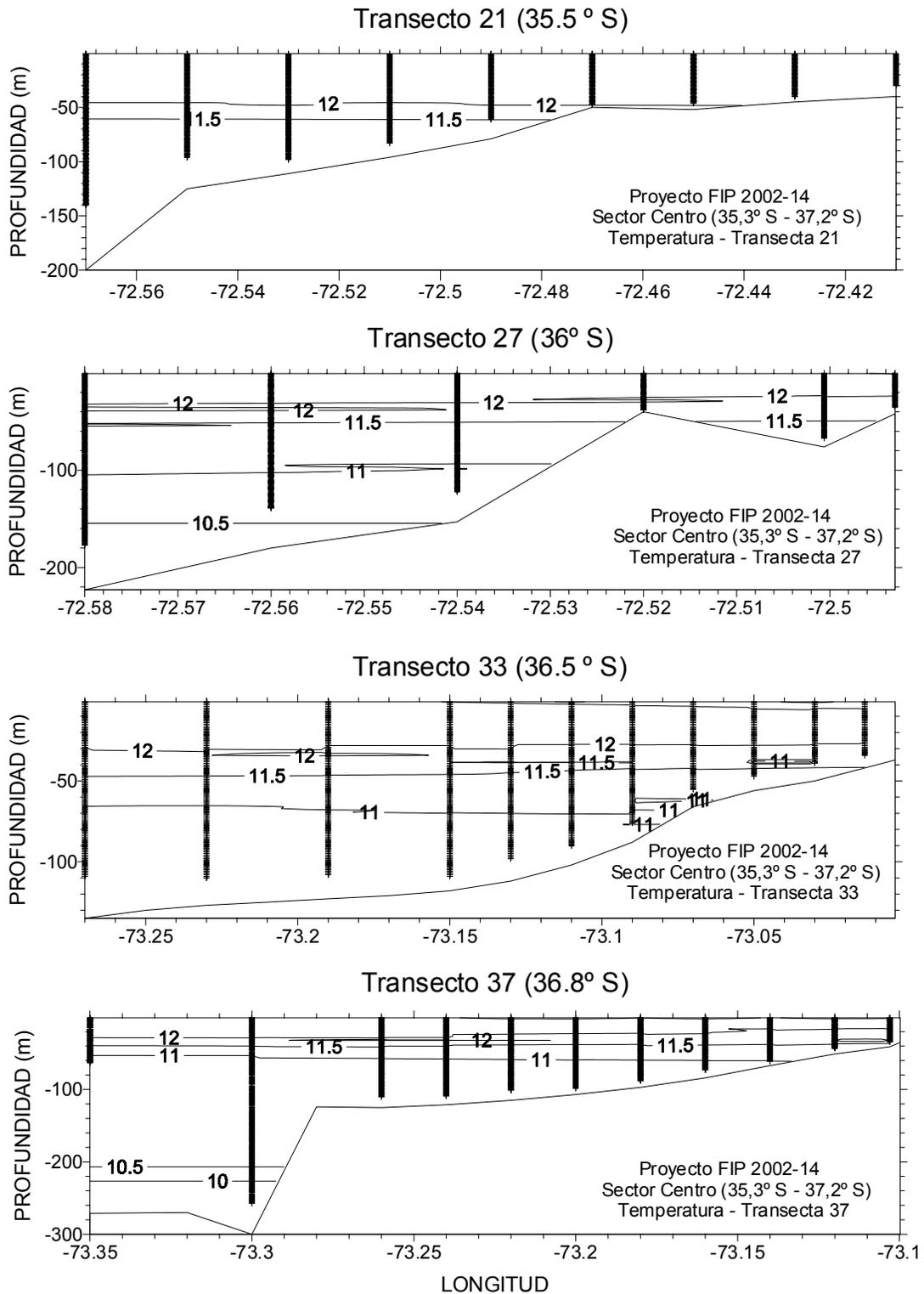


Figura 22. Secciones verticales de temperatura sector central, agosto – septiembre de 2002.

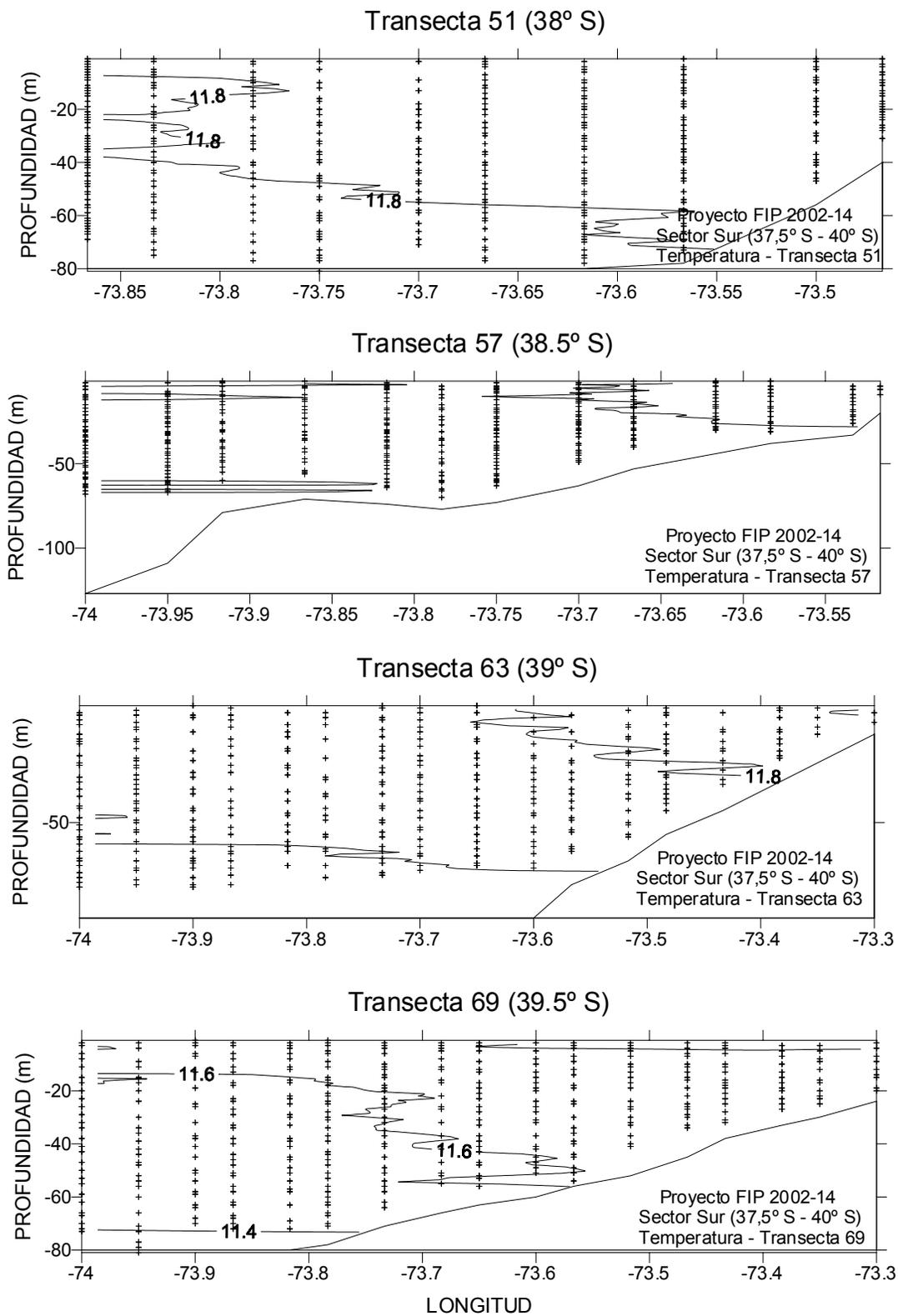


Figura 23. Secciones verticales de temperatura sector sur, agosto – septiembre de 2002.

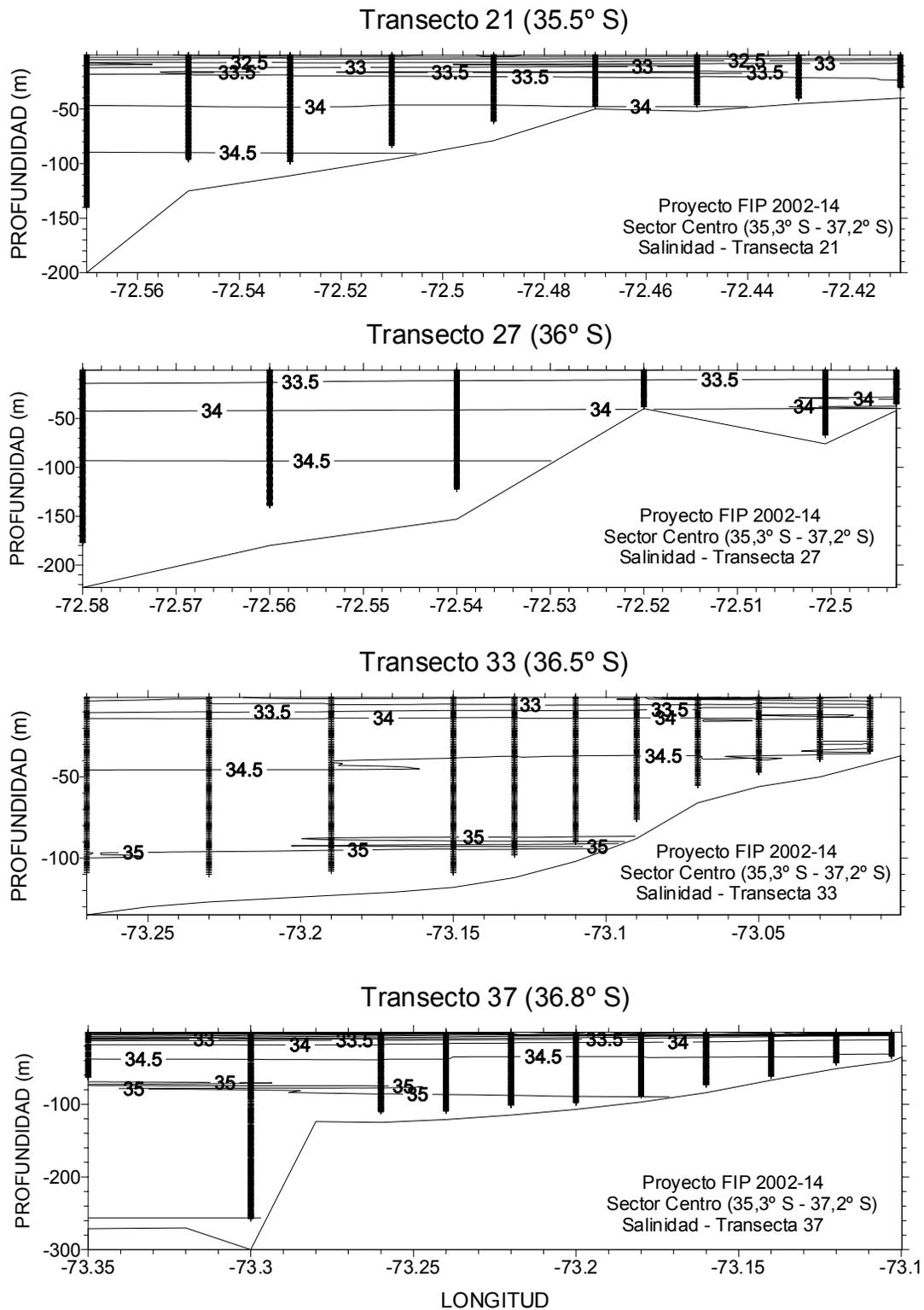
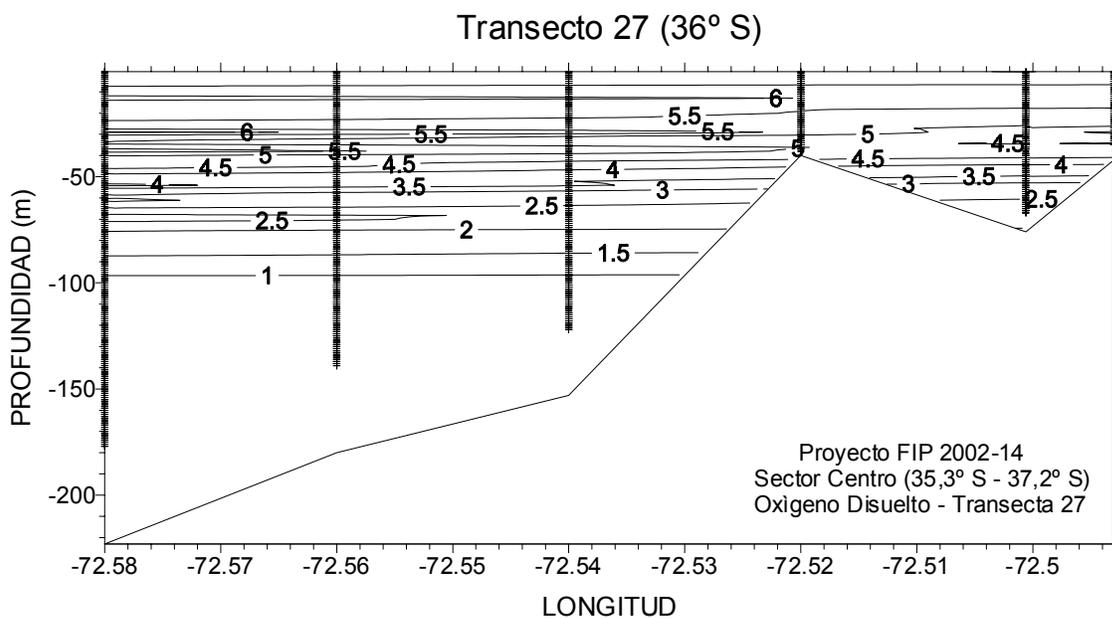
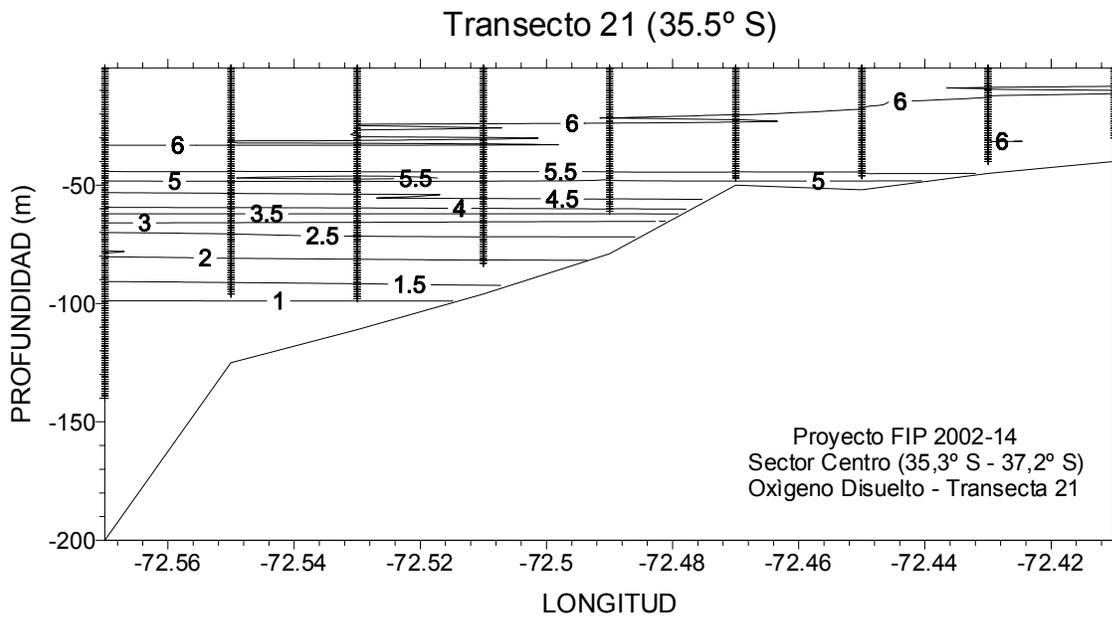


Figura 24. Secciones verticales de salinidad sector centro, agosto – septiembre de 2002.

