



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y OCEANOGRAFICAS  
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA**

**INFORME FINAL**

**PROYECTO DEL FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA  
FIP N° 2007-25**

**IDENTIFICACION DE INDICADORES DE DINAMICA  
POBLACIONAL Y DINAMICA DE LA FLOTA QUE  
OPERA SOBRE SARDINA COMUN Y ANCHOVETA  
ENTRE LA IX Y X REGION**

**DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION**



**Departamento de Oceanografía  
Universidad de Concepción**

**PROYECTO**

FIP N° 2007-25

Identificación de indicadores de dinámica poblacional y dinámica de la flota que opera sobre sardina común y anchoveta entre la IX y X Región

**REQUIRENTE**

Fondo de Investigación Pesquera  
Consejo de Investigación Pesquera

**UNIDAD EJECUTORA**

Departamento de Oceanografía  
Universidad de Concepción

**SUBCONTRATO**

Departamento de Pesquerías  
Instituto de Investigación Pesquera Octava Región

**JEFE PROYECTO**

MSc. Luis Cubillos Santander  
Departamento de Oceanografía  
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas  
Universidad de Concepción  
Casilla 160-C, Concepción, Chile  
Tel.: 56-41-2207233  
Fax: 56-41-2256571  
E-mail: [lucubillos@udec.cl](mailto:lucubillos@udec.cl)

• 2009 •





**Informe Final**  
**Identificación de Indicadores de Dinámica**  
**Poblacional y Dinámica de la Flota que Opera**  
**sobre Sardina común y Anchoqueta entre la IX y X**  
**Región**

**AUTORES**

Luis Cubillos  
Milton Pedraza  
Claudio Gatica  
Carlos González  
Patricia Ruiz  
José Giacaman  
Marcos Arteaga

• 2009 •

**Departamento de Oceanografía**  
**Universidad de Concepción**



## 1 Personal participante

PERSONAL	FUNCIÓN
<b>Profesional</b>	
Luis Cubillos S.	Jefe Proyecto.
Milton Pedraza G.	Análisis integrado. Flota artesanal, estructura de tallas artesanal
Gustavo Aedo U.	Análisis indicadores poblacionales. Modelo conceptual de dinámica poblacional.
Claudio Castillo J	Procesamiento de información. Análisis espacio-temporal de indicadores
Claudio Gatica M.	Análisis indicadores poblacionales, análisis integrado. Modelo conceptual de dinámica poblacional
Marcos Arteaga	Análisis espacio-temporal flota industrial. Revisión bibliográfica
Carlos González	Indicadores de dinámica de la flota industrial
José Giacaman	Análisis indicadores ecológicos. Revisión bibliográfica
Patricia Ruiz	Rendimientos de pesca, estructura de tallas flota industrial
<b>Colaboradores y técnicos</b>	
Eduardo Navarro	Análisis de indicadores ambientales.
María José Zúñiga	Revisión bases de datos, Revisión bibliográfica
Lorena Rozas V.	Muestreo biológico específico
Germán Vásquez	Muestreo biológico específico
Robinson R. Torres V.	Muestreo biológico específico



## 2 Resumen ejecutivo

Se analizó indicadores de dinámica poblacional de anchoveta y sardina común, considerando las fracciones que se distribuye tanto al norte de la Región del Bío-bío como frente al litoral de las Regiones de la Araucanía y de los Ríos, con el objeto de evaluar el impacto de la pesca y comprender la dinámica de las poblaciones.

Asimismo, se analizó la dinámica de la flota artesanal como industrial que opera sobre la sardina común y anchoveta. El objetivo es conocer la dinámica de la flota industrial y artesanal con el propósito de evaluar la intencionalidad de pesca actual y potencial sobre las poblaciones en la zona sur ( $38^{\circ}20'S-40^{\circ}S$ ), incluyendo aguas interiores.

El análisis de los indicadores en su conjunto revela patrones espacio-temporales persistentes, los que se resumen en: a) mayor abundancia numérica de ambas especies al norte de la Isla Mocha, la que está sustentada básicamente por ejemplares de pequeño tamaño que han reclutado recién; y b) la abundancia que se distribuye al sur de la Isla Mocha está sustentada en ejemplares adultos. En esta última zona, las capturas son bajas y menor al 10% de la biomasa en los años 2006 y 2007. A su vez, los parámetros de historia de vida representados por los parámetros de crecimiento en longitud, la talla media de madurez sexual, y la tasa de mortalidad natural de la fracción que se distribuye al sur de la Isla Mocha, revela valores similares a los conocidos para ambas especies en estudios previos. No obstante, la época de desove y los patrones de maduración son diferentes ya que se detectó una asincronía espacial en la expresión del índice gonadosomático y proporción de hembras maduras. Al sur de la Isla Mocha, el desove tiende a ocurrir con un máximo en octubre, y tiene una menor cobertura temporal.

La dinámica de la flota artesanal muestra una mayor intencionalidad de pesca durante el primer semestre del año, con rendimientos similares. La flota industrial, por su parte, presenta una dinámica que se caracteriza por el acceso a zonas de pesca que se conforman a lo largo de toda la costa en la unidad de pesquería; esto es, entre San Antonio y Punta Galera ( $40^{\circ}S$ ). Sin embargo, durante el segundo semestre (septiembre a diciembre), la flota opera en la zona sur y sobre la fracción adulta de sardina común y anchoveta. La pesca ocurre preferentemente de día ( $> 70\%$ ), sobre cardúmenes que se localizan preferentemente entre 10 y 50 m de profundidad, y que presentan rumbo sur-oeste en el primer semestre, y suroeste y noroeste durante el segundo semestre.

Se encontró que el esfuerzo de pesca está afectando negativa y débilmente a la abundancia (y biomasa) de adultos de ambas especies en conjunto, un año después en la zona sur. El esfuerzo de pesca, medido como viajes con pesca estándar, se correlacionó significativamente con la razón captura:biomasa ponderada de ambas especies. Asimismo, el esfuerzo de pesca no tiene impacto sobre los índices de abundancia y biomasa de ambas especies en la zona norte (V-VIII Región), lo que se debe a que estos índices están representando la variabilidad del reclutamiento. Una explicación a esta variabilidad debe buscarse en términos de los factores y procesos que modulan la sobrevivencia de huevos, larvas y juveniles durante la fase prerrecluta. De esta manera, y en el contexto de la evaluación de stock, la biomasa (y abundancia) evaluada acústicamente en enero entre la V y VIII Región debería ser utilizada como índice de reclutamiento, mientras que la biomasa (y abundancia) evaluada acústicamente al sur de la Isla Mocha debe ser utilizada como un índice de adultos. Así, sobre la base de un solo crucero se tiene la variabilidad de dos componentes y procesos diferentes que están afectando a la dinámica de la población.

En términos de la dinámica espacio-temporal de la flota artesanal se identifica un desbalance espacial, con mayor número de embarcaciones y viajes de pesca en la VIII Región. La flota industrial orienta su esfuerzo de pesca en zonas de pesca preferentemente frente a Corral y Puerto Saavedra, y alrededores de la Isla Mocha, como también al norte de Talcahuano (35°S-36°S) y sur de San Antonio.

El análisis de los principales indicadores, tal como la abundancia y biomasa evaluada en los cruceros acústicos en enero de cada año, los patrones de desove (agosto-septiembre), y los parámetros de historia de vida permiten identificar para ambas especies una sola unidad poblacional espacialmente heterogénea en términos del área donde ocurre el reclutamiento. Se propone la siguiente dinámica espacio-temporal: a) El sistema de bahías de la zona centro-sur al norte del Golfo de Arauco (37°10'S) constituyen áreas de crianza, donde prerreclutas y reclutas menores a seis meses de edad crecen y se desarrollan. Esto es, durante una ventana temporal que va entre el desove y el reclutamiento (Julio a Diciembre). Estacionalmente entre octubre y diciembre, ocurriría una conectividad o migración activa ayudada por flujos costeros de corrientes en chorro, lo que determina un reclutamiento al norte de Golfo de Arauco; b) en enero, los ejemplares han reclutado con una talla promedio de entre 6 y 7 cm, principalmente al norte del Golfo de Arauco. En esta época, enero-marzo, los adultos (> 11 cm, y de más de un año de edad), tienden a distribuirse preferentemente hacia el norte (Carranza, desembocadura del Itata) y preferentemente al sur de los 38°20'S (sur de la Isla Mocha a Corral); c) entre abril y junio, los juveniles originados durante el desove del año anterior comienzan a ser pre-adultos y los adultos comienzan una migración activa para congregarse en agregaciones pre-reproductivas; d) durante la transición invierno-primavera (julio-septiembre), la fracción adulta ingresaría a la región más costera (sistemas de bahías)

para reproducirse, particularmente porque el área de crianza pasaría a constituirse en un área de desove; e) bajo este esquema conceptual, el desarrollo de los individuos juveniles que han sido capaces de sobrevivir en las zonas protegidas, al crecer y alcanzar la madurez al término del primer año de vida, cerrarían el ciclo de vida en la época invernal (primer desove). A su vez, al ser más abundantes que los peces más viejos, contribuirían al desove en las zonas costeras donde fueron criados, transformando la zona de crianza en una zona de desove (particularmente entre Constitución y el Golfo de Arauco); f) posteriormente, los individuos que han desovado por primera vez abandonarían las zonas protegidas para distribuirse hacia el norte y sur. En el sector sur, comprendido entre la Isla Mocha y Corral (38°20'S-40°S), los individuos de mayor tamaño localizados en esta área eventualmente podrían desarrollar una migración hacia el norte y hacia la costa, para desovar en las áreas de desove durante la época de desove (“homing behavior”).



### 3 Índice general

<b>1</b>	<b>PERSONAL PARTICIPANTE.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>INDICE GENERAL.....</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>INDICE DE TABLAS, FIGURAS Y ANEXOS .....</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>19</b>
	7.1.1. <i>Presentación del proyecto.....</i>	<i>21</i>
	7.2. INDICADORES .....	21
<b>8</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>25</b>
	8.1. AREA Y PERIODO DE ESTUDIO.....	25
	8.2. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS .....	26
	8.2.1. <i>Objetivo 1: Indicadores poblacionales .....</i>	<i>26</i>
	8.2.2. <i>Objetivo 2: Indicadores de la actividad pesquera .....</i>	<i>41</i>
	8.2.3. <i>Objetivo 3: Análisis integrado y modelo de dinámica poblacional.....</i>	<i>49</i>
<b>9</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>53</b>
	9.1. INDICADORES POBLACIONALES .....	53
	9.1.1. <i>Indicadores que miden el impacto de la pesca .....</i>	<i>53</i>
	9.1.2. <i>Indicadores para comprender procesos de dinámica poblacional.....</i>	<i>61</i>
	9.1.3. <i>Indicadores ecológicos.....</i>	<i>72</i>
	9.1.4. <i>Indicadores ambientales .....</i>	<i>74</i>
	9.1.5. <i>Evaluación del desempeño de los indicadores para evaluar el impacto de la pesca</i> <i>80</i>	
	9.2. INDICADORES DE LA ACTIVIDAD PESQUERA.....	87
	9.2.1. <i>Indicadores técnico-operacionales .....</i>	<i>87</i>
	9.3. ANÁLISIS INTEGRADO Y MODELO DE DINÁMICA POBLACIONAL .....	123
<b>10</b>	<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>128</b>
<b>11</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>132</b>
<b>12</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>134</b>
<b>13</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>141</b>
	13.1. ANEXO 1: BITACORAS DE PESCA .....	141
	13.2. ANEXO 2: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA FLOTA .....	145
	13.2.1. <i>Características de la flota artesanal.....</i>	<i>145</i>
	13.2.2. <i>Características de la flota industrial .....</i>	<i>145</i>
	13.3. ANEXO 3: TALLER DE DISCUSIÓN .....	149

13.4.	ANEXO 4: PARÁMETROS DE LA RELACIÓN LONGITUD-PESO DE ANCHOVETA Y SARDINA COMÚN (FUENTE FIP 2006-13).....	150
13.5.	ANEXO 5: RESUMEN DE LOS MANUSCRITOS EN PREPARACIÓN .....	151
<b>14</b>	<b>BASE DE DATOS .....</b>	<b>153</b>
<b>15</b>	<b>HORAS HOMBRE DEL EQUIPO DE TRABAJO.....</b>	<b>155</b>

#### 4 Índice de tablas, figuras y anexos

Tablas		Pág.
<b>Tabla 1.</b>	Indicadores para medir el impacto de la pesca sobre anchoveta y sardina común en el área de estudio.	28
<b>Tabla 2.</b>	Indicadores de atributos y procesos poblacionales.	29
<b>Tabla 3.</b>	Fuentes de información utilizada para estimar indicadores poblacionales y sus puntos de referencia para evaluar el impacto de la pesca.	33
<b>Tabla 4.</b>	Cruceros de evaluación acústica y del stock desovante de sardina común y anchoveta (Fuente: Fondo de Investigación Pesquera y Banco Integrado de Proyectos).	34
<b>Tabla 5.</b>	Evaluación del desempeño de los indicadores del impacto de la pesca sobre las poblaciones de anchoveta y sardina común en el área de estudio.	36
<b>Tabla 6.</b>	Zonas estadísticas de captura de la zona centro-sur de Chile (Fuente: SERNAP).	43
<b>Tabla 7.</b>	Abundancia (millones de ejemplares) en el stock de sardina común y anchoveta, la que ha sido evaluada en los cruceros acústicos de reclutamiento. Norte, se refiere a la zona comprendida entre la V y VIII Región, y Sur a la zona comprendida entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera (38°28'S-40°S).	54
<b>Tabla 8.</b>	Biomasa (toneladas) en el stock de sardina común y anchoveta, la que ha sido evaluada en los cruceros acústicos de reclutamiento. Norte, se refiere a la zona comprendida entre la V y VIII Región, y Sur a la zona comprendida entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera (38°28'S-40°S).	56
<b>Tabla 9.</b>	Captura (toneladas) de sardina común y anchoveta por la flota artesanal e industrial. Norte, se refiere a la zona comprendida entre la V y VIII Región, y Sur a la zona comprendida entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera (38°28'S-40°S).	59
<b>Tabla 10.</b>	Número de ejemplares, longitud promedio (L), desviación estándar (DS), y fracción juvenil (P) en sardina común y anchoveta, año 2007 (Fuente: FIP 2006-13).	62
<b>Tabla 11.</b>	Estimación de la talla media de madurez sexual ( $L_m$ ) para la fracción de la población que se distribuye entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera (38°20'S-40°S). Los parámetros de la función logística ( $a$ y $b$ ) fueron estimados mediante GLM, familia binomial y enlace logit. El error estándar de los parámetros se muestra entre paréntesis. El asterisco indica la significancia de los parámetros, i.e. $\Pr(> z ) < 0,05$ .	63
<b>Tabla 12</b>	Principales estadísticos de los 3000 valores de mortalidad natural obtenidos de cada modelo empírico de estimación para anchoveta y sardina común por Cubillos et al. (1998).	64
<b>Tabla 13.</b>	Parámetros de crecimiento de sardina común, estimados mediante modelo no-lineal mixto.	69

<b>Tablas</b>		<b>Pág.</b>
<b>Tabla 14.</b>	Parámetros de crecimiento de anchoveta, estimados mediante modelo no-lineal mixto.	69
<b>Tabla 15.</b>	Resumen del desempeño de los modelos GAM para explicar el ciclo estacional de los indicadores reproductivos, utilizando el mes como variable independiente.	71
<b>Tabla 16.</b>	Estimaciones de la tasa de ingestión, tasa de evacuación gástrica y ración diaria de la anchoveta en el stock Norte-Centro de Perú (4°S-14°S).	73
<b>Tabla 17.</b>	Estimaciones de la razón consumo/biomasa (Q/B) disponibles para sardina común y anchoveta de la zona central de Chile.	74
<b>Tabla 18.</b>	Porcentaje de captura mensual del total registrado en el 2007 (Fuente: SERNAP).	90
<b>Tabla 19.</b>	Composición de la flota industrial por estrato de capacidad de bodega (m <sup>3</sup> ) que operó sobre sardina común y anchoveta.	94
<b>Tabla 20.</b>	Desembarque mensual, flota industrial zona centro-sur, año 2007 (Fuente: Inpesca).	95
<b>Tabla 21.</b>	Capturas flota industrial (%) fraccionada por zonas de pesca y por mes, zona centro-sur, año 2007.	96
<b>Tabla 22.</b>	Esfuerzo de pesca medido como viajes con pesca (VCP) y días fuera de puerto acumulado por mes (DFPTO), por zona de pesca.	99
<b>Tabla 23.</b>	Capturas por unidad de esfuerzo por zona de pesca de la flota industrial, año 2007 y primer semestre de 2008.	101
<b>Tabla 24.</b>	Parámetros de la distribución de frecuencia de tallas de anchoveta y sardina común, flota industrial en la zona centro-sur, año 2007.	102
<b>Tabla 25.</b>	Parámetros de la distribución de frecuencia de tallas de anchoveta y sardina común, flota Industrial centro-sur, y primer semestre de 2008.	105
<b>Tabla 26.</b>	Resumen de los principales parámetros registrados en las áreas de pesca mensuales de sardina común y anchoveta, desarrolladas durante el año 2007.	113
<b>Tabla 27.</b>	Resumen de los principales parámetros registrados en las áreas de pesca mensuales de sardina común y anchoveta, desarrolladas durante el año 2008.	121
 <b>Figuras</b>		 <b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b>	Área principal de actividad en la pesquería de sardina común y anchoveta.	26
<b>Figura 2</b>	Zonas estadísticas de captura (Fuente SERNAP).	43
<b>Figura 3</b>	Cambios interanuales en la abundancia (millones de ejemplares) de sardina común y anchoveta. La zona norte se refiere al litoral de la V a VIII Región, y la zona sur a la región comprendida entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera (38°28'S-40°S).	55
<b>Figura 4</b>	Cambios interanuales en la biomasa (toneladas) de sardina común y anchoveta. La zona norte se refiere al litoral de la V a VIII Región, y la zona sur a la región comprendida entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera (38°28'S-40°S).	56
<b>Figura 5</b>	Cambios interanuales en la longitud promedio ( $L_{pop}$ , cm) de sardina común y anchoveta. La zona norte se refiere al litoral de la V a VIII Región, y la zona sur a la región comprendida entre el sur Isla Mocha y Punta Galera (38°28'S-40°S).	57
<b>Figura 6</b>	Cambios interanuales en la fracción juvenil ( $P_{j, pop}$ ) de sardina común y anchoveta. La zona norte se refiere al litoral de la V a VIII Región, y la zona sur a la región comprendida entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera (38°28'S-40°S).	58
<b>Figura 7</b>	Cambios interanuales en la captura (toneladas) de sardina común y anchoveta. La zona norte se refiere al litoral de la V a VIII Región, y la zona sur a la región comprendida entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera (38°28'S-40°S).	59
<b>Figura 8</b>	Cambios interanuales en la razón captura/biomasa de sardina común y	60

<b>Figuras</b>		<b>Pág.</b>
	anchoveta. La zona norte se refiere al litoral de la V a VIII Región, y la zona sur a la región comprendida entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera (38°28'S-40°S).	
<b>Figura 9</b>	Cambios interanuales en la razón captura/biomasa global de ambas especies. La zona norte se refiere al litoral de la V a VIII Región, y la zona sur a la región comprendida entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera (38°28'S-40°S).	61
<b>Figura 10</b>	Talla media de madurez sexual de sardina y anchoveta en la zona sur, comprendida entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera (38°20'S-40°S).	63
<b>Figura 11</b>	Estructura de tallas de sardina común en las capturas registradas durante el 2007 en las zonas norte y sur (Fuente: FIP 2006-13).	65
<b>Figura 12</b>	Estructura de tallas de anchoveta en las capturas registradas durante el 2007 en las zonas norte y sur (Fuente: FIP 2006-13).	66
<b>Figura 13</b>	Longitud media y desviación estándar de cada grupo normal identificado con MIX en los datos de frecuencia de tallas mensuales de sardina común durante el 2007.	67
<b>Figura 14</b>	Longitud media y desviación estándar de cada grupo normal identificado con MIX en los datos de frecuencia de tallas mensuales de anchoveta durante el 2007.	67
<b>Figura 15</b>	Curva de crecimiento de Von Bertalanffy obtenida para la sardina común, año 2007.	68
<b>Figura 16</b>	Curva de crecimiento de Von Bertalanffy obtenida para la anchoveta, año 2007.	70
<b>Figura 17</b>	Estacionalidad del IGS, Factor de Condición y Proporción de hembras maduras de anchoveta y sardina común, año 2007 (Fuente datos: FIP 2006-13).	72
<b>Figura 18</b>	Series de tiempo de anomalías de la temperatura superficial del mar (34°-35°S, 35°-36°S y 36°-37°S).	76
<b>Figura 19</b>	Series de tiempo de anomalía de la temperatura superficial del mar (37°-38°S, 38°-39°S y 39°-40°S).	76
<b>Figura 20</b>	Series de tiempo de anomalía de la temperatura superficial del mar (34°-37°S y 37°-40°S).	77
<b>Figura 21</b>	Series de tiempo de transporte de Ekman (34°-35°S, 35°-36°S y 36°-37°S).	78
<b>Figura 22</b>	Series de tiempo de transporte de Ekman (37°-38°S, 38°-39°S y 39°-40°S).	78
<b>Figura 23</b>	Series de tiempo de transporte de Ekman (34°-37°S y 37°-40°S).	79
<b>Figura 24</b>	Series de tiempo de esfuerzo del viento (34°-35°S, 35°-36°S y 36°-37°S).	79
<b>Figura 25</b>	Series de tiempo de esfuerzo del viento (37°-38°S, 38°-39°S y 39°-40°S).	80
<b>Figura 26</b>	Series de tiempo de esfuerzo del viento (34°-37°S y 37°-40°S).	80
<b>Figura 27</b>	Esfuerzo de pesca estándar medido en viajes con pesca (arriba), y captura por unidad de esfuerzo promedio anual de sardina común y anchoveta (abajo), zona centro-sur (1990-junio de 2008).	81
<b>Figura 28</b>	Relación entre la biomasa de sardina común (cruceros de evaluación acústica) y la CPUE promedio de sardina común y anchoveta (2000 -2008).	82
<b>Figura 29</b>	Relación entre la abundancia conjunta de sardina común y anchoveta (cruceros de evaluación acústica) y el esfuerzo de pesca ejercido el año anterior. Los números indican años.	83
<b>Figura 30</b>	Relación entre la biomasa conjunta de sardina común y anchoveta (cruceros de evaluación acústica) y el esfuerzo de pesca ejercido el año anterior. Los números indican años.	84
<b>Figura 31</b>	Cambios en la longitud promedio de sardina y anchoveta en la fracción de la población que se distribuye desde el sur de la Isla Mocha hasta Punta Galera (38°20'S-40°S).	85

<b>Figuras</b>		<b>Pág.</b>
<b>Figura 32</b>	Razón captura:biomasa de sardina y anchoveta en la zona sur.	86
<b>Figura 33</b>	Razón captura:biomasa de sardina y anchoveta total y su relación con el esfuerzo de pesca estándar (2000-2007).	86
<b>Figura 34</b>	Distribución de la flota artesanal de cerco con actividad durante el año 2007	88
<b>Figura 35</b>	Dimensión de Eslora, Manga y Puntal en las embarcaciones artesanales participantes en la pesquería de sardina y anchoveta durante el año 2007. Zona Norte (VIII región) y Zona Sur (XIV región)	89
<b>Figura 36</b>	Desembarque de la flota artesanal en la zona centro-sur de Chile, año2007 (Fuente: SERNAP).	89
<b>Figura 37</b>	Desembarque artesanal de sardina y anchoveta en el año 2007 (Fuente: SERNAP).	90
<b>Figura 38</b>	Fracción de los viajes de pesca realizados durante la temporada extractiva 2007. A) Zona norte, y B) Zona sur.	91
<b>Figura 39</b>	Captura por unidad de esfuerzo (cpue), donde la medida de esfuerzo se centro en viajes con pesca mensuales.	92
<b>Figura 40</b>	Distribución de los laces de pesca artesanales registrados en la zona norte durante el año 2007.	93
<b>Figura 41</b>	Distribución de los laces de pesca artesanal registrados en la zona sur durante el año 2007.	94
<b>Figura 42</b>	Número de viajes con pesca realizados por la flota industrial zona centro-sur, año 2007 y primer semestre de 2008.	97
<b>Figura 43</b>	Días fuera de puerto (DFPTO), estimados como: a) promedio mensual y b) acumulado mensual. Flota industrial centro-sur, año 2007 y primer semestre de 2008.	98
<b>Figura 44</b>	Capturas por unidad de esfuerzo (CPUE), estimadas mediante dos medidas de esfuerzo: CPUE 1 (Capturas/ VCP) y CPUE 2 (Capturas/DFPTO).	100
<b>Figura 45</b>	Distribución de frecuencia de tallas de anchoveta (izquierda) y sardina común (derecha), zona centro sur, flota industrial año 2007.	102
<b>Figura 46</b>	Estructura de tallas de anchoveta y sardina común en la zona centro sur, separadas por sector, año 2007.	104
<b>Figura 47</b>	Distribución de frecuencia de tallas de anchoveta y sardina común, zona centro sur, Flota industrial año 2008.	105
<b>Figura 48</b>	Estructura de tallas de anchoveta y sardina común en la zona centro sur, separado por sector, año 2008.	106
<b>Figura 49</b>	Distribución espacial de los lances de pesca realizados por la flota de cerco de la Octava Región dedicada a la captura de sardina y anchoveta, durante el primer y segundo semestre del 2007.	107
<b>Figura 50</b>	Día virtual, en una escala mensual de los lances de pesca de sardina común y anchoveta, generado para los meses de mayor actividad pesquera de la flota industrial de cerco.	108
<b>Figura 51</b>	Proporción mensual de la distribución batimétrica de los cardúmenes de sardina común y Anchoveta, por estrato de profundidad, en una escala mensual, registrados antes de ser capturados en los lances de pesca de la flota industrial de cerco.	109
<b>Figura 52</b>	Rumbo mensual de los cardúmenes de sardina común y anchoveta, registrados antes de su captura por la flota industrial de cerco.	110
<b>Figura 53</b>	Frecuencia de capturas por lance de sardina común y anchoveta por estrato, registradas a partir de los lances de pesca realizados por la flota industrial de cerco.	111
<b>Figura 54</b>	Área de pesca industrial de sardina común y anchoveta, registrada durante el año	112

<b>Figuras</b>		<b>Pág.</b>
	2007.	
<b>Figura 55</b>	Rendimiento espacial (REAP = captura total zona de pesca / superficie total área de pesca) de pesca y rendimiento nominal (RNAP = captura total zona de pesca / capacidad de bodega total área de pesca) registrados en las áreas de pesca industrial de sardina común y anchoveta, desarrolladas durante el año 2007.	114
<b>Figura 56</b>	Distribución espacial de los lances de pesca realizados por la flota de cerco de la Octava Región dedicada a la captura de sardina común y anchoveta, durante el primer semestre del 2008.	115
<b>Figura 57</b>	Día virtual, en una escala mensual de los lances de pesca de sardina común y anchoveta, realizados por la flota industrial de cerco de la Octava Región durante el primer semestre de 2008.	116
<b>Figura 58</b>	Frecuencia mensual de la distribución batimétrica de los cardúmenes de sardina común y Anchoveta, capturados en los lances de pesca por la flota industrial de cerco de la Octava Región, durante el primer semestre del 2008.	117
<b>Figura 59</b>	Rumbo mensual de los cardúmenes de sardina común y anchoveta, registrados antes de su captura por la flota industrial de cerco.	118
<b>Figura 60</b>	Captura mensual de sardina común y anchoveta por estrato, registradas a partir de los lances de pesca realizados por la flota industrial de cerco.	119
<b>Figura 61</b>	Area de pesca industrial de sardina común y anchoveta, registrada durante el año 2008.	120
<b>Figura 62</b>	Rendimiento espacial (REAP = captura total zona de pesca / superficie total área de pesca) de pesca y rendimiento nominal (RNAP = captura total zona de pesca / capacidad de bodega total área de pesca) registrados en las áreas de pesca industrial de sardina común y anchoveta, desarrolladas durante el año 2008.	122
<b>Figura 63</b>	Distribución de la abundancia huevos de sardina común (huevos por 0,05 m <sup>2</sup> ) en la zona centro-sur de Chile (Fuente: FIP 2007-06).	125
<b>Figura 64</b>	Distribución de la abundancia huevos de anchoveta (huevos por 0,05 m <sup>2</sup> ) en la zona centro-sur de Chile (Fuente: FIP 2007-06).	126
<b>Figura 65</b>	Esquema temporal de la distribución de reclutas, adultos en diferentes estados de madurez, y probables zonas de prerreclutas. Las flechas indican probables grados de conectividad asociados con natación activa y ayudada por corrientes.	129
<b>Figura 66</b>	Diagrama del desarrollo de la pesquería de sardina común y anchoveta en la zona centro-sur; Procesos de feedback en la determinación de los indicadores seleccionados.	133
<b>Anexos</b>		<b>Pág.</b>
<b>Anexo 1</b>	Bitácoras de Pesca	141
<b>Anexo 2</b>	Características físicas de la flota	145
<b>Anexo 3</b>	Taller de discusión	146
<b>Anexo 4</b>	Parámetros de la relación longitud-peso de anchoveta y sardina común (Fuente FIP 2006-13).	147

## 5 Objetivo general

Identificar y establecer indicadores de la dinámica poblacional y de la flota pesquera que opera sobre sardina común y anchoveta en la IX y X Regiones.

## 6 Objetivos específicos

6.1. Identificar indicadores de la dinámica poblacional de sardina común y anchoveta en el área de estudio, orientados a la evaluación y manejo de ambos recursos.

6.2. Conocer la dinámica espacio-temporal de la flota pesquera que opera sobre sardina común y anchoveta en el área de estudio, sobre la base de indicadores operacionales.

6.3. Realizar un análisis integrado de los indicadores sobre la base de una propuesta de modelo de dinámica poblacional, con aplicación para la evaluación de stock y manejo de la pesquería.

## 7 Antecedentes

La sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) son peces pelágicos pequeños de gran importancia pesquera para una flota industrial y otra artesanal de cerco que opera en la zona centro-sur de Chile, con Talcahuano y Corral como los principales centros de desembarque. Ambas especies se caracterizan por su fuerte distribución costera, 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 especies marcadamente influenciadas 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.* 1998a, Cubillos *et al.* 2001, Cubillos y Arcos 2002).

En la zona centro-sur, la pesquería se desarrolla estacionalmente con capturas fuertemente dependientes del pulso de reclutamiento anual, proceso que tiende a ocurrir entre noviembre y enero de cada año y representado por peces de cuatro a cinco meses de edad y longitud modal centrada entre los 6 y 7 cm de longitud total (Cubillos *et al.* 1998a, 2001).

La evaluación del reclutamiento anual de los stocks de anchoveta y sardina común se realiza desde 1999 mediante el método acústico (Castillo *et al.* 2000, 2001, 2002a, 2004), método que también fue aplicado en el 2001 para evaluar la biomasa del stock desovante (Castillo *et al.* 2002b). A su vez, el stock desovante ha sido evaluado a contar del 2002, extendiéndose hasta el 2007 (Cubillos *et al.* 2006, <http://www.fip.cl>). Por otra parte, la evaluación de stock de los pelágicos pequeños en la zona centro-sur de Chile, se basa en la aplicación de modelos de dinámica edad-estructurado (Gatica *et al.* 2007) y talla-estructurados (Cubillos *et al.* 2002), y estadísticos de captura a la edad por IFOP (Canales, com. pers.).

Actualmente la principal actividad operacional sobre ambos recursos se efectúa por parte de la flota artesanal, seguida de una actividad industrial que ha venido decayendo desde el año 2001, posiblemente debido a la aplicación de la Ley de Capturas Máximas por Armador, la cual generó un reordenamiento de la flota industrial llegando en la actualidad a operar con alrededor de 26 naves al año y excluyendo su operación al interior de las 5 millas náuticas de la costa. Por su parte la flota artesanal ha incrementado su participación de naves en operación, tanto en número como en tonelaje, tal es así, que durante el año 2006 se constató una participación operacional en esta actividad extractiva del 93% para embarcaciones artesanales y sólo un 7% para las naves industriales (Ruiz y Vargas 2007).

La mayor proporción de la captura de ambas especies se logra durante el primer semestre del año, lo que está asociado con la alta estacionalidad en la abundancia y disponibilidad del recurso (Cubillos *et al.* 2002). La unidad de pesquería de anchoveta y sardina común está siendo administrada a través del establecimiento de una cuota anual de captura, según el régimen de Límite Máximo de Captura por Armador para el sector industrial y según el Régimen Artesanal de Extracción en el caso del sector artesanal. Ambos recursos se encuentran declarados en plena explotación desde el año 2000 bajo la unidad de pesquería comprendida entre la V-X Regiones. Actualmente la pesquería de estos recursos se encuentran bajo un régimen de acceso cerrado para nuevos armadores industriales con vigencia de un año desde julio del 2006, según estipula el Decreto Exento N° 922/06, a su vez mediante Resolución N° 2126/06 queda suspendido temporalmente nuevas inscripciones en los registros artesanales categoría pescador artesanal en las unidades de pesquería de sardina común y anchoveta desde la V a la X Regiones. Otras medidas de regulación son el establecimiento de dos vedas biológicas, una asociada al proceso reproductivo y la otra al proceso de reclutamiento de ambas especies. La veda reproductiva fue establecida por el D.S. N° 115/98 desde el 21 de julio hasta el 31 de agosto. Sin embargo, en los años 2005 y 2006 la veda reproductiva se extendió hasta el 20 de septiembre (D.Ex. N° 1051, 31 Agosto 2005) en atención a que ciertos indicadores reproductivos macroscópicos señalaban una actividad de desove más prolongada o

bien retrasada. La veda de reclutamiento abarca desde el 10 diciembre hasta el 7 de febrero del año próximo (SUBPESCA 2006).

### **7.1.1. Presentación del proyecto**

Varios aspectos de carácter biológico-pesquero relevantes de la fracción poblacional de sardina común y anchoveta a la que accede tanto la flota industrial como artesanal entre la IX y X Región, no han sido muy bien documentados, estudiados y analizados. Tales aspectos dicen relación principalmente con los procesos de dinámica poblacional que determinan la abundancia de los recursos, y aquellos relativos a la operación de la flota que accede a ellos. Al considerar que en la explotación de estos peces pelágicos pequeños la distribución del esfuerzo de pesca muestra un fuerte desbalance espacial, con una mayor concentración de la flota artesanal en la Región del Bío-bío, existe la posibilidad de que los indicadores biológico-pesqueros provenientes de la IX y X Región no coincidan del todo con aquellos obtenidos en las zonas de pesca que se distribuyen al norte del Golfo de Arauco (37°10'S).

El presente proyecto propone determinar, analizar y establecer indicadores de carácter ecológico-poblacionales de la fracción de la población de sardina y anchoveta que se distribuye frente al litoral de la IX, XIV y X Región, así como de la dinámica de la flota que realiza explotación de estas especies en estas regiones. Los indicadores que se proponen tienen tres propósitos en este proyecto:

- a) evaluar el impacto de la pesca sobre las poblaciones en el área de estudio,
- b) comprender la dinámica de las poblaciones en términos espacio-temporales en sus atributos básicos de crecimiento y reproducción; y,
- c) evaluar la intencionalidad de pesca actual y potencial sobre las poblaciones en el área de estudio.

Una vez realizada la evaluación de los indicadores propuestos, se procederá al análisis integrado de su interpretación en el contexto de un modelo de dinámica poblacional general que incluirá la fracción de la población explotada al norte del Golfo de Arauco y en aguas interiores de la X Región.

## **7.2. Indicadores**

En la actualidad hay gran interés y énfasis en el uso de los indicadores relacionados con el ambiente y el manejo de los recursos naturales (Hauge *et al.* 2005), ya que permiten ilustrar el estado presente de los

recursos en relación al estado histórico, y evaluar señales tempranas de cambio en la dinámica de los stocks y reconocimiento de los factores que los afectan (Halliday *et al.* 2001). Link *et al.* (2002), sostienen que un desafío importante radica en el desarrollo de criterios de manejo, bases teóricas y su aceptación, ya que esto permitirá, a los manejadores de las pesquerías y a otros agentes involucrados, estar más informados del estado del ecosistema global y de las evaluaciones de las pesquerías, desde una perspectiva holística. Caddy (2004), señala que el uso de indicadores y puntos de referencia en los procedimientos de manejo y en el desempeño del sistema es esencial, ya que permite el seguimiento y control a través de pre-acuerdo entre los agentes involucrados en las reglas de decisión. En particular, cuando el sistema se aproxima a los límites. Si el umbral es excedido, el desafío es establecer reglas de control que permitan acciones de manejo particulares (Link 2005). De acuerdo con García *et al.* (2000), los indicadores son definidos como variables, referencias o índices de un fenómeno.

Generalmente se alcanza una buena cobertura a través de la selección de los componentes y atributos más representativos del ecosistema o unidad de pesquería, ya que los conocimientos y los recursos siempre pueden ser limitados para alcanzar una cobertura comprensiva de todos los procesos al interior del ecosistema (Shin *et al.* 2005). Por otro lado, cuando los atributos no pueden ser directamente cuantificados, los indicadores pueden actuar como “proxy” en esta labor (Fulton *et al.* 2004a,b).

En el ámbito del manejo pesquero, varios trabajos se han realizado con el propósito de establecer características deseables de los indicadores a ser seleccionados (García *et al.* 2000, ICES 2001, 2003; Rice 2003, Rice y Rochet 2005). Sin embargo, estos trabajos se han centrado generalmente en características del estado de los indicadores. Por ejemplo, García y Staples (2000) establecieron ciertas características “ideales” para indicadores en un rango ecológico, social y económico en términos de su alcance, importancia política, exactitud y precisión, validez científica, base consensual, fundamentación legal (formal), documentación adecuada, especificidad, multi-dimensionalidad, resolución geográfica y viabilidad técnica. Rice y Rochet (2005) propusieron características de indicadores para el manejo pesquero desde el punto de vista de su concreción, base teórica, conciencia pública, costos, medida, datos históricos, sensibilidad, y especificidad. Tales características ya están siendo asumidas en el ICES (2001, 2005).

De esta manera, la necesidad de desarrollar un acuerdo de indicadores para apoyar la toma de decisión en el manejo pesquero es prioritaria y reconocida (García y Staples 2000), el progreso en este sentido ha sido limitado debido a que los expertos que trabajan en esta problemática no han llegado a un consenso de cómo tales indicadores pueden ser utilizados en el manejo pesquero, es así como, actualmente se propone

que los indicadores pueden servir de guía para el manejo de las actividades de pesca que conducen, o son más probable de conducir a, impactos insostenibles en componentes del ecosistema y sus atributos (Jennings 2005).

Para aplicar una metodología basada en indicadores, se requiere identificar claramente los objetivos de manejo con el objeto de definir los indicadores y puntos de referencia bio-pesqueros, económica y social, tal que permitan hacer luego un seguimiento respecto al logro de los mismos. En el marco de la necesidad del desarrollo sostenible de la pesca, la FAO (1999) propone una serie de orientaciones sobre la forma en que se pueden elaborar y utilizar indicadores del desarrollo pesquero sostenible. Tales orientaciones tienen el propósito de estimular el uso de indicadores como un medio para construir un conocimiento compartido más sólido de lo que constituye el desarrollo en el contexto del sector pesquero y proporcionar una guía para la elaboración, utilización, evaluación y notificación de indicadores, teniendo en cuenta sus dimensiones ecológicas, económicas, sociales e institucionales. Asimismo, en el documento se describe cómo elaborar y utilizar un sistema de referencia del desarrollo sostenible como un enfoque coherente para seleccionar los indicadores, los puntos de referencia y el marco dentro del cual utilizarlos, así como las técnicas para su visualización, comunicación y notificación. En este contexto, la FAO define *objetivo*, como la finalidad que ha de alcanzarse dentro de los principios generales del desarrollo sostenible; *indicador*, como el valor cuantitativo o cualitativo, una variable, o un índice relacionado con un criterio, teniendo como finalidad el mejoramiento de la comunicación, transparencia, eficacia y rendición de cuentas en la ordenación de los recursos naturales. En tanto, *punto de referencia* es definido como aquél nivel que indica una situación concreta de un indicador de la pesca correspondiente a una situación considerada deseable o indeseable y que exige una acción inmediata.

Las orientaciones de la FAO son amplias y están basadas en el desarrollo sostenible, y podrían aplicarse a diferentes niveles, desde una pesquería individual hasta el ámbito mundial. No obstante, en el contexto de los Términos Básicos de Referencia del presente proyecto, lo que se está solicitando es considerar un conjunto de indicadores orientados a evaluar el impacto de la pesca e incrementar el conocimiento de la dinámica poblacional de sardina común y anchoveta centrado en el componente biológico-ecológico y de la actividad pesquera.

En el contexto del manejo pesquero, tanto monoespecífico como en aquel basado en el ecosistema, la necesidad de evaluar el impacto de la pesca se ha incrementado notablemente en los últimos años (Hall 1999, Rice 2000, Link 2005), y en particular para medir el impacto de la pesca sobre diferentes componentes del ecosistema. En este contexto, varios indicadores han sido propuestos para medir los

impactos directos como indirectos de la pesca (Rice 2000, Rochet y Trenkel 2003), en varios niveles desde poblaciones a ecosistemas (Caddy y Mahon 1995, García y Staples 2000). Sin embargo, varias de estas propuestas han estado basadas en consideraciones teóricas.

En este proyecto se pondrá énfasis en la comparación del desempeño de algunos indicadores poblacionales y de la actividad pesquera, seleccionados en función de la información disponible, y aplicados solamente a la fracción de la población de sardina y anchoveta que se distribuye frente al litoral de la IX y X Región (y actual Región de los Ríos, XIV). Aunque la disponibilidad de datos podría atentar en contra de la conformación de series de tiempo largas, el establecimiento de un sistema de diagnóstico basado en indicadores no puede esperar ya que la falta de información o de poner la información disponible en un contexto adecuado es un ejemplo típico de muchas situaciones a las que se ven enfrentados científicos y administradores de la pesquería.

La metodología general consistirá básicamente en aquella propuesta por Trenkel y Rochet (2003), y que consiste en determinar puntos de referencia que puedan ser blancos o límites que expresarán la hipótesis nula de un sistema afectado por la pesca. La medición cuantitativa del indicador se contrasta con la hipótesis nula para evaluar su desempeño, determinando si el indicador está por encima o por debajo del punto de referencia. Los indicadores y puntos de referencia que se establecerán están orientados a la detección de cambios que podrían ser causados por la pesca a nivel poblacional.

Se destaca que para varios indicadores no existen aspectos teóricos que permitan identificar niveles de referencia con los cuales contrastarlos, ni en términos del rango de valores aceptables (Rochet y Trenkel 2003). En este contexto, algunos de los indicadores pueden ser evaluados en su desempeño temporal, cuyos cambios en el tiempo podrían indicar el impacto de la pesca. Tales cambios, podrían correlacionarse con indicadores más directos de la pesca, por ejemplo: el esfuerzo de pesca versus la tasa de mortalidad por pesca.

El desarrollo de este proyecto conducirá a la determinación de indicadores biológico-pesqueros que estarán orientados a: i) medir el impacto de la pesca, iii) medir la intencionalidad de pesca de los usuarios; y iii) comprender la dinámica poblacional de ambas especies en toda la zona centro-sur de Chile. Se sugiere un esquema de trabajo que ponga énfasis en la conectividad entre las diferentes fracciones de la población en el área de la unidad de pesquería. Bajo este enfoque metodológico surgen los siguientes interrogantes:

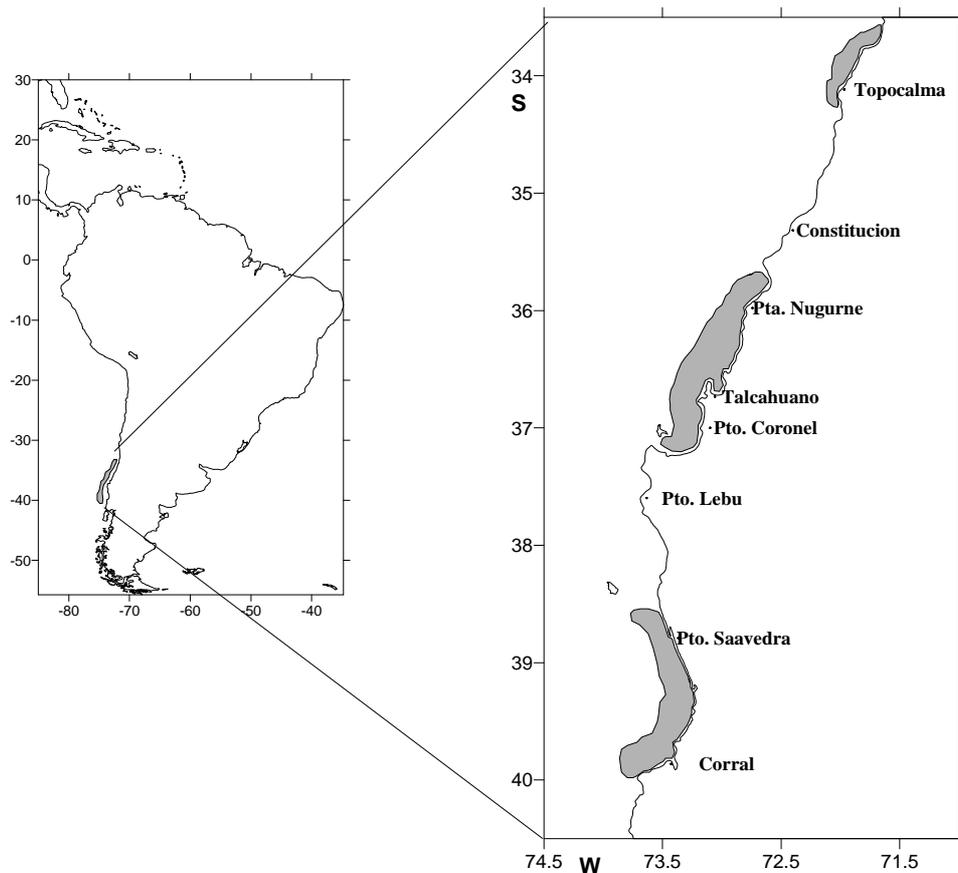
- a) ¿Qué indicadores poblacionales básicos, fácilmente medibles y comprensibles, permiten evaluar el impacto de la pesca?
- b) ¿Qué indicadores ecológico-poblacionales son necesarios para comprender la dinámica del recurso?
- c) ¿Cual es el diseño apropiado para el seguimiento de estos indicadores y que requerimientos técnicos deben ser aplicados en su obtención?
- d) ¿Es posible generar un esquema de dinámica poblacional que integre las unidades de pesquería, e incorpore los principales indicadores de dinámica en toda el área de distribución del recurso, y que a su vez estos posean interpretación biológica consistente y en parsimonia con la contribución de las diferentes fracciones poblacionales?

Con este enfoque de trabajo se podrán entregar resultados que permitan a las autoridades que administran estos recursos pesqueros, contar con indicadores poblacionales y de la pesquería en un contexto amplio y sustentado en un modelo de dinámica poblacional de estos peces pelágicos pequeños.

## **8 Metodología**

### **8.1. Area y periodo de estudio**

El área de estudio cubrirá principalmente la IX y X regiones, incluyendo las aguas interiores de la X y el litoral frente a la actual Región de los Ríos (XIV). Sin embargo, y de acuerdo a los términos básicos de referencia, se debe tener en cuenta toda el área de operación de las flotas (artesanal e industrial) que operan sobre los recursos sardina común y anchoveta; es decir, debe integrarse a la problemática de estudio la zona de mayores capturas de esta especie, que se concentra al norte del Golfo de Arauco y principalmente frente al litoral de la VIII región (**Figura 1**).



**Figura 1.** Área principal de actividad en la pesquería de sardina común y anchoveta.

## 8.2. Metodología por objetivos

### 8.2.1. Objetivo 1: Indicadores poblacionales

#### *Revisión bibliográfica*

Se realizó una revisión bibliográfica de indicadores de dinámica poblacional, que ha permitido visualizar posibles esquemas de utilidad para la comprensión de aspectos de dinámica de sardina común y anchoveta, así como para establecer el diseño más adecuado para el seguimiento de los indicadores, y la elaboración de un sistema de diagnóstico.

La búsqueda de información sobre indicadores de la dinámica poblacional de pequeños pelágicos se realizó en revistas de corriente principal, informes técnicos de Subsecretaría de Pesca, e informes finales

de proyectos de investigación. La literatura publicada en revistas de corriente principal se consultó a través del portal de la biblioteca de la Universidad de Concepción (<http://www.bib.udec.cl>), que permite acceder a búsqueda bibliográfica electrónica. Otra fuente, corresponde a aquella sustentada en la solicitud de material bibliográfico a investigadores internacionales, talleres de trabajo, y cualquier fuente asociada a Grupos de Trabajo, al interior de por ejemplo el ICES y FAO. En el caso chileno, se ha consultado los informes finales de proyectos orientados a la evaluación acústica y del stock desovante, cuyos datos se han solicitado a la Secretaría Ejecutiva del Fondo de Investigación Pesquera (<http://www.fip.cl>).

La información fue resumida en términos de búsqueda de indicadores, según los siguientes aspectos:

- a) Biológicos (p.e. aspectos reproductivos, reclutamiento, crecimiento, mortalidad, migraciones, biomasa total, biomasa desovante).
- b) Factores ambientales (p.e. temperatura, índices de surgencia, cambios estacionales y espaciales).
- c) Ecológicos (p.e. relaciones tróficas, uso de hábitat, competencia, prelación, distribución latitudinal y costa-océano).
- d) Flota pesquera (p.e. coeficiente de capturabilidad, estacionalidad, artes de pesca, tecnología)

### ***Indicadores para medir el impacto de la pesca sobre las poblaciones***

Los indicadores poblacionales seleccionados para medir el impacto de la pesca sobre la fracción de la población de anchoveta y sardina común, se resumen en la **Tabla 1**. Estos dicen relación con:

- a) **Nivel de la abundancia o biomasa:** La abundancia y biomasa poblacional constituye una variable de estado, no observable directamente. En este contexto, índices de abundancia relativa podrían ser utilizados para conocer el nivel de la abundancia en relación con niveles históricos. El nivel promedio, valor mínimo y máximo, en una ventana de tiempo definida puede ser identificada como puntos de referencia válidos. El desempeño del indicador, una vez definida la referencia, puede ser evaluada en términos de las desviaciones respecto de dicho nivel.
- b) **Longitud promedio en la captura y en la población:** El impacto de la pesca usualmente se ve reflejada en la estructura de tallas de una población. Cuando la pesca es intensiva, la abundancia de los peces más grande disminuye provocando una disminución de la longitud promedio. La longitud promedio debería estar por sobre la talla de primera madurez sexual ( $L_m$ ), con el objeto de que los individuos de una cohorte tengan una chance de reproducirse.

**Tabla 1.** Indicadores para medir el impacto de la pesca sobre anchoveta y sardina común en el área de estudio.

Indicador	Definición	Información requerida	Modelo	Estimador y varianza
$N(t)$ ó $B(t)$	Abundancia o biomasa total	$N(t)$ , ó $B(t)$	Evaluación por crucero o abundancia relativa	Dependiente del diseño de los cruceros de evaluación
$\bar{L}$	Longitud promedio de la captura	$C_l$	$\bar{L} = \frac{1}{C} \sum_{l=1}^L l_l C_l$	$\hat{\bar{L}} = \frac{1}{C} \sum_{l=1}^L l_l C_l$ ; $\hat{V}[\hat{\bar{L}}] = \sum_{l=1}^L C_l (l_l - \hat{\bar{L}})^2 / C$
$\bar{L}_{pop}$	Longitud promedio en la población	$N_l(t)$	$\bar{L}_{pop} = \frac{1}{N} \sum_{l=1}^L l_l N_l$	$\hat{\bar{L}}_{pop} = \frac{1}{\hat{N}} \sum_{l=1}^L l_l \hat{N}_l$ ; $\hat{V}[\hat{\bar{L}}_{pop}] = \sum_{l=1}^L N_l (l_l - \hat{\bar{L}}_{pop})^2 / N$
$Z$	Mortalidad total	$N_l(t)$ , $K$ , $L_\infty$	$N_l(t) = \exp(a - Z\Delta t(l))$	GLM: log-link, con $\sigma^2$ proporcional a $\mu^B$
$F/Z$	Tasa de explotación	$C_l$ , $N_l(t)$ , $Z$	$F(t) = C(t) / N(t)$	$\hat{F}(t) = C(t) / N(t)$ $\hat{V}[F(t)] = \hat{V}[C(t)] / N(t)^2 + C(t)^2 V[N(t)] / N(t)^4$
$P_{J,pop}$	Proporción de juveniles en las capturas	$C_l$	$P_J(t) = \frac{\sum_{l=1}^{L_m} C_l(t)}{C(t)}$	$\hat{P}_J(t) = \frac{\sum_{l=1}^{L_m} C_l(t)}{C(t)}$ ; $\hat{V}[\hat{P}_J] = C(t) \hat{P}_J (1 - \hat{P}_J)$
$P_{J,pop}$	Proporción de juveniles en la población	$N_l(t)$	$P_{J,pop}(t) = \frac{\sum_{l=1}^{L_m} N_l(t)}{N(t)}$	$\hat{P}_{J,pop}(t) = \frac{\sum_{l=1}^{L_m} \hat{N}_l(t)}{\hat{N}(t)}$ ; $\hat{V}[\hat{P}_{J,pop}] = \hat{N}(t) \hat{P}_{J,pop} (1 - \hat{P}_{J,pop})$ ó GLM: logit-link, binomial

- c) **Proporción de juveniles en la captura y en la población:** Este indicador puede estar correlacionado con la magnitud del reclutamiento como también con el impacto de la pesca. Cuando la pesca es intensa puede producir una juvenilización severa en las poblaciones. Este indicador no tiene un punto de referencia, pero cuando es analizado en el tiempo podría correlacionarse con el esfuerzo de pesca o con la tasa reexplotación con el objeto de evaluar si el incremento se debe al impacto de la pesca o a la magnitud del reclutamiento. Su estimación es simple, aunque es preferible utilizar modelos lineales generalizados con estructura de error binomial y enlace logit (o probit) si los datos originales están disponibles.
- d) **Tasa de explotación:** La mortalidad por pesca se mide a partir de la captura total y la abundancia poblacional. Este indicador por lo tanto se estima a partir de la captura lograda por la flota y estimadores de la abundancia poblacional. El punto de referencia límite es  $F/Z = 0.5$ .
- e) **Mortalidad total:** La tasa de mortalidad total mide el impacto de la pesca directamente, y puede ser medida a través del seguimiento de la abundancia de las cohortes en el tiempo ya sea basada en datos de edad o de longitudes. Datos provenientes de cruceros de evaluación son adecuados para cuantificar un indicador. El punto de referencia límite debe basarse en un modelo steady-state

( $Z^*$ ) obtenido a partir de la longitud de primera madurez sexual y la longitud de primera captura (Die y Caddy 1997).

**Indicadores para comprender procesos de la dinámica poblacional**

Los indicadores poblacionales seleccionados para comprender la dinámica de la población en sus aspectos básicos de reproducción y crecimiento de la fracción de la población de anchoveta y sardina común se resumen en la **Tabla 2**. Estos dicen relación con:

- a) **Talla de primera madurez sexual:** Definida como la probabilidad de que el 50% de las hembras en la población estén maduras. Es un indicador que puede ser utilizado como punto de referencia poblacional para medir el impacto de la pesca. La información básica la constituye datos biológicos consistentes en estadios de madurez sexual microscópicos.
- b) **Tasa de mortalidad natural:** Mide la fracción de individuos que muere por causas distintas a la pesca, es un parámetro vital correlacionado con otros parámetros de historia de vida como los parámetros de crecimiento en longitud (Pauly 1980). Es un parámetro que puede ser utilizado como punto de referencia límite para la tasa de explotación.

**Tabla 2.** Indicadores de atributos y procesos poblacionales.

Indicador	Definición	Información requerida	Modelo	Estimador y varianza
$L_m$	Talla de primera madurez sexual	Madurez a la talla	$P(l) = \frac{1}{1 + \exp^{(a+bL)}}$	$L_m = a / b$ Bootstrap ó GLM con familia binomial y enlace logit
$M$	Tasa de mortalidad natural	$K, L_{\infty}$	Pauly (1980)	Cubillos et al. (1999a)
$G(L)$	Tasa de crecimiento en longitud	$K, L_{\infty}; RLP$	$G(L) = K \left( L_{\infty} - \frac{L_{j+1}^2 - L_j^2}{2(L_{j+1} - L_j)} \right)$	Roa y Tapia (1998)
$FC$	Factor de condición	RLP	$FC = P / L^3$	
$IGS$	Índice reproductivo	Peso ovario, peso total de los individuos	$IGS = PO / (PT - PO) \times 100$	
$RLP$	Relación longitud-peso	Peso y longitud de los individuos	$PT = aL^b$	

- c) **Tasa de crecimiento:** Mide el crecimiento somático de los individuos que componen la población. Su estimación se basa en los parámetros de crecimiento en longitud y peso, en particular la relación longitud-peso (RLP). La tasa de crecimiento puede presentar variaciones estacionales e interanuales, las cuales impactan la producción y el rendimiento pesquero. La

ecuación que se propone permite evaluar la tasa de crecimiento entre dos longitudes (Roa y Tapia 1998), cuyos límites pueden representar la tasa de crecimiento de juveniles entre la talla de reclutamiento y la talla de primera madurez sexual; como también la tasa de crecimiento de los adultos entre la talla de primera madurez y la talla máxima en las capturas.

- d) **Factor de condición:** Es un indicador que se utiliza para evaluar el estado de bienestar de los individuos de la población. Su estimación se basa en datos de longitud y peso provenientes de muestreos biológicos específicos. El factor de condición puede presentar variaciones estacionales e interanuales. En la escala estacional relacionada con la estrategia de almacenamiento de energía, y en la escala interanual puede ser densidad-dependiente o correlacionado con ciclos de producción de alimento.
- e) **Índice gonadosomático:** Es un indicador que mide la actividad reproductiva de los individuos que componen una población (De Vlaming *et al.* 1982), con valores mínimos indicando generalmente reposo reproductivo y máximos indicando periodo reproductivo. Fluctúa estacional e interanualmente, y permite identificar la estación reproductiva.

Entre otros aspectos, la relación longitud-peso (RLP) constituye información que a través de sus parámetros permite evaluar la isometría del crecimiento y su relación con el factor de condición. Más que un indicador, la RLP constituye una relación operacional utilizada más bien para el cálculo de indicadores basados en unidades de peso (p.e. peso promedio, biomasa), y transformaciones de número a biomasa.

### ***Indicadores ambientales***

Con el objeto de comprender el comportamiento de los indicadores de dinámica poblacional, una serie de indicadores ambientales es factible de medir con el objeto que puedan servir de una base explicativa, principalmente en términos de los indicadores y parámetros contenidos en las **Tablas 1 y 2**. En este contexto, se obtendrá:

- a) **Temperatura superficial del mar (TSM)**
- b) **Campo de viento superficial**

Para la construcción de las series temporales de anomalías de la temperatura y viento (IRI/LDEO Climate Data Library (IGOSS, <http://ingrid.ldeo.columbia.edu/>, de 1° x 1° de resolución; ERS y QUIKSCAT, ftp.ifremer.fr, ftp://ftp.ssmi.com/), el área de estudio se estratificó en seis áreas : 34°-35°S, 35°-36°S, 36°-

37°S, 37°-38°S, 38°-39°S y 39°-40°S y además dos regiones (34°-37°S y 37°-40°S) que representan las zonas norte y sur. Las series de tiempo cubren desde enero de 1992 hasta diciembre de 2007.

Para las series de anomalía de la temperatura se considero una distancia de 60 millas náuticas de la costa para cada una de las subáreas descritas. A cada área se extrajo la media de los datos de anomalía de temperatura de imágenes mensuales, de esta forma se obtuvo seis series temporales con información de anomalía de la temperatura superficial de mar, además de dos series temporales correspondientes a las macro áreas.

Para las series de viento se utilizó el producto ERS-2 de MWF (Mean Wind Product). Este producto tiene una resolución espacial de 1° x 1° grado, y una resolución temporal de una semana. A su vez, los vientos de QuikScat tiene una resolución espacial de 0.25° x 0.25 ° grados, y una resolución temporal de un día. Para la construcción de las series se utilizó el punto más cercano a la costa de los vientos de ERS. Para ello, el primer paso fue igualar la resolución espacial entre ambas imágenes. Se trato de llevar la resolución espacial de ERS-2 a la resolución de QSCAT mediante interpolación geoespacial utilizando el método de interpolación de kriging, previamente ajustando el variograma seleccionado para cada imagen. También se utilizó dos tipos interpolaciones adicionales para comparación: Interpolación lineal en dos dimensiones y mapeo objetivo. Para la interpolación kriging dado que la varianza del error de la interpolación fue demasiado alta, se optó interpolar la imagen satelital de QSCAT a la resolución espacial de ERS-2. Para cada imagen, se ajustó un variograma dependiendo de la distribución de la curva. Esta curva entregó los parámetros del ajuste que luego fue utilizado en la interpolación kriging. Para la interpolación Kriging y el mapeo objetivo se utilizó un radio de búsqueda de 50 km, es decir, dos puntos alrededor del punto que se quiere interpolar. Con este cambio de resolución se logro disminuir considerablemente la varianza del error.

#### *Esfuerzo del viento y transporte zonal de Ekman*

En el cálculo del esfuerzo del viento, se utilizó el algoritmo de [Large y Pond \(1981\)](#). El transporte zonal de Ekman se utilizó la componente meridional del esfuerzo del viento, i.e.

$$UEkman = \frac{Ty}{f\rho}$$

donde  $f$  es el parámetro de Coriolis, i.e.  $f = 2\omega\sin(LAT)$ , donde  $\rho$  es la densidad del agua de mar ( $1025 \text{ kg}\cdot\text{m}^3$ ) y  $Ty$  es el componente meridional del forzamiento del viento.

### **Indicadores ecológicos**

En el contexto de los indicadores ecológicos, aparece como relevante la determinación de los siguientes:

- a) **Ración diaria ( $R_d$ )**: Es una tasa que mide la tasa de incorporación de alimento por día de una población.
- b) **Razón consumo-biomasa ( $Q/B$ )**: es una tasa que mide el consumo por unidad de biomasa. Su estimación radica en el análisis del contenido estomacal y su dinámica temporal dentro de un día, siendo calculado a partir de la ración diaria *per capita*.
- c) **Nivel Trófico (NT)**: es un indicador de la posición trófica de la población en el ecosistema. Se mide en términos de la composición del alimento.
- d) **Razón producción-biomasa ( $P/B$ )**: razón entre la producción y la biomasa. En condiciones steady-state es proporcional a la tasa de mortalidad total.

Estos indicadores son de utilidad en un contexto comparativo ya sea con la misma especie en otras zonas como con otras especies. A su vez, constituyen información básica que permite alimentar modelos de balance de masa como ECOPATH (Christensen y Pauly 1992). Para los propósitos de este informe, los indicadores que se reportan fueron obtenidos de la literatura científica.

### **Obtención y procesamiento de la información**

Según los Términos Básicos de Referencia, el consultor podrá analizar los indicadores sobre la base de información existente en el Fondo de Investigación Pesquera y la propia que generará el estudio, ya sea dependiente como independiente de la pesca. En este contexto, la **Tabla 3** resume el origen de la información para el cálculo de los indicadores y puntos de referencia propuestos.

#### **a) Cruceros de evaluación**

En el contexto de los indicadores que interesan desde el punto de vista de la evaluación del impacto de la pesca, se utilizará los datos biológico-pesqueros de los cruceros de evaluación financiados por el Fondo de Investigación Pesquera; a saber: a) Cruceros de evaluación del reclutamiento, que cubren el periodo 2000-2008, b) Cruceros de evaluación del stock desovante, que cubren el periodo 2002-2005 y 2007 (**Tabla 4**).

**Tabla 3.** Fuentes de información utilizada para estimar indicadores poblacionales y sus puntos de referencia para evaluar el impacto de la pesca.

Tipo de Información	Descripción	Cruceros de evaluación	Muestreo del desembarque
$N(t), N_l(t)$	Índice de abundancia poblacional (total, por longitud, por año...)	X	
$B(t), B_l(t)$	Índice de biomasa poblacional (total, por longitud, por año...)	X	
$K, L_\infty$	Parámetros de crecimiento en longitud		X
$C(t), C_l(t)$	Captura en número (total, por longitud, por año...)		X
$L_c$	Longitud de primera captura		X
$L_m$	Talla de primera madurez sexual	X	
$L_r$	Longitud de reclutamiento	X	
$FC$	Factor de condición		X
$IGS$	Índice gonadosomático		X
$RLP$	Relación longitud-peso		X

En los cruceros de reclutamiento se cuenta con la siguiente información georeferenciada:

- a) Biológicos, datos de longitud, peso, sexo, peso de ovarios, estados de madurez sexual
- b) Biomasa y abundancia por longitud, zona.
- c) Datos de contenidos estomacales (2002 y 2003)
- d) Oferta ambiental de alimento (2003 y 2004)
- e) Datos hidrográficos (temperatura, salinidad, oxígeno)

En los cruceros de evaluación del stock desovante, se cuenta con:

- a) Biológicos, datos de longitud, peso, sexo, peso de ovarios, fecundidad, estados de madurez sexual microscópicos
- b) Distribución y abundancia de huevos, producción diaria de huevos

La información se solicitó al Fondo de Investigación Pesquera, con la cual se procedió al cálculo de los indicadores propuestos más otros que resulten relevantes de la revisión bibliográfica.

**Tabla 4.** Cruceros de evaluación acústica y del stock desovante de sardina común y anchoveta (Fuente: Fondo de Investigación Pesquera y Banco Integrado de Proyectos).

Código Proyecto	Título	Periodo de ejecución	Jefe Proyecto
FIP 99-13	Evaluación acústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común centro-sur	Dic 1999	Jorge Castillo
FIP 2000-09	Evaluación acústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, año 2000	Ene 2001	Jorge Castillo
FIP 2001-14	Evaluación hidroacústica del stock desovante de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, 2001	Ago 2001	Jorge Castillo
FIP 2001-13	Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común, centro-sur, 2001	Ene 2002	Jorge Castillo
FIP 2002-14	Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2002	Ago 2002	Luis Cubillos
FIP 2002-13	Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2002	Ene 2003	Jorge Castillo
FIP 2003-06	Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2003	Ago 2003	Claudio Bernal
FIP 2003-08	Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2003	Ene 2004	Jorge Castillo
FIP 2004-03	Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2004	Ago 2004	Luis Cubillos
FIP 2004-05	Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2004	Ene 2005	Jorge Castillo
FIP 2005-02	Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2005	Ago 2005	Luis Cubillos
BIP 30033991-0	Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones	Ene 2006	Castillo et al. (2006)
BIP 300438961-0	Investigación Evaluación hidroacústica reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X 2006 - 2007.	Ene 2007	Castillo et al. (2007)
FIP 2007-04	Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X regiones, año 2008	Ene 2008	Castillo et al. (2008)
FIP 2007-06	Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común en la zona centro sur, año 2007	Ago-Sep 2007	Luis Cubillos

## **b) Datos provenientes del seguimiento de la pesquería**

La Universidad de Concepción ejecutó el proyecto FIP 2006-13, y en este contexto se ejecutó un seguimiento biológico-pesquero de la pesquería entre la V y XIV región durante el 2007. Los datos dicen relación con información de:

- a) Estructura de tallas en las capturas
- b) Muestreos biológico específicos

A partir de los datos de distribución de frecuencia de talla se determinó la composición por tallas de las capturas, expandiendo los datos de frecuencia de tallas a las capturas de la flota que fue muestreada, y subsecuentemente al total de la captura. En términos de los datos biológico-específicos, se cuenta con información de: longitud, peso, sexo, estados de madurez sexual macro y microscópicos, fecundidad parcial, frecuencia del desove. En consecuencia, dicha información, dependiente de la pesquería, se analizará en el contexto del desempeño de los indicadores generados en el este estudio.

Además, el Instituto de Investigación Pesquera lleva un seguimiento de la actividad pesquera y de muestreo rutinario de las capturas de la flota industrial como artesanal ([González et al. 2005](#), [Ruiz 2005a,b](#)). Este sistema de levantamiento de información se complementó con datos que fueron generados en este proyecto para el año 2008 (Resolución Exenta N° 1216 del 13 de mayo de 2008). El esquema de obtención de información obedeció a un plan general de seguimiento de la pesquería, que se basa en un plan de monitoreo a ser realizado en los principales puertos de la IX y X regiones e incluye también puertos de la VIII región. Las localidades que se consideraron son:

- Queule y Puerto Saavedra (Flota Artesanal)
- Corral, Calbuco (Flota Artesanal)
- Talcahuano, Coronel y Lota (Flota Artesanal e Industrial)

Este seguimiento permitirá obtener una base de información, que junto a la base de datos históricos del seguimiento de esta pesquería permitirá la aplicación de métodos indirectos para la estimación de parámetros biológico pesqueros y poblacionales. En general, la información que se ha estado recolectando corresponde a:

- Datos de frecuencia de tamaños, obtenidos en los principales sitios de desembarque, artesanal como industrial.
- Proporción de especies (en peso y número).
- Datos biológico-específicos (longitud total, peso total, eviscerado, peso gónadas hembras, sexo, estado de madurez sexual de hembras).
- Registro de fecha de zarpe y recalada de los barcos y lanchas.
- Anunciados de pesca y cifra oficial de desembarque por viaje.

**Evaluación del desempeño de los indicadores para evaluar el impacto de la pesca**

Los indicadores identificados que permiten evaluar el impacto de la pesca serán evaluados según metodología resumida en la **Tabla 5**. En la evaluación se considerarán los criterios definidos por [Trenkel y Rochet \(2003\)](#) en términos de la potencia del test de hipótesis; esto es, rechazar la hipótesis nula cuando esta es falsa.

**Tabla 5.** Evaluación del desempeño de los indicadores del impacto de la pesca sobre las poblaciones de anchoveta y sardina común en el área de estudio.

Hipótesis nula (H <sub>0</sub> )	H <sub>0</sub> de referencia	Distribución estadística	Método de Prueba de hipótesis
$\bar{L} > L_m$	<a href="#">Caddy y Mahon (1995)</a>	Normal	$L_m$ bajo el percentil 5 de $\bar{L}$
$F / Z < 0.5$	<a href="#">Alverson y Pereyra (1969)</a>	Normal	0,5 sobre el percentil 95 de F/Z
$Z < Z^* = K \left( \frac{L_\infty - L_m}{L_m - L_c} \right)$	<a href="#">Die y Caddy (1997)</a>	Normal	Z* sobre el percentil 95 de Z

En términos de indicadores basados en series de tiempo, como el nivel de la abundancia o la proporción de juveniles, el impacto de la pesca se evaluará a través de la relación existente con el esfuerzo de pesca (o un indicador de éste) y un indicador de reclutamiento.

**Evaluación del desempeño de los indicadores para comprender la dinámica poblacional**

- a) **Talla de primera madurez sexual ( $L_m$ ):** Este parámetro constituye un nivel de referencia para evaluar el impacto de la pesca en la estructura de tamaños de las poblaciones, así como para separar la fracción juvenil de la adulta. Para estimar la  $L_m$  se utilizó datos de estados de madurez

sexual microscópicos generados en el ámbito de los proyectos de evaluación del stock de desovante 2007 (FIP 2007-06 y FIP 2006-13).

Estimación: La probabilidad de observar un individuo maduro es dependiente del tamaño o edad de los individuos, pues en algún momento del ciclo de vida los juveniles pasan a ser adultos. El modelo que será utilizado para describir la proporción de hembras maduras en función del tamaño, viene dado por la siguiente ecuación logística:

$$P_L = [1 + \exp(a - bL)]^{-1}$$

donde  $P_L$  es la proporción de hembras maduras a la talla  $L$ ,  $a$  y  $b$  son constantes a ser estimadas. Se utilizará modelos lineales generalizados para estimar las constantes del modelo (ver justificación de técnicas estadísticas, Sección 5.3). La talla media de primera madurez sexual ( $L_m$ ) quedará definida al nivel del 50%, i.e.  $L_m = a/b$ . Al considerar que los individuos están siendo clasificados en maduros ó inmaduros, la variable aleatoria sigue una distribución binomial. Esta aproximación es equivalente a maximizar la siguiente función de log-likelihood:

$$L(a, b) = \sum k \ln(P) + (1 - h) \ln(1 - P)$$

El lado derecho de la ecuación representa una función densidad de probabilidad binomial, omitiéndose un término que permanece constante y no afecta la estimación de parámetros;  $k$  es una variable que indica madurez (= 1) o inmadurez (= 0) de una hembra, mientras que  $P$  es la función logística de madurez (Roa *et al.* 1999).

- b) **Tasa de mortalidad natural:** Varios modelos bioanalógicos pueden ser aplicados para estimar la tasa de mortalidad natural, y aquí se utilizó el método de Pauly (1980). Para ello se requiere conocer los parámetros de crecimiento de longitud y relaciones longitud-peso.

El crecimiento en longitud se estudió mediante el análisis de frecuencia de tallas, según metodología utilizada por Cubillos *et al.* (2001, 2002). Se utilizó datos mensuales de frecuencia de tallas de cada especie en la zona de estudio del año 2007 (FIP 2006-13). Los datos de frecuencia de tallas fueron descompuestos en sus componentes normales de edad con MIX (MacDonald y Green 1988; Du Juan 2002). Posteriormente, se realizó el análisis de progresión modal, y se asignó edades relativas al 1º de julio. La estimación de los parámetros de crecimiento de Von Bertalanffy con y sin oscilación estacional en la tasa de crecimiento se realizó con el paquete “nlme” de Pinheiro y Bates (2000), disponible para el lenguaje y software R (<http://www.cran.r-project.org>, Ihaka y Gentleman 1996).

- c) **Tasa de crecimiento en longitud:** Este se estimará según metodología propuesta por [Roa y Tapia \(1998\)](#) una vez determinado los parámetros de crecimiento en longitud. Esta metodología permitirá comparar el crecimiento de diferentes fracciones del stock.
  
- d) **Factor de Condición:** El factor de condición se analizará en función del tiempo (meses) utilizando todos los datos disponibles para el área de estudio en un contexto espacio-temporal. Se indagará en cambios espacio-temporales y el efecto de co-variables como la longitud de los ejemplares.
  
- e) **Índice Gonadosomático:** Este índice reproductivo se analizará en función del tiempo (meses) utilizando todos los datos disponibles para el área de estudio en un contexto espacio-temporal. Se indagará en cambios espacio-temporales y el efecto de co-variables como la longitud de los ejemplares.