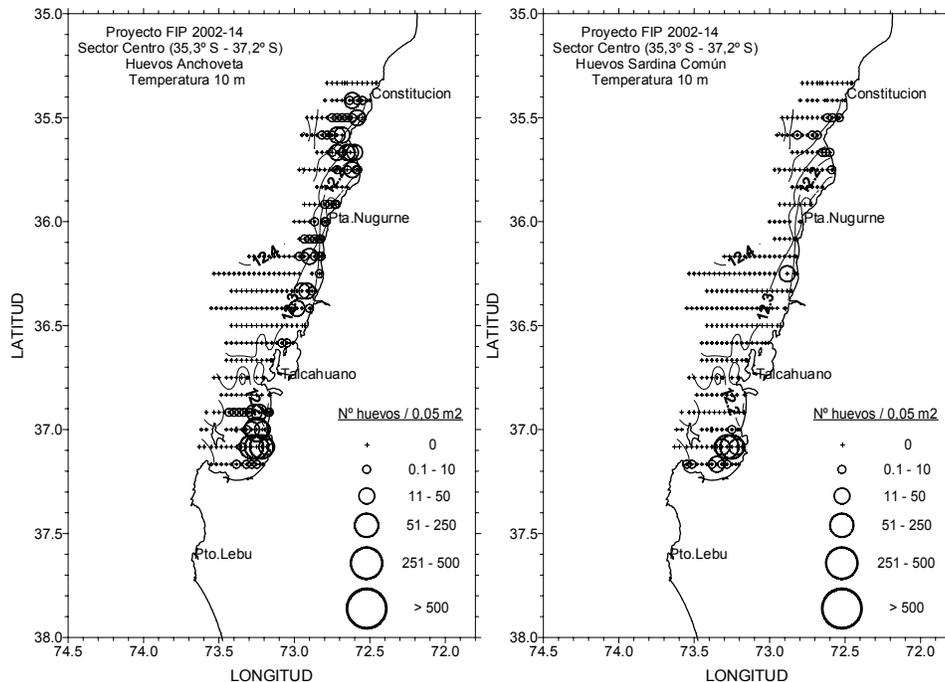


**Figura 25.** Secciones verticales de oxígeno disuelto en el sector centro, agosto – septiembre de 2002.

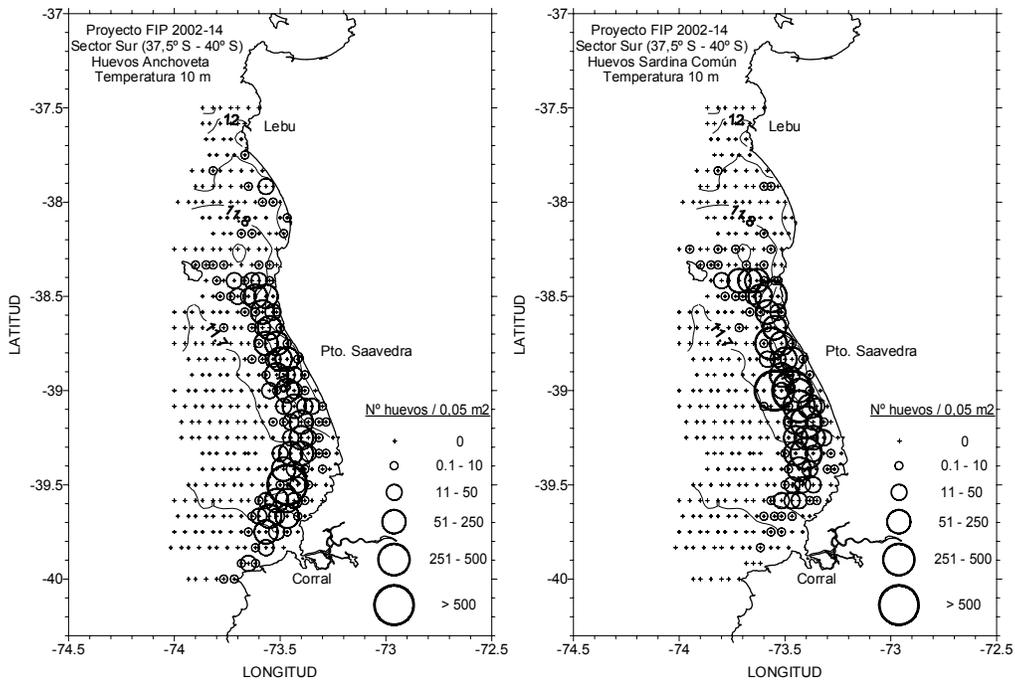
### 8.5.6.5 Relación entre variables oceanográficas y distribuciones de huevos.

Los gráficos de sobreposición de abundancia de huevos por especie y temperatura a 10 m señalan que hubo presencia de huevos de ambas especies a lo largo de toda la franja costera en el Sector Centro, prácticamente en todo el rango de temperaturas a esa profundidad (12 – 12,5 °C) y que las mayores abundancias de huevos habrían ocurrido en zonas de temperatura menor a 12,3 °C (**Figura 26**). En el Sector Sur, las mayores abundancias ocurrieron también a lo largo de toda la zona pero no en la franja más costera sino a 5 - 15 millas fuera de la costa y en un estrecho rango de temperaturas entre 11,7 y 11,8 °C (**Figura 27**).

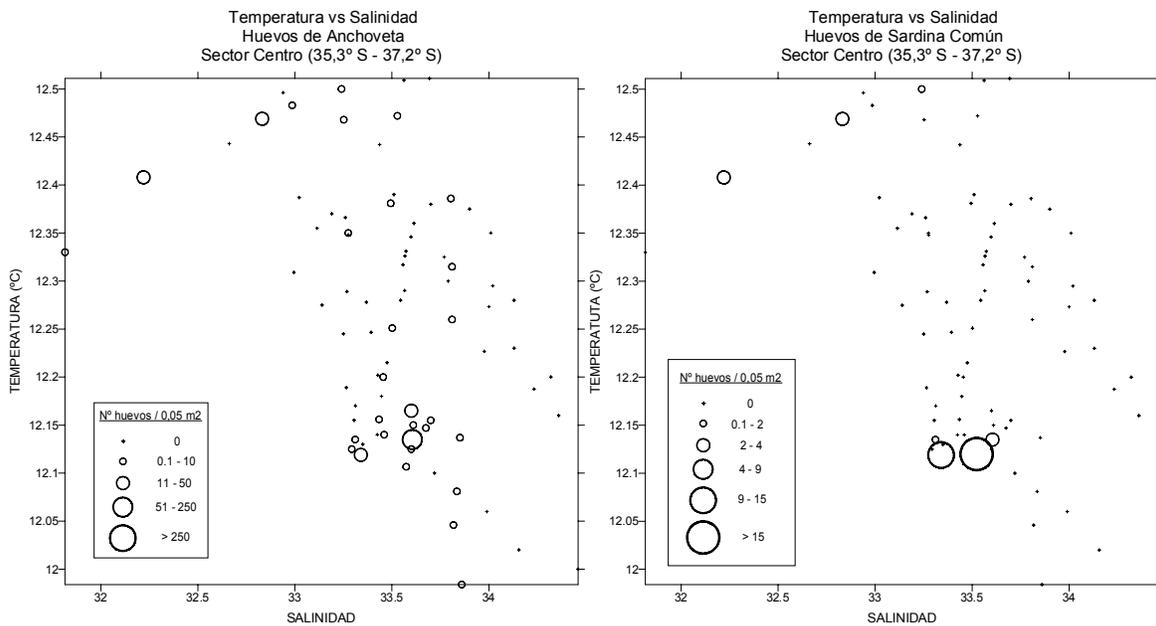
El análisis de los gráficos de temperatura-salinidad a 10 m en que se sobrepuso la abundancia de ambas especies (**Figura 28**) en la zona central revela que, además, ambas especies comparten un rango de salinidad similar entre 32,2 y 33,9, siendo las mayores abundancias de ambas especies encontradas en el rango 33,3 y 33,6.



**Figura 26.** Distribución de huevos de anchoveta (izquierda) y sardina común (derecha) y su relación con la distribución de temperatura a 10 m, sector centro.



**Figura 27.** Distribución de huevos de anchoveta (izquierda) y sardina común (derecha) y su relación con la distribución de temperatura a 10 m, sector sur.



**Figura 28.** Distribución de huevos de anchoveta (izquierda) y sardina común (derecha) y su relación con la distribución de temperatura y salinidad a 10 m, sector centro.

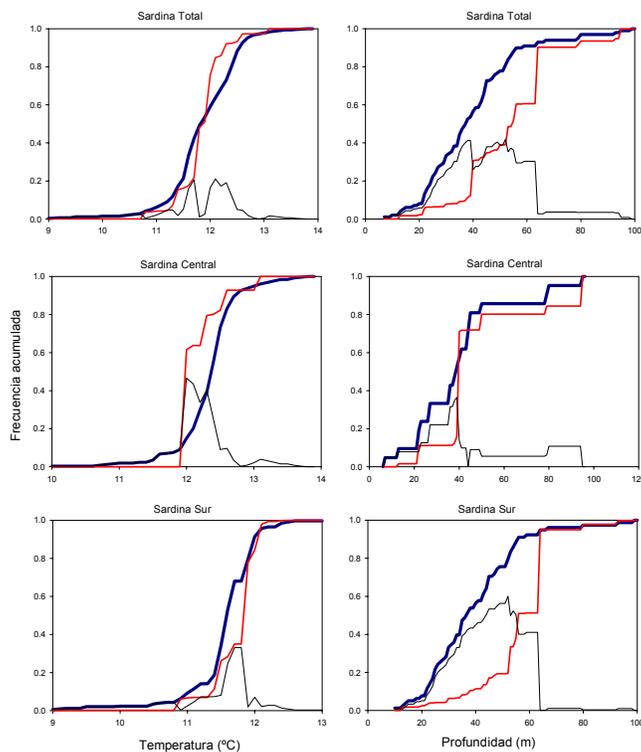
**a) Análisis cuantitativo (preferencia-rechazo)**

Los resultados de la prueba de aleatorización del total de los huevos de sardina común y anchoveta con las variables del hábitat analizadas (temperatura y profundidad del fondo), solamente mostraron asociaciones significativas con la profundidad para los huevos de anchoveta (**Tabla 16**). Un análisis detallado de las variables del hábitat permitió dividir el área de estudio en tres sectores: norte, centro y sur sobre la base del quiebre de la plataforma continental. La zona norte no fue analizada debido a que los datos de huevos de sardina común y anchoveta representaron sólo un 0,8 y 6,4% del total de estaciones positivas en toda el área de estudio, respectivamente.

**Tabla 16.** Resultados de la prueba de aleatorización de la asociación entre los huevos de sardina común y anchoveta con la temperatura y profundidad. El símbolo “\*” denota los valores de probabilidad de  $0.05 \geq p > 0.01$  y el símbolo “\*\*” denota los valores de probabilidad de  $0.01 \geq p$ . El número debajo de cada valor p es el rango de preferencia de la variable ambiental.

Especie	Temperatura (°C)	Profundidad (m)
Sardina Total	0.5740 (12.1)	0.1175 (52)
Sardina Centro	0.3370 (12.0)	0.4660 (50)
Sardina Sur	0.1740 (11.7 - 11.8)	<b>0.0050 **</b> (52)
Anchoveta Total	0.1635 (12.1)	<b>0.0205 *</b> (64)
Anchoveta Centro	0.7380 (12.0)	0.2190 (94)
Anchoveta Sur	<b>0.0215 *</b> (11.7 - 11.8)	<b>0.0290 *</b> (64)

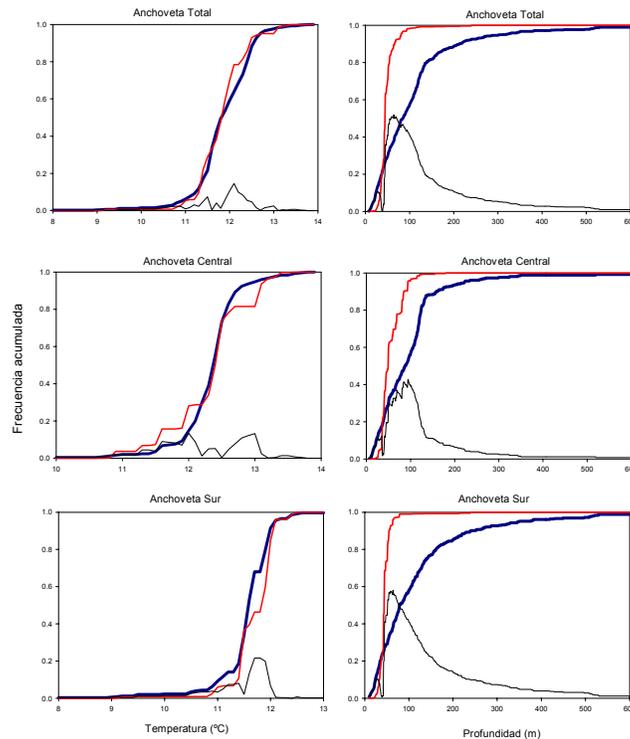
Los huevos de sardina común no mostraron asociación significativa con la temperatura (**Tabla 16, Figura 29**). No obstante, se observa que el 80% de los huevos de sardina común estuvieron asociados con temperaturas menores de 12 °C. La profundidad del fondo fue la variable del hábitat que influyó la distribución espacial de los huevos de sardina común. La **Tabla 16** muestra que en el sector sur, los huevos de sardina común estuvieron asociados significativamente con profundidades de 52 m ( $p < 0.01$ ).