#### *Justificación de las principales técnicas estadísticas a utilizar*

Se utilizará modelos lineales generalizados (GLM, [McCullagh y Nelder 1989](#)) y modelos aditivos generalizados (GAM, [Hastie y Tibshirani 1990](#)) como herramientas de inferencia estadística a lo largo del proyecto.

Entre de las potencialidades que presentan los GLM, podemos señalar que son capaces de incorporar una amplia familia de distribuciones de los términos del error (Ej. Gamma, Bernoulli, Binomial, Poisson), al igual que varianzas no constantes que se incrementan con la media poblacional. Básicamente, un MLG corresponde a una extensión de los modelos lineales, y puede expresarse a través de:

$$\psi(y) = \beta^T x + \varepsilon$$

El término del lado izquierdo de la ecuación corresponde a la variable respuesta la cual puede ser transformada para inducir linealidad, y los términos del lado derecho representan a los predictores lineales y al término del error, respectivamente. Las variables predictivas ( $X_1 \dots X_p$ ) se relacionan con la variable respuesta ( $y$ ) a través de una función lineal simple denominada predictor lineal, la cual se representa a través de:

$$\eta = \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p$$

Estos modelos requieren de dos funciones. La primera corresponde a una función de enlace (“link function”) dada por:

$$g(\mu) = \beta^T x$$

la cual describe la forma en que la media ( $\mu$ ) varía en relación a los predictores lineales, ubicados al lado derecho de la ecuación, representados por variables categóricas y/o continuas. La segunda, corresponde a una función de varianza, la cual describe la relación entre la media y la varianza,

$$\text{var}(y) = \phi V(\mu)$$

En el caso de los modelos GAM, la forma general se establece por:

$$g(m) = Y = \alpha + \sum_{j=1}^p f_j(X_j) + \varepsilon$$

En esta ecuación  $m = E(Y|X_1, \dots, X_p)$ , y constituye la esperanza de la variable respuesta  $Y$  es función de las variables predictoras  $X_1, \dots, X_p$ , a través de un predictor aditivo. La distribución de la variable respuesta, así como también el enlace (link) entre esta distribución y los predictores dados por la función  $f_j(\cdot)$ , funcionan en forma análoga a los modelos lineales generalizados. Lo original de un modelo GAM es que provee una forma flexible para definir la función predictor  $f_j(\cdot)$ , la cual es análoga a los coeficientes de regresión en los modelos lineales. Los términos  $f_j(\cdot)$  pueden modelarse en forma no-paramétrica o paramétrica, o ambas formas se pueden combinar en un modelo semiparamétrico. Los términos no-paramétricos son ajustados utilizando suavizadores de dispersión (“scatterplot smoothers”), entre ellos el suavizador de regresión con ponderación local llamado loess (Cleveland 1979). Los términos paramétricos pueden ser definidos como coeficientes lineales, polinomiales de grado  $n$  ó polinomiales “piecewise” como B-spline y spline natural. La gran ventaja de modelos GAM sobre métodos de regresión tradicionales es su capacidad para modelar no-linealidad utilizando suavizadores de dispersión, constituyéndose en una herramienta poderosa para análisis exploratorios tales que permitan identificar las relaciones funcionales sugeridas por los datos (Hastie y Tibshirani 1990).

Para aplicar GAM, se debe establecer la relación funcional entre la variable respuesta y cada predictor, utilizando GAM no paramétrico. De esta manera, la forma de la función puede ser encontrada empíricamente de acuerdo con la distribución de los datos sin una asunción *a priori*. Luego, una versión más parsimoniosa del modelo puede ser evaluada incluyendo términos paramétricos. En casos marcadamente no lineales, “piecewise polynomials” pueden ser utilizados debido a la mayor flexibilidad para ajustar curvas. El ajuste de los modelos y la parsimonia pueden ser evaluados utilizando test F aproximado y el criterio de Akaike (AIC, Chambers y Hastie 1992). El estadístico AIC toma en cuenta simultáneamente los grados de libertad y utiliza la bondad de ajuste: modelos con más parsimonia tienen un AIC más bajo. Los residuales de los modelos ajustados se analizarán mediante métodos gráficos.

En el caso de los modelos GLM, se utilizará las herramientas contenidas en la librería MASS para R (Venables y Ripley 2002). Mientras que para GAM, se utilizará la librería mgcv para R (Wood 2001, 2002, 2003). Los programas han sido desarrollados como librerías de funciones en R (<http://www.cran.r-project.org>, Ihaka y Gentleman 1996). R es un programa de libre distribución bajo los términos del “Free Software Foundation’s GNU General Public License (Hornik 2002). La documentación e instalación de los paquetes es lo suficientemente simple y bien documentada dentro del programa

En el caso del software mgcv, se tienen varias ventajas, entre ellas el programa representa una notable mejoría del trabajo con GAM, particularmente en relación con: a) selección de modelos automática utilizando GCV; b) suavizadores multidimensionales utilizando la aproximación “thin plate” (Wood 2003); y c) modelo de ajuste eficiente y robusto, que permite también ajustar datos altamente dispersos utilizando la distribución binomial negativa. Además, en el caso de datos espaciales representados por latitud-longitud, mgcv permite modelar la dependencia sobre la posición geográfica como una función bivariada isotrópica de la latitud y la longitud, y no considerar éstas por separado asumiendo que existe un efecto de la latitud y otro efecto de la longitud geográfica como si se tratara de variables independientes.

## 8.2.2. Objetivo 2: Indicadores de la actividad pesquera

### *Revisión bibliográfica*

Se realizó una búsqueda bibliográfica de indicadores para la dinámica de flota o actividad pesquera sobre pequeños pelágicos. Esta revisión permitió visualizar posibles esquemas de utilidad para conocer y comprender la dinámica de la flota que opera sobre sardina común y anchoveta en la zona centro-sur de Chile. En el caso de la flota artesanal, se complementa las encuestas con información de la literatura, en particular del Proyecto FIP 2004-19 “Diagnóstico de la operación de las Pesquerías Artesanales de peces en las Áreas Costeras, Bahías y Aguas Interiores de la VIII Región” ejecutado por la Universidad Católica de Valparaíso (Melo *et al.* 2005).

### *Indicadores técnico-operacionales de la flota*

#### *Características físicas de la flota*

De las variables a analizar, se reconoce que las características físicas que mejor describen a la flota son:

- a) Capacidad de Bodega (CB, m<sup>3</sup>),
- b) Tonelaje de Registro Grueso (TRG, en toneladas),
- c) Número Cúbico (CUNO, m<sup>3</sup>): que es el producto de la eslora, la manga y el puntal de la embarcación y proporciona una medida del volumen de ésta;
- d) Potencia continua del motor principal (HP),
- e) Longitud de Relinga Superior de la red de cerco (LRS, metros).

Bajo esta perspectiva, las variables anteriormente señaladas serán el sustento para caracterizar y posteriormente generar una descripción técnica, que en conjunto con la información operacional, darán cuerpo a un diagnóstico general de la flota tanto industrial como artesanal que opera en la distribución sur de estos recursos.

#### *Capturas totales*

En el caso del sector artesanal, estos datos se obtendrán del registro de desembarque artesanal (DA) disponible en las oficinas regionales del Servicio Nacional de Pesca. Para las embarcaciones del sector

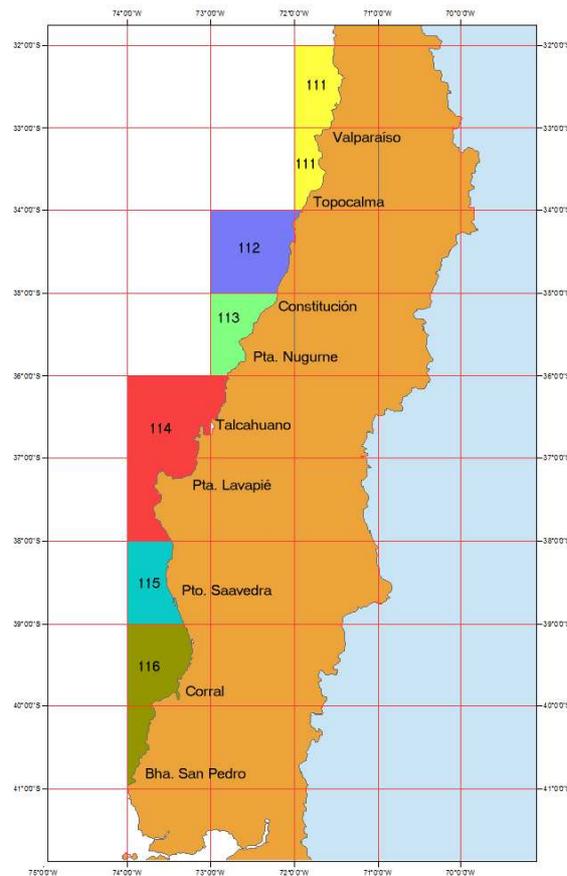
industrial se efectuará la recopilación de la estadística oficial reportada por las empresas pesqueras industriales. Esta información será obtenida de los registros diarios que llevan las empresas pesqueras en la VIII Región, la que es recopilada directamente por personal del Instituto de Investigación Pesquera. Esta información se digita y procesa utilizando planillas electrónicas fundamentalmente.

La utilización de las capturas se basa, por lo tanto, en los registros que se obtengan por naves. Las capturas por especie se determinan utilizando la proporción relativa en peso de cada especie, cuya información es obtenida rutinariamente por el personal de técnico ligado al desarrollo de este proyecto perteneciente a la UDEC y al INPESCA, a partir de muestreos diarios de proporción de especie y de frecuencia de tamaños en las capturas de los pelágicos pequeños.

La información tanto de la estructura de tallas como la operacional de la flota industrial de la zona centro-sur de Chile, se analiza de manera total y por zonas. Las zonas en las que se dividió el área de estudio se presentan en la **Tabla 6** y **Figura 2**, las cuales están basadas en el Sistema de Información de Estadística Pesquera del Servicio Nacional de Pesca. Se consideró utilizar esta división, debido a que no es posible obtener la georeferenciación de todos los viajes de pesca, por lo tanto, la única posibilidad de obtener un registro al menos de las zonas en donde opera la flota, es a través de esta asignación.

**Tabla 6.** Zonas estadísticas de captura de la zona centro-sur de Chile (Fuente: SERNAP).

NRO	NORESTE		SURESTE		SURWESTE		NORWESTE		REFERENCIA
	Lat	Long	Lat	Long	Lat	Long	Lat	Long	
111	32° 10'	71° 32'	33° 53'	71° 50'	33° 53'	73° 02'	32° 10'	72° 43'	Valparaíso (V Región)
112	33° 53'	71° 50'	34° 41'	72° 03'	34° 41'	73° 17'	33° 53'	73° 02'	Entre Topoclama y Constitución
113	34° 41'	72° 03'	36° 00'	72° 47'	36° 00'	74° 01'	34° 41'	73° 17'	Entre Constitución y Pta Nugurne
114	36° 00'	72° 47'	38° 28'	73° 30'	38° 28'	74° 47'	36° 00'	74° 01'	VIII Región
115	38° 28'	73° 30'	39° 23'	73° 14'	39° 23'	74° 31'	38° 28'	74° 47'	Puerto Saavedra
116	39° 23'	73° 14'	41° 28'	73° 49'	41° 28'	75° 09'	39° 23'	74° 31'	Corral (XIV Región de los Ríos)



**Figura 2.** Zonas estadísticas de captura (Fuente SERNAP).

### Indicadores de la dinámica de la flota

Las capturas diarias ( $CD_i$ ) serán calculadas en función de los desembarques de pesca reportadas diariamente por las embarcaciones y que son recopilados e ingresados a bases de datos de la actividad diaria de la flota. El cálculo de las  $CD_i$  estará determinado por la sumatoria de los desembarques realizados por cada, y definida por la siguiente ecuación:

$$CD_i = \sum CZP_j$$

Donde:

$CD_i$  = captura total en zona de pesca diaria  $i$ ;

$CZP_j$  = captura del barco  $j$  en la zona de pesca diaria  $i$ .

### *Esfuerzo de pesca*

El esfuerzo nominal de pesca se define como el conjunto de “medios” utilizados por cada unidad de esfuerzo de pesca (embarcación) para obtener una captura dada en un periodo de tiempo determinado. Esto implica, además, que el esfuerzo de pesca que desarrolla una embarcación está definido por el producto entre el poder de pesca absoluto de ésta y el tiempo de operación (Caballero *et al.* 1992). Por lo tanto, el esfuerzo de pesca total de la flota corresponde a la suma del esfuerzo desarrollado por cada embarcación en un periodo de tiempo más largo.

### *Distribución y comportamiento de la flota*

#### *a) Fuentes básicas de información:*

- *Bitácoras de Pesca:* Es un elemento fundamental para la obtención de una buena información operacional de la flota. Estas se desarrollaran directamente desde las embarcaciones en el mar. La buena calidad de esta información, se fundamenta en que la mayor parte de información que se recopila por otras fuentes tiene algún grado de error, que en algunos casos es mayor que en otros. El desarrollo de estas bitácoras estará a cargo tanto del personal técnico a bordo como del compromiso adquirido por los patrones de pesca de las embarcaciones donde no este presente el personal técnico.

El técnico completará una bitácora con las principales características del lance, esto es: fecha, hora inicial y final del lance pesca, posición (latitud y longitud), TSM, profundidad máxima y mínima del cardumen, forma (de acuerdo al tipo de agregación) y dirección del cardumen, captura estimada, especie predominante y el número de embarcaciones en un radio de 10 mn (ver **Anexo 1**). Para obtener esta información se utilizarán el ecosonda, sonar, GPS, radar y sensor de temperatura.

En el caso de la flota industrial, el Instituto de Investigación Pesquera, desde 1994 trabaja en forma integrada la información espacial que proporcionan los QTH, en conjunto con la información recopilada directamente desde las zonas de pesca por personal técnico embarcado para dichas tareas. A ello, se le debe sumar, desde el segundo semestre del año 2001, la información operacional en bitácoras de lances de pesca, registrada por capitanes y pilotos de las empresas socias de nuestro Instituto, información que durante estos años ha sido un gran apoyo en el estudio de la dinámica operacional de la flota que opera sobre recursos como el jurel, la sardina común y la anchoveta. Es necesario destacar que esta labor, es

realizada en un ámbito de acuerdo y asociación entre las Empresas e INPESCA, gracias al estrecho contacto que se ha mantenido con los capitanes y pilotos, con los cuales se realizan normalmente, sesiones de intercambio de visiones y experiencias sobre los recursos pesqueros, lo que ha permitido mejorar la calidad de la información. A pesar de contar nuestra información con estas ventajas comparativas, para el presente proyecto se dispondrá de la observación con dos técnicos de INPESCA, que permanecerán embarcados en embarcaciones de la flota de cerquera dedicada a la captura de sardina y anchoveta.

*b) Utilización de un sistema de información geográfico (SIG)*

Producto de la naturaleza y el volumen de información que se propone utilizar en el presente proyecto, se ha optado como herramienta de trabajo la utilización del Sistema de Información Geográfico (SIG), para plataforma PC. Actualmente los SIG son el instrumento más eficiente y adecuado para el manejo de información geográfica (mapas), relacionada e integrada automáticamente a la información alfanumérica (base de datos), además de poseer múltiple y poderosas herramientas que facilitan el análisis, consultas, despliegue y elaboración de reportes. El SIG es básicamente, un sistema computacional compuesto por herramientas de software que administra una base de datos, permitiendo asociar información descriptiva con los elementos de un mapa. Las herramientas analíticas de un SIG son empleadas para construir modelos espaciales, los que incluyen expresiones lógicas, procedimientos matemáticos y criterios que son aplicados con el fin de estimular un proceso, predecir un efecto o caracterizar un fenómeno. En forma más gráfica, un SIG trabaja con diferentes niveles de información, como las hojas de un libro, cada uno de los cuales posee información geográfica y alfanumérica, permitiendo relacionar cada uno de los diferentes niveles pudiendo realizar todos aquellos análisis y operaciones matemáticas y estadísticas que el usuario requiera. Múltiples son los resultados obtenidos con el uso de esta metodología en el estudio de las relaciones ambiente-recurso (Yáñez 1996, Peña *et al.* 1998, Peña *et al.* 2001). Con el uso de esta aplicación se determinará la existencia de una zona de pesca de acuerdo a una serie de criterios definidos más adelante y de existir, fácilmente se podrá determinar el área de la zona de pesca, identificar cuales son las embarcaciones, que capacidad de bodega total se encuentra concentrada en esa área, la distancia al puerto, etc.

*c) Determinación de la zona de pesca diaria*

Teniendo en cuenta, entre otras cosas, el comportamiento contagioso que presente la flota, se utilizará en el presente proyecto el siguiente procedimiento para la determinación de una zona de pesca, el que consiste principalmente en 5 etapas:

- En primer lugar la ubicación geográfica de cada uno de los barcos en cada QTH es transformada a un proyección geográfica plana (originalmente está basada en un esferoide, con grados sexagecimales) para permitir el posterior cálculo de distancias y áreas en el SIG.
- Una vez transformado cada QTH es ingresado al SIG y presentado espacialmente en un mapa de la región, identificando aquellos focos donde se congreguen el mayor número de embarcaciones. Del mismo modo se reconocen aquellas agregaciones menores que pudieran indicar el inicio de una nueva zona de pesca. A través del siguiente QTH se observa sí las agregaciones anteriormente reconocidas persisten, y sí el número de embarcaciones se incrementa o disminuye, en general sí ésta persiste en un período superior a un día, se reafirma aún más el hecho de que efectivamente se trate de una zona de pesca.
- Conjuntamente con tener la posición y el nombre de las embarcaciones que conforman la posible zona de pesca, se incorpora la posición de los lances de pesca informados por las embarcaciones pesqueras y los lances de las embarcaciones en las cuales se encuentre personal técnico. En este último caso, cada técnico embarcado, mediante el llenado de la bitácora de pesca, deberá determinar la posición relativa de las embarcaciones que se encontraban el perímetro de la zona de pesca a través del radar de la embarcación, en cada lance de pesca. Estas posiciones relativas serán igualmente incorporadas al SIG, para su análisis espacial. Así mismo, se identificarán las naves que se encontraban realizando lance de pesca en lance y se determinará el número de ellas, mediante la identificación visual.
- Finalmente esta información espacial se relaciona con la información proveniente de las bitácoras de pesca de las embarcaciones pesqueras en las cuales se encuentre personal técnico y de las embarcaciones que se encuentran participando del apoyo al seguimiento de los recursos pelágicos, junto a ello se utilizará la información proveniente de INPESCA, que describe la actividad diaria de cada embarcación, donde se indica cada día si el barco se encontraba en zona de pesca, en puerto, en descarga, recaló sin pesca, etc. Debiendo coincidir, entre otras cosas, con las descargas de pesca de aquella embarcación y su presencia en una zona de pesca durante los días anteriores.

Además, en la representación de la distribución espacial de los barcos, se determinará el centroide de la ZPI, los que se presentarán gráficamente en la forma de mapas diarios, analizándose posteriormente el desplazamiento de estos centroides, tanto espacial como temporalmente.

#### *d) Extensión espacial*

Una vez identificadas la o las zonas de pesca diarias y con la posición de los barcos en el SIG, se procederá a determinar la extensión espacial de cada una de ellas utilizando el software ArcView. Con una herramienta del programa se trazará manualmente un polígono cuyos vértices serán aquellas embarcaciones que se encuentran en la periferia de la zona de pesca, obteniendo directamente el área (Szpd) y perímetro de la zona de pesca diaria, en las unidades que se hayan definido (millas náuticas). Esta metodología también fue utilizada por [Peña et al. \(1998\)](#) y [Hancock et al. \(1995\)](#), para esta región, este último se diferenció del primero en que utilizó para delimitar la zona de pesca sólo aquellas embarcaciones que tenía la red en el agua y no las que se encontraba en búsqueda dentro de ella.

Además, de este polígono se determinará el centroide de la ZPD, los que se presentarán gráficamente en la forma de mapas diarios, analizándose posteriormente el desplazamiento de estos centroides tanto espacial como temporalmente.

#### *Periodos de pesca*

Del análisis preliminar de las zonas y de los eventos de pesca, ([Peña et al. 1998](#)) para el caso del jurel, se determinó que a lo largo de los meses es posible reconocer fluctuaciones a mayor escala, que agrupan a su vez varios eventos de pesca, y que fueron denominados como “períodos de pesca”, los cuales pueden tener relación con las fluctuaciones en la abundancia relativa del recurso en áreas de operación de la flota, situación que se analizara para las especies pelágicas pequeñas en este estudio. Es decir, en relación principalmente a los “pulsos” de entrada del recurso a determinadas áreas en las cuales se desarrolla la pesquería de este recurso, relacionándose en muchos casos con procesos oceanográficos de mesoescala. En el caso de la presente propuesta de estudio, se analizarán temporalmente estos períodos de pesca, utilizando los rendimientos nominales de las zonas de pesca.

Del punto de vista espacial, los períodos de pesca no están necesariamente relacionados con un área geográfica particular, esto significa que durante un período de pesca se pueden registrar eventos de pesca muy separados geográficamente. Sin embargo, ambos eventos responden a un comportamiento común del recurso en una época del año y a condiciones ambientales determinadas.

### *Capturas y esfuerzo nominal*

Las capturas de una zona de pesca diaria (*CZPD*) será calculada en función de la información de lances de lances de pesca y desde los desembarques de pesca reportados diariamente por las embarcaciones y que son recopilados e ingresados a bases de datos de la actividad diaria de la flota. El cálculo de las *CZPD* estará determinado principalmente por la sumatoria de los desembarques realizados por cada embarcación *i* que por la información de bitácoras de lances (o QTH en industriales), estuvo en una zona de pesca determinada, sin embargo, en los casos, en los cuales la embarcación haya capturado en dos o más zonas en una misma marea, se utilizará la información de las capturas por lance de pesca informadas, para determinar proporcionalmente que fracción del desembarque informado por la nave se debe asignar a cada zona de pesca diaria. De este modo, el valor está definido por la siguiente ecuación:

$$CZPD_i = \sum CZP_j$$

donde:

$CZPD_i$  = captura total en zona de pesca diaria *i*;

$CZP_j$  = captura del barco *j* en la zona de pesca diaria *i*.

Del mismo modo, el esfuerzo nominal será calculado la sumatoria de la capacidad de bodega de las embarcaciones que operaron en la zona de pesca diaria

$$CBZPD_i = \sum CBZP_j$$

donde:

$CBZPD_i$  = capacidad de bodega total en zona de pesca diaria *i*;

$CBZP_j$  = capacidad de bodega del barco *j* en la zona de pesca diaria *i*.

### *Rendimiento nominal*

Conforme a lo anterior el rendimiento de pesca nominal por zona de pesca diaria (*RZPD*) está definido por:

$$RZPD_i = \frac{\sum CZPD_j}{\sum CBZPD_j}$$

donde:

$RZPD_i$  = rendimiento de pesca en la zona de pesca diaria  $i$ ;

$CZPD_i$  = captura total en zona de pesca diaria  $i$ ;

$CBZPD_i$  = capacidad de bodega total en la zona de pesca diaria  $i$ .

Rendimiento espacial

Los rendimientos espaciales por zona de pesca diaria, serán determinados de acuerdo a la  $CZPD_i$  obtenida en el área total de la zona de pesca diaria  $SZPD_i$ . Esta última será determinada como se mencionó anteriormente, mediante el SIG. De este modo, el valor está definido por la siguiente ecuación:

$$REZPD_i = \frac{CZPD_i}{SZPD_i}$$

donde:

$REZPD_i$  = rendimiento espacial en zona de pesca diaria  $i$ ;

$CZPD_i$  = captura total en zona de pesca diaria  $i$ ;

$SZPD_i$  = área total zona de pesca diaria  $i$ .

### 8.2.3. Objetivo 3: Análisis integrado y modelo de dinámica poblacional

Según los Términos Básicos de Referencia, se debe:

- Análisis integrado de los indicadores sobre la base de una propuesta de modelo de dinámica poblacional.
- Los criterios y asunciones deberán sustentar una base con poder explicatorio de los cambios observados, tal que permitan establecer y formalizar un modelo conceptual de dinámica poblacional, utilizando los indicadores informativos, adecuados y satisfactorios para el proceso de evaluación de stock y consejo técnico para el manejo.

Resultados esperados:

- Una propuesta de dinámica poblacional con poder explicatorio, tal que permita integrar e interpretar los indicadores propuestos en el contexto de la evaluación y manejo.

### ***Propuesta de Modelo de Dinámica Poblacional (Conceptual)***

De acuerdo con los resultados de las evaluaciones directas de biomasa mediante el método hidroacústico (e.g. [Castillo et al. 2005](#)) y del método de producción diaria de huevos ([Cubillos et al. 2005, 2006](#)), así como a través de los indicadores biológico-pesqueros del seguimiento de la pesquería en la VIII y X Regiones ([Aranís et al. 2004, 2005](#)), se puede resumir lo siguiente:

- a) En enero, la fracción recluta de sardina común y anchoveta tiende a ser más importante entre los 34°30'S (norte de Constitución) y los 37°10'S (Golfo de Arauco), prevaleciendo al sur de los 38°S y hasta los 40°S ejemplares de mayor tamaño corporal que constituyen la fracción adulta de la biomasa.
- b) En invierno (agosto-septiembre), no se ha detectado desove (huevos en el mar) en el área comprendida entre los 33°S (Valparaíso) y los 34°S. Exceptuando, el caso de la anchoveta en el 2005. Las áreas de desove más importantes están localizadas en dos estratos geográficos en el área de estudio; a saber: 34°30'S-37°10'S y 38°S-39°S, siendo el último estrato geográfico el que demuestra una consistente mayor abundancia de huevos ([Castillo-Jordán et al. 2007](#)).
- c) Las evaluaciones directas de huevos, larvas, reclutas y adultos indican una distribución similar, caracterizada por una fuerte distribución costera al interior de la isobata de 100 m de profundidad. La configuración de la costa que determina la existencia de importantes bahías y golfos, y la profundidad parecen ser factores relevantes de la distribución espacial de estos peces pelágicos pequeños.
- d) En la estructura de tallas en las capturas de la flota del área de Corral no se ha detectado evidencia que la fracción recluta sea importante a lo largo del año, siendo más bien vulnerada la fracción adulta del stock.

Sobre la base de esta información, y los resultados del presente proyecto, se pretende establecer un modelo conceptual de la dinámica reproductiva en el contexto del ciclo de vida de sardina común y anchoveta. Los elementos fueron discutidos en el Taller de Discusión y de Difusión del Proyecto. No obstante, y como hipótesis nula, se planteó lo siguiente en términos de un esquema conceptual *a priori*, sobre la base de [Cubillos \(1999\)](#) y [Sepúlveda et al. \(2003\)](#):

- a) El sistema de bahías de la zona centro-sur al norte del Golfo de Arauco (37°10'S) constituyen áreas de crianza, donde juveniles y reclutas menores a un año de edad crecen y se desarrollan hasta alcanzar la talla de primera madurez sexual al término del primer año de vida.

- b) Los ejemplares más longevos que constituyen la fracción adulta (mayores a 11 cm y de más de un año de edad), no habitan el área de crianza en el periodo estival (Octubre-Marzo), distribuyéndose preferentemente hacia el norte (Carranza, desembocadura del Itata) y hacia el sur de los 37°S (Isla Mocha a Corral).
- c) Durante la transición invierno-primavera (Agosto-Septiembre), la fracción adulta ingresaría a la región más costera (sistemas de bahías) para reproducirse, particularmente porque el área de crianza pasaría a constituirse en un área de desove. De acuerdo con el régimen oceanográfico, durante la transición invierno-primavera (época de desove) ocurriría una alternancia entre convergencias costeras producidas por vientos norte que favorecerían la concentración y retención de huevos en la costa y vientos sur que promoverían el enriquecimiento de las aguas costeras con eventos de surgencia de moderada intensidad.

Bajo este esquema conceptual, el desarrollo de los individuos juveniles que han sido capaces de sobrevivir en las zonas protegidas, al crecer y alcanzar la madurez al término del primer año de vida, cerrarían el ciclo de vida en la época invernal (primer desove). A su vez, al ser más abundantes que los peces de más viejos, contribuirían al desove en las zonas costeras donde fueron criados, transformando la zona de crianza en una zona de desove (particularmente entre Constitución y el Golfo de Arauco). Posteriormente, los individuos que han desovado por primera vez abandonarían las zonas protegidas para distribuirse hacia el norte y sur. En el sector sur, comprendido entre la Isla Mocha y Corral (38°S-40°S), los individuos de mayor edad localizados en esta área eventualmente podrían desarrollar una migración hacia el norte y hacia la costa, para desovar en las áreas de desove durante la época de desove (“homing behavior”, [Cury 1994](#)). Durante el transcurso de esta migración, asociada al uso del hábitat, podrían ocurrir desoves importantes. Esta estrategia debería estar relacionada con periodos reproductivos de mayor duración e intensidad temporal, desovando antes que los ejemplares que se reproducen por primera vez ([Parrish et al. 1986](#)).

### ***Esquema de trabajo***

La modalidad de trabajo será a la forma de sesiones de trabajo por temáticas relevantes a la evaluación del stock. De esta forma, y basados en el modelo conceptual desarrollado, las principales temáticas serían:

#### **a) Reclutamiento**

Se desarrolló una sesión de trabajo donde fueron discutidos los indicadores asociados a este proceso, derivando estos de diferentes fuentes de información, tanto dependientes como independientes de la

pesquería. Una vez concluida la sesión respectiva al tópico se preparó un resumen, donde se describieron los principales aspectos del proceso de reclutamiento y el indicador que lo representa.

b) Crecimiento:

Al igual que el reclutamiento, en especies pelágicas pequeñas el patrón de crecimiento tiene gran relevancia en la dinámica de estas especies, razón por la cual este proceso fue analizado para las respectivas zonas a través de indicadores de crecimiento en longitud, su relación con el peso de los ejemplares y el estudio de las estructuras de tamaño disponibles.

c) Desove:

El tercer elemento relevante a considerar es el desove, teniéndose al igual que los procesos anteriores un trabajo a desarrollar en el marco de sesiones de trabajo específicas del tema.

***Taller de trabajo para Integración de Indicadores sobre la base de un modelo de dinámica***

Una vez concluidas las sesiones de trabajo de los tópicos relevantes, y ya revisados los resúmenes de cada uno de los tópicos previos, se realizó un taller de trabajo para postular un modelo de dinámica poblacional para el recurso. Este taller de trabajo generó un esquema de procesos integrados asociados con la información disponible en base a los indicadores, desarrollándose nuevamente el modelo de dinámica con las observaciones y conclusiones emanadas. La mecánica de trabajo permitió generar un modelo de dinámica poblacional que permita explicar el desempeño de los indicadores:

- a) Esquema de dinámica poblacional
- b) Interpretación y explicación del desempeño de los indicadores
- c) Elaboración del diseño de seguimiento de indicadores y de otros potenciales

Algunos elementos que fueron explorados dicen relación con la conectividad y uso de hábitats, o flujos temporales de individuos entre zonas (desagregación de la información por zonas). A saber, procesos que expliquen diferencias espacio-temporales de fracciones de individuos (ingreso individuos reclutas a nuevas zonas, fracción adulta residente, etc).

## 9 Resultados

### 9.1. Indicadores poblacionales

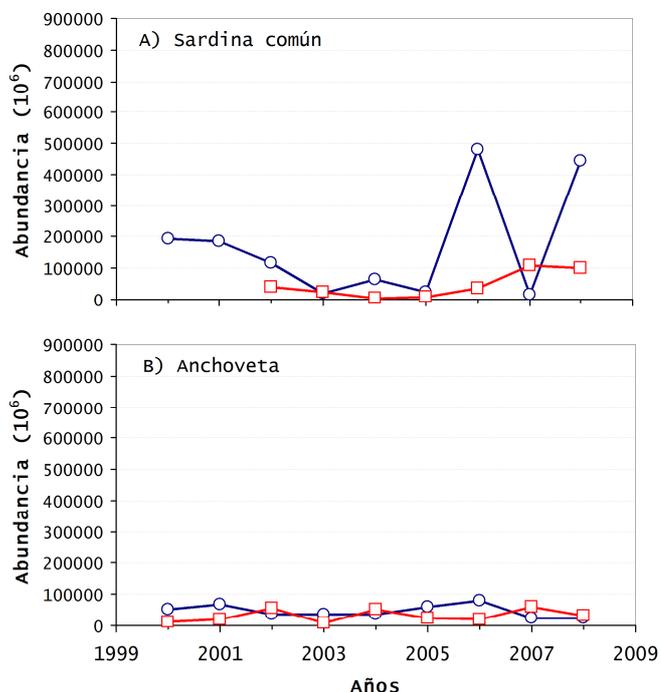
#### 9.1.1. Indicadores que miden el impacto de la pesca

##### a) Nivel de la abundancia o biomasa

La abundancia,  $N(t)$ , de sardina común y anchoveta que ha sido evaluada a través de los cruceros acústicos en el período 2000-2008 se resume en la **Tabla 7**. Se observa que la abundancia de sardina común es consistentemente mayor en la zona norte que en la zona sur, con una alta variación interanual. A su vez, la abundancia de sardina es un orden de magnitud mayor que la abundancia de anchoveta (**Figura 3**). En esta última especie, la abundancia es de una magnitud similar entre zonas, y presenta una menor variación interanual en la zona norte que en la zona sur (**Tabla 7**).

**Tabla 7.** Abundancia (millones de ejemplares) en el stock de sardina común y anchoveta, la que ha sido evaluada en los cruceros acústicos de reclutamiento. Norte, se refiere a la zona comprendida entre la V y VIII Región, y Sur a la zona comprendida entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera ( $38^{\circ}28'S-40^{\circ}S$ ).

Años	Sardina común			Anchoveta		
	Norte	Sur	Total	Norte	Sur	Total
2000	193.707		193.707	51.395	10.414	61.809
2001	186.398		186.398	69.615	20.594	90.209
2002	118.378	39.649	158.027	37.666	57.732	95.398
2003	18.900	23.819	42.719	37.655	7.278	44.933
2004	64.867	5.680	70.547	36.270	52.841	89.111
2005	25.492	9.705	35.197	60.842	24.572	85.414
2006	479.376	36.606	515.982	81.496	18.909	100.405
2007	14.175	109.276	123.451	24.086	61.019	85.105
2008	444.150	101.599	545.749	25.967	33.477	59.444
Promedio	171.716	46.619	207.975	47.221	31.871	79.092
CV (%)	103,6	90,4	92,4	42,1	64,4	24,0

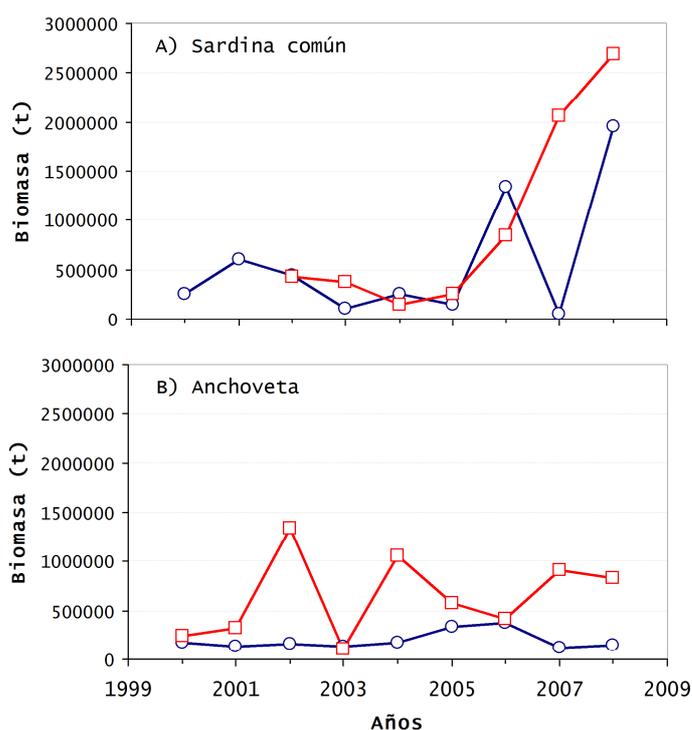


**Figura 3.** Cambios interanuales en la abundancia (millones de ejemplares) de sardina común y anchoveta. La zona norte se refiere al litoral de la V a VIII Región, y la zona sur a la región comprendida entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera (38°28' S-40°S).

La biomasa (toneladas) de sardina común es menor en la zona norte y más alta en la zona sur, aunque en ambas zonas presenta una alta variación interanual (**Tabla 8**). Se observa, además, que la biomasa de sardina común ha exhibido un crecimiento sostenido en la zona sur desde 141 mil toneladas en el 2004 hasta alcanzar a 2,7 millones de toneladas en el 2008. En el caso de la zona norte, aunque se observa también un crecimiento en la biomasa, dicho crecimiento fue interrumpido en el 2007 (**Figura 4**). En el caso de la anchoveta, la biomasa es mayor en la zona sur con un promedio de 643 mil toneladas y con una variación interanual ligeramente mayor que en la zona norte, pero mucho menor que la sardina común.

**Tabla 8.** Biomasa (toneladas) en el stock de sardina común y anchoveta, la que ha sido evaluada en los cruceros acústicos de reclutamiento. Norte, se refiere a la zona comprendida entre la V y VIII Región, y Sur a la zona comprendida entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera (38°28'S-40°S).

Año	Sardina común			Anchoveta		
	Norte	Sur	Total	Norte	Sur	Total
2000	252.601		252.601	169.366	234.650	404.016
2001	601.383		601.383	133.231	317.587	450.818
2002	441.063	425.768	866.831	165.334	1.337.973	1.503.307
2003	103.602	380.003	483.605	138.929	104.627	243.556
2004	253.227	141.092	394.319	180.441	1.064.114	1.244.555
2005	147.662	251.672	399.334	332.042	577.217	909.259
2006	1.337.523	840.875	2.178.397	376.924	408.916	785.840
2007	51.577	2.064.005	2.115.582	124.180	909.010	1.033.191
2008	1.950.979	2.688.135	4.639.114	146.588	829.550	976.138
Promedio	571.068	970.221	1.325.685	196.337	642.627	838.964
CV (%)	113,8	103,2	108,8	46,9	64,8	49,2

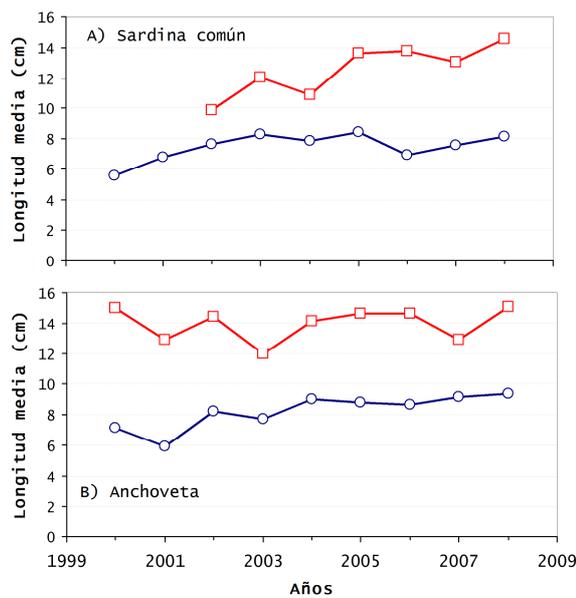


**Figura 4.** Cambios interanuales en la biomasa (toneladas) de sardina común y anchoveta. La zona norte se refiere al litoral de la V a VIII Región, y la zona sur a la región comprendida entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera (38°28'S-40°S).

**b) Longitud promedio en la población**

Los cambios interanuales en el tamaño promedio de los individuos en la población,  $L_{pop}$ , se muestran en la **Figura 5**. Se observa que la longitud promedio tanto de sardina como de anchoveta es mayor en la zona sur, y estaría asociada con ejemplares adultos. En cambio, en la zona norte predomina en la población de ambas especies la fracción juvenil; la que está representada por ejemplares de un tamaño promedio de 7,5 y 8,1 cm para sardina y anchoveta, respectivamente.

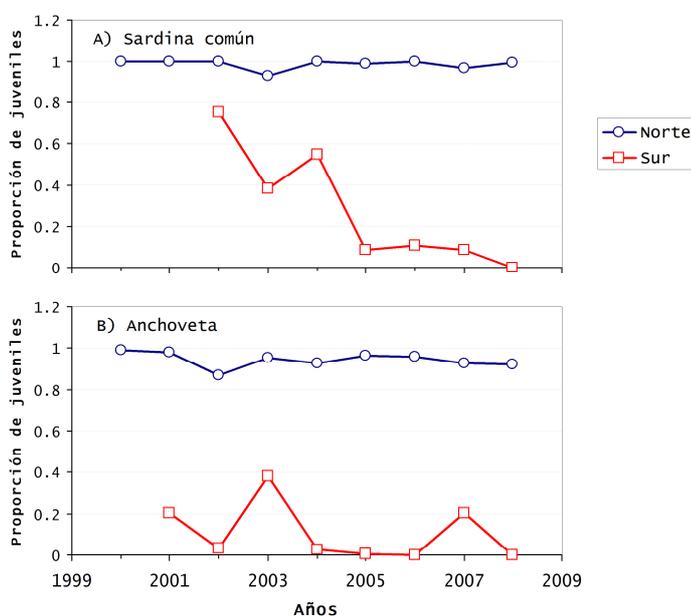
En la sardina, en el área sur, la longitud promedio aumentó desde 9,9 hasta 14,6 cm en el periodo 2002-2008, lo que implica una notable recuperación de la fracción adulta de la población. En igual zona, la talla media de la anchoveta fluctúa en torno de los 13,9 cm de longitud total, sin una tendencia aparente.



**Figura 5.** Cambios interanuales en la longitud promedio ( $L_{pop}$ , cm) de sardina común y anchoveta. La zona norte se refiere al litoral de la V a VIII Región, y la zona sur a la región comprendida entre el sur Isla Mocha y Punta Galera (38°28'S-40°S).

**c) Proporción de juveniles en la población**

La proporción de juveniles se calculó como la fracción menor o igual a 11 cm de longitud total en la sardina común, y a 11,5 cm en el caso de la anchoveta. En los cruceros de evaluación se observa claramente que la fracción juvenil domina en la región norte para ambas especies, con valores que superan el 93,1% en la sardina común y 86,8% en la anchoveta (**Figura 6**). En la zona sur, en cambio, se observa que en el periodo 2001-2008, el aporte de juveniles de sardina común disminuyó sostenidamente desde 75,1% en el 2001 hasta menos del 1% en el 2008. En el caso de la anchoveta, la proporción de juveniles en la población es por lo general baja e interrumpida por valores que superan el 20% en algunos años, con un máximo de 38,2% en el 2003.



**Figura 6.** Cambios interanuales en la fracción juvenil ( $P_{J,pop}$ ) de sardina común y anchoveta. La zona norte se refiere al litoral de la V a VIII Región, y la zona sur a la región comprendida entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera (38°28'S-40°S).

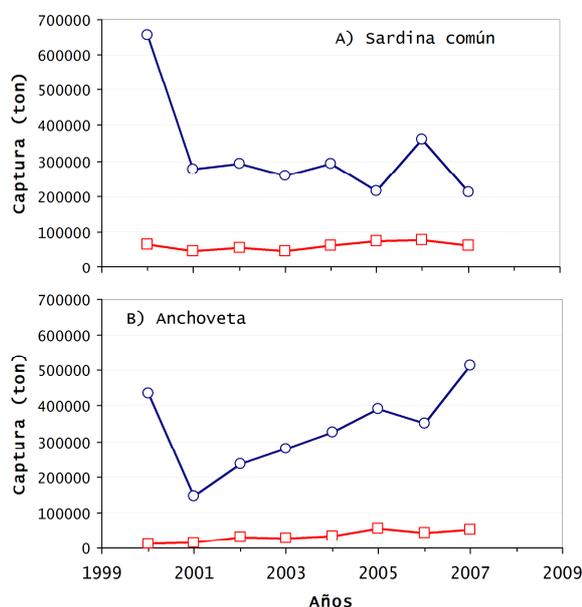
**d) Tasa de explotación**

Con el objeto de construir un indicador de la tasa de explotación, en este estudio se consideró la razón entre las capturas totales y la biomasa. Las capturas anuales de sardina y anchoveta por región se resumen en la **Tabla 9** y **Figura 7**. Se observa que las capturas de ambas especies han sido mayores en la zona norte, donde se concentra el mayor esfuerzo de pesca y la mayor asignación de cuota. A

contar del 2001, las capturas de sardina exhiben una estabilidad relativa en alrededor de 272 mil toneladas en la zona norte. En la región sur, las capturas de sardina se han incrementado desde 46 mil toneladas en el 2001 hasta 79 mil toneladas en el 2006. En el caso de la anchoveta, las capturas obtenidas en la zona norte muestran un crecimiento sostenido de las capturas en el periodo 2001-2007, situación que también se verifica en la zona sur aunque los niveles de captura son más bajos.

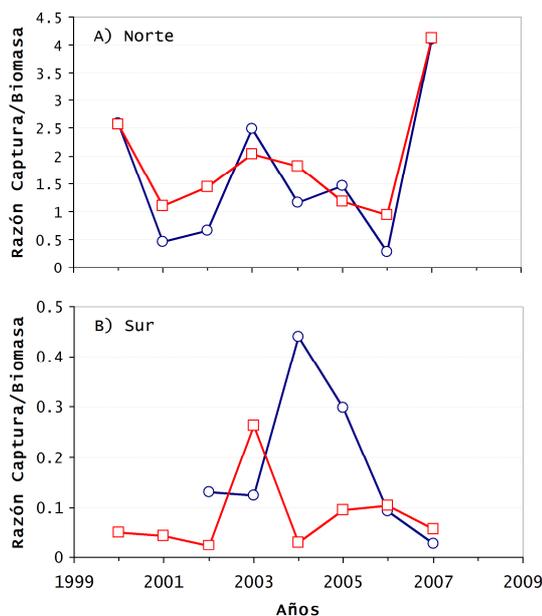
**Tabla 9.** Captura (toneladas) de sardina común y anchoveta por la flota artesanal e industrial. Norte, se refiere a la zona comprendida entre la V y VIII Región, y Sur a la zona comprendida entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera (38°28'S-40°S).

Año	Sardina común			Anchoveta		
	Norte	Sur	Total	Norte	Sur	Total
2000	656.077	66.388	722.465	435.458	11.951	447.409
2001	278.201	46.261	324.462	146.331	14.133	160.464
2002	291.406	55.677	347.083	235.614	32.446	268.060
2003	256.933	46.919	303.852	281.401	27.637	309.038
2004	293.714	62.232	355.946	326.785	33.542	360.327
2005	214.267	75.111	289.378	391.736	55.103	446.839
2006	361.015	79.042	440.057	352.727	42.488	395.215
2007	211.091	60.770	271.861	512.273	51.810	564.084
2008	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Promedio	320.338	61.550	381.888	335.291	33639	368.929
CV (%)	44,9	19,4	38,5	34,5	47,1	33,7



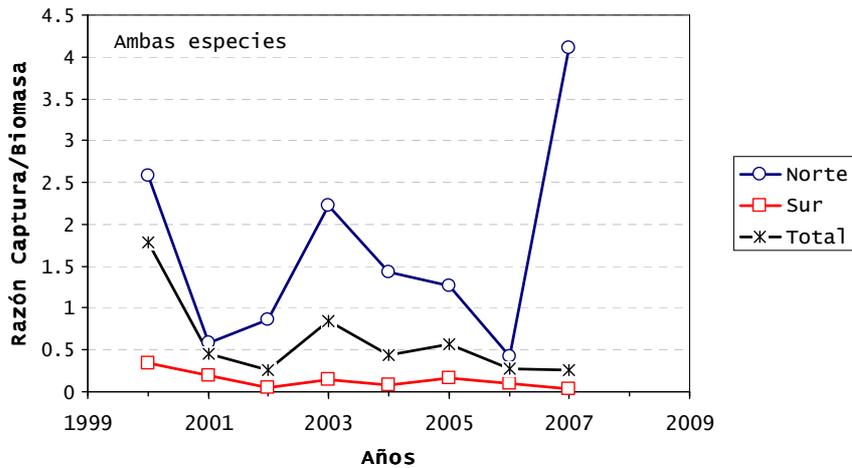
**Figura 7.** Cambios interanuales en la captura (toneladas) de sardina común y anchoveta. La zona norte se refiere al litoral de la V a VIII Región, y la zona sur a la región comprendida entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera (38°28'S-40°S).

La razón captura:biomasa para cada especie se muestra en la **Figura 8** para cada región. Se observa que en la zona norte, los cambios interanuales de este indicador son similares entre ambas especies, y por cierto con valores que superan la unidad ya que los estimados de biomasa son menores que las capturas. Esto es así porque en los peces que reclutan en la zona norte exhiben un crecimiento en peso a medida que son explotados, de tal manera que se evaluará considerar un indicador basado en número más que en biomasa. De todas maneras, la buena correlación entre el indicador de anchoveta y sardina común ( $r = 0,941$ ) demuestra el carácter mixto de la pesquería. En la zona sur, sin embargo, la razón captura/biomasa está desacoplada entre las especies. En la anchoveta, el indicador es menor a 0,1 exceptuando el año 2003 en que alcanzó a 26%. A su vez, en la sardina común el indicador llegó a ser del orden de 44% en el 2004 y de 30% en el 2005, para posteriormente ubicarse por debajo del 10% (**Figura 8**).



**Figura 8.** Cambios interanuales en la razón captura/biomasa de sardina común y anchoveta. La zona norte se refiere al litoral de la V a VIII Región, y la zona sur a la región comprendida entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera ( $38^{\circ}28'S-40^{\circ}S$ ).

Al sumar las capturas y biomazas de las dos especies, se obtiene un indicador global ponderado de la tasa de explotación cuyos cambios interanuales se resumen en la **Figura 9**. Se observa que las diferencias entre el norte y sur se mantienen, y que el indicador global exhibe una disminución progresiva desde 84,3% en el 2003 hasta 26,5% en el 2007.



**Figura 9.** Cambios interanuales en la razón captura/biomasa global de ambas especies. La zona norte se refiere al litoral de la V a VIII Región, y la zona sur a la región comprendida entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera ( $38^{\circ}28'S-40^{\circ}S$ ).

#### e) Mortalidad total

En los Talleres y Reuniones del Proyecto, se ha discutido si este indicador es razonable que sea postulado para los pelágicos pequeños. En efecto, los datos de frecuencia de tallas en los cruceros de evaluación que se realizan en enero de cada año (**Fig. 5**), revelan que la flota de la IX y XIV Regiones están vulnerando el stock adulto que sobrevive a la pesca sobre la fracción juvenil (pulso de reclutas) que vulnera la flota de la VIII Región durante el año anterior. El problema radica en el proceso de estimación de la tasa de mortalidad total ( $Z$ ), sobre la base de curvas de captura que se sustenta en los principios de una composición por edad en estado estable. Este supuesto no se cumple, y dado el bajo número de grupos de edad, las estimaciones no estarían reflejando la mortalidad total.

#### f) Longitud promedio y Proporción de juveniles en las capturas

En los Talleres y Reuniones del Proyecto, se constató que es muy difícil separar los datos respecto del origen de la pesca, ya que para todos los propósitos se consideraba un stock espacialmente homogéneo. Sin embargo, a partir de la base de datos del Proyecto FIP 2006-13, se pudo establecer los cambios mensuales en la talla promedio y fracción juvenil en las capturas de la flota de la zona norte y sur en el 2007 (**Tabla 10**). Se observa que tanto la longitud promedio como la fracción juvenil en las capturas es menor en la zona norte que en el sur, lo que es válido para ambas especies.

**Tabla 10.** Número de ejemplares, longitud promedio (L), desviación estándar (DS), y fracción juvenil (P) en sardina común y anchoveta, año 2007 (Fuente: FIP 2006-13).

A) Sardina común								
MES	Zona Norte				Zona Sur			
	n	L (cm)	DS (cm)	P<11	N	L	DS	P<11
FEB	7.191	10,8	2,03	0,746	3.713	12,2	0,78	0,176
MAR	7.167	10,6	1,53	0,795	10.649	12,7	1,19	0,121
ABR	1.320	11,6	1,90	0,581	2.413	13,7	1,31	0,039
MAY	400	10,1	1,05	0,938	2.462	13,6	1,06	0,024
JUN	1.325	9,9	1,20	0,903	1.354	12,6	1,05	0,149
JUL	1.370	12,4	1,59	0,325	1.723	12,8	1,04	0,093
AGO	1.844	12,6	2,31	0,333	242	13,6	1,41	0,066
SEP	1.825	13,1	1,85	0,196	2.599	14,6	0,99	0,005
OCT	1.917	11,6	2,89	0,400	8.516	14,4	0,87	0,007
NOV	4.974	9,4	3,37	0,743	6.273	14,3	0,83	0,000
DIC	932	8,9	3,87	0,694	2.979	14,3	0,72	0,000
Total	30.265	10,8	2,54	0,658	42.923	13,6	1,30	0,059
B) Anchoveta								
MES	Zona Norte				Zona Sur			
	n	L (cm)	DS (cm)	P<12	N	L (cm)	DS (cm)	P<12
FEB	4.900	15,0	2,16	0,134	1.624	13,5	1,68	0,209
MAR	9.682	13,3	2,13	0,246	6.201	14,0	1,57	0,114
ABR	7.238	13,7	1,95	0,196	1.426	14,7	1,69	0,059
MAY	8.416	13,0	1,97	0,316	3.023	15,0	1,67	0,043
JUN	5.495	12,7	2,19	0,406	1.871	14,6	1,75	0,071
JUL	2.841	12,7	2,17	0,400	1.991	15,2	1,66	0,040
AGO	1.752	12,3	1,82	0,475	529	16,0	1,05	0,000
SEP	2.281	13,4	1,94	0,256	4.528	16,2	1,03	0,000
OCT	3.553	13,9	1,44	0,102	9.161	15,8	1,13	0,001
NOV	3.441	14,6	1,27	0,034	2.462	14,8	1,30	0,034
DIC	1.853	14,4	1,21	0,023	557	14,4	1,12	0,002
Total	51.452	13,5	2,09	0,2414	33.373	15,1	1,62	0,047

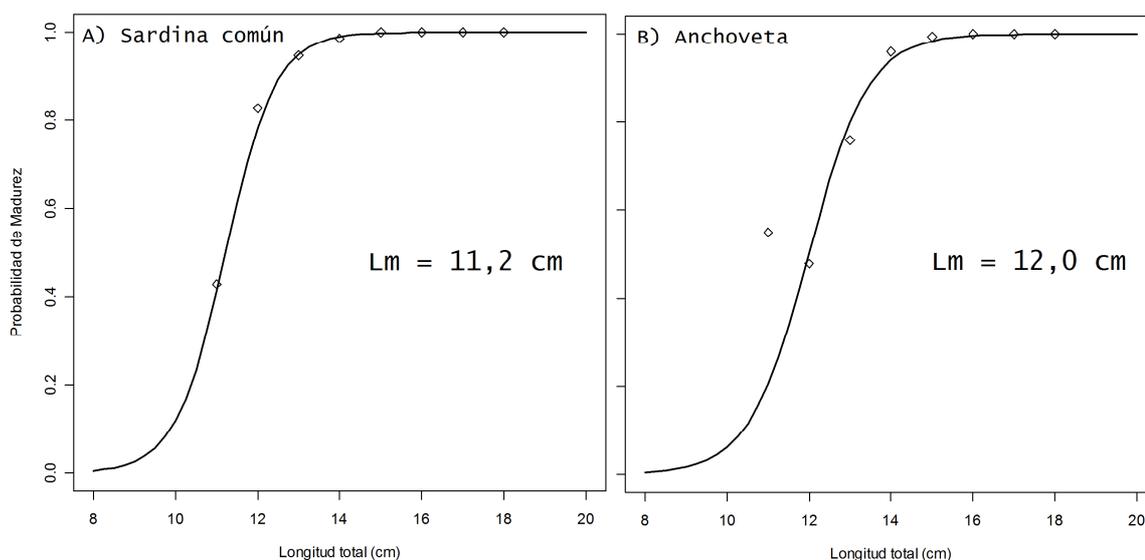
### 9.1.2. Indicadores para comprender procesos de dinámica poblacional

#### a) Talla de primera madurez sexual

Información obtenida en el marco de la evaluación del stock desovante mediante el Método de la Producción de Huevos en septiembre de 2007 (FIP 2007-06), permitió contar con estimaciones de la talla media de primera madurez sexual de sardina común y anchoveta en la zona sur, que corresponde al área de interés (**Tabla 11**). La ojiva de madurez sexual resultante se presenta en la **Figura 10**, donde se ha graficado la proporción de hembras maduras a la talla.

**Tabla 11.** Estimación de la talla media de madurez sexual ( $L_m$ ) para la fracción de la población que se distribuye entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera ( $38^{\circ}20'S-40^{\circ}S$ ). Los parámetros de la función logística ( $a$  y  $b$ ) fueron estimados mediante GLM, familia binomial y enlace logit. El error estándar de los parámetros se muestra entre paréntesis. El asterisco indica la significancia de los parámetros, i.e.  $Pr(>|z|) < 0,05$ .

Parámetros	Sardina común	Anchoveta
$a$	-18,442* (2,459)	-16,427* (1,559)
$b$	1,644* (0,196)	1,370* (0,124)
$L_m$	11,2	12,0
Deviance nula	489,84	706,27
Deviance residual	402,05	428,34
Deviance explicada (%)	82,1	60,6
n	1025	872



**Figura 10.** Talla media de madurez sexual de sardina y anchoveta en la zona sur, comprendida entre el sur de la Isla Mocha y Punta Galera ( $38^{\circ}20'S-40^{\circ}S$ ).

**b) Tasa de mortalidad natural**

La tasa de mortalidad natural se estimó con el método empírico de Pauly (1980), considerando un a temperatura promedio anual para el hábitat de ambas especies de  $12^{\circ}C$ , y los parámetros de crecimiento aquí obtenidos (ver más adelante). Para la sardina común, se estimó  $M = 0,93 \text{ año}^{-1}$ , y para la anchoveta  $M = 0,76 \text{ año}^{-1}$ . Estos valores no son diferentes a los comunicados por Cubillos et al.

(1998b), quienes aplicaron otros métodos empíricos de estimación y un procedimiento Monte Carlo para estimar la varianza y límites de confianza (**Tabla 12**).

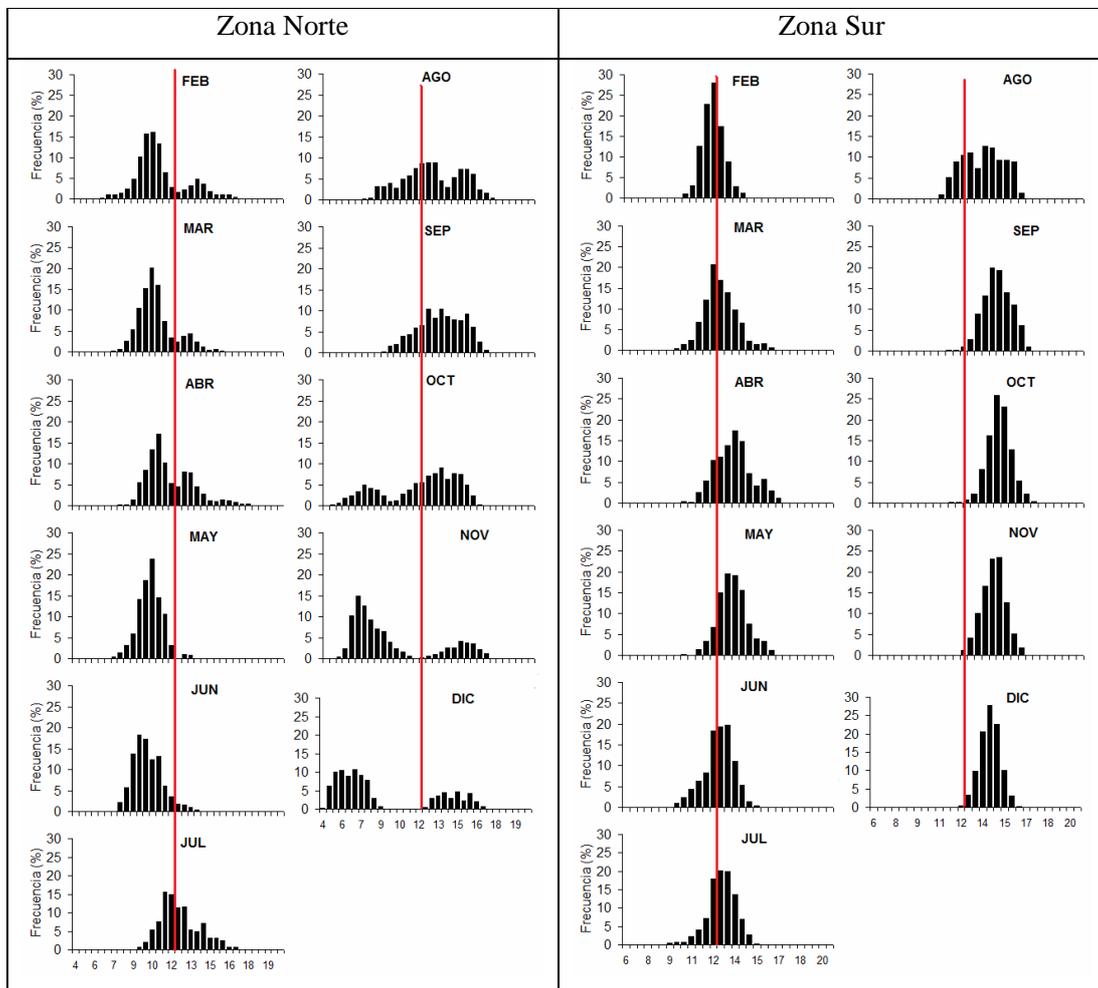
Cubillos et al. (1998b) estiman un valor de compromiso para la tasa de mortalidad natural de cada recurso, con criterios de precisión, a través de un promedio ponderando por el inverso de la varianza, lo que condujo a estimaciones de  $M = 1,0 \text{ año}^{-1}$  [0,71; 1,28] para la sardina común y  $M = 0,7 \text{ año}^{-1}$  [0,48; 0,99] para la anchoveta.

**Tabla 12.** Principales estadísticos de los 3000 valores de mortalidad natural obtenidos de cada modelo empírico de estimación para anchoveta y sardina común por Cubillos et al. (1998).

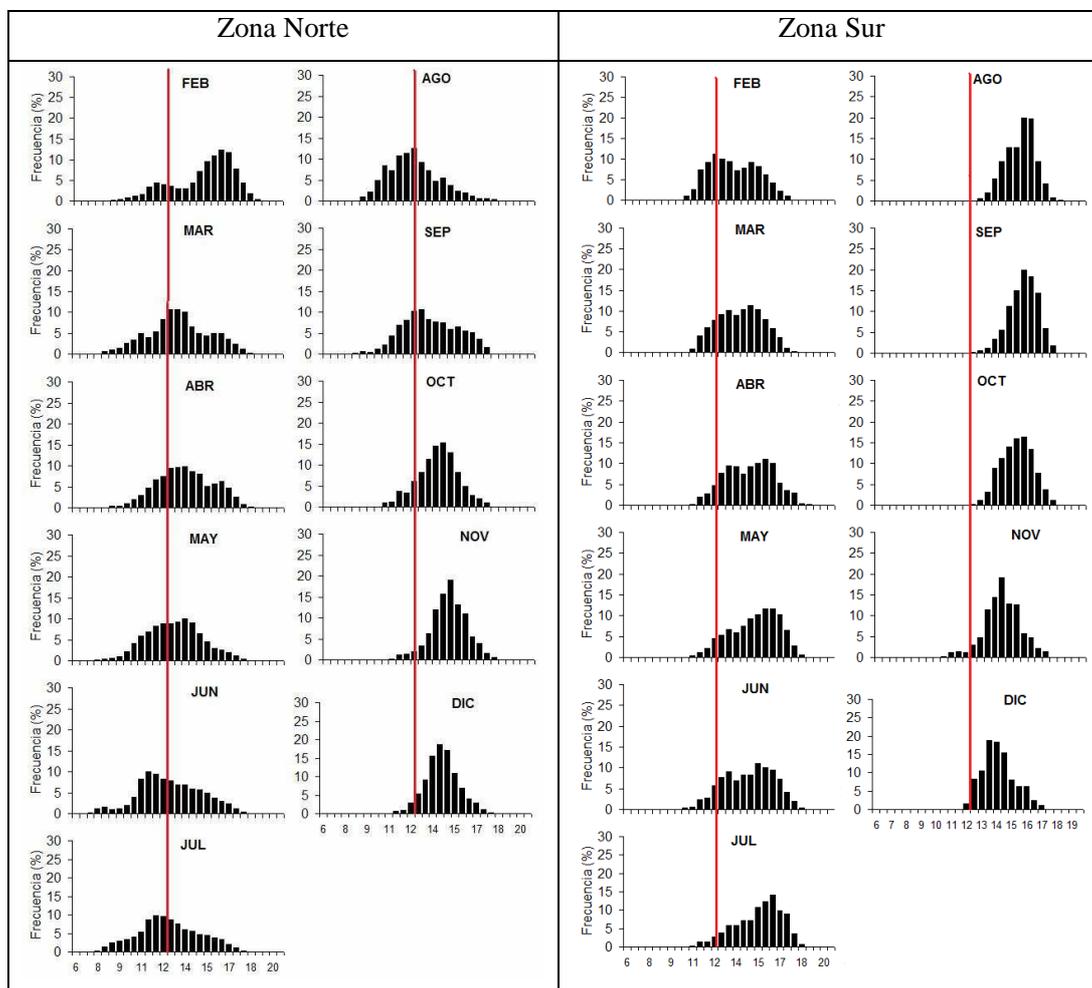
Método	$M$	$\sigma(M)$	CV(%)	$M_{50\%}$	95% de confianza		90% de confianza		
					$L_{inf}$	$L_{sup}$	$L_{inf}$	$L_{sup}$	
a) <i>E. ringens</i>									
Pauly (1980)	0,68	0,21	30,0	0,66	0,37	1,17	0,40	1,07	
Rickther y Efanov (1976)	0,93	0,19	19,9	0,91	0,61	1,34	0,66	1,26	
Alverson y Carney (1975)	0,80	0,20	24,7	0,79	0,46	1,24	0,50	1,15	
Taylor (1960)	0,56	0,11	20,3	0,53	0,41	0,83	0,42	0,79	
Hoening (1983)	0,73	0,18	24,7	0,72	0,44	1,17	0,48	1,05	
b) <i>S. bentincki</i>									
Pauly (1980)	0,91	0,26	28,5	0,88	0,48	1,52	0,54	1,39	
Rickther y Efanov (1976)	1,73	0,23	13,2	1,72	1,30	2,20	1,36	2,12	
Alverson y Carney (1975)	0,76	0,12	15,2	0,75	0,55	1,00	0,59	0,95	
Taylor (1960)	0,90	0,20	22,6	0,86	0,63	1,29	0,66	1,38	
Hoening (1983)	1,17	0,25	21,4	1,14	0,75	1,72	0,80	1,60	

### c) Tasa de crecimiento

Se utilizó los datos de frecuencia de tamaños mensuales que se han obtenido en el marco del monitoreo implementado en el Proyecto FIP 2006-13. La estructura de tallas de sardina común y anchoveta en cada zona se resume en las **Figuras 11 y 12**.

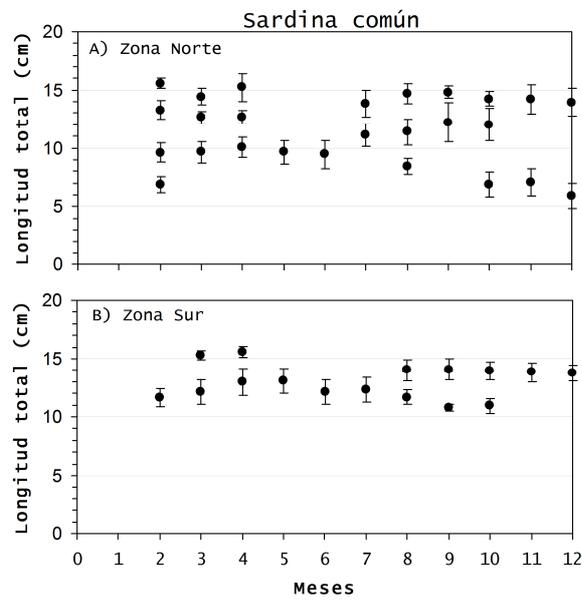


**Figura 11.** Estructura de tallas de sardina común en las capturas registradas durante el 2007 en las zonas norte y sur (Fuente: FIP 2006-13).

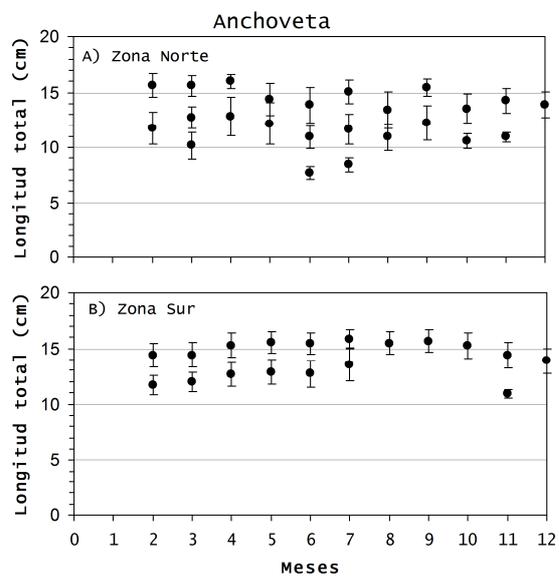


**Figura 12.** Estructura de tallas de anchoveta en las capturas registradas durante el 2007 en las zonas norte y sur (Fuente: FIP 2006-13).

La estructura de tallas de cada especie en cada zona, se descompuso en sus componentes normales de edad mediante MIX, y el análisis de progresión modal se realizó asignando edades consecutivas en relación a una fecha de cumpleaños arbitraria y que corresponde al 1° de julio. Sólo la progresión modal que cumplió este requisito se incorporó en el análisis del crecimiento en longitud. El número de grupos normales de edad, la longitud promedio y la desviación estándar de cada uno de ellos se resume en la **Figura 13** y **14** para sardina común y anchoveta, respectivamente.

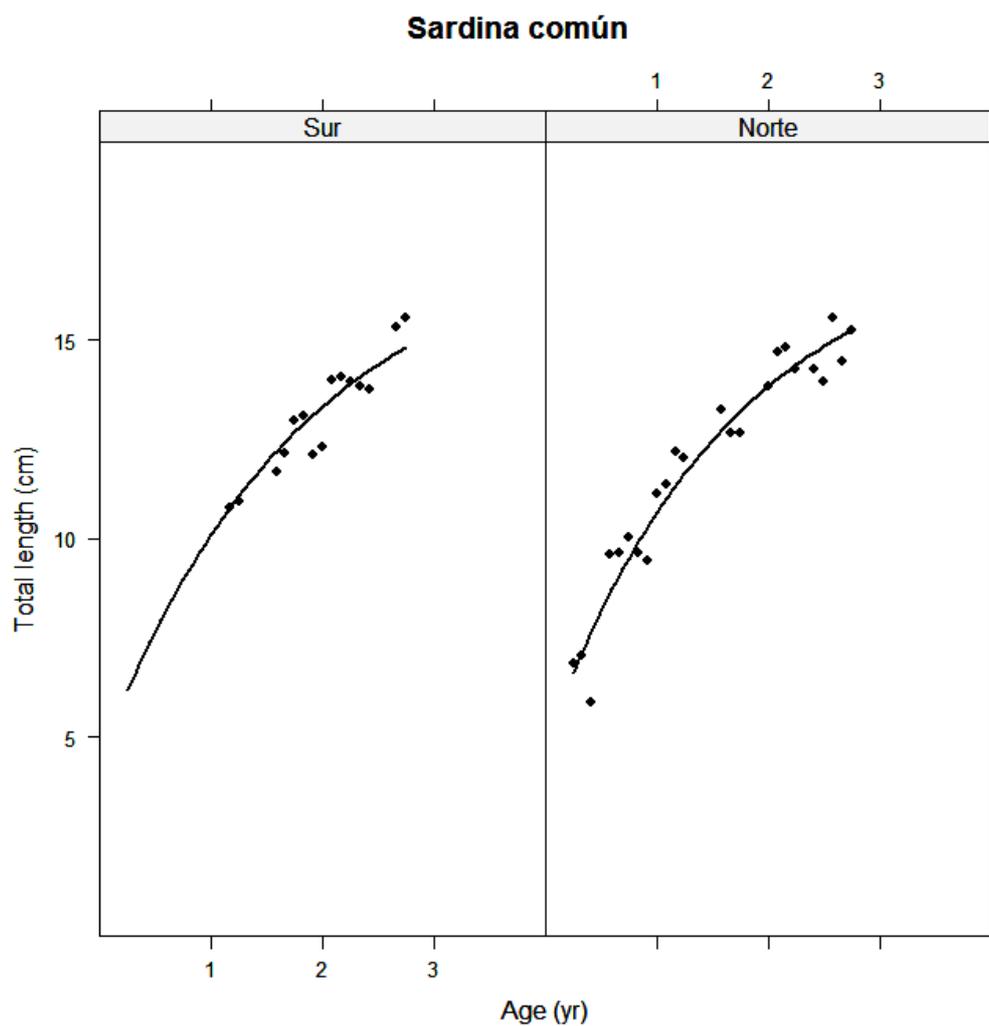


**Figura 13.** Longitud media y desviación estándar de cada grupo normal identificado con MIX en los datos de frecuencia de tallas mensuales de sardina común durante el 2007.



**Figura 14.** Longitud media y desviación estándar de cada grupo normal identificado con MIX en los datos de frecuencia de tallas mensuales de anchoveta durante el 2007.

El crecimiento en longitud se estudio considerando el modelo de Von Bertalanffy, y debido a que se cuenta con información incompleta en la zona sur, se utilizó modelos no-lineales mixtos para la estimación de los parámetros, considerando la zona como factor de agrupamiento. Se probó la estimación de parámetros con variación aleatoria en el coeficiente de crecimiento ( $K$ ), y en la longitud asintótica ( $L_{\infty}$ ). Los resultados, en el caso de la sardina se resumen en la **Figura 15**, donde se observa el ajuste del modelo a los datos de la zona sur y norte. Los parámetros se muestran en la **Tabla 13**.