**Figura 29.** Distribución de frecuencia acumulada de las variables del hábitat: temperatura y profundidad de los huevos de sardina común; f(t) línea azul; g(t) línea roja; d: línea negra (diferencia absoluta entre g(t) y f(t)).

Los huevos de anchoveta estuvieron asociados con la temperatura en el sector sur ( $p < 0.05$ ) (**Tabla 16, Figura 30**), donde se presentaron las temperaturas menores del área de estudio. La profundidad del fondo, como en el caso de la sardina común, fue una variable del hábitat importante en la distribución espacial de huevos de anchoveta. En el sector central los huevos de anchoveta no muestran asociación significativa con la profundidad (**Tabla 16**); sin embargo, la **Figura 30** presentó una asociación, aunque no significativa ( $p > 0.05$ ), con profundidades de 94 m. La distribución de frecuencia acumulada de la profundidad

ponderada a la densidad de huevos de la anchoveta en el sector sur (**Figura 29**) mostró una asociación significativa con profundidades de 64 m ( $p < 0.05$ ), lo cual indica que la plataforma continental influyó en gran medida la distribución espacial de los huevos de anchoveta.



**Figura 30.** Distribución de frecuencia acumulada de las variables del hábitat: temperatura y profundidad de los huevos de anchoveta;  $f(t)$  línea azul;  $g(t)$  línea roja; d: línea negra (diferencia absoluta entre  $g(t)$  y  $f(t)$ ).

### b) Análisis geoestadístico

En el caso de la anchoveta, tanto para huevos totales como para cada conjunto de estadios de desarrollo de los huevos, se observó anisotropía zonal: el rango de los variogramas resultó ser aproximadamente el doble en la dirección N-S que en la dirección E-O. El tamaño de las agregaciones de huevos es de aproximadamente 3,6 millas en la dirección E-O y de 6,6 millas en la dirección N-S para el primer conjunto de huevos, y aumenta a cerca del doble en ambas direcciones para el tercer conjunto de huevos.

Los mapas geoestadísticos sugieren que el muestreo logró cubrir toda el área de desove en la zona centro sur (**Figura 31**). El núcleo más importante se encuentra entre la parte sur del muestreo, entre Corral y la Isla Mocha, y luego se observan entre 3 y 4 núcleos menores al norte del Golfo de Arauco (**Figura 31**).

Para la sardina común, la distribución espacial de los huevos totales de sardina mostró anisotropía zonal, con el rango en el eje N-S (15,6 millas) aproximadamente igual al doble del rango en el eje E-O (6,4 millas). Lamentablemente hubo menos observaciones de localidades con presencia de huevos de sardina, lo que determinó que no fuera posible calcular variogramas experimentales anisotrópicos de buena calidad para cada uno de los 3 conjuntos de estadios de desarrollo. Sí fue posible, sin embargo, calcular los variogramas experimentales omnidireccionales para cada conjunto de estadios. Los resultados están basados en los variogramas omnidireccionales, aunque los verdaderos variogramas para cada conjunto de estadio podrían ser anisotrópicos, tal como para los huevos totales. Haciendo esta advertencia, se reporta que el tamaño de las agregaciones de huevos aumenta desde cerca de 3 millas hasta cerca de 12 millas desde el primer hasta el tercer conjunto de estadios de desarrollo. Los mapas sugieren que el muestreo logró cubrir toda el área de desove. Las densidades de las agregaciones sin embargo, son menores en la sardina, como se aprecia al observar los colores más claros en los mapas de la **Figura 32** (las escalas son idénticas en ambos conjuntos de mapas). Tal como en el caso de la anchoveta, el principal núcleo de agregación de sardina común está entre Corral e Isla Mocha, con varios (3 o 4) núcleos desde el Golfo de Arauco y hacia el norte.

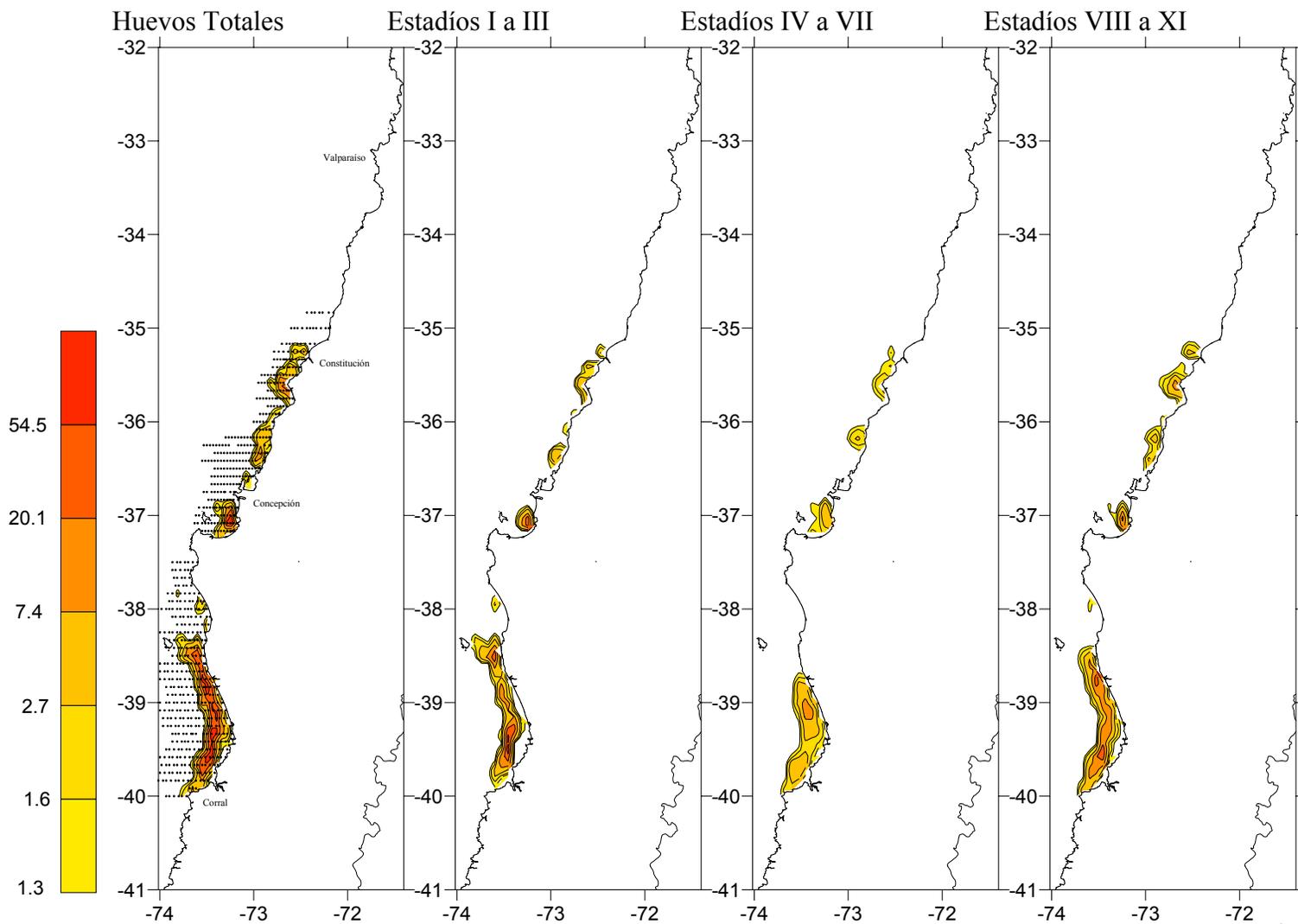


Figura 31. Mapeos geostatísticos de huevos de anchoveta en la zona centro-sur. La escala indica huevos/0.05 m<sup>2</sup>.

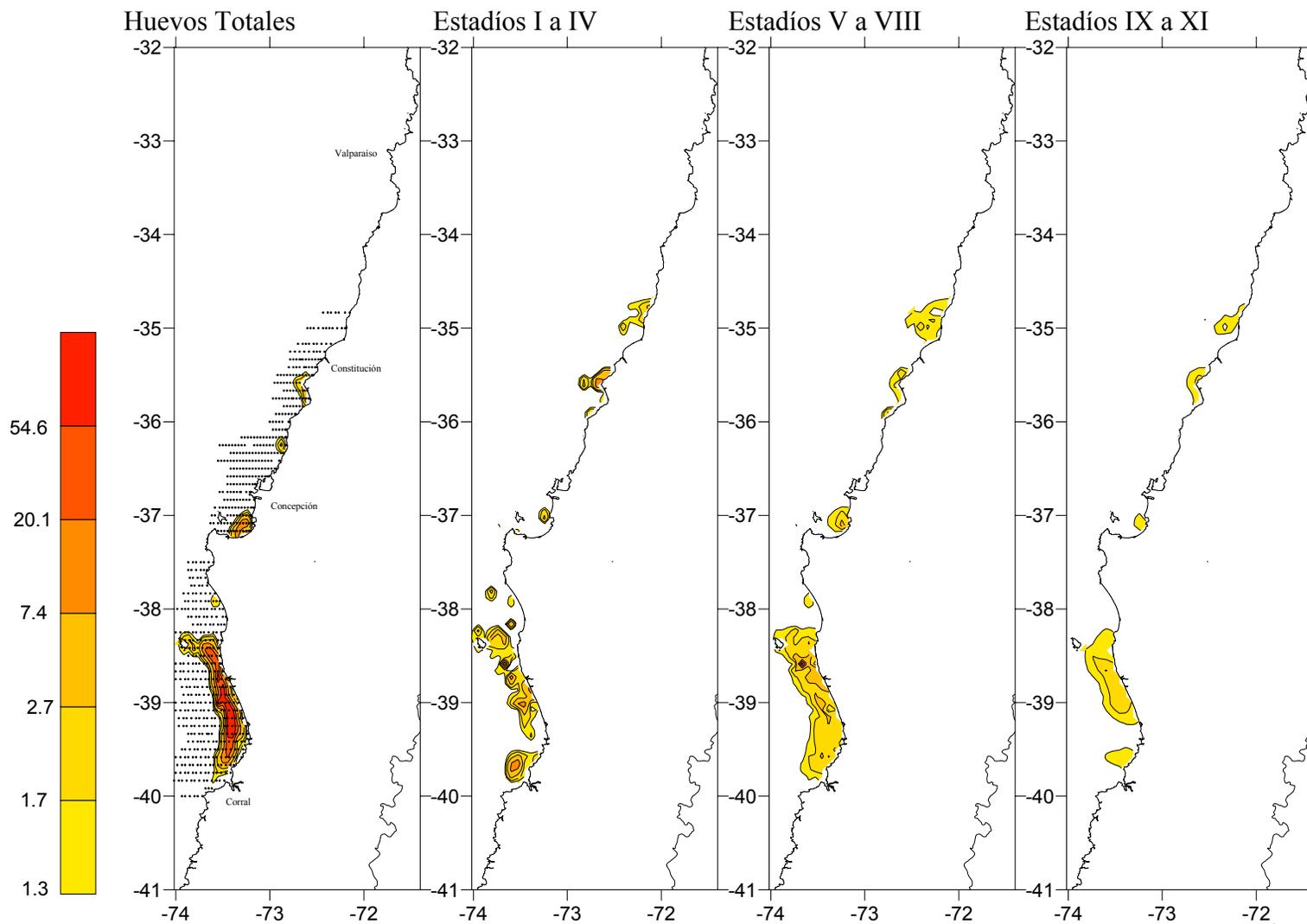


Figura 32. Mapeos geoestadísticos de huevos de sardina en la zona centro-sur. La escala indica huevos/0.05 m<sup>2</sup>.

## 9 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

---

### 9.1 Desarrollo del crucero

Las condiciones meteorológicas que ocurrieron durante agosto y la primera semana de septiembre, se caracterizaron por el paso de a lo menos cinco sistemas frontales por el área de estudio, de dos a tres días de duración, seguidos por periodos de días con características post-frontales e inestabilidad atmosférica. Estos frentes de mal tiempo se caracterizan por la dominancia de vientos norte, que cuando son fuertes por lo general promueven transporte hacia la costa y convergencia (Arcos y Navarro 1986).

Cubillos et al. (2001) concluyeron que la estrategia reproductiva de estas especies es comenzar ha desovar al término del invierno (agosto) cuando ocurren condiciones oceanográficas que favorecen la retención de huevos en la costa (e.g. transporte hacia la costa, y convergencia debido a la dominancia de vientos norte). Esas condiciones cambian en menos de un mes a un régimen de surgencias moderadas (Arcos y Navarro 1986), que favorecerían tanto en la producción de alimento como su concentración en zonas costeras, y por lo tanto a la sobrevivencia de larvas y juveniles (Castro y Hernández 2000), explicación que es coherente con la hipótesis de la tríada (Bakun 1996). A su vez, esta estrategia reproductiva es combinada con una “estrategia de almacenamiento de energía” durante el período estival (octubre-marzo), la que es destinada a la reproducción (producción de gametos) durante la próxima estación reproductiva (Cubillos et al. 2001).

En invierno de 2002, la actividad reproductiva de sardina común y anchoveta se inició a comienzos de julio y se extendió con máxima actividad en agosto, particularmente en la sardina común que fue la especie determinante para iniciar el crucero. El desove se desarrolló en un periodo dominado por sistemas frontales que ocurren normalmente durante la transición entre el régimen invernal y el régimen de surgencia, lo que en interacción con agentes moduladores como la batimetría, línea de costa y el aporte de agua dulce,

determinaron que el desove de ambas especies fuera extremadamente costero y extensamente distribuido en aguas someras con profundidades menores a los 50 m.