**Figura 15.** Curva de crecimiento de Von Bertalanffy obtenida para la sardina común, año 2007.

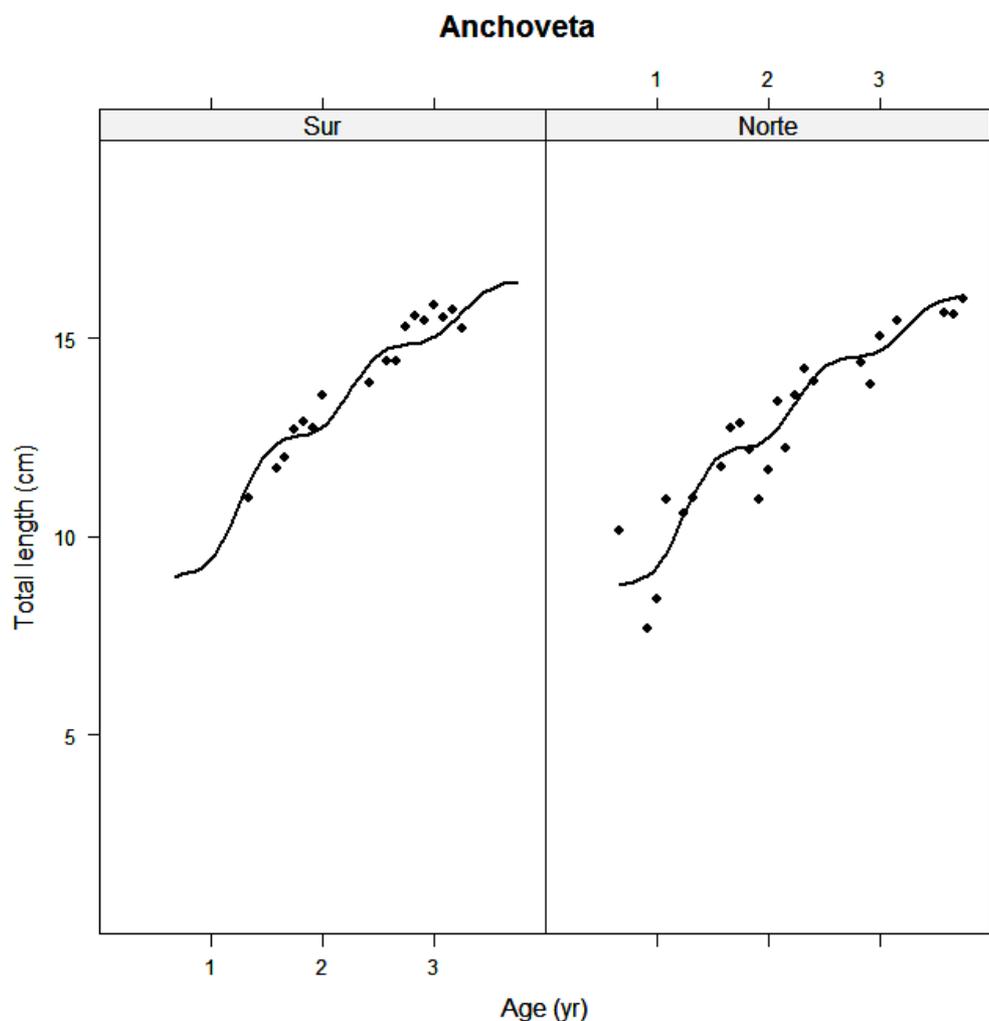
**Tabla 13.** Parámetros de crecimiento de sardina común, estimados mediante modelo no-lineal mixto.

	Conjunto	NLME ( $K$ aleatorio)	NLME ( $L_{\infty}$ aleatorio)
$L_{\infty}$	17,4 (1,333)	17,7 (1,194)	17,1 (1,127)
$K$	0,594 (0,148)	0,577 (0,122)	0,635 (0,138)
$t_0$	-0,563 (0,180)	-0,530 (0,149)	-0,494 (0,152)
Zona Norte	-	$K = 0,601$	$L_{\infty} = 17,4$
Zona Sur	-	$K = 0,553$	$L_{\infty} = 16,8$
AIC		86,324	87,304

En el caso de la anchoveta, el crecimiento es mejor descrito con el modelo de Von Bertalanffy que incluye oscilaciones estacionales en la tasa de crecimiento (**Figura 16**), cuyos parámetros son resumidos en la **Tabla 14**.

**Tabla 14.** Parámetros de crecimiento de anchoveta, estimados mediante modelo no-lineal mixto.

	Conjunto	NLME ( $K$ aleatorio)	NLME ( $L_{\infty}$ aleatorio)
$L_{\infty}$	20,1 (2,805)	22,7 (4,390)	19,4 (2,070)
$K$	0,356 (0,143)	0,258 (0,120)	0,395 (0,130)
$t_0$	-0,868 (0,437)	-1,311 (1,620)	-0,760 (0,203)
$C$	-	0,768 (0,406)	0,854 (0,388)
$WP$	-	0,266 (0,081)	0,276 (0,071)
Zona Norte	-	$K = 0,252$	$L_{\infty} = 19,2$
Zona Sur	-	$K = 0,264$	$L_{\infty} = 19,7$
AIC	-	96,88	95,59



**Figura 16.** Curva de crecimiento de Von Bertalanffy obtenida para la anchoveta, año 2007.

**d) Factor de condición**

Los parámetros de la relación longitud-peso se presentan en el **Anexo 4**. Los resultados del GAM para describir el ciclo estacional del Factor de Condición, se presentan en la **Tabla 15**. En tal sentido se observa que el factor de condición de anchoveta presenta un comportamiento de mayor estacionalidad

en la zona norte (42,9%) que en la zona sur (21,6%). Por otro lado, en sardina común se observa tendencias estacionales similares tanto en la zona norte (30,0%) como en la zona sur (29,7%) (**Figura 17**).

**e) Índice gonadosomático**

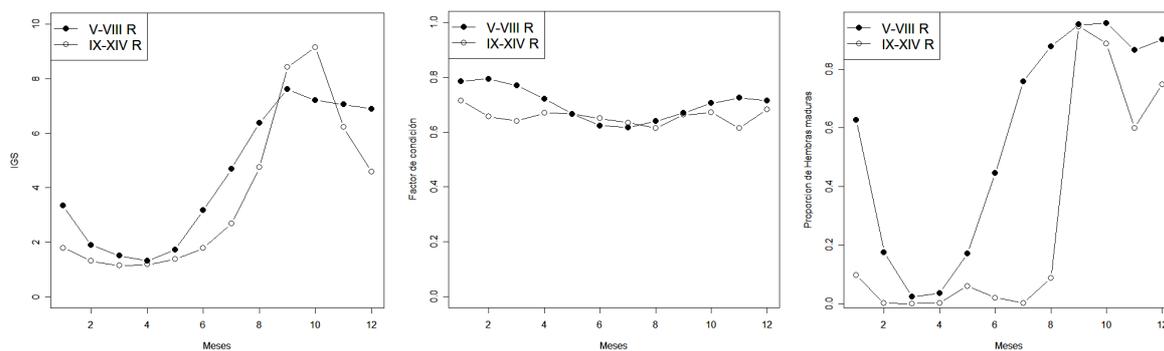
Se utilizó GAM para describir el ciclo estacional del IGS, y se agregó la proporción de hembras maduras (**Tabla 15**). En el caso de la anchoveta, el mes explica 60,4% del IGS en la V-VIII Región (zona norte) y 68 % en la IX-XIV Región (zona sur), observándose que en esta zona el IGS presenta un máximo en septiembre-octubre mientras que en la V-VIII Región presenta un máximo en septiembre, y permanece alto hasta diciembre. La proporción de hembras maduras revela que en la zona sur la época reproductiva se restringe principalmente a los meses de septiembre-octubre.

**Tabla 15.** Resumen del desempeño de los modelos GAM para explicar el ciclo estacional de los indicadores reproductivos, utilizando el mes como variable independiente.

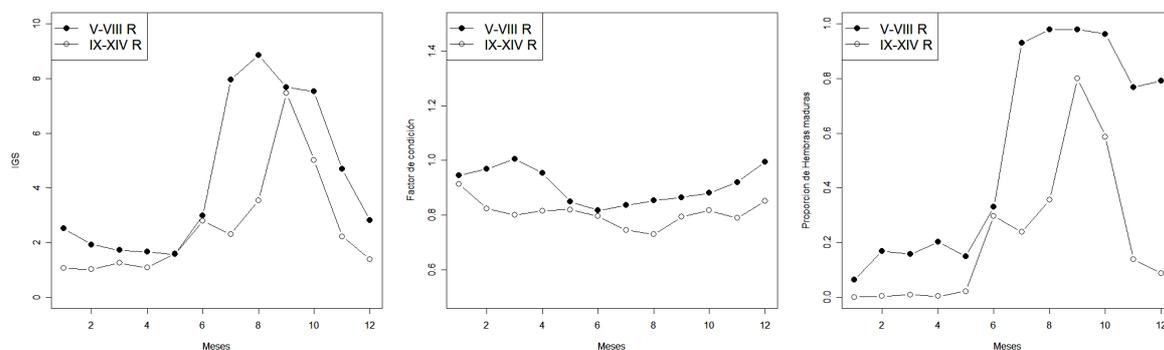
Especie	Indicador	Zona	R <sup>2</sup> -adj	GCV score	Deviance Explained (%)
Anchoveta	IGS	V-VIII R	0,603	4,191	60,4
		IX-XIV R	0,679	4,695	68,0
	Factor de Condición	V-VIII R	0,428	0,004	42,9
		IX-XIV R	0,214	0,003	21,6
	Prop. hembras maduras	V-VIII R	0,565	-0,289*	48,8
		IX-XIV R	0,657	-0,477*	58,9
Sardina común	IGS	V-VIII R	0,456	8,504	45,7
		IX-XIV R	0,433	5,252	43,4
	Factor de Condición	V-VIII R	0,299	0,008	30,0
		IX-XIV R	0,295	0,005	29,7
	Prop. Hembras maduras	V-VIII R	0,549	-0,327	47,8
		IX-XIV R	0,391	-0,277	37,9

En el caso de la sardina, el comportamiento del IGS y de la proporción de hembras maduras revela que en la zona norte (V-VIII Región) esta especie presenta una mayor amplitud y duración del periodo reproductivo, con máximos entre julio y octubre. En la zona sur, en cambio la máxima actividad reproductiva está restringida básicamente a septiembre y parte de octubre (**Figura 17**).

### Anchoveta



### Sardina común



**Figura 17.** Estacionalidad del IGS, Factor de Condición y Proporción de hembras maduras de anchoveta y sardina común, año 2007 (Fuente datos: FIP 2006-13).

### 9.1.3. Indicadores ecológicos

#### a) Ración diaria ( $R_d$ ):

La ración diaria mide la tasa de incorporación de alimento en un día para los ejemplares de una población. En su estimación, se considera la tasa de ingestión y la tasa de evacuación gástrica. Las estimaciones disponibles en la literatura están referidas al stock de anchoveta del Norte-Centro de Perú (**Tabla 16**), la cual varía entre 0,266 y 0,448  $g \cdot d^{-1}$ . Estas estimaciones se basan en la dinámica del contenido estomacal dentro de un día, sobre la base del modelo de [Sainsbury \(1986\)](#). Para el caso de la sardina común no existe información de su ración diaria, ni tasa de evacuación gástrica.

#### b) Razón consumo-biomasa (Q/B)

La razón consumo/biomasa (Q/B) mide el consumo relativo de una población en un periodo de tiempo dado, y se interpreta como la cantidad de biomasa consumida *per cápita*. Las estimaciones disponibles están basadas en la aplicación de modelos ecotróficos, y fluctúan entre 7 y 28,8 para el caso de la anchoveta y entre 12 y 24,5 para la sardina común (**Tabla 17**).

**Tabla 16.** Estimaciones de la tasa de ingestión, tasa de evacuación gástrica y ración diaria de la anchoveta en el stock Norte-Centro de Perú ( $4^{\circ}S-14^{\circ}S$ ).

Estación	Año	Tasa de ingestión ( $g \cdot h^{-1}$ )	Tasa de Evacuación ( $h^{-1}$ )	Ración diaria ( $g \cdot d^{-1}$ )	Periodo de alimentación	Fuente
Agrupadas	1954-82	0,034	0,152	0,448	11:55-23:45	<a href="#">Pauly et al. (1989)</a>
	1996-03	-	-	-	07:00-18:00	<a href="#">Espinoza y Bertrand (2008)</a>
Verano	1997	0,048	0,090	0,439	10:09-19:20	<a href="#">Alamo et al. (1997)</a>
Invierno-Primavera	1997	0,045	0,081	0,443	09:23-19:00	<a href="#">Alamo y Espinoza (1998)</a>
Otoño	1998	0,016	0,165	0,266	09:58-02:48	<a href="#">Espinoza et al. (1998a)</a>
Fines de invierno	1998	0,019	0,133	0,325	11:00-04:00	<a href="#">Espinoza et al. (1998b)</a>
Primavera-verano	1999	-	-	0,445	09:00-18:50	<a href="#">Espinoza et al. (2000)</a>

**Tabla 17.** Estimaciones de la razón consumo/biomasa (Q/B) disponibles para sardina común y anchoveta de la zona central de Chile.

Lugar	Sardina común		Anchoveta		Fuente
	juveniles	adultos	juveniles	adultos	
Chile central	14,5	18,8	7,0	21,2	<a href="#">Arancibia et al. (2002)</a>
Chile central	15,0	12,0	15,0	12,0	<a href="#">Neira et al. (2004)</a>
Chile central	-	24,5	-	28,8	<a href="#">Neira y Arancibia (2004)</a>

**c) Nivel trófico (NT)**

El nivel trófico es un indicador de la posición trófica de una especie en el ecosistema, y se mide en términos de la composición del alimento. En general, a los productores primarios y al detritus se asigna el nivel trófico basal (NT = 1), y para los grupos funcionales heterotróficos el nivel trófico se calcula como un promedio ponderado de la posición trófica de sus presas en el contenido estomacal.

En la mayoría de los estudios de tramas tróficas realizados en Chile, consideran que en la dieta de sardina común y anchoveta predomina el fitoplancton, obteniendo por consiguiente, en todos los casos valores similares de NT. [Arancibia et al. \(2002\)](#), utiliza NT = 2 tanto para sardina común como para anchoveta en los modelos ecotróficos de Chile central, al considerar que la dieta en peso de estas especies está constituida en 98% de fitoplancton y 2 % de zooplancton. Posteriormente, [Neira y Arancibia \(2004\)](#), consideran una dieta compuesta por 90% de fitoplancton, 5% de mesozooplancton y 5% de macrozooplancton y estiman NT = 2,14 para ambas especies. No obstante [Medina et al. \(2007\)](#), sobre la base de un modelo trófico realizado para el norte de Chile, reporta valores diferenciados de NT para el caso de los pelágicos pequeños de este sistema. Para el caso de anchoveta en el Perú, [Alamo et al. \(1996\)](#) reportan NT = 2,9, considerando una dieta predominantemente zooplantofaga. Para el caso de la sardina española *Sardinops sagax* estos autores estiman NT = 2,3 basados en una composición alimentaria de 26% de zooplancton y el 74 % de fitoplancton.

Se destaca que al considerar a la pesca como un depredador más del sistema, cuya dieta corresponde a las especies capturadas, el nivel trófico ha sido propuesto como un índice de impacto de la pesca en la trama tróficas marinas ([Pauly et al. 1998](#)), siendo utilizado con estos fines por una variedad de autores ([Moloney et al. 2005](#), [Arancibia y Neira 2005](#), [Milessi et al. 2005](#)).

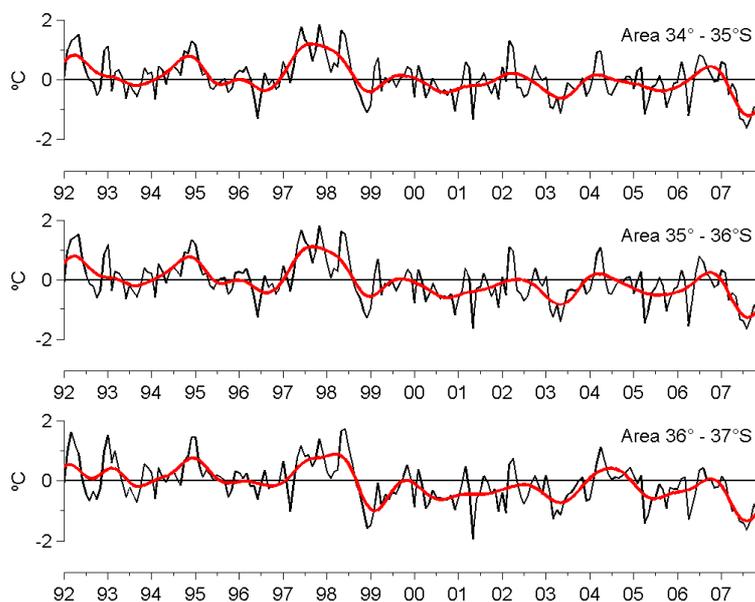
#### **d) Razón producción-biomasa (P/B)**

Las estimaciones para este indicador están en ejecución. Es una tasa que expresa el crecimiento individual de masa corporal (Roa y Quiñones 1998). Debido a la dificultad de medir esta tasa de forma experimental se han desarrollado una serie de métodos indirectos que la estiman y la extrapolan al nivel poblacional, siendo relacionada con una variedad de procesos fisiológicos y ecológicos. Allen (1971) desarrolla aproximaciones donde la mortalidad y las tasas de crecimiento son los factores que determinan la razón P/B, existiendo variados modelos matemáticos a utilizar de acuerdo a la combinación de funciones de mortalidad y crecimiento.

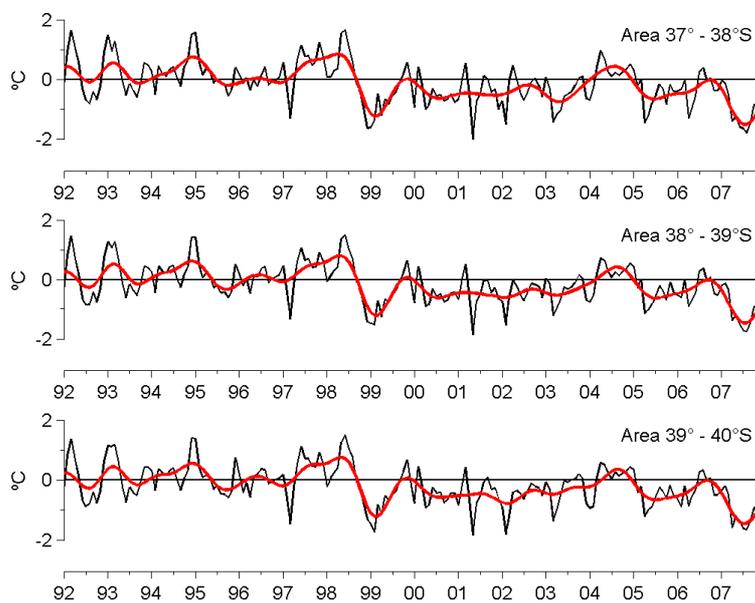
#### **9.1.4. Indicadores ambientales**

##### **a) Temperatura superficial del mar**

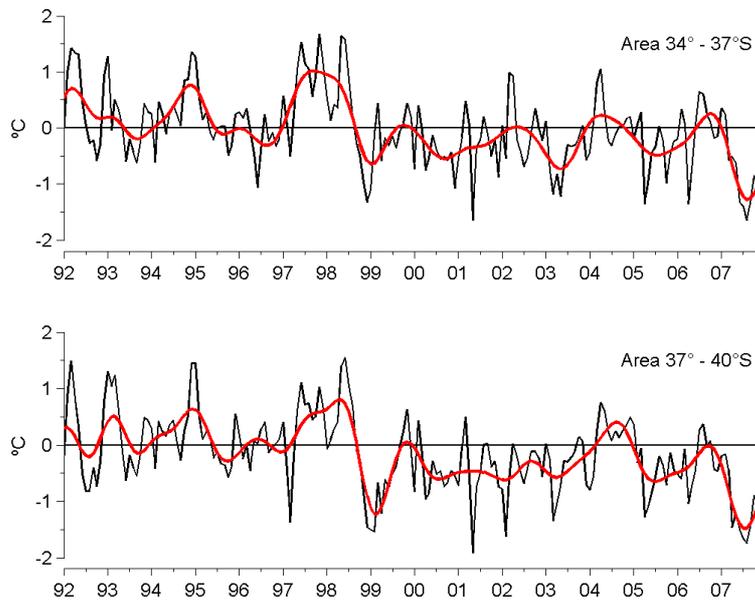
El análisis de las series temporales de TSM muestra expresiones de las señales cálidas y frías en las seis áreas de estudio, donde las señales cálidas se debilitan hacia el sur mientras que las frías se intensifican (Figura 18 y 19). Desde el año 1992 hasta fines del año 1998 es un periodo representado en su mayoría por anomalías positivas para dar paso a un periodo con una mayor prevalencia de anomalías negativas (1999-2007). Las series que representan las dos macrozonas (Figura 20) muestran el mismo comportamiento, esto es, un periodo representado principalmente por anomalías positivas al comienzo de la serie (1992-1998) y otro con anomalías negativas (1999-2007).



**Figura 18.** Series de tiempo de anomalías de la temperatura superficial del mar (34°-35°S, 35°-36°S y 36°-37°S).



**Figura 19.** Series de tiempo de anomalía de la temperatura superficial del mar (37°-38°S, 38°-39°S y 39°-40°S).

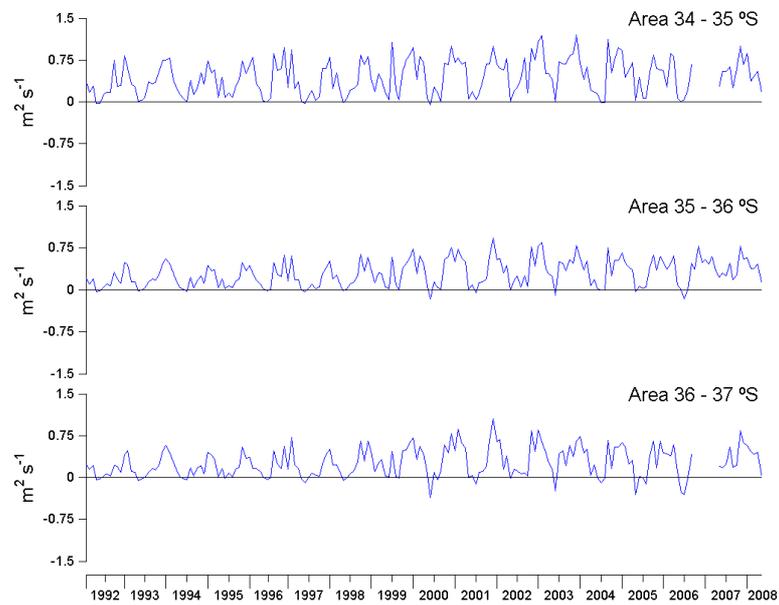


**Figura 20.** Series de tiempo de anomalía de la temperatura superficial del mar (34°-37°S y 37°-40°S).

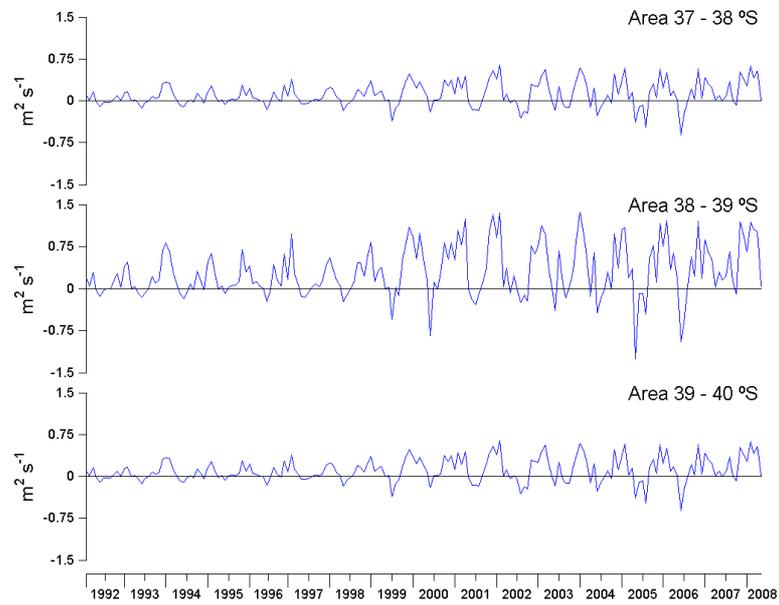
**b) Campo de viento superficial**

Las **Figuras 21, 22 y 23** muestran el transporte de Ekman calculado por medio de las series de vientos para las seis áreas de estudio y las dos macrozonas. Las series ubicadas al norte de los 37°00'S (**Figura 21**) muestran un comportamiento similar, esto es, un marcado ciclo estacional del transporte con valores altos en la época estival y bajos valores en la época invernal y principalmente con valores positivos lo que da cuenta de un transporte neto costa afuera, corroborado por el esfuerzo del viento (**Figura 24**), el que se distribuye principalmente del sur y sur-oeste. Las series al sur de los 37°00'S (**Figura 22**) presentan una mayor variabilidad lo que se ve reflejado en una mayor presencia de los valores negativos del transporte (hacia la costa) y que es reforzado por los valores de esfuerzo del viento (**Figura 25**) donde aparece una fuerte alternancia de vientos desde el sur y sur-oeste durante la época estival y vientos del noreste en la época invernal.

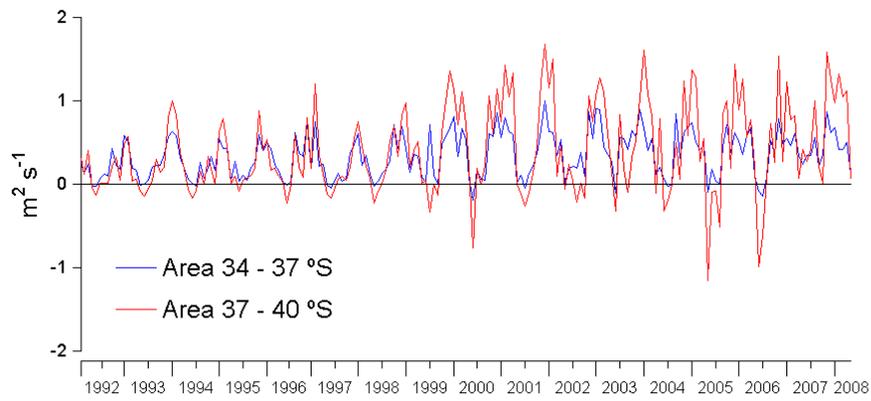
El análisis del transporte y esfuerzo del viento de las dos macrozonas (**Figuras 23 y 26**) muestra que el transporte al norte de los 37°00'S es principalmente costa afuera con un marcado ciclo estacional y con esfuerzo del viento principalmente del sur y sur-oeste, mientras que al sur de los 37°00'S cobran importancia los vientos del noreste generando transporte hacia la costa en la época invernal.



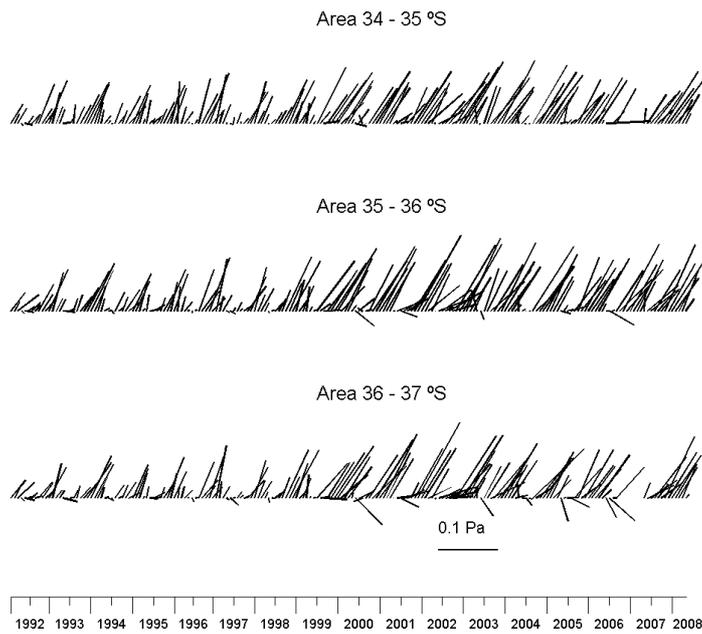
**Figura 21.** Series de tiempo de transporte de Ekman ( $34^\circ$ - $35^\circ\text{S}$ ,  $35^\circ$ - $36^\circ\text{S}$  y  $36^\circ$ - $37^\circ\text{S}$ ).



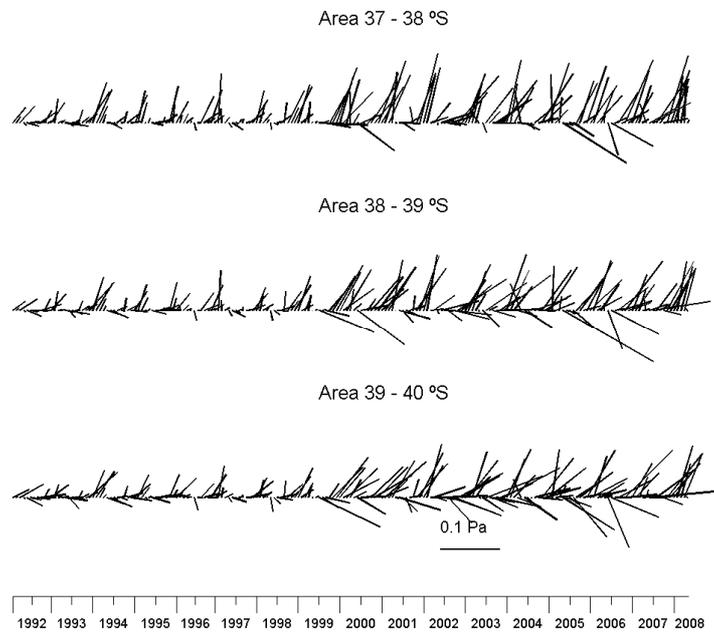
**Figura 22.** Series de tiempo de transporte de Ekman ( $37^\circ$ - $38^\circ\text{S}$ ,  $38^\circ$ - $39^\circ\text{S}$  y  $39^\circ$ - $40^\circ\text{S}$ ).



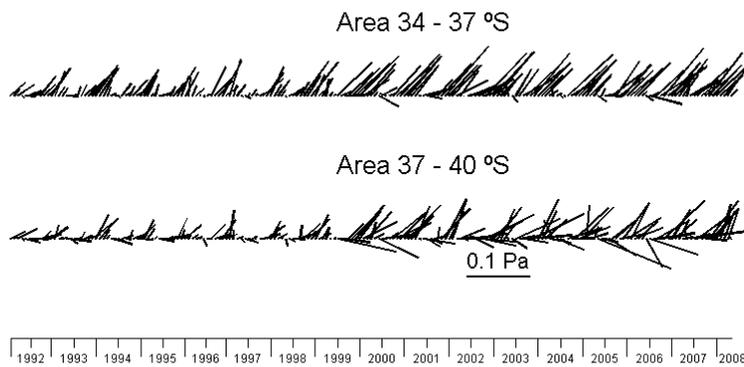
**Figura 23.** Series de tiempo de de transporte de Ekman (34°-37°S y 37°-40°S).



**Figura 24.** Series de tiempo de esfuerzo del viento (34°-35°S, 35°-36°S y 36°-37°S).



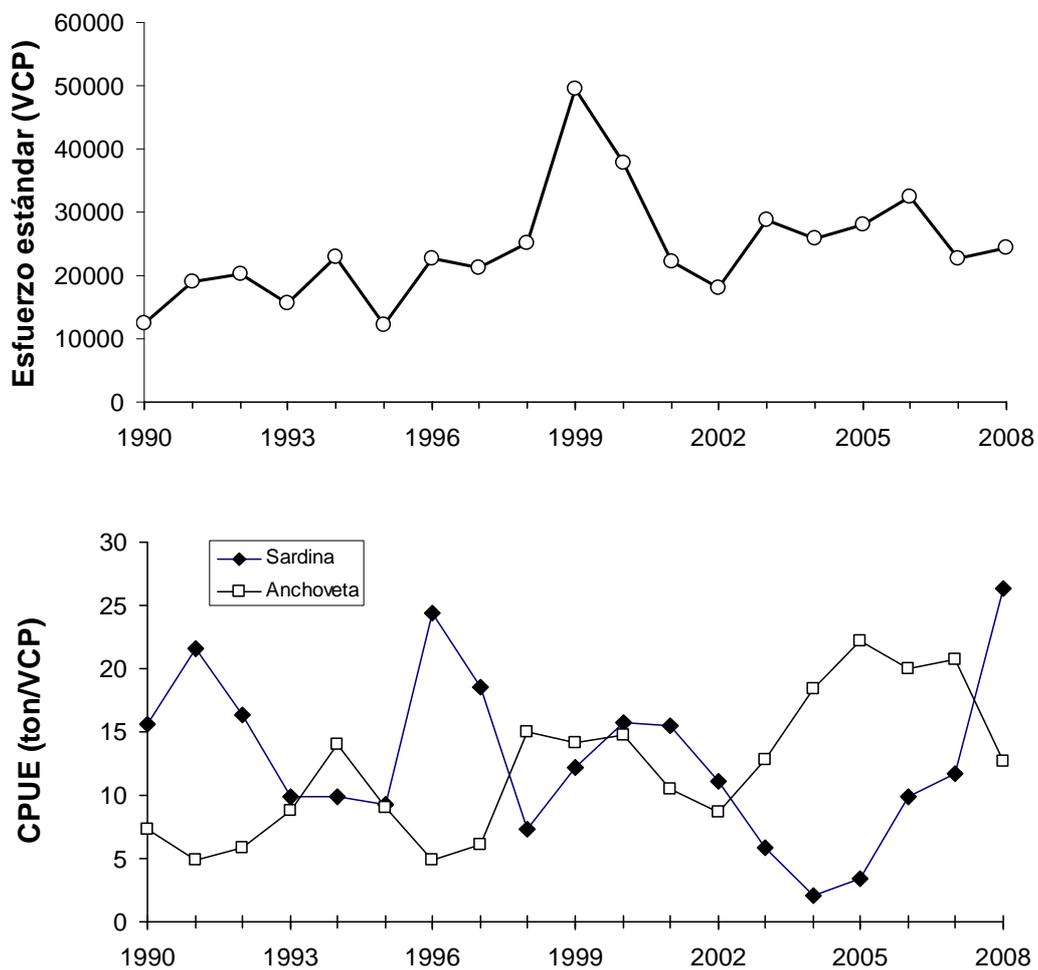
**Figura 25.** Series de tiempo de esfuerzo del viento (37°-38°S, 38°-39°S y 39°-40°S).



**Figura 26.** Series de tiempo de esfuerzo del viento (34°-37°S y 37°-40°S).

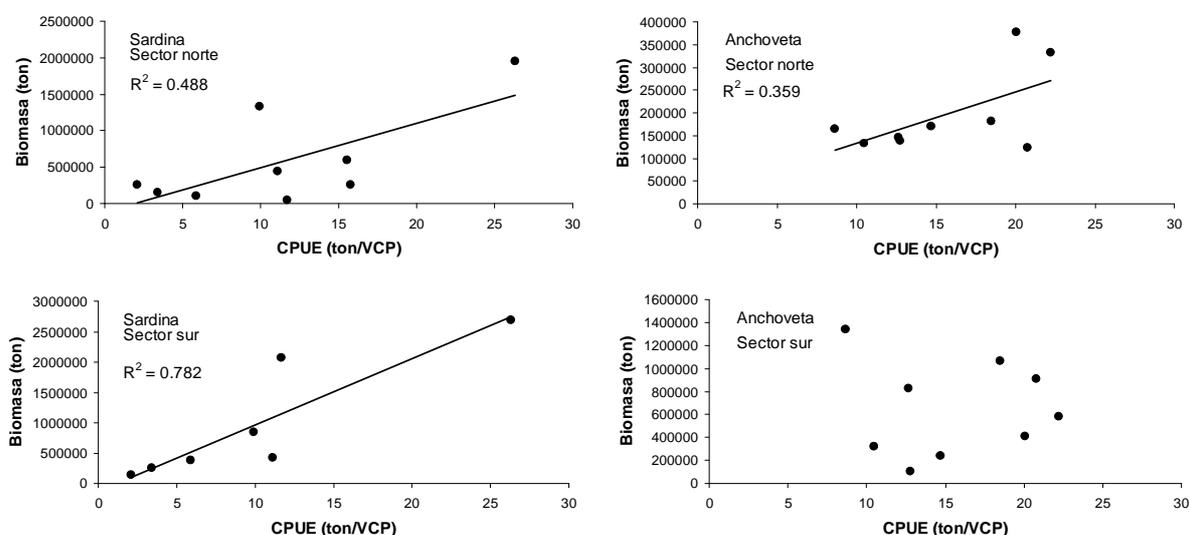
### 9.1.5. Evaluación del desempeño de los indicadores para evaluar el impacto de la pesca

Con el objeto de evaluar el desempeño de los indicadores, se consideró los indicadores disponibles para el área de estudio (Zona Sur: 38°20'S-40°S), y que además son más fáciles de interpretar y contrastar. Se utilizó datos de esfuerzo de pesca estándar, que corresponden a viajes con pesca, y captura por unidad de esfuerzo (Fig. 27). Estos indicadores han sido facilitados por el Instituto de Investigación Pesquera, y han sido obtenidos según metodología descrita por Cubillos et al. (1998a) y actualizados a junio de 2008.