En este contexto, la disposición espacial de la grilla de muestreo y su extensión longitudinal que cubrió la plataforma continental, delimitada por la isobata de 200 m más 2 estaciones consideradas *a priori* como estaciones de muestreo negativas, permitió cubrir la expresión del desove de ambas especies.

La distribución espacial del desove es coherente con los antecedentes recientes que se disponen de ambos recursos y que han sido desarrollados en términos de la distribución espacial de adultos, reclutas y huevos y larvas de sardina común y anchoveta (ver [Castro et al. 1997](#); [Castillo et al. 2002a, 2002b](#)). Estos estudios han revelado la ausencia de huevos de sardina común y anchoveta hacia el norte de los 35° S (cercañas de Constitución) y hasta los 32°20'S (norte de Valparaíso), situación que se confirma con los resultados obtenidos en el crucero del 2002 (**Figura 6**).

[Castro et al. \(1997\)](#) encontraron las mayores concentraciones de huevos de las dos especies objetivo hacia el sector nerítico del área prospectada (plataforma continental), con núcleos claramente definidos sobre la Terraza del Itata (entre los 36°05'-36°45'S), al interior del Golfo de Arauco y en el sector sur (37°40'S - 39°40'S). Estos resultados son altamente concordantes con la distribución espacial de huevos de ambas especies en el 2002, aunque en esta oportunidad se ratifica con una mayor intensidad de muestreo y una mejor resolución espacial del desove.

Se destaca que la biomasa desovante de ambos recursos, evaluada acústicamente durante el mes de agosto de 2001, estuvo confinada principalmente a la zona nerítica de la región sur del área de estudio (entre Tirúa y Corral) ([Castillo et al. 2002a](#)). Este estudio también concluye que hay una ausencia de peces de ambas especies en el sector norte del área de prospección, entre los 34° S (Topocalma) y los 35° S (Constitución) y, densidades bajas en la región central (entre Punta Nugurne y Tirúa). A su vez, [Castillo et al. \(2002a\)](#) indicaron que el 100 % de la biomasa de ambas especies estuvo circunscrita entre la costa y las 10

millas mar afuera, aspecto que concuerda con la distribución del desove observado en el 2002.

En esta perspectiva, y con los antecedentes empíricos aportados en los últimos años, se podría decir que el diseño de muestreo consideró una evaluación intensiva de huevos de ambas especies entre los 35°20'S (Constitución) y 40°S (sur de Corral), ratificándose que el sector norte, comprendido entre los 33°S (Valparaíso) y los 35°20'S (Constitución), constituye un área poco importante para el desove de ambas especies.

De esta manera, el criterio establecido para la selección de las áreas de desove de sardina común y anchoveta en la zona centro-sur de Chile, cubrió la expresión espacial del desove y permitió lograr una muy buena caracterización de los núcleos de alta densidad de huevos. En virtud de lo anterior, se considera que las diferencias espaciales asociadas con la configuración de la orientación de la costa y la batimetría son factores determinantes en la distribución de la producción total de huevos de ambas especies y que la delimitación del área de desove deberá tomar en cuenta la estratificación convenida para el área de estudio.

## **9.2 Producción diaria de huevos**

Esta es la primera vez que se estima la producción diaria de huevos de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur de Chile. Aunque la distribución espacial del desove indicó dos áreas importantes, una en la zona central (Constitución – Golfo de Arauco) y otra en la zona sur (Bahía Carnero – Corral). La estimación de la producción diaria de huevos de sardina común fue mayor en la zona norte-centro que en el sur, ocurriendo lo contrario en el caso de la anchoveta. Se destaca que el desove de sardina común estuvo mejor representado en la zona sur en términos de su continuidad espacial, ya que en la zona centro la distribución fue más parchosa conformando dos núcleos importantes de alta abundancia. La anchoveta en tanto, presentó una cobertura espacial más continua del desove en la zona centro y sur.

La producción diaria de huevos de 19,6 huevos/0,05 m<sup>2</sup>/día en la anchoveta es ligeramente más baja que las estimaciones que han sido documentadas para esta especie en la zona norte de Chile (Oliva et al., 2002). En dicha zona, la producción diaria de huevos ha fluctuado entre 23,8 y 66,9 huevos/0,05 m<sup>2</sup>/día, mientras que las tasas de mortalidad diaria de huevos han variado entre 0,27 y 1,05 día<sup>-1</sup>. En el caso de la sardina común no se disponen de otras referencias que permitan comparar la producción diaria de huevos, que fue mayor a la de anchoveta. En todo caso, la tasa instantánea de mortalidad diaria de huevos fue muy similar entre ambas especies, lo que permite señalar que las principales causas de mortalidad están afectando de manera similar a las dos especies en la zona centro-sur de Chile. La mayor producción diaria de huevos de sardina común se debería, aparentemente, a la mayor frecuencia de desove de las hembras de sardina común y probables diferencias en la fecundidad.

Se destaca que el método de estimación de  $P_0$  toma en cuenta la extensión del área de desove en cada estrato geográfico y las estimaciones parciales de  $P_0$  para cada área. Estos últimos, además, consideran el inverso de la varianza a la edad que pondera con menor importancia a los datos más variables, lo que se traduce en estimaciones de  $P_0$  más bajas en el caso de la anchoveta. En efecto, la regresión no-lineal no ponderada permite estimar una producción de huevos del orden de 30,8 huevos/0,05 m<sup>2</sup>/día, que aunque menos preciso (CV=25,1 %) determina una mayor biomasa desovante para este recurso (e.g. 227170 t), pero con un coeficiente de variación mayor (CV= 28,3 %). En el caso de la sardina común, la producción diaria de huevos fue similar con ambos métodos de regresión, pero la regresión no-lineal no ponderada por el inverso de la varianza fue notoriamente menos precisa (CV = 29,0 %) en comparación con los estimados mediante regresión no-lineal ponderada por el inverso de la varianza (2,96 y 3,31 % para anchoveta y sardina común, respectivamente.. En la zona norte de Chile, los coeficientes de variación de la anchoveta han fluctuado entre 11,4 y 40,9 % utilizando el método de regresión no-lineal convencional (Oliva et al., 2002).

### 9.3 Aspectos reproductivos

Desde el punto de vista del muestreo de adultos, se considera que 39 lances efectivos de anchoveta y 76 lances de sardina común cubrieron plenamente el área de estudio, entre Constitución (35°S) y Punta Galera (40°S). A partir de estos lances, la estructura de tallas de anchoveta muestra diferencias entre el sector centro y sur, aspecto que debe ser analizado en futuras aplicaciones del MPDH, mientras que en la sardina común la estructura de tallas indica una homogeneidad en la estructura de tallas.

Con los antecedentes y datos disponibles hasta el momento no es posible investigar si los parámetros reproductivos de las hembras de anchoveta y sardina común difieren entre los estratos geográficos contemplados, y tampoco es factible establecer la dinámica poblacional de la anchoveta en el sentido de evaluar si las diferencias geográficas observadas en la estructura de tamaños se debe a procesos migracionales o al uso de hábitat diferentes en la zona centro-sur, aspectos que deberán ser abordados en futuras aplicaciones del MPDH.

Los parámetros reproductivos de las hembras de anchoveta y sardina común fueron evaluados a partir de 32 y 57 lances de pesca, respectivamente. El análisis histológico para evaluar la condición reproductiva de estas hembras (1.348 de anchoveta y 1.278 de sardina común) permitió contar con los principales parámetros reproductivos para la estimación de biomasa desovante; esto es: fracción diaria de hembras desovantes (S), fecundidad media poblacional (F), proporción en peso (R), y peso promedio de hembras maduras (W).

La frecuencia diaria de hembras desovantes fue mayor en la sardina común ( $S = 13,1 \%$ ) que en la anchoveta ( $S = 10,7 \%$ ), aspecto que pudo determinar la mayor producción diaria de huevos encontrada en sardina común. En el caso de la anchoveta, la fracción diaria de hembras desovantes es incluso baja si se compara con las estimaciones disponibles para la anchoveta de la zona norte que fluctúan entre 13 y 19 % (Oliva et al. 2002). En todo caso, es probable que la dinámica reproductiva de la anchoveta de la zona centro-sur de Chile sea diferente a la anchoveta del norte de Chile. En efecto, la fecundidad media poblacional ( $F =$

6.758 ovocitos) también es baja comparada con la de la zona norte de Chile, la que ha fluctuado entre 12.102 y 19.658 ovocitos. Sin embargo, estas estimaciones de fecundidad para la anchoveta del norte de Chile están relacionadas con un peso promedio de hembras maduras mayor que la anchoveta del centro-sur de Chile.

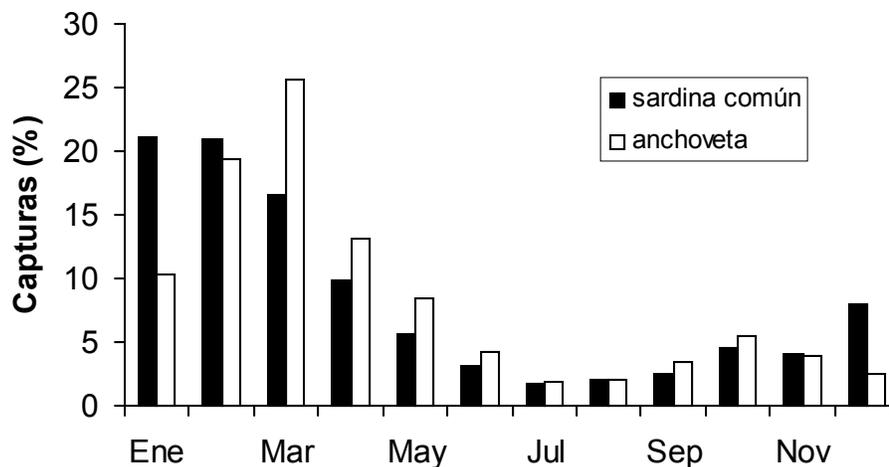
El método de estimación de estos parámetros es convencional y estándar para la aplicación del MPDH, sin embargo aún hay aspectos que deben ser resueltos. En efecto, aunque se ha reconocido que el arte de pesca de cerco introduce un sesgo en el muestreo de hembras hidratadas, es aconsejable evaluar de una manera sistemática si se están produciendo sesgos importantes en el muestreo de hembras con folículos postovulatorios de día 0, 1 y 2 mediante muestreos de hembras a lo largo de un ciclo de 24 horas completo.

#### **9.4 Biomasa desovante**

Las estimaciones de biomasa desovante arrojan valores similares para anchoveta y sardina común en el 2002. Aunque no se cuenta con otras estimaciones de biomasa desovante por el MPDH para estas especies, las valoraciones del stock desovante son comparables con las estimaciones de biomasa desovante estimadas con hidroacústica en el 2001 ([Castillo et al. 2002a](#)), que fueron de 227.815 t para la anchoveta y 160.862 t para la sardina común. Estas biomásas representaron un 40,9 % de la biomasa total de anchoveta (563.786 t) y de un 60 % de la biomasa total de sardina común (260.987 t). [Cubillos et al. \(2002\)](#) realizaron una evaluación indirecta de sardina común y anchoveta mediante análisis de cohortes, estimando biomásas mensuales. Para el mes de agosto en el período 1990 – 1998, la biomasa total fluctuó entre  $162,9 \times 10^3$  y  $585,5 \times 10^3$  t en la sardina común, mientras que la biomasa total de anchoveta fluctuó entre  $284,7 \times 10^3$  y  $781,0 \times 10^3$  t. En otras palabras, la biomasa de anchoveta en agosto ha sido mayor que la biomasa de sardina común, aspecto que puede estar relacionado con la mayor concentración del esfuerzo de pesca sobre la fracción recluta de sardina común durante la época estival de cada año ([Cubillos et al. 1998, 2002](#)).

La evaluación de stock más reciente de ambas especies fue realizada por Barría et al. (2003), utilizando un método indirecto que utiliza información de captura a la edad, mortalidad natural, ojiva de madurez sexual, captura por unidad de esfuerzo e índices de biomasa para los grupos de edad 1 y 2 en el caso de la anchoveta y grupo de edad 0 en el caso de la sardina común. Estos índices de biomasa provienen de la transformación de la biomasa evaluada acústicamente en grupos de edad. La biomasa desovante en la evaluación realizada por estos autores indica valores de 900695 t para la anchoveta al primero de agosto de 2002, y de 891910 t a comienzos de julio de 2001 para la sardina común, valores que están muy por encima de la valoración realizada en este estudio.

Se destaca que más del 75 % de las capturas de sardina común y anchoveta se realizan en el primer semestre de cada año (**Figura 33**). En este contexto, las valoraciones de biomasa desovante aquí comunicadas para el mes de agosto, son el resultado de una intensa remoción por pesca y mortalidad natural antes del desove en agosto.



**Figura 33.** Estacionalidad de las capturas de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur de Chile (1990-2002).

## 10 CONCLUSIONES

---

- a) La expresión espacial del desove de ambas especies estuvo circunscrita al sector nerítico costero comprendido por la isobata de 50 m aproximadamente, con núcleos de desove representados entre Constitución - Golfo de Arauco y Bahía Carnero – Corral.
- b) La producción diaria de huevos fue estimada por regresión no-lineal ponderada en cada estrato geográficos, siendo en la anchoveta de 19,6 huevos/0,05 m<sup>2</sup>/día (CV = 2,96 %) y de 47,7 huevos/0,05 m<sup>2</sup>/día para la sardina común (CV = 3,31 %). La tasa de mortalidad diaria de huevos, que fue estimada en 0,410 y 0,607 día<sup>-1</sup> para anchoveta (CV = 18,3 %) y sardina común (CV = 32,7 %), respectivamente.
- c) Los principales parámetros reproductivos utilizados en el método de la producción diaria de huevos fueron evaluados a partir de 1.348 hembras en 32 lances de pesca de anchoveta y de 1.278 hembras en 57 lances de pesca de sardina común. Durante el crucero de evaluación, las hembras de anchoveta y sardina común se encontraban reproductivamente activas.
- d) La fecundidad parcial se relacionó linealmente en función del peso corporal a partir de 158 hembras de anchoveta y 116 hembras de sardina común. La fecundidad media poblacional estimada para todos los lances de pesca fue de 6.758 ovocitos en la anchoveta (CV = 6,9 %) y 9.227 ovocitos en la sardina común (CV = 3,54 %).
- e) La fracción diaria de hembras desovantes fue estimada en 10,7 % en la anchoveta (CV = 12,8 %) y 13,1 % en la sardina común (CV = 11,34 %). Aparentemente, la mayor fracción diaria de hembras desovantes de sardina común explica la mayor producción diaria de huevos encontrada para esta especie.

- f) La proporción de hembras en peso fue estimada en 51 % para la anchoveta (CV = 3,7 %) y en 47 % para la sardina común (CV = 3,28 %), mientras que el peso promedio de las hembras maduras fue de 18,6 g en la anchoveta (CV = 5,8 %) y 21,4 g en la sardina común (CV = 3,6 %).
- g) El área de desove fue más extenso en la anchoveta que en la sardina común, con 26,2 % y 15,3 % del área total de estudio (27.835,5 km<sup>2</sup>). Cabe señalar que prácticamente no hubo expresión del desove entre Valparaíso y Constitución.
- h) La biomasa desovante fue estimada en 144.329 t para la anchoveta (CV = 13,2 %) y 153.898 t para la sardina común (CV = 13,98 %), valores que son consistentes con la biomasa desovante estimada con el método hidroacústico en el 2001 y por evaluaciones indirectas realizadas entre 1990 y 1998.

## 11 REFERENCIAS

---

- Alheit, J., 1993. Use of the daily egg production method for estimating biomass of clupeoid fishes: a review and evaluation. *Bulletin of Marine Science* 53, 750-767.
- Alheit, J. 1985. Spawning frequency of Peruvian anchovies taken with a purse seine. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 59-61.
- Arcos, D.F. Navarro, N., 1986. Análisis de un índice de surgencia para la zona de Talcahuano, Chile (Lat. 37° S). *Invest. Pesq. (Chile)*, 33:91-98.
- Armstrong, M.P., Shelton, P.A., Hampton, I., Jolly, G., Melo, Y., 1988. Egg production estimates of anchovy biomass in the southern Benguela system. *Calif. Coop. Oceanic. Fish. Inv. Rep.* 29, 137-157.
- Ayon, P., Buitron, B. 1997. Estimación de la biomasa desovante del stock norte-centro de la anchoveta por el método de la producción de huevos, durante el invierno de 1996. In: *Crucero de la biomasa desovante de la anchoveta, BIC Humboldt 9608-09*. IMARPE, CEE-VECEP ALA 92/43. Informe N° 123, p. 13-19.
- Bakun, A., 1996. Patterns in the ocean: ocean processes and marine population dynamics. University of California Sea Grant, UCSD, San Diego, CA and Centro de Investigaciones Biológicas de Noroeste, La Paz, Baja California, 323 p.
- Blaxter, J.H.S., Hunter, J.S. 1982. The biology of the clupeoid fishes. *Adv. Mar. Biol.* 20, 201-223.
- Barría, P., Canales, C., Canales, M. 2003. Investigación CTP anchoveta centro sur, 2003. Informe Final enero 2003, IFOP, 45 p. (Fuente: Subsecretaría de Pesca)
- Castillo, J., Barbieri, M.A., Espejo, M., Catasti, V., 2000. Evaluación de la biomasa y distribución espacial de anchoveta y sardina común. Primavera 1999. En: FIP 99-13 Evaluación acústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur de Chile. *Informes Técnicos FIP – IT/99-13*, 138 p.

- Castillo, J., Barbieri, M.A., Espejo, M., Catasti, V., 2001. Evaluación acústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, año 2000. Informe Final FIP 2000-09. Informes Técnicos FIP – IT/2000-09, 151 p.
- Castillo, J., Barbieri, M.A., Espejo, M., Saavedra, A. Catasti, V., Núñez, S., Ortiz, J., Barría, P. Arraigada, G., Braun, M., Galindo, G. 2002a. Evaluación Hidroacústica del stock desovante de anchoveta y sardina común, Centro-Sur, 2001 Proyecto FIP N° 2001-14.
- Castillo, J., Barbieri, M.A., Espejo, M., Saavedra, A. Catasti, V., Núñez, S., Ortiz, J., Barría, P. Arraigada, G., Braun, M., Galindo, G. 2002b. Evaluación acústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común, centro-Sur, 2001-2002 Proyecto FIP N° 2001-13.
- Castro, L., R.Roa, D.Figueroa, H.Arancibia, M. Sobarzo, R.Quiñones & M Retamal. 1997. Áreas de desove de anchoveta y sardina común. Proyecto FIP 96-11. Áreas de desove de la anchoveta y sardina común en Chile central. Universidad de Concepción. Chile.
- Castro, L.R., Hernández, E.H., 2000. Early life survival of the anchoveta *Engraulis ringens* off central Chile during the 1995 and 1996 winter spawning seasons. Trans. Amer. Fish. Soc. 129, 1107-1117.
- Claramunt, G., Herrera, G., Pizarro, P., Pizarro, J., Escribano, E., Oliva, M., Olivares, A., Guerra, C., Zuleta, A. 1997. Evaluación del stock desovante de anchoveta por el método de la producción de huevos en la I y II Regiones. Informe Final FIP 96-01. Informes Técnicos FIP – IT/96-01, 75 p.
- Conan, G.Y. (1985) Assessment of shellfish stocks by geostatistical techniques. ICES C.M., 30 (mimeo).
- Cressie, N.A.C. (1993) Statistics for spatial data. Wiley, New York.
- Cubillos, L., Arancibia, H., 1993. On the seasonal growth of common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off Talcahuano, Chile. Rev. Biol. Mar. (Valparaíso) 28(1), 43-49.
- Cubillos, L., Canales, M., Hernández, A., Bucarey, D., Vilugrón, L., Miranda, L., 1998. Poder de pesca, esfuerzo de pesca y cambios estacionales e interanuales en la

- abundancia relativa de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens* en el área frente a Talcahuano, Chile (1990-97). Invest. Mar. Valparaíso, 26:3-14.
- Cubillos, L., Canales, M., Bucarey, D., Rojas, A., Alarcón, R., 1999. Época reproductiva y talla media de primera madurez sexual de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens* en la zona centro-sur de Chile en el período 1993-1997. Invest. Mar. Valparaíso 27, 73-86.
- Cubillos, L.A., Arcos, D.F., Canales, M., Bucarey, D., 2001. Seasonal growth of small pelagic fish off Talcahuano (37°S-73°W), Chile: a consequence of their reproductive strategy to seasonal upwelling? Aquat. Living Resour. 14, 115-124.
- Cubillos, L.A., Bucarey, D.A., Canales, M., 2002. Monthly abundance estimation for common sardine *Strangomera bentincki* and anchovy *Engraulis ringens* in the central-south Chile (34-40°S). Fisheries Research 57, 117-130.
- Holden, M.J., Raitt, D.F.S., 1975. Manual de ciencia pesquera. Parte 2: Métodos para investigar los recursos y su aplicación. Doc.Téc. FAO. Pesca (115), Rev. 1, 211 p.
- Hunter, J. R. and B. J. Macewicz. 1985. Rates of atresia in the ovary of captive and wild northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fishery Bulletin: Vol 83 N° 2. 119-136.
- Hunter, J. R. and S. R. Goldberg. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fish Bull., U.S. 77: 641-652.
- Hunter, J. R., N. C. H. Lo and R. J. H. Leong. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 67 - 77.
- Hunter, J., Lo, N.C.-H., 1993. Ichthyoplankton methods for estimating fish biomass introduction and terminology. Bulletin of Marine Science 53, 723-727.
- Hunter, J.R., 1985. Preservation of Northern anchovy in formaldehyde solution. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36, 63-65.
- Isaaks, E.H., and R.M. Srivastava (1989) An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press, New York. 561 pp.

- Lo, N. C. H. 1985. A model for temperature-dependent northern anchovy egg development. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 43-50.
- Lo, N.C.H., Hunter, J.R., Charter, R., 2001. Use of a continuous egg sampler for ichthyoplankton surveys: application to the estimation of daily egg production of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) off California. Fish. Bull. 99, 554-571.
- Macewicz, B. and R. Hunter. 1993. Spawning frequency and batch fecundity of jack mackerel, *Trachurus symmetricus*, off California during 1991. CalCOFI Rep., Vol. 34. 112-121.
- Moser, H. G. and E. H. Ahlstrom. 1985. Staging anchovy eggs. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 37-41.
- Oliva, J., Braun, M., Cordova, Castillo, J., Valenzuela, V., Catasti, V., Blanco, J., Martínez, C., 2000. Evaluación del stock desovante de la anchoveta en la I y II Regiones, 1999. Informe Final FIP 99-10, Informes Técnicos FIP – IT / 99-10, 97 p.
- Oliva, J., Montenegro, C., Braun, M., Rojas, O., Díaz, E., Catasti, V., Reyes, H., Barría, P., Serra, R., Claramunt, G., Herrera, G., Pizarro, P., Pizarro, J., Escribano, R., Oliva, M., 2001. Evaluación del stock desovante de anchoveta en la I y II Regiones, año 2000. Informe Final FIP 2000-06, Informes Técnicos FIP – IT /2000-06, 116 p.
- Oliva, J., Montenegro, C., Rojas, O., Reyes, H., Catasti, B., Díaz, E., Barría, P., Serra, R., Baros, V., Vargas, A., Claramunt, G., Herrera, G., Pizarro, P., Pizarro, J., Muñoz, Y., Escribano, R., Oliva, M. 2002. Evaluación del stock desovante de anchoveta por el método de producción de huevos en la I y II Regiones, año 2001. Informe Final FIP 2001-10, Informes Técnicos FIP – IT/ 2001-10.
- Perry, R.I and S.J. Smith (1994) Identifying habitat associations of marine fishes using survey data: an application to the northwest Atlantic. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51:589-602.

- Petitgas, P. (1996) Geostatistics and their applications to fisheries survey data. *In* Megrey, A., and E. Moskness (Eds.) *Computers in Fisheries Research*. Chapman & Hall, London. pp. 113-142
- Picquelle, S., 1985. Sampling requirements for the adult fish survey. In: R. Lasker (ed.), *An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax**. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36, 55-57.
- Picquelle, S.J. and G. Stauffer. 1985. Parameter estimation for an egg production method of northern anchovy biomass assesment. In: R. Lasker (ed.), *An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax**. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 7-15.
- Santander, H., J. Alheit and P. E. Smith. 1984. Estimación de la biomasa de la población desovante de anchoveta peruana, *Engraulis ringens*, en 1981 por aplicación del "Método de Producción de Huevos ". *Bol. Inst. Mar Perú, Callao*. 8: 209-250.
- Seber, G. H. F. 1973. *The estimation of animal abundance and related parameters*. Hafner Press, N.Y., 506 p.
- Selman, K. and R. Wallace. 1989. Cellular aspects of oocyte growth in teleosts. *Zoological Science*. 6:211-231.
- Sepúlveda, A., más 14 autores (2000). Antecedentes biológicos del stock desovante de anchoveta y sardina común de la V a IX Regiones. Informe Final FIP 97-04. Informes Técnicos FIP – IT/97-04, 199 p.
- Smith, P. E.; W. Flerx and R. P. Hewitt. 1985. The CalCOFI vertical egg tow (CalVET) net. In: R. Lasker (ed.), *An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax**. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 27-32.
- Stauffer, G. D. and S. J. Picquelle. 1980. Estimates of the 1980 spawning biomass of the central subpopulation of northern anchovy. *Natl. Mar. Fish. Serv., NOAA, Southw. Fish. Cent. Admin. Rep. LJ - 80-09*, 41 p.
- Wallace, R. and K. Selman. 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *Amer. Zool.* 21:325-343.

Yáñez, E., Barbieri, M.A., Santillán, L., 1992. Long-term environmental variability and pelagic fisheries in Talcahuano, Chile. In: Payne, A.I., Brink, L., Mann, K.H., Hilborn, R. (Eds.), Benguela Trophic Functioning. S. Afr. J. Mar. Sci. 12, 175-188.

## 12 ANEXOS

---

### 12.1 Anexo A: Taller de Discusión de Resultados

Taller de Discusión de Resultados FIP 2002-14  
“Evaluación de la Biomasa Desovante de Anchoveta y Sardina común  
entre la V y X Regiones, año 2002”  
Instituto de Investigación Pesquera  
Talcahuano, 28 al 30 de Enero de 2003  
(INPESCA – UDEC – IFOP)

#### Presentación

Entre los días 28 al 30 de enero de 2003, se desarrolló el Taller de Discusión de Resultados del proyecto FIP 2002-14, con el objeto de analizar y discutir la aplicación del método de producción diaria de huevos en anchoveta y sardina común.

#### Participantes

Nancy Lo, Southwest Fisheries Science Center, PO Box 271, La Jolla, CA 92038-0271, USA, E-mail: [Nancy.Lo@noaa.gov](mailto:Nancy.Lo@noaa.gov)

Luis Cubillos, Instituto de Investigación Pesquera, Casilla 350, Talcahuano, Chile, E-mail: [lcubillos@inpesca.cl](mailto:lcubillos@inpesca.cl)

Gabriel Claramunt, Departamento de Ciencias del Mar, Universidad Arturo Prat, Casilla 121, Iquique, Chile, E-mail: [gclaramu@cec.unap.cl](mailto:gclaramu@cec.unap.cl)

Jorge Oliva, Instituto de Fomento Pesquero, Iquique, Chile, E-mail: [joliva@ifop.cl](mailto:joliva@ifop.cl)

Aquiles Sepúlveda, Instituto de Investigación Pesquera, Casilla 350, Talcahuano, Chile, E-mail: [asepulveda@inpesca.cl](mailto:asepulveda@inpesca.cl)

Patricia Ruiz, Instituto de Investigación Pesquera, Casilla 350, Talcahuano, Chile, E-mail: [pruiz@inpesca.cl](mailto:pruiz@inpesca.cl)

Santiago Gacitúa, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile, E-mail: [sgacitua@udec.cl](mailto:sgacitua@udec.cl)

Cristina Krautz, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile, E-mail: [ckrautz@udec.cl](mailto:ckrautz@udec.cl)

Andrés Uriarte, Departamento Recursos Pesqueros, Fundación AZTI, Instituto Tecnológico Pesquero y Alimentario, Herrera Kaia, Portual de z/g, 20110 PASAIA, E-mail: auriarte@pas.azti.es

Leonardo Castro, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile, E-mail: lecastro@udec.cl

Ciro Oyarzún, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile, E-mail: coyarzun@udec.cl  
Rubén Roa, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile, E-mail: rroa@udec.cl

José Acevedo, Subsecretaría de Pesca, Bellavista 168, Piso 17, Valparaíso, Chile.