**Figura 27.** Esfuerzo de pesca estándar medido en viajes con pesca (arriba), y captura por unidad de esfuerzo promedio anual de sardina común y anchoveta (abajo), zona centro-sur (1990-junio de 2008).

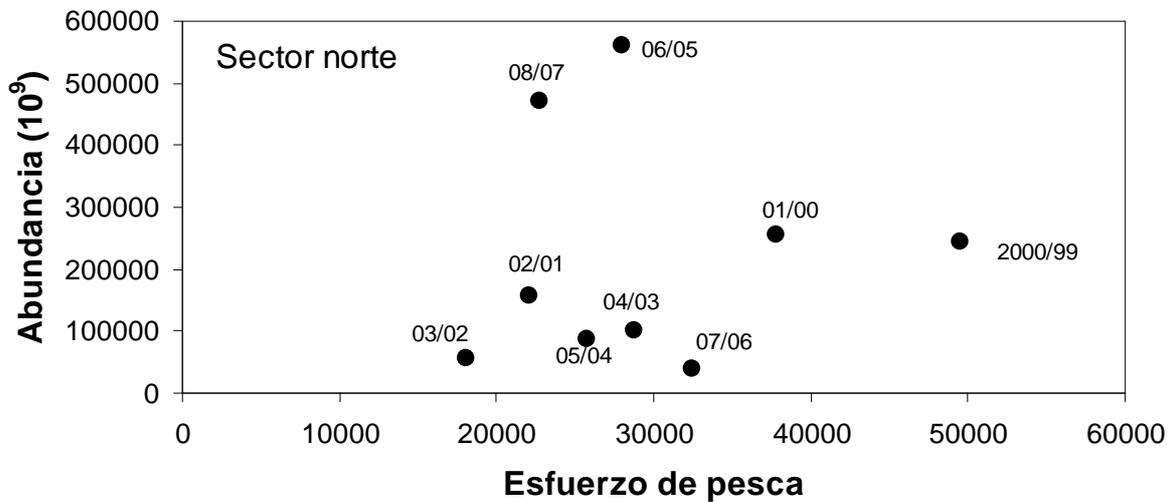
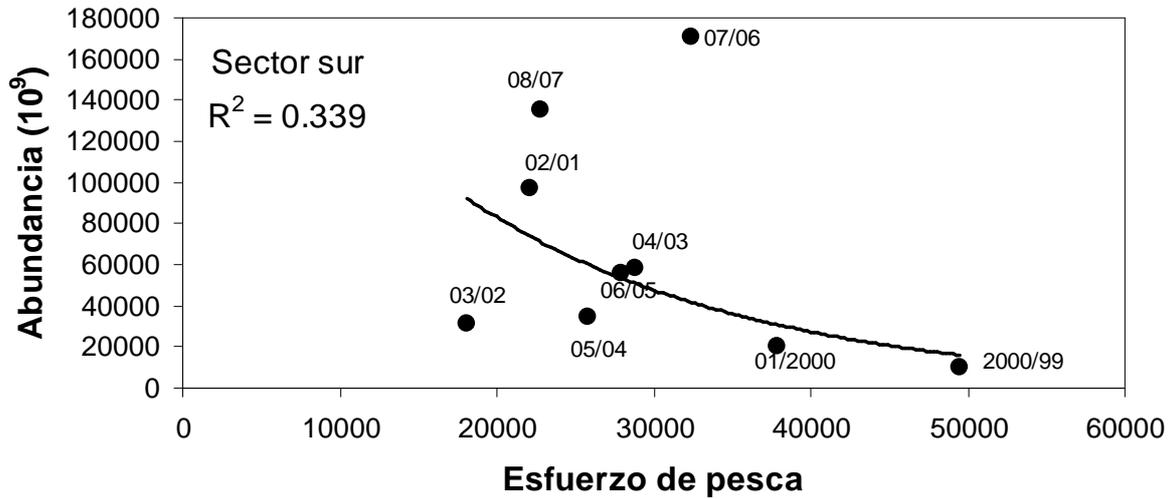
El índice de CPUE debe estar relacionado con los índices de abundancia o biomasa, de tal manera que se estableció la relación existente entre ambos (**Fig. 28**). En el caso de la sardina común, la biomasa evaluada acústicamente explica 48,8% ( $p = 0,036$ ) de los cambios en la CPUE en el sector norte y 78,2% ( $p < 0,01$ ) en la zona sur. A su vez, en el caso de la anchoveta solamente hay una relación directa baja y no significativa entre la CPUE y la biomasa en la zona norte ( $r^2 = 0,359$ ;  $p = 0,088$ ), mientras que en la zona sur no existe relación alguna.



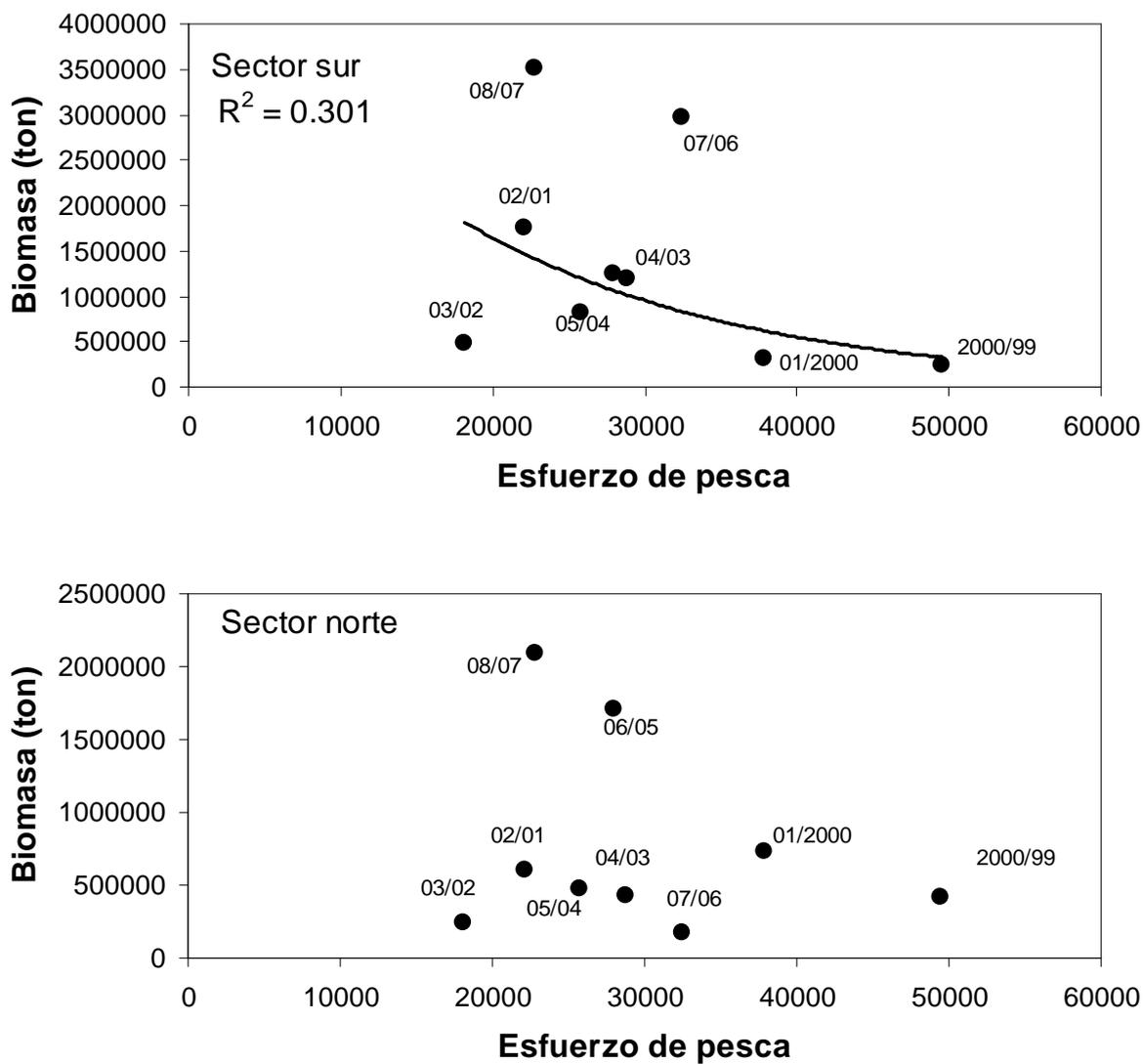
**Figura 28.** Relación entre la biomasa de sardina común y anchoveta (cruceos de evaluación acústica) y la CPUE promedio de sardina común y anchoveta (2000 -2008).

### a) Abundancia y biomasa

En términos del esfuerzo de pesca y su impacto en la abundancia y biomasa, solamente se encontró una relación negativa entre el esfuerzo de pesca del año anterior y la abundancia (y biomasa) del año siguiente para ambas especies en conjunto en la zona sur (**Fig. 29** y **30**). Aunque la relación no es significativa, podría indicar que la intensidad de pesca ejercida en un año dado impacta la abundancia (biomasa) de ambas especies al año siguiente. A su vez, la ausencia de relación entre la abundancia (biomasa) y el esfuerzo de pesca en la zona norte se debe a que el indicador poblacional está relacionado con el reclutamiento, cuya explicación debe encontrarse más bien en indicadores ambientales que impactan el periodo comprendido entre el desove y el reclutamiento.



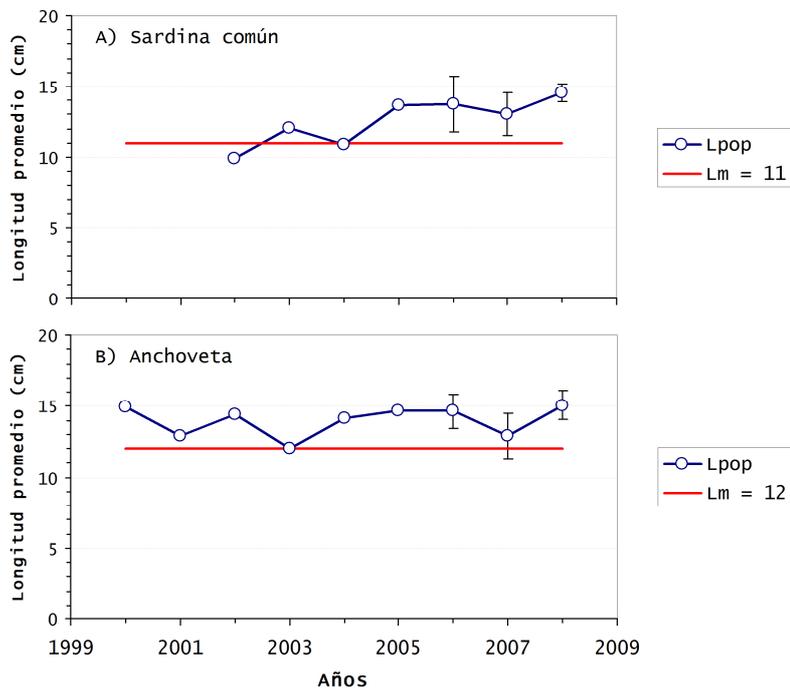
**Figura 29.** Relación entre la abundancia conjunta de sardina común y anchoveta (cruceos de evaluación acústica) y el esfuerzo de pesca ejercido el año anterior. Los número indican años.



**Figura 30.** Relación entre la biomasa conjunta de sardina común y anchoveta (cruceos de evaluación acústica) y el esfuerzo de pesca ejercido el año anterior. Los número indican años.

**b) La talla promedio es mayor que la talla media de madurez sexual.**

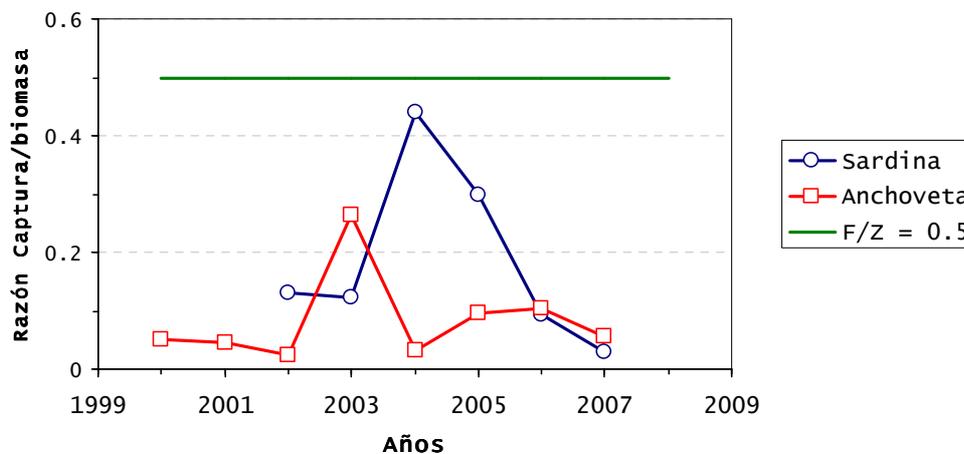
En el sector sur (Regiones IX a XIV), la talla promedio de sardina común y anchoveta es significativamente mayor que la talla media de madurez sexual en los últimos tres años, excepto en el 2007 para el caso de la anchoveta (**Figura 31**). En consecuencia, la fracción de la población que se distribuye al sur de la Isla Mocha está compuesta esencialmente por ejemplares adultos.



**Figura 31.** Cambios en la longitud promedio de sardina y anchoveta en la fracción de la población que se distribuye desde el sur de la Isla Mocha hasta Punta Galera (38°20'S-40°S).

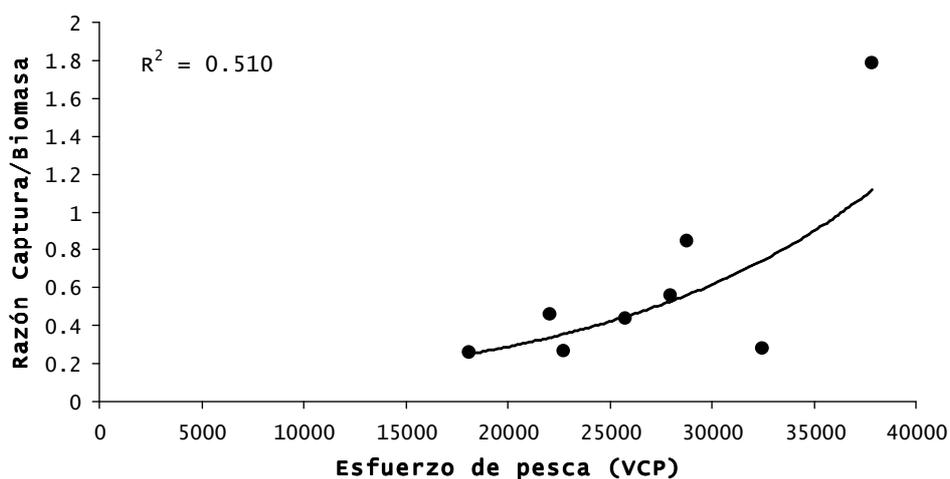
**c) La razón captura:biomasa es menor que el punto límite de referencia  $F/Z = 0,5$**

Esta condición se demuestra en la **Figura 32**, donde se observa que en los dos últimos años de la serie (2006 y 2007), la fracción removida por la pesca es menor al 10% en el estrato geográfico contemplado. Además, históricamente nunca sobrepasa el 50%. Aunque la razón captura:biomasa no expresa una tasa de explotación *per se* (incluye la tasa de crecimiento en peso de los ejemplares), se postula que es probable que la razón captura en número/abundancia debería dar resultados similares en este caso. Estos aspectos deben ser tomados en cuenta en su momento.



**Figura 32.** Razón captura:biomasa de sardina y anchoveta en la zona sur.

Se destaca que la razón captura-biomasa ponderada se correlacionó positivamente con el esfuerzo de pesca estándar ( $r^2 = 0,51$ ;  $p = 0,048$ ; **Fig. 33**), y por lo tanto refleja la intensidad de explotación total que está siendo aplicada.



**Figura 33.** Razón captura:biomasa de sardina y anchoveta total y su relación con el esfuerzo de pesca estándar (2000-2007).

De acuerdo con los indicadores analizados, se plantea que éstos revelan un patrón persistente en términos espacio-temporales, y que para la zona de interés (IX y XIV Regiones) se resume en:

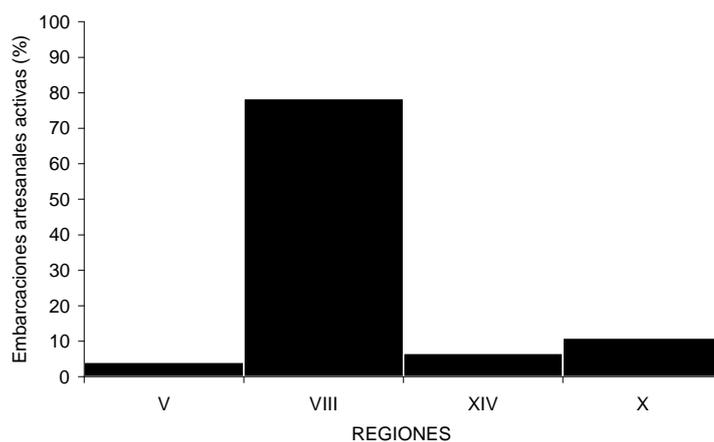
- La abundancia (biomasa) está sustentada en ejemplares adultos, con tallas mayores a la longitud media de madurez.
- Las capturas son bajas comparadas con la biomasa ( $\ll 50\%$ ).
- El crecimiento en longitud y talla de madurez similar a la zona norte (V-VIII Región)
- El desove de ambas especies comienza en la zona centro (V-VIII Región), y luego en la zona sur (IX-XIV Región).
- El desove es más importante en la zona sur (IX-XIV Región).
- El esfuerzo de pesca afecta negativamente a la fracción adulta que se distribuye en la zona sur, un año después.
- La CPUE de sardina se relaciona mejor con la biomasa de la fracción adulta (zona sur), aunque también con la biomasa que recluta en la zona norte.
- La CPUE de anchoveta se asocia mejor con la biomasa de la fracción que recluta en la zona norte.

## 9.2. Indicadores de la actividad pesquera

### 9.2.1. Indicadores técnico-operacionales

#### a) Subsector artesanal

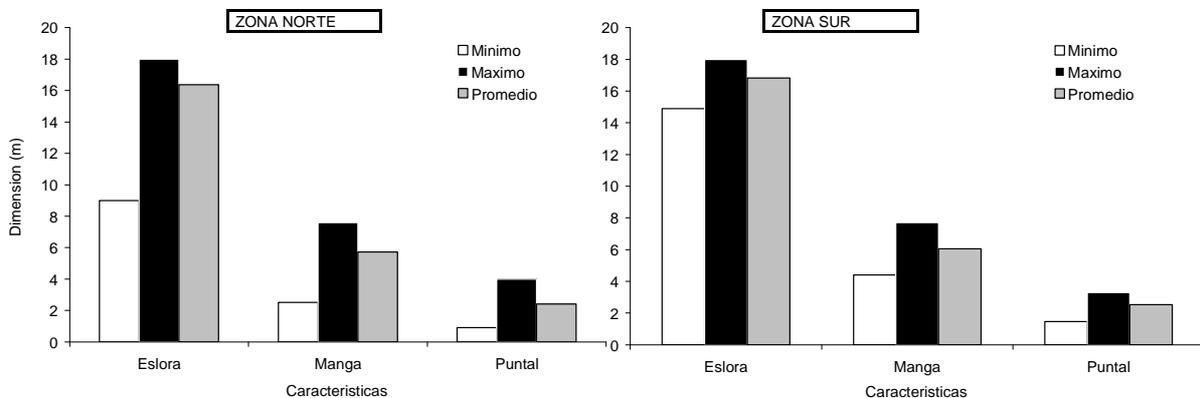
- **Composición de la flota:** Con base a la información obtenida tanto de encuestas como del seguimiento de la flota realizado por el Instituto de Fomento Pesquero (Pesquerías Pelágicas - IFOP), se observó que durante el año 2007, un total de 360 embarcaciones pertenecientes a la flota de cerco artesanal ejercieron actividad en la zona Centro-Sur, concentrando el esfuerzo en las Regiones VIII, X, XIV y V (79%, 10%, 7% y 4%, respectivamente) (**Figura 34**). En la VIII región, el mayor número de embarcaciones se registró en Talcahuano (139) y Coronel (135), siendo marginal en San Vicente (11) y Lota (1). En la XIV Región, se ubicaron en Corral (16) y Valdivia (8). Por su parte, en la X Región la flota se concentró en las caletas San Rafael (23), Calbuco (9) y Chinquihue (8). En San Antonio, existe una flota artesanal (activa) constituida por aproximadamente 15 embarcaciones (**Anexo 2**)



**Figura 34.** Distribución de la flota artesanal de cerco con actividad durante el año 2007.

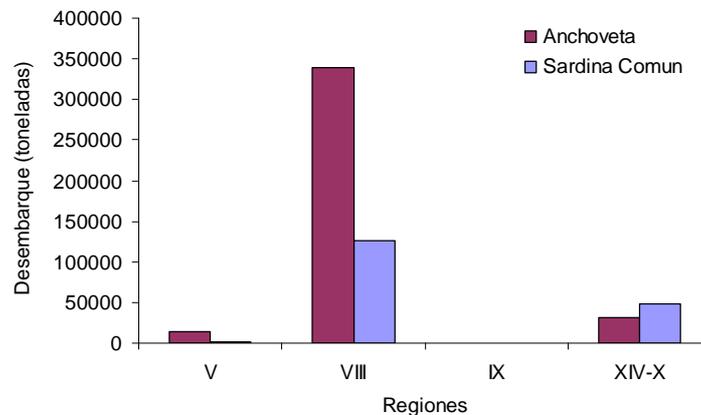
Respecto a las características físicas de las embarcaciones artesanales que ejercieron actividad de pesca durante el año 2007; la capacidad de bodega (CB) del total de la flota, fluctuó de 3 a 109 m<sup>3</sup> (69 m<sup>3</sup> promedio), el tonelaje de registro grueso osciló entre 5,0 y 50,0 (39,6 TRG promedio), la eslora entre 9,0 y 18,0 m (16,3 m promedio) y la potencia continua entre 19 y 552 HP, con un promedio de 329 HP. No se contó con la longitud de la relinga superior, ya que en la encuesta artesanal no fue incluida como consulta. No obstante, se revisó la literatura y un resumen de las características físicas de la flota artesanal se presenta en el **Anexo 2**. En la Zona Norte (VIII región), la capacidad de bodega presentó un valor promedio de 72 m<sup>3</sup>, registrándose pequeñas variaciones entre puerto de origen (Talcahuano 78 m<sup>3</sup>, San Vicente 89 m<sup>3</sup>, Coronel 64 m<sup>3</sup>, Lota 79 m<sup>3</sup>). El tonelaje de registro grueso presentó un valor promedio de

40,4 TGR con valores máximos de 50 TGR y mínimos de 5 y 7 TGR registrados en Coronel y Talcahuano, respectivamente. Los rasgos de dimensión en las embarcaciones registraron valores promedio de 16,4 m en eslora, 5,7 m en manga y 2,4 m en puntal (**Figura 35**). Por otro lado, en la Zona Sur (XIV región), la capacidad de bodega presento un valor promedio de 80 m<sup>3</sup>, registrándose una significativa diferencia entre los puertos monitoreados (Valdivia 69,0 m<sup>3</sup>, Corral 86,0 m<sup>3</sup>). El tonelaje de registro grueso presento un valor promedio de 47,0 TGR con valor máximo de 50,0 TGR y mínimo de 33,9 TGR registrado en Valdivia. Los rasgos dimensionales de las embarcaciones registraron valores promedio de 16,8 m en eslora, 6,1 m en manga y 2,5 m en puntal (**Figura 35**).



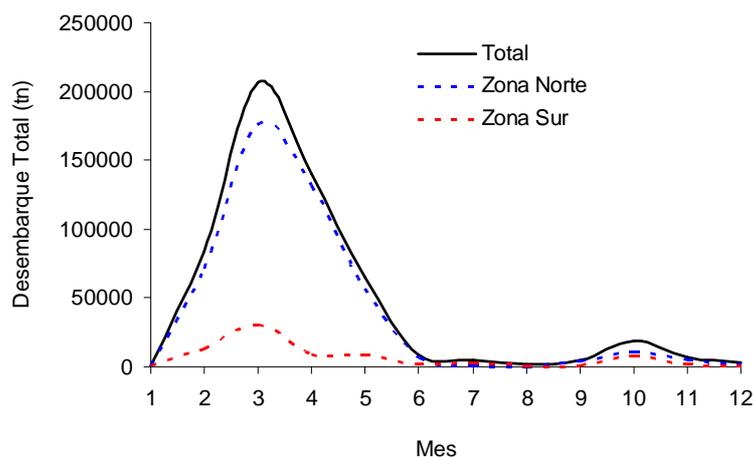
**Figura 35.** Dimensión de Eslora, Manga y Puntal en las embarcaciones artesanales participantes en la pesquería de sardina y anchoveta durante el año 2007. Zona Norte (VIII región) y Zona Sur (XIV región)

- **Capturas totales:** De acuerdo con información oficial (SERNAP), en el 2007 las capturas totales de sardina común y anchoveta fue del orden de 550 mil toneladas. De éstas, 97,3% corresponde al aporte del subsector artesanal en la zona centro – sur (**Figura 36**).



**Figura 36.** Desembarque de la flota artesanal en la zona centro-sur de Chile, año 2007 (Fuente: SERNAP).

El análisis de las capturas mensuales en la zona de estudio indica que la actividad extractiva artesanal se centra en dos periodos (para las dos zonas de estudio) (**Figura 37**). Un primer periodo referido a los meses de febrero, marzo y abril; en el cual se captura el mayor porcentaje de la cuota total asignada, 431 mil toneladas correspondientes al 79,2% del total capturado en el año 2007 (**Tabla 18**), y un segundo periodo durante el segundo semestre, con máximos en octubre.



**Figura 37.** Desembarque artesanal de sardina y anchoveta en el año 2007 (Fuente: SERNAP).

**Tabla 18.** Porcentaje de captura mensual del total registrado en el 2007 (Fuente: SERNAP).

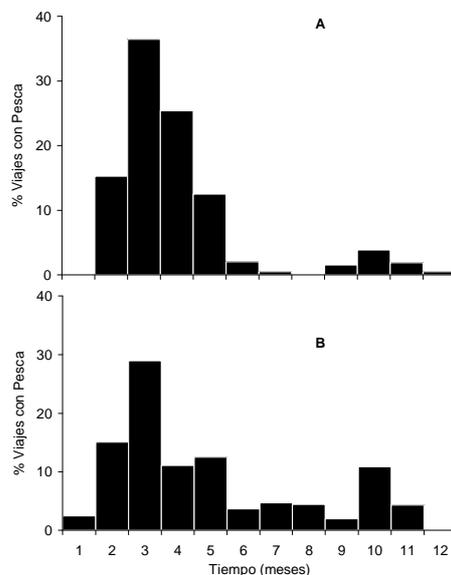
Mes	Zona Norte	Zona Sur	Total
Ene	0,01	0,76	0,12
Feb	15,21	16,71	15,43
Mar	37,86	38,12	37,90
Abr	28,32	10,55	25,72
May	12,11	11,21	11,97
Jun	1,49	2,41	1,62
Jul	0,29	3,92	0,82
Ago	0,09	1,75	0,33
Sep	0,90	1,29	0,95
Oct	2,35	9,45	3,39
Nov	1,00	2,39	1,20
Dic	0,38	1,44	0,54
<b>Total (ton)</b>	<b>465836</b>	<b>79795</b>	<b>545631</b>

En la zona norte, el 81,4% de las capturas se efectuaron durante el primer periodo y solamente 4,3% de la cuota en el segundo periodo). En la zona sur, en el primer periodo se capturó el 65,4% y en el segundo periodo 13,1%. La mayor actividad registrada durante el primer periodo está asociada con una mayor

abundancia y disponibilidad del recurso. En los meses de invierno la actividad decae, producto principalmente de condiciones climáticas desfavorables para la pesca y a la veda reproductiva establecida como una de las medidas de regulación (julio-septiembre). La poca actividad del segundo periodo podría estar principalmente asociada a los remanentes de cuota de pesca que limitan la actividad extractiva y no a una posible disminución de la abundancia del recurso.

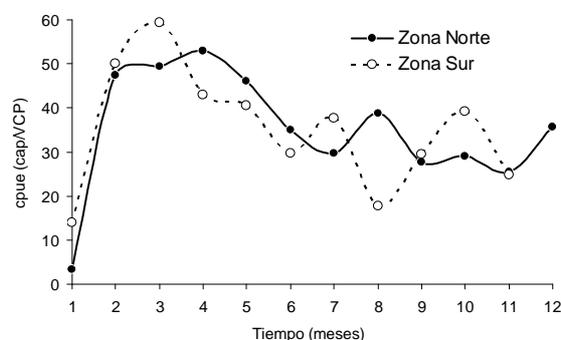
- **Esfuerzo de pesca:** El esfuerzo ejercido por la flota artesanal durante el año 2007, fue medido a través del número de viajes con pesca (VCP) registrado por el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA). En la zona norte, el esfuerzo total fue equivalente a 9809 viajes de pesca oficialmente registrados, el 51,8% del total de viajes de la temporada se realizó durante el primer trimestre del año (0,1% en enero, 15,2% en febrero y 36,4% en marzo) y el 39,9% durante el segundo trimestre de extracción (abril a junio), es decir, durante el primer semestre del año se efectúa el 91,7% de los viajes de pesca de la temporada. Es preciso mencionar que la actividad extractiva comercial comienza oficialmente a finales del mes de febrero (después del periodo de veda de reclutamiento) (**Figura 38**).

En la zona sur, los viajes de pesca oficialmente registrados durante la temporada extractiva 2007 alcanzó un total de 1772. El 73,7% del total de viajes se realizó durante el primer semestre de extracción (46,5% en el primer trimestre y 27,2% en el segundo trimestre), y un 26,3% durante el segundo semestre, dicho porcentaje muy superior al 8,3% registrado en la zona norte para el segundo semestre (**Figura 38**).



**Figura 38.** Fracción de los viajes de pesca realizados durante la temporada extractiva 2007. A) Zona norte, y B) Zona sur.

- **Captura por unidad de esfuerzo:** La captura por unidad de esfuerzo fue estimada de manera total, incluyendo la captura conjunta de las especies, debido a la dificultad de poder separar el esfuerzo dirigido sobre cada recurso. La medida de esfuerzo se centro en los viajes de pesca realizados por la flota artesanal y la captura registrada en los desembarques esto con una temporalidad mensual. En la zona norte, los mayores valores de CPUE se presentan al inicio de la temporada de pesca (febrero a abril), con un máximo en el mes de abril (53,0 t/vp); a partir de este mes se observa una disminución paulatina de la CPUE ligada principalmente al termino de las cuotas de captura y secundariamente por inicio de la estación de invierno que imposibilita muchas veces la actividad pesquera por malas condiciones ambientales (**Figura 39**).

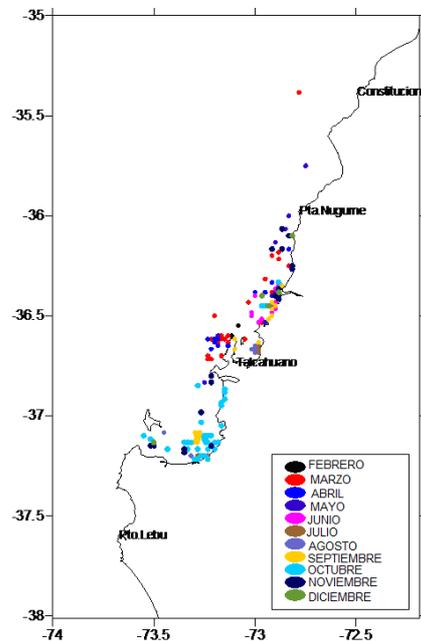


**Figura 39.** Captura por unidad de esfuerzo (cpue), donde la medida de esfuerzo se centro en viajes con pesca mensuales.

En la zona sur, se observa una tendencia similar a la registrada en la zona norte, es decir, altos valores de CPUE al inicio de la temporada, con un máximo en el mes de marzo (59,3 t/vp), y una disminución marcada para el segundo semestre de la temporada de pesca. Sin embargo, los valores del segundo semestre para la zona sur parecen no ser tan bajos como en la zona norte, posiblemente producto de remanentes de pesca mayores (**Figura 39**).

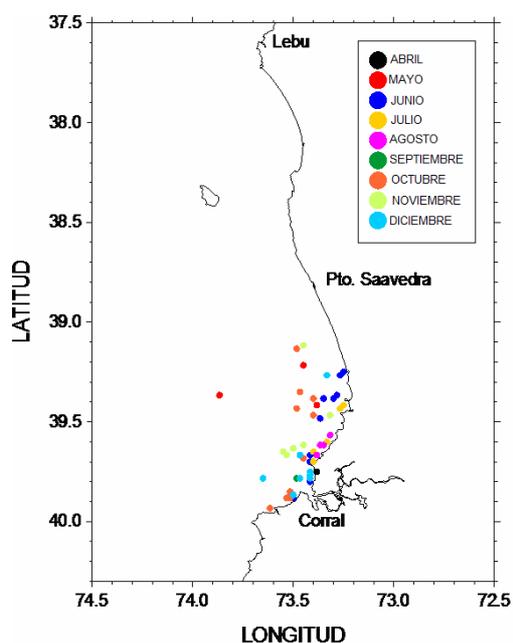
- **Distribución espacial del esfuerzo:** El registró de lances de pesca efectivos realizados durante el año 2007, permitió observar tendencias en el desarrollo de la actividad tanto en la zona norte como en la sur. En tal sentido, se puede apreciar posibles áreas de pesca mensuales o focos de operación mensual. En la zona norte, en marzo y abril los lances se centraron alrededor de la de la península de tumbes y cerca de la desembocadura del río Itata; en mayo el registro se centro al norte de la desembocadura del Itata (entre Pta. Nugurne y Pta. Achira); en junio al norte de Dichato (entre la desembocadura del río Itata y Bahía de Coliumo); en septiembre un foco entre la desembocadura del río Itata y Bahía de Coliumo y otro dentro del Golfo de Arauco; en octubre dentro del Golfo de Arauco y en noviembre un foco en el Golfo de

Arauco y al norte de la desembocadura del Itata (entre Pta. Nugurne y la desembocadura del río Itata) (Figura 40).



**Figura 40.** Distribución de los lances de pesca artesanales registrados en la zona norte durante el año 2007.

En la zona sur, el poco registro de datos mensuales no soportan precisar tendencias mensuales de operación de la flota; en términos generales se observa un mayor registro de lances al norte de la Bahía de Corral (entre Pta. Marquillahue y Pta. Bonifacio) durante el segundo y tercer trimestre de la temporada de pesca (abril a agosto), y para el último trimestre del año (octubre a diciembre) los lances se registraron más cercanos o al interior de la Bahía de Corral (Figura 41).



**Figura 41.** Distribución de los laces de pesca artesanal registrados en la zona sur durante el año 2007.

**b) Subsector industrial**

- **Características físicas de la flota:** Durante el año 2007, operaron 53 naves industriales de la flota centro-sur. De ese total, 28 lo hicieron sobre los recursos sardina común y anchoveta. La composición por estratos de capacidad de bodega ( $m^3$ ) se presenta en la **Tabla 19**, en donde se aprecia que el estrato con mayor participación corresponde al rango comprendido entre los 900 y 1099  $m^3$ . Adicionalmente, en el **Anexo 2** (en su Tabla 2), se presenta una tabla resumen con las principales características físicas de las naves industriales que operaron el 2007 sobre sardina común y anchoveta.

**Tabla 19.** Composición de la flota industrial por estrato de capacidad de bodega ( $m^3$ ) que operó sobre sardina común y anchoveta.

<b>Intervalo CB (<math>m^3</math>)</b>	<b>N° Naves</b>
500-699	2
700-899	6
900-1099	12
1100-1299	4
1300-1499	-
1500-1700	4
<b>Total</b>	<b>28</b>

- **Capturas totales:** Durante el año 2007, las capturas totales de sardina común y anchoveta en la zona centro-sur bordearon las 800 mil toneladas. De ese total, aproximadamente un 34 % correspondió al sector industrial.

Al analizar las capturas de forma mensual (**Tabla 20**), se verifica que la actividad industrial consta de dos períodos. El primero y de mayor actividad, ocurre en el primer semestre del año en el período marzo-mayo, lo cual está asociado con una mayor abundancia y disponibilidad del recurso. En los meses de invierno la actividad decae, producto principalmente de condiciones climáticas desfavorables para la pesca y a la veda reproductiva establecida como una de las medidas de regulación (julio-septiembre). En el último cuatrimestre del año, se verifica una segunda temporada, observándose las mayores capturas en los meses de octubre-noviembre.

Para el primer semestre de 2008, el desembarque total de ambos recursos en la zona centro-sur fue cercano a las 950 mil toneladas, de las cuales un 28 % correspondió al sector industrial. Al comparar el primer semestre de 2008 con respecto del año 2007, se verifica que en el caso de la anchoveta, sus capturas fueron un 14,9 % más altas que las reportadas para el año 2007, sin embargo es importante señalar que los meses de mayor captura (marzo-abril), las capturas fueron inferiores a las del año 2007 (**Tabla 20**). En el caso de la sardina común, se verificó una importante alza en las capturas, siendo superiores a las reportadas el año 2007 para todos los meses, observándose un incremento acumulado a junio del presente año de un 64,1% con respecto del mismo período del año 2007.