Sergio Núñez, Instituto de Investigación Pesquera, Casilla 350, Talcahuano, Chile, E-mail: snunez@inpesca.cl

Samuel Soto, Departamento de Ciencias del Mar, Universidad Arturo Prat, Casilla 121, Iquique, Chile.

Paola González, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile.

Pedro Pizarro, Departamento de Ciencias del Mar, Universidad Arturo Prat, Casilla 121, Iquique, Chile, E-mail: ppizarro@unap.cl

## **Agenda de Trabajo**

Martes 28 de Enero de 2003

**09:30-10:00** Presentación del Proyecto “Evaluación del Stock Desovante de Anchoveta y Sardina Común entre la V y X Regiones, Año 2002”. Fondo de Investigación Pesquera - FIP 2002-14.  
Luis Cubillos Santander. Instituto de Investigación Pesquera

**10:00-10:45** Aspectos Metodológicos y Diseño de Muestreo.  
Luis Cubillos Santander. Instituto de Investigación Pesquera  
Aquiles Sepúlveda Oróstica. Instituto de Investigación Pesquera

**10:45-11:30** Distribución de huevos de sardina común y anchoveta y su relación con las condiciones ambientales del sector centro-sur de Chile.  
Sergio Núñez Elías. Instituto de Investigación Pesquera  
Leonardo Castro Cifuentes. Universidad de Concepción

**11:30-12:00** *Pausa para Café*

**12:00-13:00 CONFERENCIA:** Evaluation of population indices used for anchovy and sardine off California.  
Dr. Nancy C.H. Lo. *Fisheries Resources Division, SWFSC, NMFS, La Jolla, CA, USA.*

**13:30-14:30** *Almuerzo en casino de Instituto de Investigación Pesquera*

**15:00-16:30** Aspectos reproductivos en sardina común y anchoveta de Chile centro-sur.  
Ciro Oyarzún G. Universidad de Concepción  
Jorge Oliva. Instituto de Fomento Pesquero

**16:30-18:00** Estimación de la biomasa desovante de sardina común y anchoveta por el método de producción diaria de huevos en la región centro-sur de Chile.  
Luis Cubillos Santander. Instituto de Investigación Pesquera

Miércoles 29 de Enero de 2003

**09:30-11:30** Presentación de resultados de la aplicación del método de producción diaria de huevos en la anchoveta de la región norte de Chile  
Jorge Oliva. Instituto de Fomento Pesquero  
Gabriel Claramunt Quiñones. Universidad Arturo Prat

**11:30-12:00** *Pausa para Café*

**12:00-13:00 CONFERENCIA:** Aplicación del método de producción de huevos a la anchoa del Golfo de Vizcaya.  
Dr. Andrés Uriarte. *Fundación AZTI, Instituto Tecnológico Pesquero y Alimentario, País Vasco.*

**13:30-14:30** *Almuerzo en casino de Instituto de Investigación Pesquera*

**15:00-18:00 Discusión ampliada y Recomendaciones**  
Todos los participantes

Jueves 30 de Enero de 2003

**10:15-10:30** Revisión de las conclusiones y recomendaciones del taller orientado a la aplicación del método de producción diaria de huevos en anchoveta y sardina común FIP 2002-14.

**11:30-11:45** **Café**

**11:45-12:00** Intervención de Dr. Nancy Lo. Fisheries Resources Division, SWFSC, NMFS, La Jolla, CA, USA.

**12:00-12:15** Intervención Dr. Andrés Uriarte. *Fundación AZTI, Instituto Tecnológico Pesquero y Alimentario, País Vasco.*

**12:15-13:30 Redacción conclusiones y recomendaciones**

## **Recomendaciones del Taller**

a) Sobre el diseño de muestreo y área de estudio:

La expresión del desove en el área norte (Valparaíso – Constitución) se caracterizó por la ausencia de huevos de ambas especies. Sin embargo, se recomienda mantener el muestreo de huevos en la región norte del área de estudio con un menor esfuerzo de muestreo por los siguientes 2 años. Posteriormente se deberá evaluar la pertinencia de mantener la presencia de esta área como parte del área de desove de sardina común y anchoveta del sector centro-sur de Chile. La reducción del área de estudio dependerá de la presencia de huevos en los siguientes 2 años de aplicación del método.

En el sector norte del área de estudio podría aplicarse un muestreo con transectas separadas cada 20 millas náuticas y estaciones cada 4 millas náuticas con el objeto de reducir el esfuerzo de muestreo.

El sector central del área de estudio debería ampliarse hacia el sector norte, en el sentido de incorporar las transectas situadas inmediatamente al norte de Constitución (4 últimas transectas), con el objeto de incorporar éstos resultados en la estimación de la producción diaria de huevos del sector central. Otra alternativa es estimar  $P_0$  para el sector norte utilizando el método de razón de la abundancia de huevos entre las áreas (Lo et al., 2001 p. 563).

Se recomienda mantener la extensión longitudinal de las transectas en las zonas central y sur del área de estudio, ya que el actual diseño permitió cubrir completamente el área de desove. Sin embargo, en futuras aplicaciones el espacio intertransecta podría ser de 10 millas náuticas con estaciones distanciadas en 4 millas náuticas. Se destaca que el diseño de muestreo utilizado en el 2002, podrá servir para evaluar la eficiencia de diferentes diseños de muestreo (grillas) y analizar el impacto en la precisión y estimación de  $P_0$  (geoestadística y bootstrapping). Además, podría implementarse un diseño de muestreo en que las transectas se considerarán como las unidades primarias de muestreo y las estaciones de muestreo las secundarias.

El muestreo óptimo es el adaptativo, ya que permite cubrir completamente el área de desove con una muy buena eficiencia de muestreo. Sin embargo, para desarrollar un muestreo adaptativo es necesario contar con CUFES (Continuous

Underwater Fish Eggs Sampler) o examinar las muestras PAIROVET a bordo (Lo et al., 2001).

Mantener el rango latitudinal original del diseño de muestreo en futuras aplicaciones del MPDH.

Incorporar el uso de información ambiental complementaria a través del muestreo con redes Bongo y CTDO para la obtención de larvas y otra información ambiental que sirva de base de explicación para la distribución espacial de huevos de ambas especies en el área de estudio (Objetivo 6).

b) Sobre la estimación de la producción de huevos:

Para evitar puntos atípicos, se recomienda estimar  $P_0$  mediante regresión no-lineal ponderada por el inverso de la varianza. Este estimador podría generar estimados de  $P_0$  diferentes a los ya obtenidos debido a que dará menor importancia a los puntos atípicos en el proceso de estimación.

Obtener  $P_0$  para cada región independientemente, según la estratificación contemplada (zona centro y sur). El estimado total y su varianza deben contemplar la diferencias en las áreas de desove a través de un promedio ponderado por el tamaño del área de desove de cada estrato geográfico.

c) Sobre el muestreo de adultos:

Al igual que para el caso de  $P_0$ , se recomienda evaluar posibles diferencias en los parámetros de adultos por áreas geográficas en futuras aplicaciones del MPDH. Para el caso del 2002, se deberá evaluar si el muestreo está bien compensado por áreas geográficas y evaluar si tales diferencias ameritan una estimación estratificada de los parámetros de los adultos. Aparentemente, en el caso de la sardina común no es necesario ya que la estructura de tallas es similar entre las zonas centro y sur, pero en la anchoveta hay una estructura diferente que deberá investigarse en términos de su permanencia en el tiempo y conceptuar la estructura poblacional con la ayuda de otros indicadores disponibles (cruceos hidroacústicos, estructura de tallas en la pesquería, etc).

Se recomienda que los lances de pesca cubran toda el área de desove. Para ello, es deseable que el muestreo de adultos también cubra zonas más alejadas de la costa en futuras aplicaciones del MPDH.

Verificar si existe un efecto de sobremuestreo de algunos estadios de madurez (ej. Hidratadas). Si no es así, se tiene más información de la que se está utilizando para estimar la fracción diaria de hembras desovantes. Para ello, se recomienda que en futuras aplicaciones se realice un muestro de hembras en lo posible a lo largo de todo el ciclo diario (24 horas).

Para el 2002, se considera que el número de muestras ha sido probablemente más que suficiente. Se recomienda realizar lances más distribuidos a lo largo de toda el área de desove. En esta perspectiva, se recomienda la obtención de un menor número de especímenes para el análisis de proporción de sexos, esto es obtener 50 - 60 especímenes en vez de 200 peces. Para el análisis histológico se recomienda la colecta de un número suficiente tal que, luego de examinados se analicen un total de 25 peces hembras por lance.

En futuras aplicaciones, es deseable tratar de obtener la composición de edades de la biomasa desovante estimada, a través de la lectura de otolitos colectados en el crucero (esto significa más dinero), pero la abundancia desovante podría ser de mayor utilidad para la evaluación de stock si es edad-estructurada.

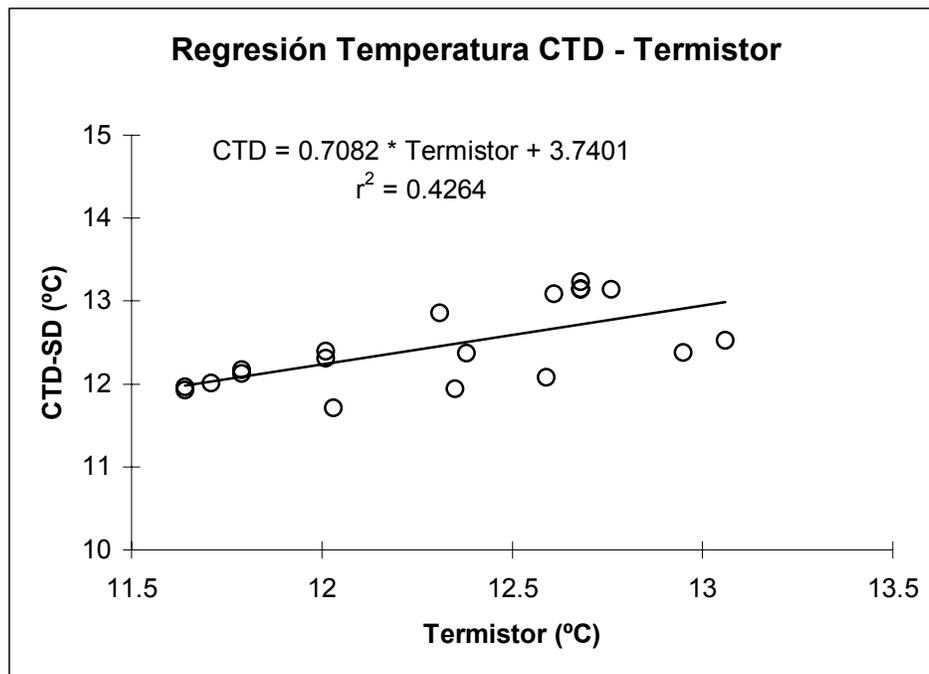
d) Sobre la estimación del área de desove:

Se recomienda estimar el área de desove a través de métodos de interpolación (polígonos) que delimiten la expresión global del desove, y evitar el criterio estructural o de límite inferior.

En futuras aplicaciones, explorar la estimación del área de desove a través de métodos de geoestadística según la teoría transitiva como la extensiva.

## 12.2 Anexo B: Calibración de termistores

Durante un crucero en Bahía de Concepción dentro del marco del presente proyecto en que se colectó la muestras de huevos para determinación de edad, adicionalmente se realizaron en forma simultánea lances verticales con CTD Sensordata (utilizado en el sector central del área de estudio) y el termistor (utilizado tanto en la sección norte como sur de la zona de estudio). El gráfico y regresión lineal simple obtenida se presenta en la figura adjunta, y corresponde a la que fue utilizada para calibrar los datos del termistor.



Regresión de calibración entre CTD y termistor.

### 12.3 Anexo C: Bitácora de pesca crucero de adultos

Barco	Lance	Zona	Fecha	Latitud	Longitud	Hora	Captura	Sardina	Anchoveta
Victor G.	1	centro	19-Ago-02	3642	7305	07:00	3	x	x
Achernar	2	centro	19-Ago-02	3621	7253	10:43	10		x
Achernar	3	centro	19-Ago-02	3623	7253	13:45	5		x
Riveira	4	centro	19-Ago-02	3529	7236	14:50	muestra		x
Huracán	5	centro	19-Ago-02	3529	7236	15:15	8		x
Riveira	6	centro	19-Ago-02	3531	7236	16:00	s/p		
Huracán	7	centro	19-Ago-02	3530	7238	17:10	muestra		x
Riveira	8	centro	20-Ago-02	3620	7252	04:30	s/p		
Victor G.	9	centro	20-Ago-02	3641	7305	07:10	8	x	x
Riveira	10	centro	21-Ago-02	3621	7252	07:50	3		x
Huracán	11	centro	21-Ago-02	3709	7338	08:00	14	x	
Victor G.	12	centro	21-Ago-02	3622	7253	08:23	5		x
Riveira	13	centro	21-Ago-02	3620	7252	09:20	5		x
Huracán	14	centro	21-Ago-02	3710	7338	09:35	5	x	x
Victor G.	15	centro	21-Ago-02	3622	7253	09:40	3		
Riveira	16	centro	21-Ago-02	3620	7253	12:20	8		x
Huracán	17	centro	21-Ago-02	3708	7338	12:50	8	x	x
Huracán	18	centro	21-Ago-02	3708	7338	14:20	5	x	x
Huracán	19	centro	21-Ago-02	3708	7336	16:30	9	x	x
Achernar	20	centro	29-Ago-02	3623	7254	10:04	s/p		
Riveira	21	centro	29-Ago-02	3642	7304	13:45	5	x	x
Achernar	22	centro	30-Ago-02	3707	7337	07:48	s/p		
Achernar	23	centro	30-Ago-02	3707	7336	10:00	s/p		
Huracán	24	centro	30-Ago-02	3707	7335	10:20	s/p		
Huracán	25	centro	31-Ago-02	3709	7331	09:20	5	x	
Riveira	26	centro	31-Ago-02	3642	7303	11:30	s/p		
Riveira	27	centro	31-Ago-02	3642	7304	13:45	21	x	x
Riveira	28	centro	1-Sep-02	3624	7254	08:30	s/p		
Achernar	29	centro	2-Sep-02	3714	7323	10:18	5	x	
Achernar	30	centro	2-Sep-02	3713	7320	12:40	15	x	
Achernar	31	centro	2-Sep-02	3713	7320	14:30	20	x	
Achernar	32	centro	2-Sep-02	3713	7320	16:15	15	x	
Achernar	33	centro	2-Sep-02	3712	7322	18:15	25	x	
Achernar	34	centro	3-Sep-02	3713	7320	12:02	35	x	
Achernar	35	centro	3-Sep-02	3713	7319	14:00	10	x	x
Victor G.	36	centro	5-Sep-02	3708	7334	08:07	8	x	x
Riveira	37	centro	5-Sep-02	3708	7335	08:50	2	x	x
Río Maipo II	38	centro	5-Sep-02	3713	7318	09:30	1	x	
Río Maipo II	39	centro	5-Sep-02	3713	7320	12:00	1	x	
Victor G.	40	centro	5-Sep-02	3713	7319	12:50	2	x	
Riveira	41	centro	5-Sep-02	3713	7319	13:50	15	x	

Barco	Lance	Zona	Fecha	Latitud	Longitud	Hora	Captura	Sardina	Anchoveta
Río Maipo II	42	centro	5-Sep-02	3714	7319	14:20	3	x	
Riveira	43	centro	5-Sep-02	3713	7320	14:25	10	x	
Victor G.	44	centro	5-Sep-02	3713	7320	14:45	muestra	x	
Río Maipo II	45	centro	5-Sep-02	3713	7319	16:00	2	x	
Victor G.	46	centro	5-Sep-02	3713	7320	16:00	10	eo	s/muestreo
Riveira	47	centro	5-Sep-02	3713	7321	16:15	10	x	
Victor G.	48	centro	5-Sep-02	3713	7318	17:50	7	x	
Riveira	49	centro	5-Sep-02	3709	7315	18:00	3	x	
Riveira	50	centro	5-Sep-02	3711	7315	19:00	2	x	
Victor G.	51	centro	5-Sep-02	3713	7318	19:20	s/p		
Riveira	52	centro	5-Sep-02	3712	7316	21:00	3	x	
Riveira	53	centro	6-Sep-02	3711	7313	09:30	15	x	
Victor G.	54	centro	6-Sep-02	3713	7319	12:00	2	x	
Riveira	55	centro	6-Sep-02	3713	7316	15:15	10	x	
Victor G.	56	centro	6-Sep-02	3713	7317	17:50	3	x	
Río Maipo II	57	centro	6-Sep-02	3713	7316	18:30	3	x	
Río Maipo II	58	centro	6-Sep-02	3713	7318	19:45	4	x	
Huracán	59	centro	9-Sep-02	3711	7315	08:05	5	x	
Huracán	60	centro	9-Sep-02	3713	7321	10:00	50	x	
Huracán	61	centro	9-Sep-02	3713	7319	12:45	30	x	
Huracán	62	centro	9-Sep-02	3713	7320	15:20	10	x	
M.del Mar	63	sur	20-Ago-02	4002	7343	08:35	s/p		
Arlekin	64	sur	20-Ago-02	3956	7337	09:00	muestra	x	x
Arlekin	65	sur	20-Ago-02	3956	7338	10:50	muestra		x
Nelly	66	sur	20-Ago-02	3934	7335	13:00	s/p		
Ramiro	67	sur	29-Ago-02	3955	7337	08:39	muestra	x	
M.del Mar	68	sur	29-Ago-02	3925	7314	11:44	muestra	x	x
Samaritano	69	sur	29-Ago-02	3932	7317	12:05	s/p		
Nelly	70	sur	29-Ago-02	3940	7322	12:10	s/p		
M.del Mar	71	sur	29-Ago-02	3914	7315	14:39	8	x	
Samaritano	72	sur	29-Ago-02	3941	7323	16:20	muestra	x	
Arlekin	73	sur	29-Ago-02	3920	7314	17:20	s/p		
Arlekin	74	sur	29-Ago-02	3916	7314	19:50	7	x	
Ramiro	75	sur	30-Ago-02	3939	7325	06:10	muestra	x	
Ramiro	76	sur	30-Ago-02	3938	7321	09:10	muestra	x	
Ramiro	77	sur	31-Ago-02	3937	7339	05:10	s/p		
Fox	78	sur	7-Sep-02	3927	7326	06:50	200	x	
Fox	79	sur	7-Sep-02	3926	7324	08:20	100	x	
Fox	80	sur	7-Sep-02	3926	7326	09:55	30	x	
Fox	81	sur	7-Sep-02	3925	7325	11:30	10	x	x
Fox	82	sur	7-Sep-02	3926	7325	13:25	20	x	x
Fox	83	sur	7-Sep-02	3925	7323	15:00	30	x	x
Nelly	84	sur	7-Sep-02	3931	7316	15:00	s/p		
Ramiro	85	sur	7-Sep-02	3942	7327	17:13	3	x	x
Ramiro	86	sur	7-Sep-02	3942	7326	19:00	2	x	x

Barco	Lance	Zona	Fecha	Latitud	Longitud	Hora	Captura	Sardina	Anchoveta
Ramiro	87	sur	7-Sep-02	3931	7329	22:00	4	x	x
Ramiro	88	sur	7-Sep-02	3932	7329	23:15	muestra	x	x
Fox	89	sur	8-Sep-02	3926	7325	10:50	50	x	x
Fox	90	sur	8-Sep-02	3925	7326	12:00	30	x	x
Fox	91	sur	8-Sep-02	3924	7326	15:20	20	x	x
Fox	92	sur	8-Sep-02	3925	7326	18:00	40	x	x
Fox	93	sur	8-Sep-02	3922	7324	20:00	30	x	
Fox	94	sur	8-Sep-02	3921	7325	22:00	20	x	
Ramiro	95	sur	9-Sep-02	3925	7328	01:56	15	x	x
Ramiro	96	sur	9-Sep-02	3926	7327	03:30	10	x	
Ramiro	97	sur	9-Sep-02	3926	7328	06:31	muestra		x
Fox	98	sur	9-Sep-02	3927	7327	07:10	250	x	x
Ramiro	99	sur	9-Sep-02	3926	7329	08:00	muestra		x
Fox	100	sur	9-Sep-02	3928	7328	09:50	70	x	
Fox	101	sur	9-Sep-02	3923	7324	11:10	30	x	x
Fox	102	sur	9-Sep-02	3922	7325	13:00	40	x	x
Samaritano	103	sur	9-Sep-02	3940	7323	16:30	muestra	x	
M.del Mar	104	sur	9-Sep-02	3941	7322	17:19	muestra	x	
Samaritano	105	sur	9-Sep-02	3940	7323	17:50	muestra	x	
M.del Mar	106	sur	9-Sep-02	3941	7325	19:00	s/p		

## 12.4 Anexo D: Evaluación del tamaño de muestra

Con el objeto de evaluar el tamaño de muestra obtenido en el crucero, se siguió el procedimiento descrito por Picquelle (1985), consistente en la evaluación del diseño de muestreo en 2 etapas donde la media y la varianza son estimadas de acuerdo a Cochran (1980):

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{X}_i}{n},$$

donde:

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^m X_{ij}}{m}$$

y

$$V\hat{A}R(\bar{X}) = (1 - f_1) \frac{S_1^2}{n} + f_1(1 - f_2) \frac{S_2^2}{nm}$$

donde

$$S_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X}_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

es el componente de varianza entre lances, y

$$S_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{n(m - 1)}$$

es el componente de varianza intra-lances.

Además,

$$f_1 = \frac{n}{N},$$

donde N es el número total de estaciones, y

$$f_2 = \frac{m}{M}$$

donde M es el número total de elementos en cada estación.

La ecuación del estimador de varianza, nos permite encontrar los valores óptimos de n (número de lances) y m (elementos en cada estación) que son de mínima varianza. Para ello, se debe establecer ciertas simplificaciones, como en la mayoría de las evaluaciones pesqueras, la fracción muestreada es pequeña o despreciable ( $f_1 \cong 0$ ) la ecuación quedaría igual a:

$$\widehat{VAR}(\bar{\bar{X}}) = \frac{S_1^2}{n}$$

Por lo que se elimina el componente de varianza intra lances. De este modo la muestra de lances puede ser tratada como una muestra agrupada. Es así como se puede establecer una relación entre la varianza y valores de n y m. La correlación intra-grupos ( $\rho$ ) puede ser expresada como una función de la razón de la varianza de muestras agrupadas y la varianza de muestras aleatorias:

$$\frac{\sigma_{\bar{\bar{X}}}^2 \text{ agrupada}}{\sigma_{\bar{\bar{X}}}^2 \text{ aleatoria}} = 1 + \rho(m - 1)$$

donde  $\sigma_{\bar{\bar{X}}}^2 \text{ agrupada} = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X}_i - \bar{\bar{X}})^2}{n(n - 1)}$  , y  $\sigma_{\bar{\bar{X}}}^2 \text{ aleatoria} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (X_{ij} - \bar{\bar{X}})^2}{nm(nm - 1)}$

Como no existe una misma combinación óptima de m y n para los distintos parámetros (razón de sexos, fracción desovante, fecundidad y peso de hembras), entonces el parámetro que tenga la mayor varianza relativa será el elegido para seleccionar los valores de m y n.

En el crucero realizado el 2002, se encontró que la fracción diaria de hembras desovantes (S) presentó el mayor coeficiente de variación. En el caso de la anchoveta se estimó  $S = 0,107$  ( $CV = 0,128$ ) y en la sardina común  $S = 0,131$  ( $CV = 0,113$ ). A partir de dicha información se calculó las curvas de precisión (CV) en función del número de hembras por lance (m) y el número de lances (n), cuyos resultados se muestran en la Figura D1. La correlación intra-grupos fue estimada cercana a 0,02 para ambas especies, y el número de lances fue  $n = 32$  en anchoveta y  $n = 57$  en el caso de la sardina común, mientras que el número promedio de hembras muestreadas por lance fue de  $m = 42$  y  $m = 22$  para anchoveta y sardina común, respectivamente. Se observa que con 40 lances por especie y una muestra de 30 hembras por lance, satisfacen los requerimientos de precisión de la estimación de la fracción diaria de hembras desovantes, con coeficientes de variación cercanos al 10%. Se destaca que este coeficiente puede ser aún menor si la fracción diaria de hembras desovantes es mayor a 0,13 tal y como lo demuestra Piquelle (1985).

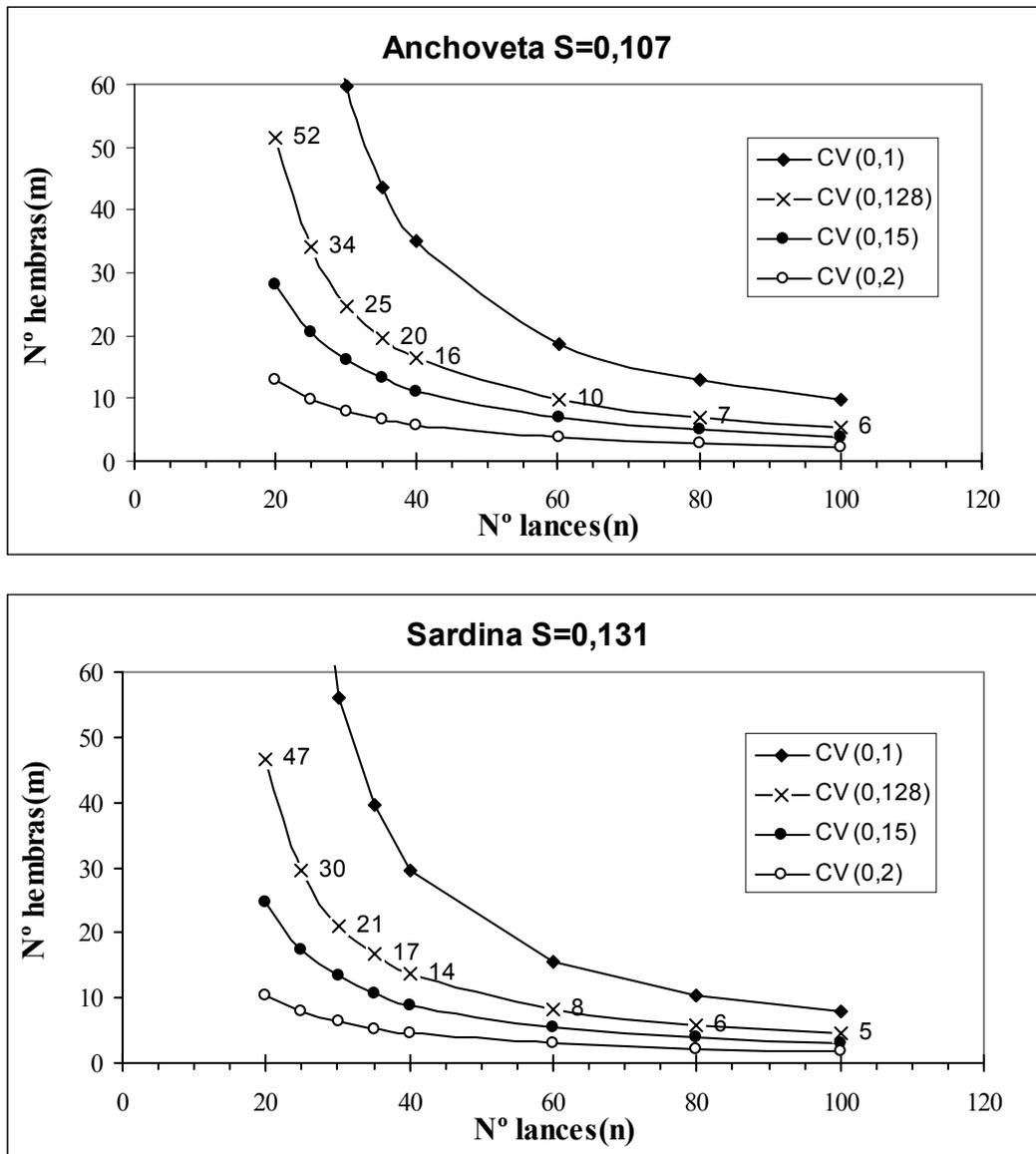


Figura D1. Relación entre el tamaño de la submuestra y el número de lances para un rango de coeficientes de variación, y fracción diaria de hembra desovante determinada en el crucero del 2002.