**Tabla 20.** Desembarque mensual, flota industrial zona centro-sur, año 2007 (Fuente: Inpesca).

<b>ANCHOVETA</b>			
MES	Desembarque (ton)		Variación (%)
	2007	2008	
ENE			
FEB	1.577	4.797	67,1
MAR	26.285	19.866	-32,3
ABR	51.263	27.720	-84,9
MAY	17.894	44.980	60,2
JUN	1.168	18.004	93,5
<b>A JUNIO</b>	<b>98.187</b>	<b>115.366</b>	<b>14,9</b>
JUL	1.154		
AGO	-		
SEP	15.673		
OCT	43.983		
NOV	16.382		
DIC	618		
<b>TOTAL</b>	<b>175.997</b>	<b>115.366</b>	

<b>SARDINA COMÚN</b>			
MES	Desembarque (ton)		Variación (%)
	2007	2008	
ENE			
FEB	789	25.853	96,9
MAR	29.980	37.737	20,6
ABR	14.690	52.151	71,8
MAY	7.267	21.136	65,6
JUN	1.567	14.380	89,1
<b>A JUNIO</b>	<b>54.293</b>	<b>151.258</b>	<b>64,1</b>
JUL	488		
AGO	-		
SEP	7.576		
OCT	17.779		
NOV	15.095		
DIC	215		
<b>TOTAL</b>	<b>95.446</b>	<b>151.258</b>	

Con respecto a la distribución espacial de las capturas del año 2007, se observa que cerca del 55% de las capturas fueron efectuadas en la zona 116, más específicamente en el sector de Corral y sus alrededores. En segundo lugar está la zona 111, la cual está asociada a la V región. En tercer orden de importancia, destaca la zona 115 (IX región), la cual aportó con un 14.1 % a las capturas del año 2007 (**Tabla 21**). De manera mensual, se verifica que las zonas 111 y 112 (Entre Valparaíso y Constitución) tuvieron una mayor representatividad durante el primer semestre del año, específicamente durante los meses de Abril y Mayo. En el segundo semestre, casi la totalidad de las capturas fueron efectuadas entre las IX y X regiones.

Para el año 2008, se observa una tendencia un tanto disímil, observándose que a diferencia del primer semestre de 2007, las mayores capturas se reportaron entre Constitución y la VIII Región, con cerca del 60%. Destaca también la zona 116, sin embargo su aporte es mucho menor que el reportado el año 2007 (**Tabla 21**). Esta distribución de las capturas se mantuvo durante todo el primer semestre, no presentado grandes variaciones entre meses.

**Tabla 21.** Capturas flota industrial (%) fraccionada por zonas de pesca y por mes, zona centro-sur, periodo 2007-2008.

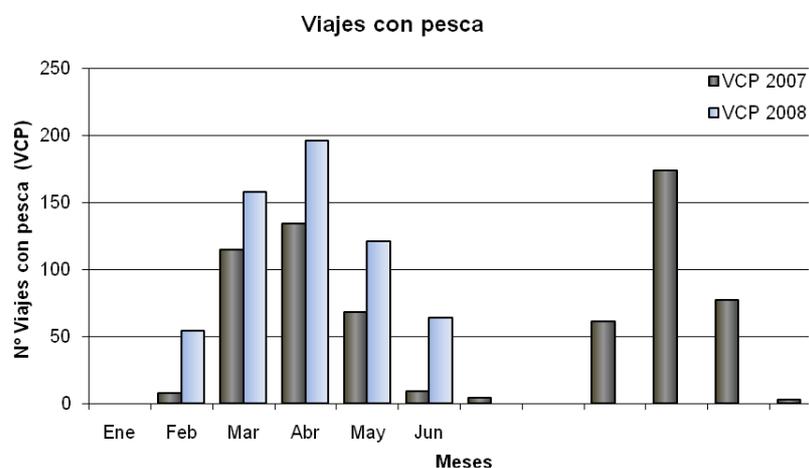
<b>2007</b>	<b>Capturas por Mes (%)</b>										
<b>Zona</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>Total Año</b>
<b>111</b>			71,1	58,4			1,8				22,8
<b>112</b>			2,2	0,2				0,6			0,7
<b>113</b>		13,0									2,7
<b>114</b>	100	5,4	7,1								3,7
<b>115</b>		3,2	2,6	22,9	1,6	83,8	95,8	4,3	8,5		14,1
<b>116</b>		78,4	17,0	18,5	98,4	16,2	2,4	95,0	91,5	100	55,9
<b>2008</b>	<b>Capturas por Mes (%)</b>										
<b>Zona</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>						<b>Total Sem.</b>
<b>111</b>		3,7	3,6	2,8							2,6
<b>112</b>		3,3		0,5							0,8
<b>113</b>		2,9	20,1	93,2	10,6						30,8
<b>114</b>		54,9	76,2	3,5	6,1						36,4
<b>115</b>	3,0	13,9	0,1		46,3						9,1
<b>116</b>	97,0	21,3			37,0						20,4

- **Esfuerzo de pesca:** En la actualidad, y conforme al tipo de información que es posible acceder, el esfuerzo ejercido por la flota industrial puede ser medido por dos vías. La primera, es mediante la estimación del número de viajes con pesca (VCP) y la segunda, es mediante la estimación de los días fuera de puerto (DFPTO) que las naves ocupan en su actividad extractiva. En años anteriores, los DFPTO eran

difíciles de estimar, ya que en un importante porcentaje de viajes el esfuerzo estaba orientado a extraer jurel y las capturas de sardina común y anchoveta eran producto de pesca incidental.

Afortunadamente, en el 2007 esta situación no se observó, logrando tener la certeza de que cerca del 99% de las capturas fueron efectuadas en viajes que estaban orientados a la extracción de clupeidos. Por lo tanto, las estimaciones de los DFPTO son certeras y por ende, pueden ser empleadas en los análisis correspondientes. Del mismo modo, en el primer semestre de 2008, no se presentaron viajes de jurel que reportaran capturas de clupeiformes, por lo tanto, las estimaciones de los DFPTO son utilizables ya que el esfuerzo estuvo orientado en su totalidad a estos dos recursos.

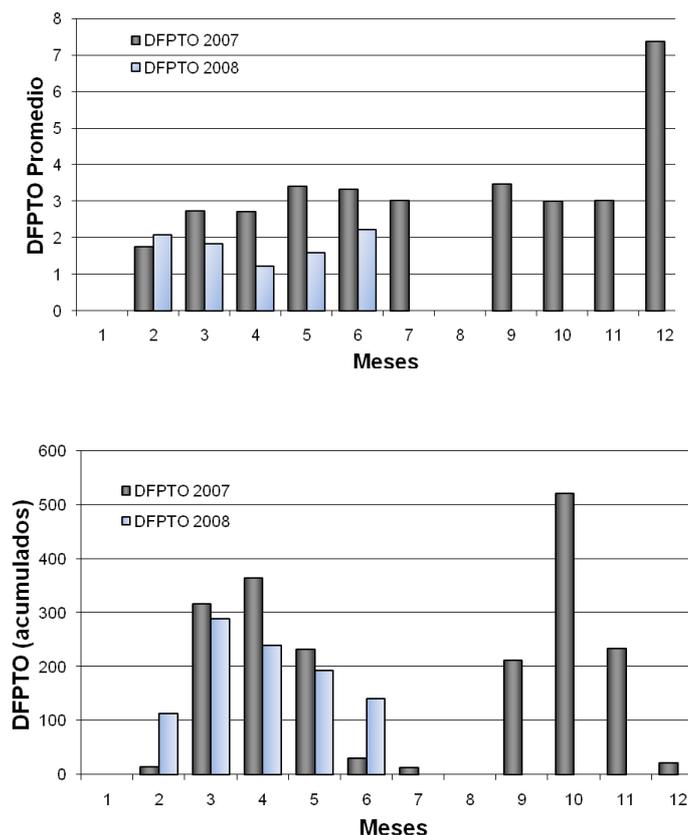
En la **Figura 42**, se presentan el número de viajes con pesca realizados por la flota industrial zona centro – sur, sobre los recursos sardina común y anchoveta. Se observa, al igual que las capturas, dos períodos de mayor actividad, uno en el primer semestre del año con un máximo en los meses de marzo y abril y otro segundo período en el último cuatrimestre del año, evidenciándose en el mes de octubre el mayor número de viajes con pesca realizados en el año (n= 174). Con respecto al primer semestre del 2008, se verifica un comportamiento de la flota similar a lo observado el año 2007, sin embargo, es importante señalar que el número de viajes con pesca es notoriamente mayor, con un total de 593 viajes (VCP primer semestre 2007= 334).



**Figura 42.** Número de viajes con pesca realizados por la flota industrial zona centro-sur, año 2007 y primer semestre de 2008.

Con respecto a los días fuera de puerto (DFPTO), se observa que al estimar un promedio mensual (**Figura 43**), no se observa una tendencia clara, no observándose diferencias en el esfuerzo entre meses, a pesar de que claramente las capturas presentan un comportamiento fluctuante. Eso llevó a estimar los DFPTO

como un acumulado de días de todas las naves participantes por mes, lo cual si da una tendencia que es concordante con las capturas efectuadas en el año, verificándose la misma tendencia reflejada con los viajes con pesca. Al comparar el primer semestre de 2007 con respecto del 2008, se verifica que los DFPTO acumulados son muy similares entre sí (DFPTO 2007=957, DFPTO 2008=974), sin embargo los viajes con pesca el año 2008 son superiores en un 43.5 %, lo cual refleja que en promedio la duración de los viajes durante el primer semestre de 2008 fue mucho menor que en el 2007.



**Figura 43.** Días fuera de puerto (DFPTO), estimados como: a) promedio mensual y b) acumulado mensual. Flota industrial centro-sur, año 2007 y primer semestre de 2008.

Al analizar los esfuerzos por zona de pesca, se observa que ambos indicadores reflejan de buena forma las tendencias de las capturas realizadas. Para el año 2007, la zona que mayor actividad tuvo fue la 116 con cerca del 56 % del esfuerzo de pesca anual (**Tabla 22**). Destaca también la actividad en las zonas 111 y 115, las cuales presentaron cerca del 16% del esfuerzo ejercido por la flota el año 2007. Al igual que en las capturas, el mayor esfuerzo durante el primer semestre estuvo centrado en las zonas 111 y 112 (Entre Valparaíso y Constitución) durante los meses de abril y mayo, en cambio en los meses de marzo y junio, el esfuerzo estuvo orientado mayoritariamente a la zona de Corral.

Del mismo modo, para el primer semestre de 2008 este indicador presentó un comportamiento semejante al de las capturas, verificándose un mayor esfuerzo entre las zonas 113 a 116 (entre Constitución y Corral), no presentando mayores variaciones entre meses (**Tabla 22**).

**Tabla 22.** Esfuerzo de pesca medido como viajes con pesca (VCP) y días fuera de puerto acumulado por mes (DFPTO), por zona de pesca.

2007	Viajes con Pesca										
Zona	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	Total Año
111			59,7	39,7			1,6				16,5
112			2,2	1,5				0,6			0,8
113		18,3									3,2
114	100	13,0	17,9								7,2
115		5,2	2,2	33,8	11,1	75,0	93,4	3,4	7,8		16,1
116		63,5	17,9	25,0	88,9	25,0	4,9	96,0	92,2	100	56,2

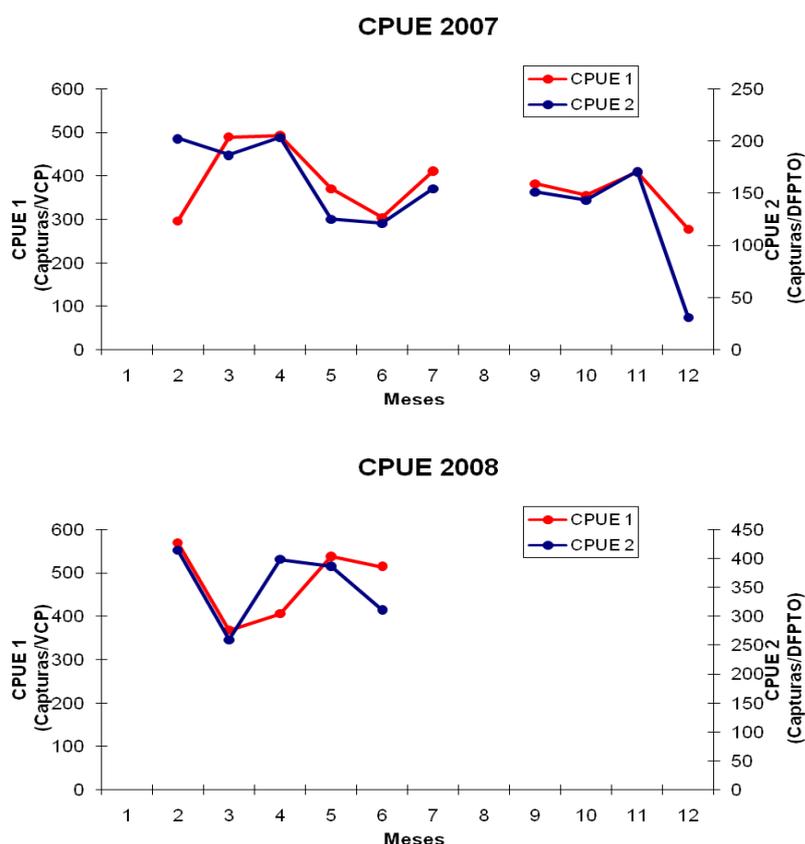
2008	Viajes con Pesca (%)										
Zona	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	Total Sem.
111		3,8	2,6	3,3							2,5
112		3,2		1,7							1,2
113		4,4	16,9	88,4	7,9						25,7
114		65,2	80,0	6,6	9,5						46,2
115	3,7	13,3	0,5		49,2						9,3
116	96,3	10,1			33,3						15,1

2007	Días fuera de Puerto (%)										
Zona	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	Total Año
111			64,4	46,0			1,2				17,6
112			2,9	1,9				0,6			0,9
113		14,5									2,3
114	100	5,7	14,2								4,3
115		6,1	2,8	30,0	13,1	63,7	93,0	4,0	7,3		17,7
116		73,6	15,7	22,1	86,9	36,3	5,8	95,4	92,7	100	57,2

2008	Días fuera de Puerto (%)										
Zona	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	Total Sem.
111		5,6	5,6	5,0							4,0
112		5,0	0,0	3,8							2,3
113		3,7	20,5	87,8	7,0						24,6
114		54,6	73,3	3,4	6,5						35,8
115	3,8	17,3	0,6		49,3						12,8
116	96,2	13,7			37,3						20,5

- **Captura por unidad de esfuerzo:** Es importante señalar que la captura por unidad de esfuerzo fue estimada de manera global, sin separar por especie, producto de que la sardina común y anchoveta son capturadas en forma conjunta, siendo casi imposible separar los esfuerzos orientados a una u otra especie.

En la **Figura 44**, se presentan las capturas por unidad de esfuerzo para el año 2007, mediante los dos índices de esfuerzo estimados en el punto anterior. Se observa que la CPUE estimada por medio de los viajes con pesca (CPUE 1), presenta el mismo comportamiento que la estimada con los DFPTO acumulados (CPUE 2); por lo tanto, es factible pensar que en futuras aplicaciones de estos índices, cualquiera de las dos medidas de esfuerzo podría ser empleada. Las mayores CPUE, se verifican en los meses de marzo y abril, en tanto que en la temporada primaveral (septiembre-noviembre), se observa una significativa actividad, la cual declina drásticamente en el mes de diciembre.



**Figura 44.** Capturas por unidad de esfuerzo (CPUE), estimadas mediante dos medidas de esfuerzo: CPUE 1 (Capturas/ VCP) y CPUE 2 (Capturas/DFPTO).

Durante el primer semestre de 2008 (**Figura 44**), si bien ambos indicadores presentaron tendencias similares, existieron algunas diferencias. En el caso de la CPUE 1, los mayores valores se registraron en

los meses de febrero, mayo y junio, con rendimientos del orden de las 500 toneladas por viaje en el caso de la CPUE1. En los meses de marzo y abril en cambio, se observaron rendimientos menores, del orden de las 350 toneladas por viaje. En el caso de la CPUE 2 la tendencia es similar a la de la CPUE1, sin embargo hay un leve desfase en el mes de abril, observándose uno de los mayores rendimientos, producto de la poca duración de los viajes.

Dado que ambos estimadores se comportan de manera similar, en el análisis por zona sólo se empleó la CPUE que incorpora a los viajes con pesca como medida de esfuerzo. Se observa que este índice presenta un comportamiento variable entre zonas, presentando elevados valores para el primer semestre del año en las zonas 111 y 116. En los meses de octubre y noviembre, en donde se obtuvieron importantes capturas, las CPUE más elevadas se localizaron en la zona 115 (**Tabla 23**). Durante el primer semestre de 2008, se observa que los mayores valores de este indicador se verificaron en las zonas 113-114 y 116, las cuales reportaron cerca del 88% de las capturas.

**Tabla 23.** Capturas por unidad de esfuerzo por zona de pesca de la flota industrial, año 2007 y primer semestre de 2008.

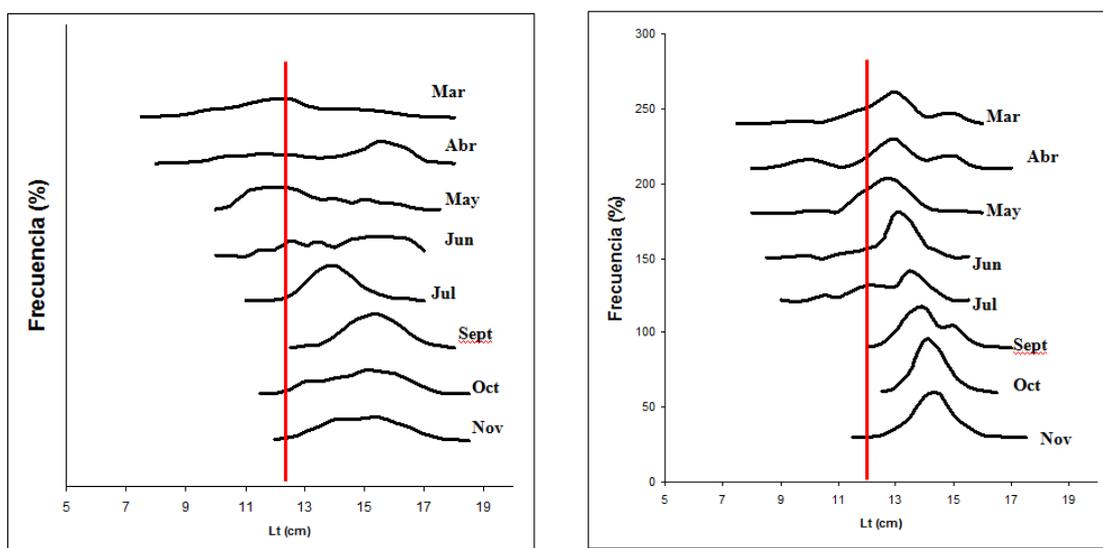
2007	CPUE (Capturas/VCP) %										
Zona	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	Total Año
111			25,4	48,9			42,3				25,0
112			21,3	3,9				33,5			16,7
113		23,8									15,1
114	100	13,9	8,5								9,3
115		20,8	24,5	22,6	11,8	63,2	39,2	37,2	52,5		15,9
116		41,5	20,3	24,6	88,2	36,8	18,5	29,4	47,5	100	18,0

2008	CPUE (Capturas/VCP) %										
Zona	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	Total Sem.
111		13,4	21,0	17,9							10,8
112		12,7		4,4							4,1
113		13,2	34,0	41,3	29,4						24,8
114		19,0	39,7	36,5	23,2						25,0
115	33,2	18,6	5,3		18,7						14,4
116	66,8	23,1			28,7						20,9

- **Estructura de tallas en las capturas industriales:** La estructura de tallas total reportada para el año 2007, se presenta en las **Figura 45**. Se observa que para el caso de la anchoveta, el rango de tallas encontrado fue desde los 7,0 a los 18,5 cm de LT, con una moda principal centrada en los 15,5 cm. Al observar la estructura de tallas de manera mensual, se puede apreciar la progresión modal de la estructura de tallas, comprobándose que a comienzos de la temporada las capturas fueron sustentadas por la fracción

más juvenil de la población, con un importante aporte de ejemplares bajo los 12,5 cm (**Tabla 24**). A fines de año, esta situación cambia, observándose ejemplares de mayor tamaño y con un casi nulo porcentaje de juveniles. En el caso de la sardina común, para el año 2007 se presentó un rango de tallas que fue de los 7,5 a 16 cm de LT, con una moda principal centrada en los 13 cm (**Tabla 24**). Al igual que la anchoveta, se observa una importante progresión modal, sin embargo el porcentaje de juveniles presente en las capturas durante el primer semestre del año es un tanto menor que el registrado para la anchoveta. En el último cuatrimestre, se verifica una nula presencia de juveniles, observándose una fracción más adulta.



**Figura 45.** Distribución de frecuencia de tallas de anchoveta (izquierda) y sardina común (derecha), zona centro sur, flota industrial año 2007.

**Tabla 24.** Parámetros de la distribución de frecuencia de tallas de anchoveta y sardina común, flota industrial en la zona centro-sur, año 2007.

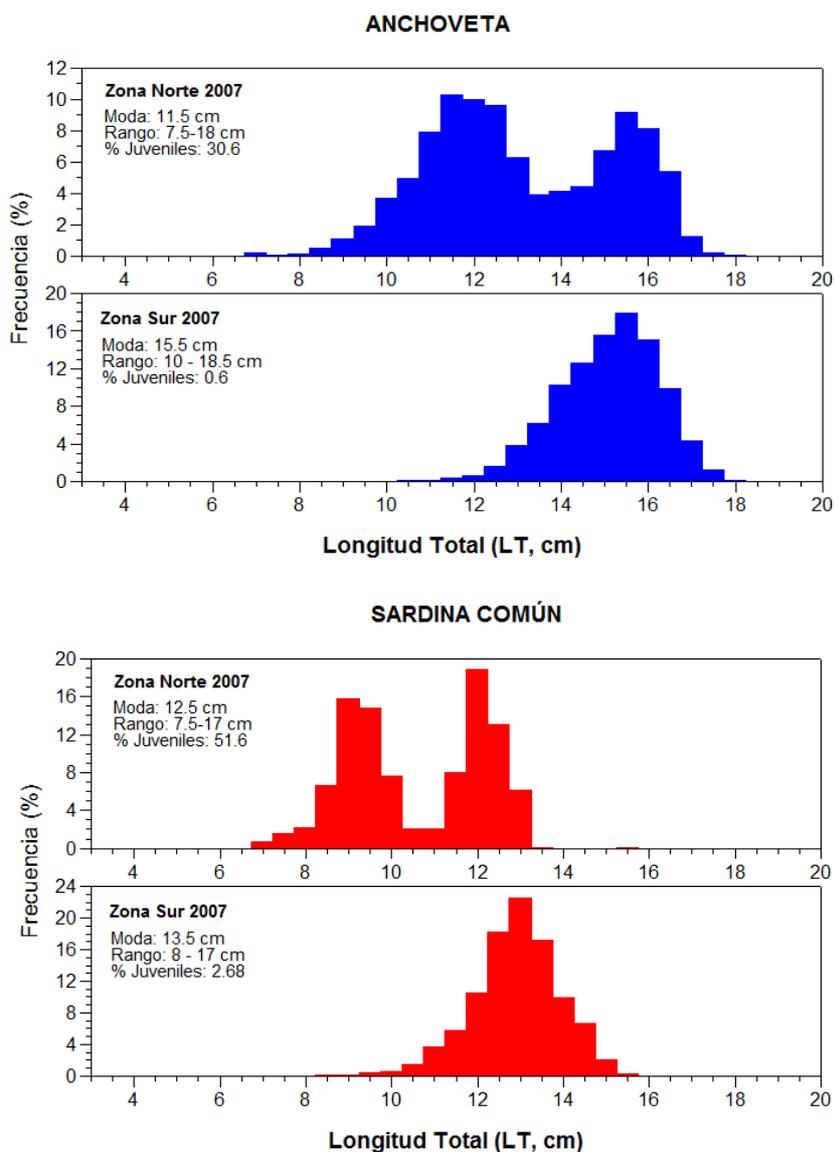
<b>Anchoveta</b>	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Sept	Oct	Nov
Moda	12,5	15,5	12,0	15,5	14,0	15,5	15,0	15,5
LT Promedio	12,4	13,8	12,9	14,5	14,0	15,3	14,9	14,9
Mín.	7,5	7	10	10	11	12,5	11,5	12
Máx.	18	18	17,5	17	17	18	18,5	18,5
% Juveniles	50,11	28,94	41,46	8,68	1,97	0,00	0,18	0,19

<b>S. Común</b>	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Sept	Oct	Nov
Moda	13,0	13,0	12,5	13,0	13,5	14,0	13,5	14,0
LT Promedio	12,8	12,7	12,7	13,0	12,8	14,1	13,7	13,8
Mín.	7,5	8	8	8,5	9	12	12	11
Máx.	16	17	16	15,5	15,5	17	16	17
% Juveniles	18,15	20,69	14,80	10,81	20,72	0,00	0,00	0,,29

Es importante mencionar que el número de ejemplares muestreados al cual es posible acceder es moderado, por lo tanto la separación de la estructura de tallas por las zonas de clasificación de Sernap, no es factible de realizar. Sin embargo, si es posible separar la estructura en dos zonas. La primera, corresponde al sector norte del área de estudio, el cual abarca desde la zona 111 a la 114 (Entre Valparaíso y la Octava región) y la segunda, considera el sector sur del área de estudio, esto es, las zonas 115 y 116 (desde la IX región hasta Corral).

De esta separación, se verifica que para ambas especies, la fracción más juvenil de la población se encuentra de manera más frecuente en la zona norte de estudio. En el caso de la anchoveta, en la zona norte se verifica una moda de 11,5 cm de LT y un aporte de juveniles de un 30,6 %, en cambio en el sector sur, la moda principal está centrada en los 15,5 cm de LT y un aporte de juveniles casi nulo (0,6%). (**Figura 46**). Esta misma condición se observa en el caso de la sardina común, aunque si bien las modas entre sectores no son tan disímiles (zona norte=12,5, zona sur =13,5), el aporte de juveniles en la zona norte es de un 51,6 %, en contraste con el observado en la zona sur en donde la presencia de juveniles es de sólo un 2,6%. Destaca la presencia de estructuras bimodales en la zona norte para ambas especies, lo cual refleja el importante aporte de la fracción juvenil en esa zona, situación que no se observa en la zona sur, la cual presenta una estructura unimodal, representada por la fracción más adulta de la población (**Figura 46**).

En relación al año 2008 se observó en el caso de la anchoveta un amplio rango de tallas que fluctuó de los 6,5 cm a los 18,5 cm, con una modal principal centrada en los 12 cm de LT y un porcentaje de juveniles (< 12 cm de LT) de un 30 %. Destacan los meses de marzo y junio, en donde se observaron estructuras con un importante aporte de la fracción más adulta de la población (**Tabla 25 y Figura 47**). En el caso de la sardina común, se observó una situación un tanto diferente, observándose que en el período marzo-mayo, las estructuras de tallas estuvieron compuestas casi en su totalidad por ejemplares juveniles, con modas principales de 8-9 cm. Sólo en el mes de junio es posible apreciar a la fracción más adulta, sin embargo la tendencia general del primer semestre fue una estructura compuesta mayoritariamente por ejemplares juveniles (< 11,5 cm de LT).



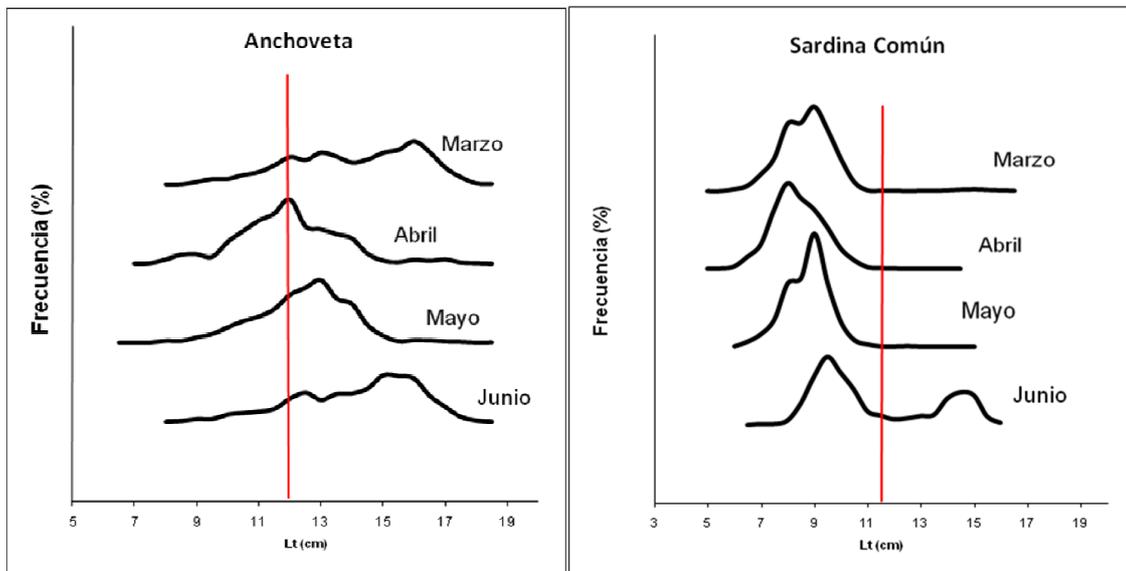
**Figura 46.** Estructura de tallas de anchoveta y sardina común en la zona centro sur, separadas por sector, año 2007.

Al separar las estructuras de tallas por las zonas, se verifica en el caso de la anchoveta zona norte, una estructura unimodal, con una moda centrada en los 12 cm de LT, la cual presentó un porcentaje de juveniles de un 34,3% (**Figura 48**). En la zona sur en cambio, la moda principal fue de 15 cm y el porcentaje de juveniles fue de sólo un 5,4%. Al igual que el año 2007, se verificaría que la fracción más juvenil de la población se encuentra más presente en la zona norte que en la sur.

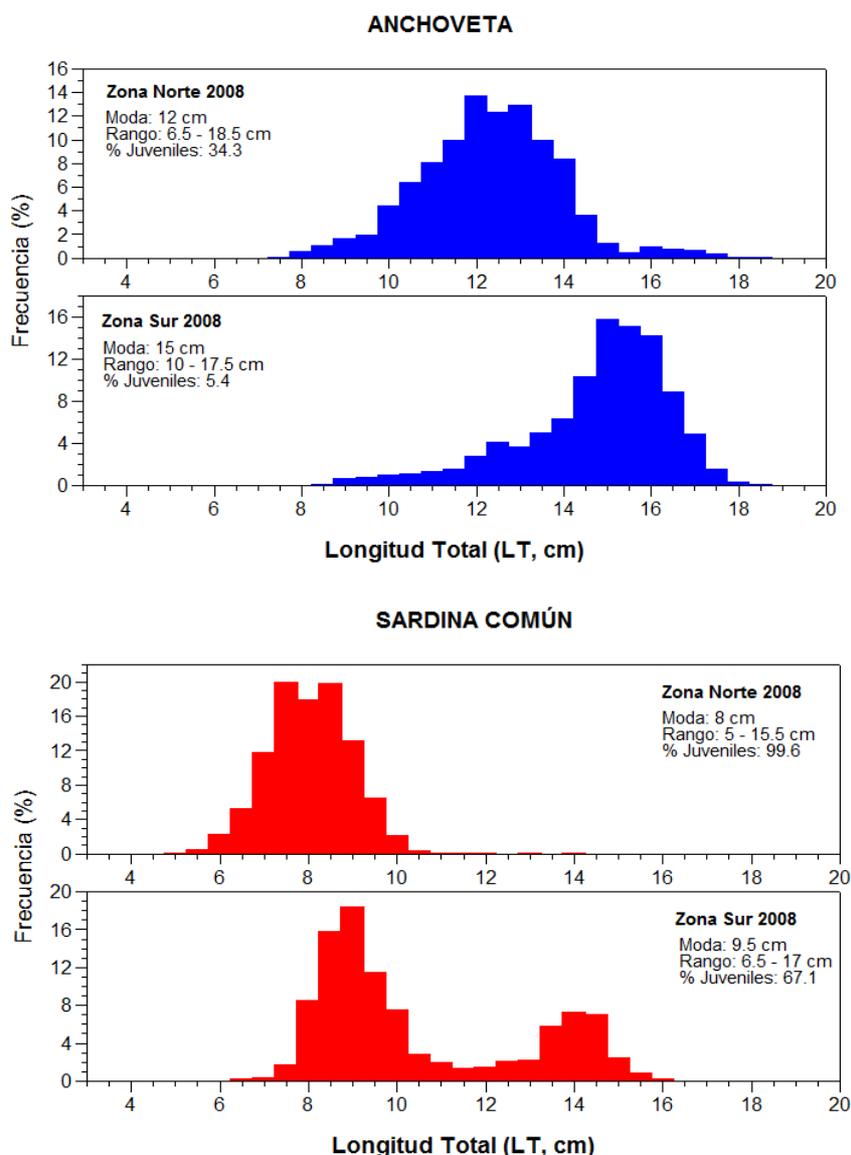
**Tabla 25.** Parámetros de la distribución de frecuencia de tallas de anchoveta y sardina común, flota Industrial centro-sur, y primer semestre de 2008.

<b>Anchoveta</b>	Mar	Abr	May	Jun	Total
Moda	16,0	12,0	13,0	15,0	12,0
LT Promedio	14,0	12,0	12,4	14,2	12,7
Min.	7	7	6,5	8	6,5
Máx.	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5
% Juveniles	15,4	44,9	29,0	11,8	30,0

<b>S. Común</b>	Mar	Abr	May	Jun	Total
Moda	9,0	8,0	9,0	9,5	9,0
LT Promedio	8,8	8,4	8,7	11,2	8,9
Min.	7,5	8	8	8,5	5,0
Máx.	16,5	15,5	15	17	17
% Juveniles	97,9	99,5	99,6	63,5	95,1



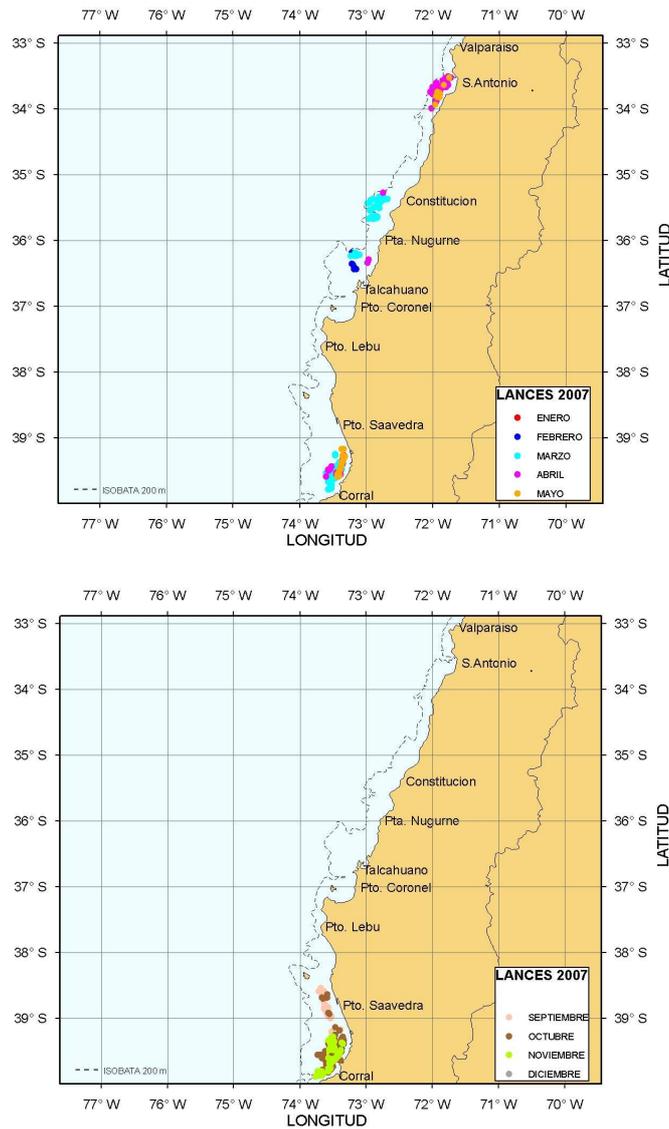
**Figura 47.** Distribución de frecuencia de tallas de anchoveta y sardina común, zona centro sur, Flota industrial año 2008.