### **12.5 Anexo E: Factores de corrección debido al fijador.**

La estimación de parámetros reproductivos empleados para el método de producción de huevos, se hace necesario cuantificar el efecto del medio utilizado para preservar las muestras antes de que estas sean analizadas. Esto debido a que una variación en las mediciones, puede sesgar los estimados y por ende la estimación final. Es por ello necesario la cuantificación de las variaciones producidas con la finalidad de obtener un factor de corrección para cada solución de almacenamiento.

En base a esto se planteo una actividad similar a lo planteado por [Hunter \(1985\)](#) para la anchoveta, la cual consiste en la medición sistemática de una muestra aleatoria de 60 individuos recolectadas de la capturas de una embarcación artesanal, individualizados por especie y por sexo (30 machos y 30 hembras) y por tratamiento (dos tipos de soluciones) durante un periodo de tiempo determinado.

Los tratamientos se refieren a la solución utilizada para la preservación de los ejemplares y se explican por la finalidad de su función de la siguiente forma:

La solución A: Es utilizada para el almacenamiento de los individuos cuyo destino es la estimación de la proporción sexual por peso (formalina técnica en agua de mar al 10%).

La solución B: Es utilizada para la preservación de los individuos que son elegidos para obtención de los cortes histológicos, esta solución esta preparada según la metodología propuesta por Hunter (1985) para la preservación de la anchoveta del norte (formalina para análisis más sales al 10% en agua destilada).

Los resultados de este experimento señalan que hay una variación en peso diferencial por tratamiento (Figura E1), en donde la solución A produce una perdida de peso para ambas especies con un factor de corrección igual al promedio de las mediciones por sexo (Tablas E1 y E2) y la solución B tiene el efecto contrario, por lo cuál estos factores promedios serán empleados para la corrección de las mediciones correspondientes.

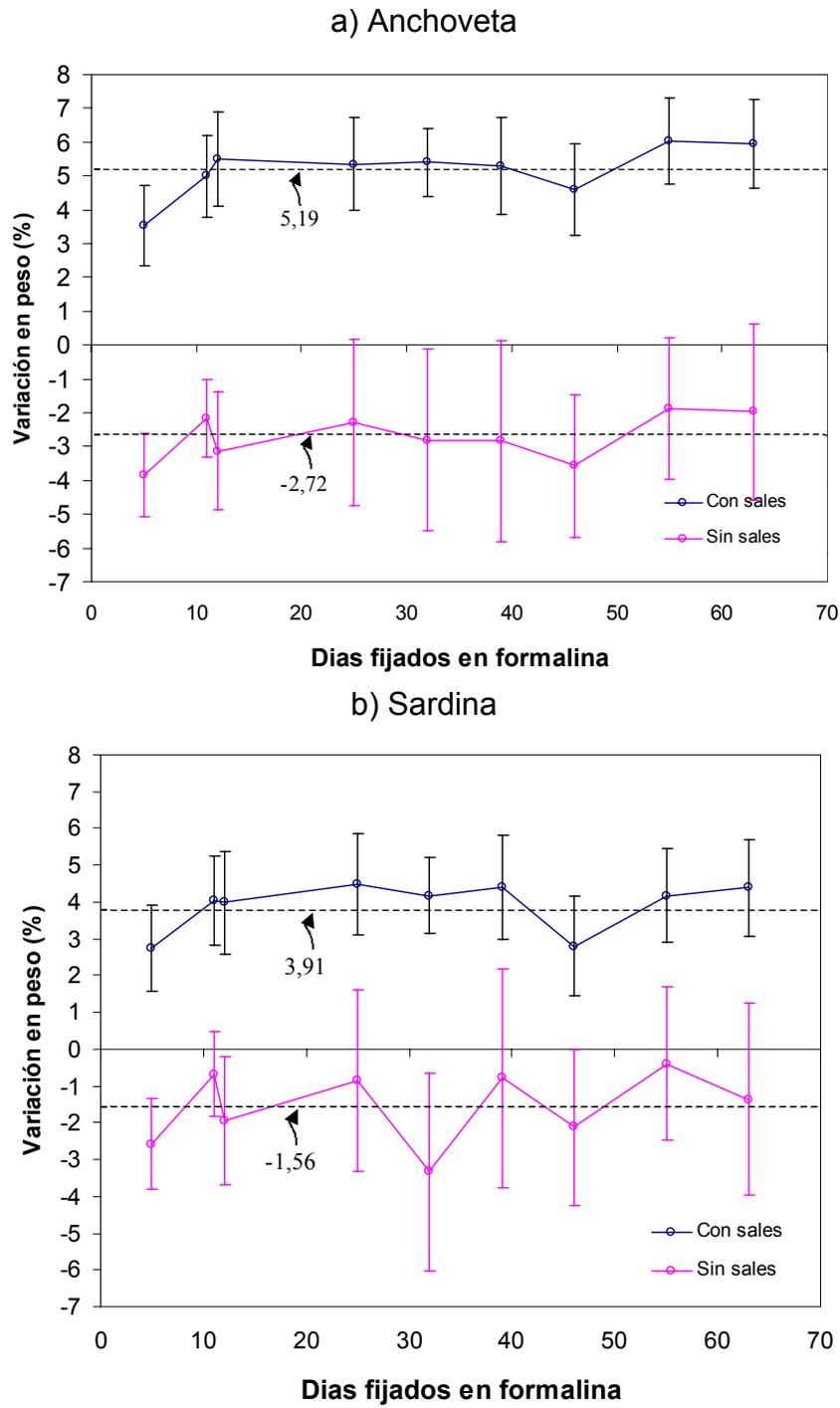


Figura E1: Variación porcentual en peso producto del fijador para la anchoveta y sardinas, sometidos en dos soluciones distintas (con y sin sales).

Tabla E1 : Efecto de la formalina con sales en la longitud promedio y en el peso promedio de anchoveta (a) y en sardina (b)

a) anchoveta

Nº de días	LT (prom)	Variación (%)	Peso (prom)	Variación (%)	Desvest
0	12,80		12,30		
5	12,60	-1,56	12,74	3,54	1,19
11	12,62	-1,43	12,92	5,00	1,21
12	12,62	-1,43	12,98	5,49	1,39
25	12,65	-1,17	12,96	5,35	1,39
32	12,62	-1,43	12,96	5,40	1,02
39	12,60	-1,56	12,95	5,29	1,43
46	12,48	-2,47	12,87	4,61	1,36
55	12,60	-1,56	13,04	6,03	1,27
63	12,63	-1,30	13,03	5,96	1,32
Promedio	12,62	-1,55	12,87	5,19	1,28

b) sardina

Nº de días	LT (prom)	Variación (%)	Peso (prom)	Variación (%)	Desvest
0	12,40	-	14,69	-	-
5	12,17	-1,88	15,09	2,74	1,75
11	12,15	-2,02	15,28	4,04	1,43
12	12,13	-2,15	15,28	3,98	1,42
25	12,28	-0,94	15,35	4,49	1,56
32	12,27	-1,08	15,30	4,17	1,49
39	12,25	-1,21	15,34	4,39	1,51
46	12,12	-2,28	15,10	2,80	1,57
55	12,24	-1,26	15,30	4,18	1,48
63	12,27	-1,08	15,34	4,40	1,68
Promedio	12,23	-1,54	15,21	3,91	1,54

Tabla E2 : Efecto de la formalina sin sales en la longitud promedio y en el peso promedio de anchoveta (a) y en sardina (b)

a) anchoveta

Dias	LT (Prom)	Variación (%)	Peso (prom)	Variación (%)	Desvest
0	12,53	-	11,11	-	-
5	12,22	-2,53	10,68	-3,86	1,23
11	12,20	-2,66	10,87	-2,16	1,14
12	12,20	-2,66	10,76	-3,13	1,75
25	12,23	-2,39	10,85	-2,28	2,46
32	12,23	-2,39	10,80	-2,80	2,70
39	12,20	-2,66	10,79	-2,84	2,97
46	12,17	-2,93	10,71	-3,58	2,12
55	12,18	-2,79	10,90	-1,88	2,07
0	12,25	-2,26	10,89	-1,98	2,62
Promedio	12,24	-2,59	10,84	-2,72	2,12

b) sardina

Dias	LT (Prom)	Variación (%)	Peso (prom)	Variación (%)	Desvest
0	11,9	-	12,87	-	-
5	11,42	-4,06	12,53	-2,58	4,91
11	11,68	-1,82	12,78	-0,68	5,09
12	11,65	-2,10	12,62	-1,94	4,92
25	11,70	-1,68	12,76	-0,85	4,97
32	11,68	-1,82	12,44	-3,34	8,33
39	11,70	-1,68	12,77	-0,78	5,00
46	11,62	-2,38	12,59	-2,11	4,99
55	11,68	-1,82	12,82	-0,39	5,19
63	11,70	-1,68	12,69	-1,37	4,99
Promedio	11,67	-2,12	12,69	-1,56	5,38

## 12.6 Anexo F: Determinación del área de desove

### Area de estudio

El área de estudio se corresponde con el área de crucero y fue determinada como el área efectiva representada por los contornos de la totalidad de estaciones efectuadas y fue parcializada para cada uno de los sectores del estudio. Entre transectas, no se efectuó ningún tipo de interpolación, de tal forma que el área total corresponde a la suma de las subáreas elementales que representan cada una de las estaciones de muestreo.

En el sector norte la separación entre transectas fue predominantemente de 10 mn, mientras que en los sectores centro y sur se dispusieron transectos separados cada 5 mn. Esto significa que la distancia de influencia entre estaciones de transectos adyacentes correspondió a 5 mn en ambas direcciones para el sector norte y de 2,5 mn para los sectores centro y sur. En el caso de la Bahía de Concepción, la separación fue de 2 mn, lo que implica una distancia de influencia de 1 mn en ambas direcciones del eje norte-sur.

A fin de corregir el efecto del cambio en distancia a la cual se separan dos puntos de un mismo transecto a diferentes latitudes ( $LONG_c$ ), la posición longitudinal de cada punto ( $LONG_o$ ) fue corregida por medio del coseno de la latitud ( $LAT$ ) en ese punto y multiplicada por la longitud en ese punto.

$$LONG_c = LONG_o \cdot \cos(LAT)$$

Si bien a lo largo de los transectos se dispuso una separación sistemática de las estaciones de 2 mn, separaciones entre estaciones no equidistante fueron determinadas a partir de los siguientes 2 criterios:

- a) Para estaciones iniciales y terminales de un transecto, se determinó la distancia que las separaba con respecto a sus estaciones contiguas y ésta fue utilizada como la extensión longitudinal de dichas estaciones.
- b) Para estaciones interiores de un transecto, se determinó la distancia de separación con sus estaciones vecinas a ambos lados del transecto y la distancia total fue dividida por 2.

El área total del crucero fue de 27.835,5 km<sup>2</sup> (=8.115,5 mn<sup>2</sup>). Mientras los sectores norte y centro representaron áreas de cobertura similar, en el sector sur se cubrió la máxima extensión con 12.468,2 km<sup>2</sup>.

## Area de Desove

El área de desove fue delimitada a partir de la cuantificación de las subáreas que representan las estaciones positivas con presencia de huevos de la especie objetivo de cada estimación.

El criterio para determinar el área de desove y considerando que no se dispone de antecedentes previos que permitan o justifiquen extrapolaciones desde los bordes de las estaciones positivas, se basó en considerar el área mínima de desove.

Esto implica que sobre la base de la distribución de estaciones con presencia de huevos de una especie en particular, se estima el área de cobertura del desove.

De existir al interior de un transecto estaciones negativas, circundadas por estaciones positivas, éstas serán consideradas como ceros locales y por ende contribuirán a la estimación del área total de desove toda vez que no se registren más de 3 estaciones negativas contiguas. Este criterio fue también aplicado en el eje norte-sur o entre transectos adyacentes.

El siguiente esquema explica este concepto (la zona achurada corresponde al área de desove estimada, ● = valores positivos, ○ = valores cero):

○	○	○	○	○	○	●
	○	●	●	●	●	●
○	●	○	○	●	●	●
●	○	○	○	●	●	●
○	●	●	●	●	○	○
○	○	●	●	○		

El área total de desove estimada para la anchoveta es de 7.289,6 km<sup>2</sup> (**Tabla F1**), lo que representa una cobertura espacial del desove respecto del área del cruce de 26,2%. Esto es, en un 26,2% del área de estudio distribuída ente la V y X Regiones, se verificó el proceso de desove en la anchoveta. En relación al área de estudio existente en cada sector, el proceso de desove representó los mayores porcentajes de cobertura espacial en los sectores centro y sur, con un 30,6% y 36,5% de cobertura, respectivamente.

Tabla F1. Area de crucero y áreas de desove estimadas para anchoveta

Sector	Area Crucero (km <sup>2</sup> )	Area de Desove Anchoveta (km <sup>2</sup> )	Porcentaje de Cobertura
Norte	7.431,0	329,8	4,4%
Centro	7.814,8	2.391,1	30,6%
Sur	12.468,2	4.553,0	36,5%
Bahía Concepción	121,5	15,7	12,9%
<b>Total</b>	<b>27.835,5</b>	<b>7.289,6</b>	<b>26,2%</b>

En el caso de la sardina común, el área total de desove representó un 15,3% del área de estudio, con una cobertura total de este recurso de 4.262,8 km<sup>2</sup> (**Tabla F2**). La mayor extensión del área de desove se observó en el sector sur, con una cobertura del desove igual a 3.487,0 km<sup>2</sup> la que representa un porcentaje de 28,0% con respecto al área de estudio dispuesta en este sector. Si bien, en la Bahía de Concepción la cobertura porcentual fue mayor (32,0%), el área que este sector representa respecto a los otros sectores es de menor contribución al proceso total de desove.

Tabla F2. Area de crucero y áreas de desove estimadas para sardina común

Sector	Area Crucero (km <sup>2</sup> )	Area de Desove sardina común (km <sup>2</sup> )	Porcentaje de Cobertura
Norte	7.431,0	0,0	0,0%
Centro	7.814,8	737,0	9,4%
Sur	12.468,2	3.487,0	28,0%
Bahía Concepción	121,5	38,8	32,0%
<b>Total</b>	<b>27.835,5</b>	<b>4262,8</b>	<b>15,3%</b>