**Figura 48.** Estructura de tallas de anchoveta y sardina común en la zona centro sur, separado por sector, año 2008.

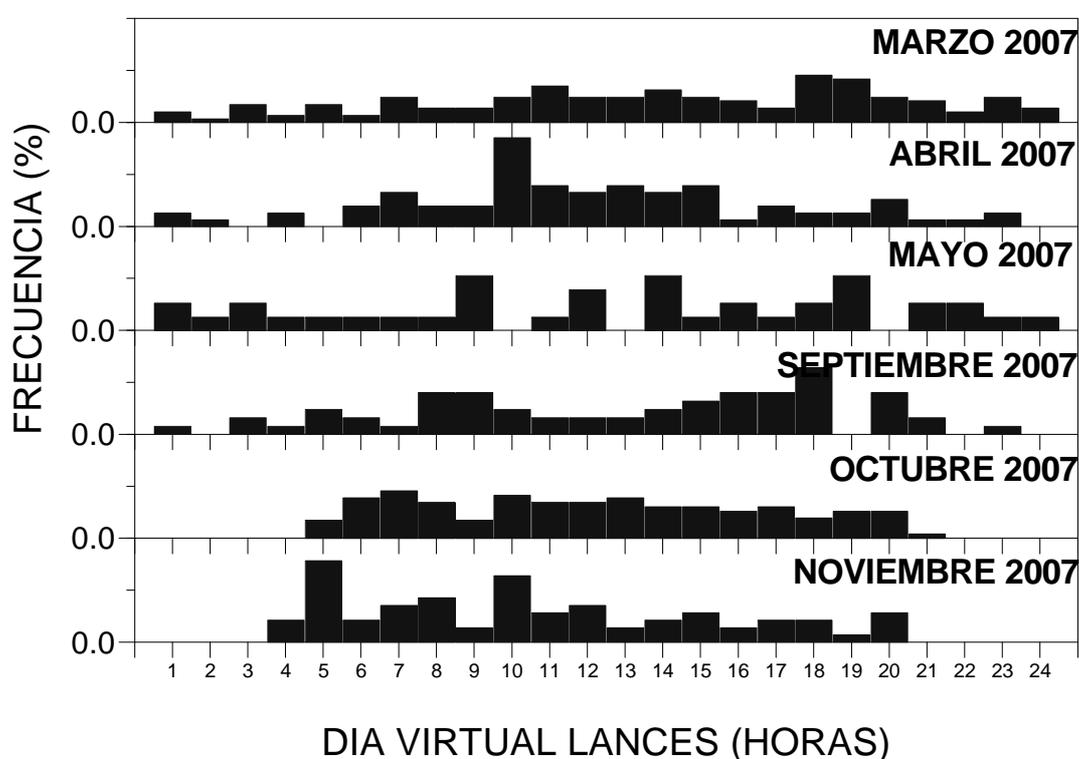
En relación con la sardina común, se tiene que en la zona norte el 99 % de los ejemplares registrados estaba bajo los 11,5 cm, con una moda de 8 cm. En la zona sur en cambio, se observó una estructura bimodal, en la cual se observó la fracción más adulta, sin embargo representó sólo un 30% de la estructura total. El mayor aporte estuvo dado por ejemplares bajo talla, con una moda principal de 9,5 cm de LT. Al comparar con el año 2007, se tiene que durante el primer semestre de 2008 se presentó una tendencia un tanto diferente, verificándose una importante presencia de juveniles en la zona sur, con un bajo aporte de adultos, situación no observada durante el año 2007.

- **Dinámica de la flota industrial, aspectos operacionales:** Los lances de pesca registrados durante la actividad de pesca desarrollada en el año 2007, permitieron caracterizar la presencia de áreas de pesca mensuales, en las cuales la flota de cerco industrial de la Octava Región, desarrolló su actividad pesquera. Para estas, es posible indicar la existencia de focos de operación mensual, desde la región costera ubicada al oeste de puerto San Antonio hasta la cuadra de puerto Corral por el sur (**Figura 49**).



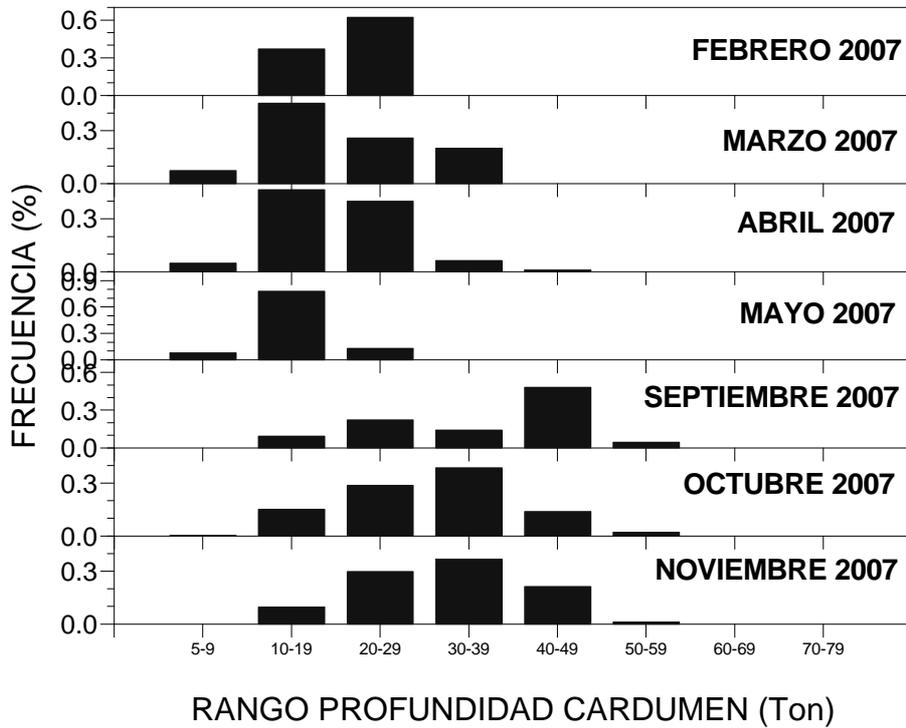
**Figura 49.** Distribución espacial de los lances de pesca realizados por la flota de cerco de la Octava Región dedicada a la captura de sardina y anchoveta, durante el primer y segundo semestre del 2007.

La operación se realiza principalmente de día, manteniéndose por sobre un 70% en las diversas áreas de pesca, durante los meses de otoño y la primavera del año 2007. Así mismo, al analizar en forma horaria la realización de los lances de pesca, desde la perspectiva de un día virtual (**Figura 50**), mediante el colapso de toda la información de las distintas áreas de pesca a una escala mensual, fue posible observar una gran heterogeneidad entre meses, sin lograr reconocer un patrón de operación. A pesar de ello, en algunos meses es posible apreciar que existe cierta recurrencia de lances realizados al amanecer y al atardecer (septiembre y mayo), o solo en algunos de estos momentos respectivamente (marzo y noviembre).



**Figura 50.** Día virtual, en una escala mensual de los lances de pesca de sardina común y anchoveta, generado para los meses de mayor actividad pesquera de la flota industrial de cerco.

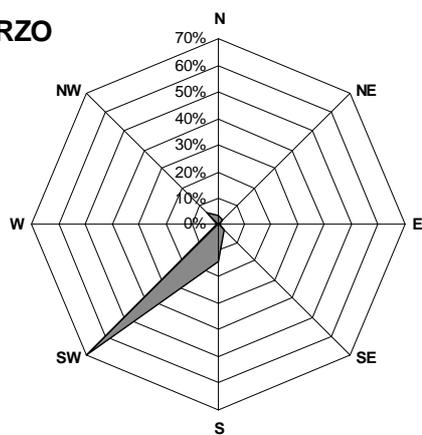
- **Comportamiento de los cardúmenes:** Desde el punto de vista del comportamiento de los cardúmenes de sardina común y anchoveta, es posible indicar que durante el primer semestre, las capturas realizadas se desarrollaron a profundidades que no superaron los 50 m (**Figura 51**), con una mayor frecuencia en el rango de profundidades de 10 a 19 m. Así mismo, durante el segundo semestre se observó una mayor profundización de los cardúmenes comerciales, siendo más frecuente el rango 30 a 39 metros.



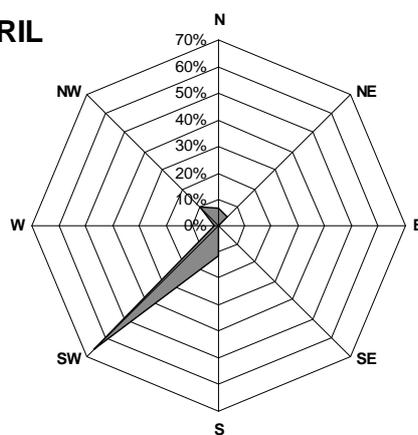
**Figura 51.** Proporción mensual de la distribución batimétrica de los cardúmenes de sardina común y Anchoqueta, por estrato de profundidad, en una escala mensual, registrados antes de ser capturados en los lances de pesca de la flota industrial de cerco.

El rumbo de los cardúmenes (**Figura 52**), indica que durante el primer semestre se registró una dirección principal hacia el suroeste (SW). Sin embargo, los resultados registrados para el segundo semestre, mostraron la presencia de rumbos predominantes hacia el noroeste (NW) y suroeste (SW).

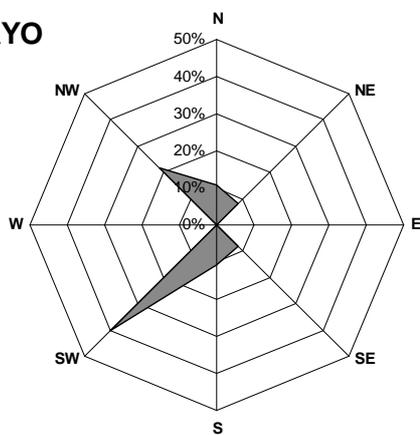
**MARZO**



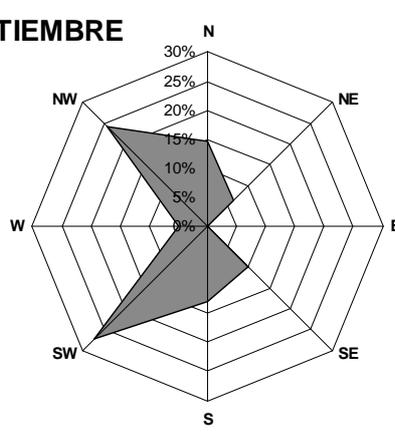
**ABRIL**



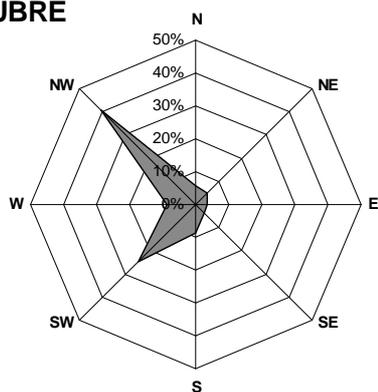
**MAYO**



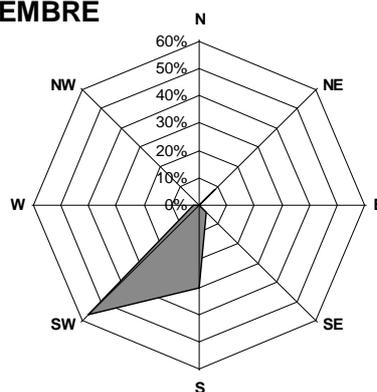
**SEPTIEMBRE**



**OCTUBRE**

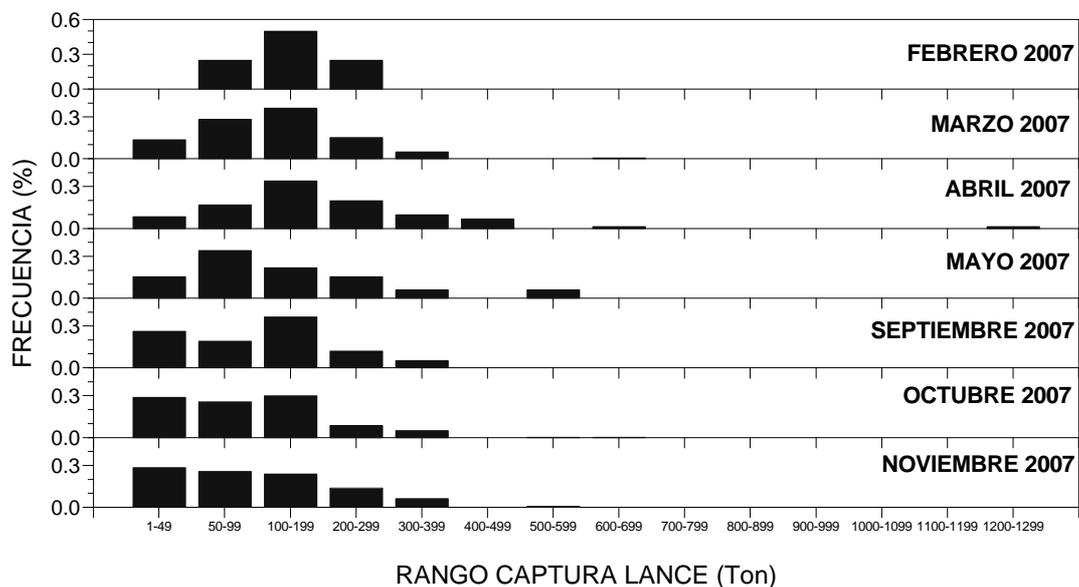


**NOVIEMBRE**



**Figura 52.** Rumbo mensual de los cardúmenes de sardina común y anchoveta, registrados antes de su captura por la flota industrial de cerco.

Por otro lado, al examinar las capturas por lance (**Figura 53**), indicaron que los meses de febrero, marzo y abril, presentaron las mejores capturas por lance de pesca para el período anual, con un predominio de capturas en el rango de 100 a 199 ton y con valores máximos en una baja proporción de 600 a 699 ton y de hasta 1200 a 1299 registrados durante el mes de abril. Posteriormente, en el segundo semestre, fue posible advertir un aumento importante de la proporción de cardúmenes de baja densidad (1 a 49 ton), en forma recurrente durante todo este período, ocasionado una disminución importante de la presencia de cardúmenes con densidades superiores a 200 ton. A pesar de ello, durante los meses de septiembre y octubre fue posible identificar una predominancia de cardúmenes de densidades de 100 a 199 ton.



**Figura 53.** Frecuencia de capturas por lance de sardina común y anchoveta por estrato, registradas a partir de los lances de pesca realizados por la flota industrial de cerco.

- **Areas de pesca:** El análisis espacial de las zonas de pesca de sardina común y anchoveta industrial, colapsadas a una escala mensual, durante el año 2007, permitió identificar una alta recurrencia de ellas en 5 sectores de la zona centro-sur de Chile (**Figura 54**), las cuales se distribuyeron desde la región costera ubicada frente a San Antonio hasta el oeste de Puerto Corral. En estas regiones se desarrollaron zonas de pesca que formaron áreas con una superficie poligonal de carácter irregular, las cuales mostraron una alta recurrencia en el sector ubicado frente a Corral. Por otro lado, desde el punto de vista del aporte en los desembarques registrados espacialmente, se destacaron las áreas ubicadas frente a los puertos de Corral y de San Antonio, con un 64% y 20% en forma respectiva (**Tabla 26**).



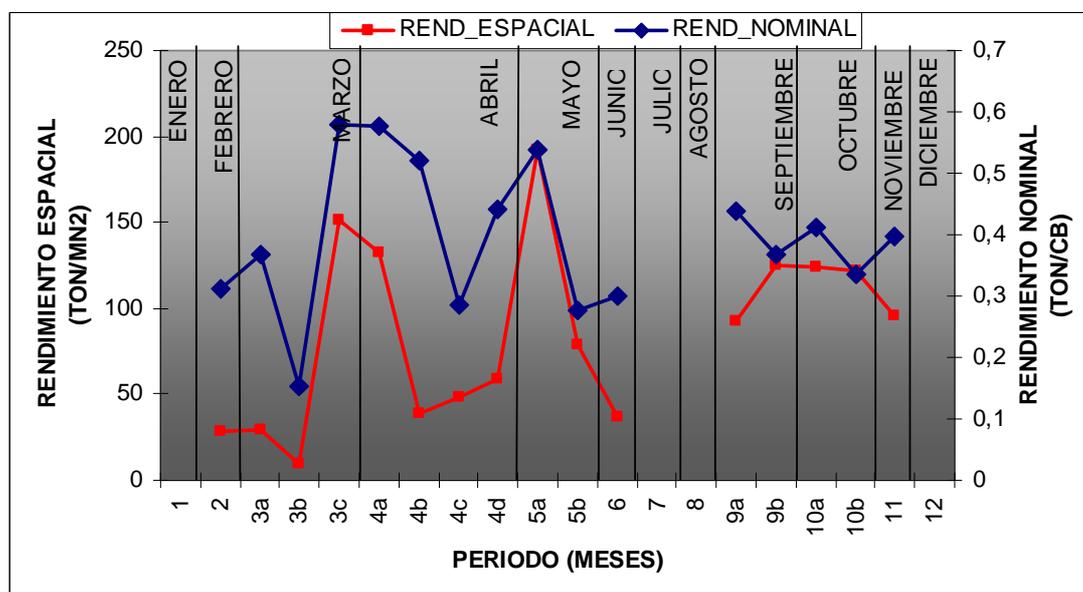
**Figura 54.** Area de pesca industrial de sardina común y anchoveta, registrada durante el año 2007.

**Tabla 26.** Resumen de los principales parámetros registrados en las áreas de pesca mensuales de sardina común y anchoveta, desarrolladas durante el año 2007.

MES	AREA DE PESCA	LATITUD	LONGITUD	DESEMBARQUE SARDINA COMUN (ton)	DESEMBARQUE ANCHOVETA (ton)	PROPORCION SARDINA COMUN (%)	PROPORCION ANCHOVETA (%)	DESEMBARQUE TOTAL (ton)	NUMERO PAM	CAPACIDAD BODEGA (cb) TOTAL	PERIMETRO (mn)	AREA (mn <sup>2</sup> )	DISTANCIA a PUERTO SAN VICENTE(mn)	DISTANCIA a PUERTO CORONEL (mn)	REAP (ton/mn <sup>2</sup> )	RNAP (ton/cb)
2	A	-36,35	-73,25	789,0	1576,7	33%	67%	2365,7	8	7600	56,8	84,6	25,1	41,7	28,0	0,3
3	A	-35,51	-72,86	2596,5	7824,4	25%	75%	10421,0	29	28380	78,8	353,9	75,8	94,8	29,4	0,4
3	B	-36,31	-73,26	690,9	971,9	42%	58%	1662,8	11	10800	55,3	174,4	27,1	44,9	9,5	0,2
3	C	-39,43	-73,45	20560,1	23444,2	47%	53%	44004,3	75	75915	70,2	290,5	176,9	164,8	151,5	0,6
4	A	-33,72	-71,97	7728,8	34167,8	18%	82%	41896,6	72	72690	79,8	315,6	192,4	211,0	132,8	0,6
4	B	-35,61	-72,8	1233,7	3497,9	26%	74%	4731,5	9	9070	47,0	122,7	71,6	89,9	38,6	0,5
4	C	-36,36	-73,13	664,9	6076,8	10%	90%	6741,7	24	23620	42,9	139,8	23,7	41,5	48,2	0,3
4	D	-39,51	-73,46	6331,7	6623,4	49%	51%	12955,1	29	29350	63,4	219,4	170,5	183,1	59,1	0,4
5	A	-33,8	-71,95	3692,2	10187,4	27%	73%	13879,6	27	25840	33,9	72,4	188,3	207,2	191,8	0,5
5	B	-39,37	-73,39	3847,9	6498,9	37%	63%	10346,8	41	37620	49,5	131,3	176,2	161,9	78,8	0,3
6	A	-39,49	-73,41	393,7	974,2	29%	71%	1367,9	6	4560	21,1	36,7	184,9	167,3	37,2	0,3
9	A	-38,75	-73,64	2184,6	8908,8	20%	80%	11093,4	25	25250	60,3	120,4	139,4	123,6	92,1	0,4
9	B	-39,33	-73,45	4507,1	8077,5	36%	64%	12584,6	36	34260	34,5	100,8	174,4	158,3	124,9	0,4
10	A	-38,69	-73,63	1127,5	1802,2	38%	62%	2929,7	6	7100	21,8	23,6	134,4	120,8	124,4	0,4
10	B	-39,48	-73,49	24162,3	35039,9	41%	59%	59202,2	168	176624,2	90,6	487,4	181,3	167,2	121,5	0,3
11	A	-39,6	-73,53	13695,2	17736,3	44%	56%	31431,5	77	78924,8	95,6	329,4	191,9	173,7	95,4	0,4

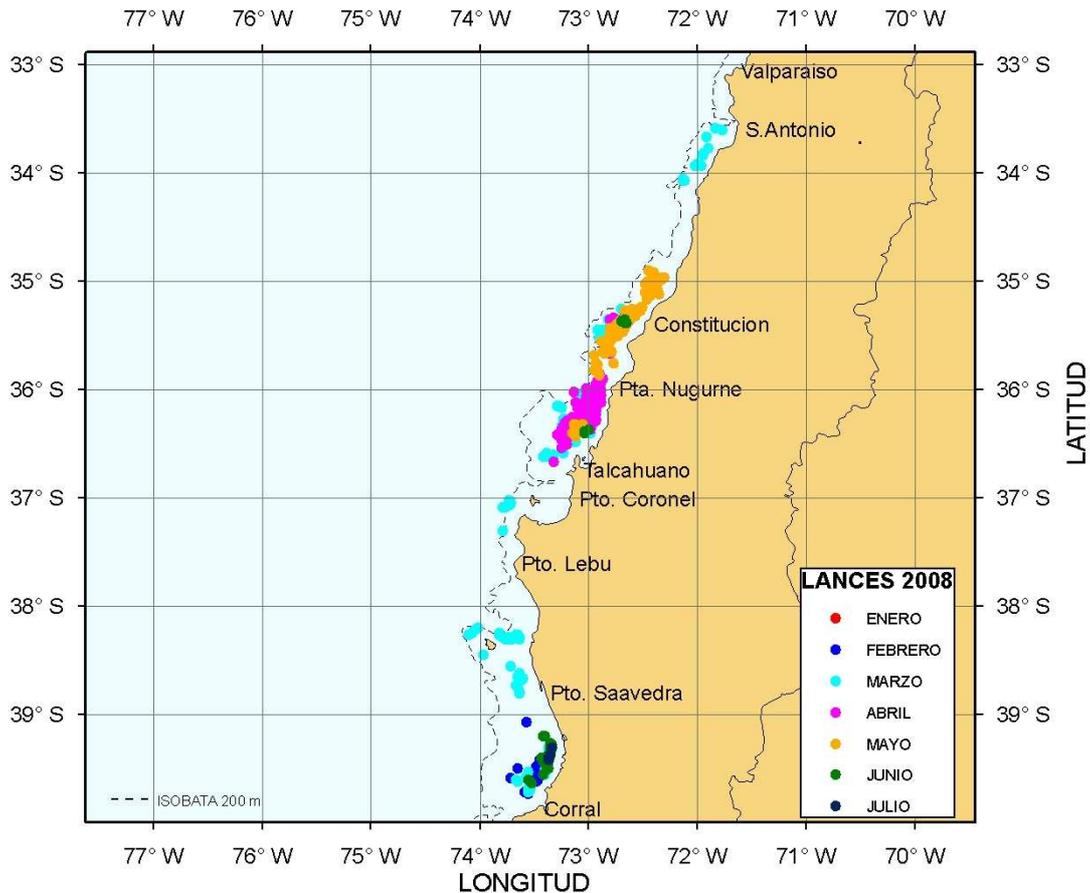
- **Rendimiento espacial y nominal de las áreas de pesca, 2007:** Se calcularon los rendimientos espaciales para cada área de pesca (REAP) (**Figura 55**), registrada al interior de los meses en los cuales se desarrolló la actividad pesquera, lográndose determinar que en los meses de marzo, abril y mayo se registraron los mayores rendimientos espaciales, indicando con ello, un alto grado de agregación de los cardúmenes, lo cual es coincidente con las mayores densidades de los cardúmenes encontradas en el primer semestre, a diferencia de lo registrado en el segundo semestre del año 2007. Así mismo, desde el punto de vista de la distribución zonal, es posible observar altos valores de este índice entre marzo y abril asociados a regiones significativamente distantes, como lo son la Quinta y la Décima Regiones. Durante Mayo se continúa observando un valor alto para este índice en el área de pesca ubicada en la Quinta Región.

Por otro lado, el rendimiento nominal para las áreas de pesca (RNAP) (**Figura 55**), indica una correspondencia con los máximos valores registrados para el índice espacial. Confirmando que los niveles de agregación de estos recursos presentados en estos meses fueron importantes desde el punto de vista pesquero.



**Figura 55.** Rendimiento espacial (REAP = captura total zona de pesca / superficie total área de pesca) de pesca y rendimiento nominal (RNAP = captura total zona de pesca / capacidad de bodega total área de pesca) registrados en las áreas de pesca industrial de sardina común y anchoveta, desarrolladas durante el año 2007.

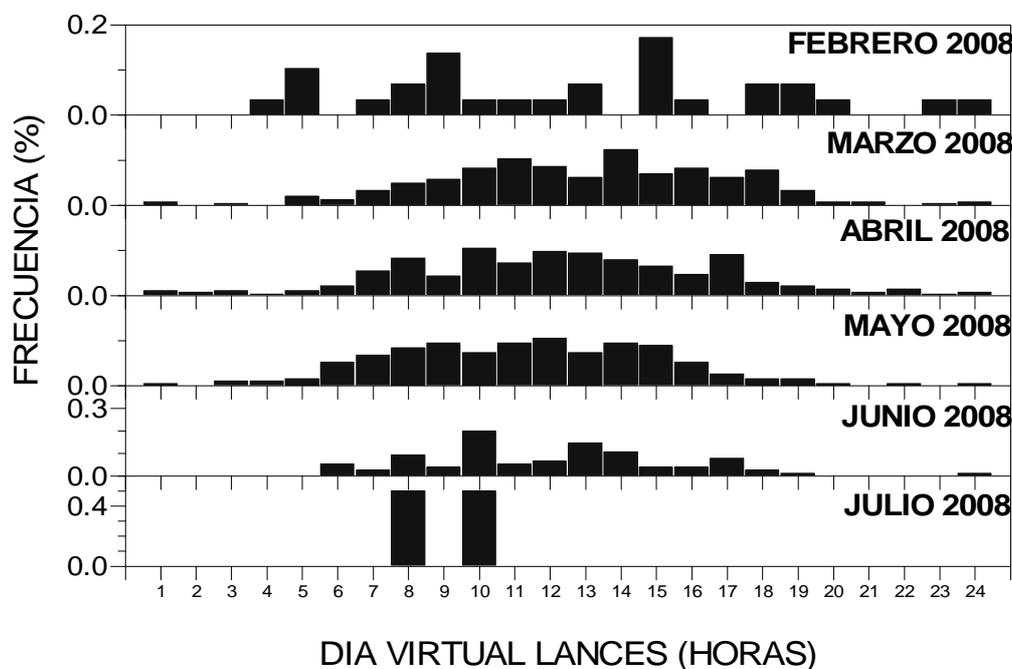
- **Aspectos operacionales de los lances de pesca, período 2008:** Los lances de pesca registrados durante la actividad de pesca desarrollada en el primer semestre del 2008, permitieron indicar la presencia de áreas de pesca mensuales, en las cuales la flota de cerco industrial de la Octava Región, desarrolló su actividad pesquera. En ellas es posible indicar la existencia de focos de operación mensual, desde la región costera ubicada al oeste de puerto San Antonio hasta la cuadra de puerto Corral por el sur (**Figura 56**).



**Figura 56.** Distribución espacial de los lances de pesca realizados por la flota de cerco de la Octava Región dedicada a la captura de sardina común y anchoveta, durante el primer semestre del 2008.

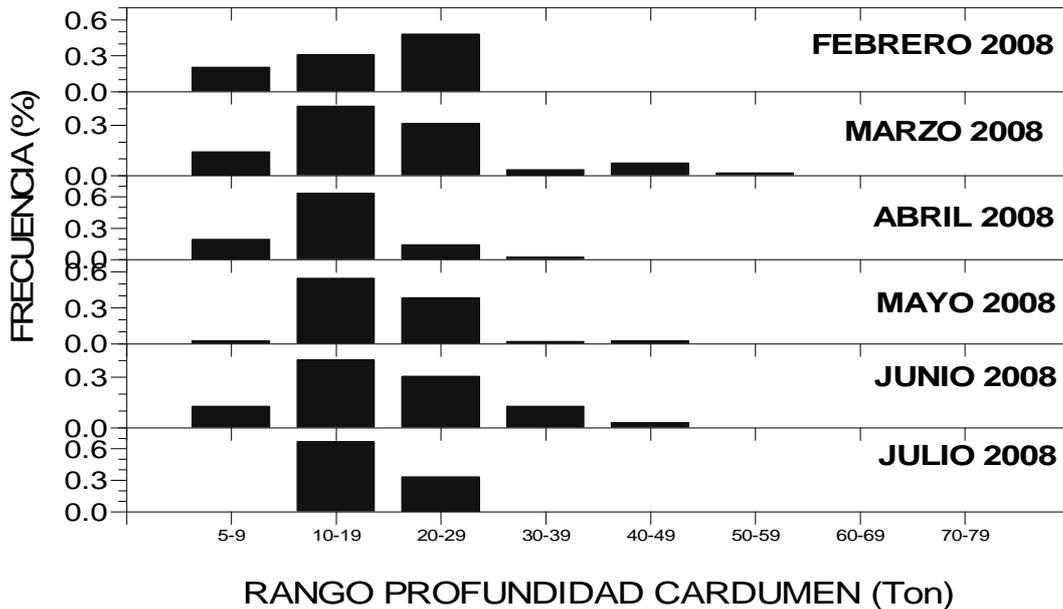
Esta operación se realizó principalmente de día, manteniéndose por sobre un 80 % en las diversas áreas de pesca, durante el período de captura del primer semestre (desde mediados de febrero hasta fines de Julio de 2008). Al analizar en forma horaria la realización de los lances de pesca, desde la perspectiva de un día virtual (**Figura 57**), mediante el colapso de toda la información de las distintas áreas de pesca a una escala mensual, fue posible observar que en los meses de marzo hasta junio se registró un patrón similar, en los cuales se advierte que la actividad se inicia al amanecer, pero entre las 09:00 horas y las 12:00 horas alcanza su mayor intensidad, posteriormente esta declina hacia el atardecer, hasta finalizar en la

medianoche. En su mayor parte, las embarcaciones que permanecieron en zona de pesca por más de una día, paralizaban su actividad, debido a la que el recurso se encontraba muy disperso, lo que dificultaba su captura.



**Figura 57.** Día virtual, en una escala mensual de los lanzes de pesca de sardina común y anchoveta, realizados por la flota industrial de cerco de la Octava Región durante el primer semestre de 2008.

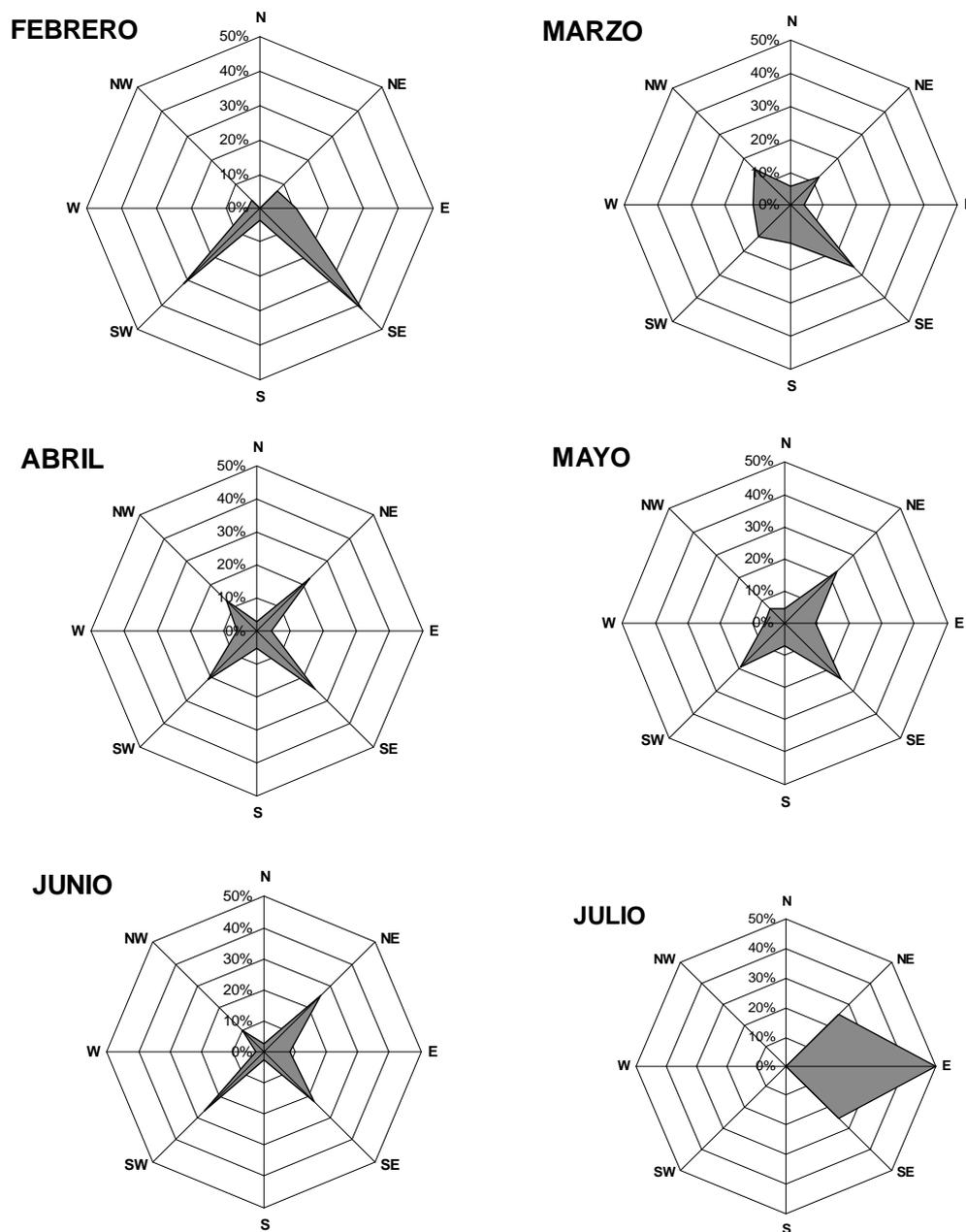
- **Comportamiento cardúmenes de sardina común y anchoveta, 2008:** Desde el punto de vista del comportamiento de los cardúmenes mixtos de sardina común y anchoveta, es posible indicar que durante el primer semestre, las capturas realizadas se desarrollaron en profundidades, que en general no superaron los 50 metros (**Figura 58**), solo en el mes de marzo se registraron algunos lanzes (cercano al 1%) sobre cardúmenes que se encontraban levemente por sobre esta profundidad. La mayor parte de los lanzes de pesca en las diversas áreas de pesca se realizaron sobre cardúmenes de sardina común y anchoveta que registraban una profundidad media entre 10 a 29 metros.



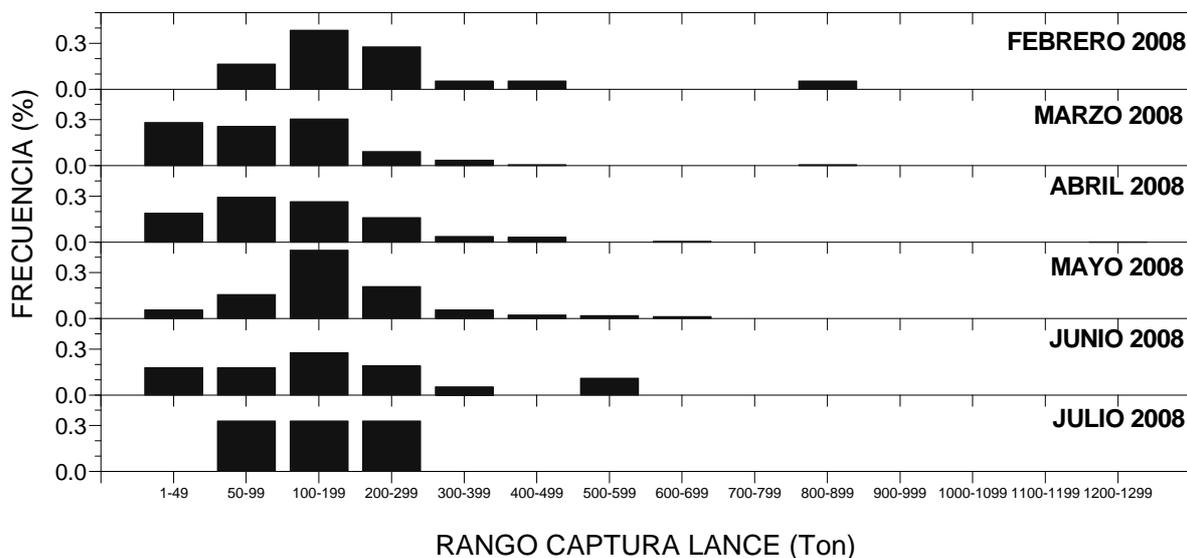
**Figura 58.** Frecuencia mensual de la distribución batimétrica de los cardúmenes de sardina común y Anchoveta, capturados en los lances de pesca por la flota industrial de cerco de la Octava Región, durante el primer semestre del 2008.

Los rumbos mensuales de los cardúmenes (**Figura 59**), indicaron que durante el primer semestre, se registró una gran heterogeneidad en el rumbo de los cardúmenes de sardina común y anchoveta, al momento de realizar los lances de pesca. A pesar de ello, es posible observar un cierto predominio de los rumbos hacia el sureste (SE) y este (E), respectivamente en la mayor parte del período.

Por otro lado, al examinar las capturas por lance de pesca mensuales (**Figura 60**), indicaron que en general las capturas se registraron principalmente entre 100 y 199 ton, sin embargo, en los meses de febrero y mayo, se presentaron las mayores capturas por lance de pesca para este período, con un predominio de capturas en el rango de 100 a 199 ton y con valores máximos en una baja proporción de 600 a 699 ton y de hasta 800 a 899 registrados durante el mes de febrero.

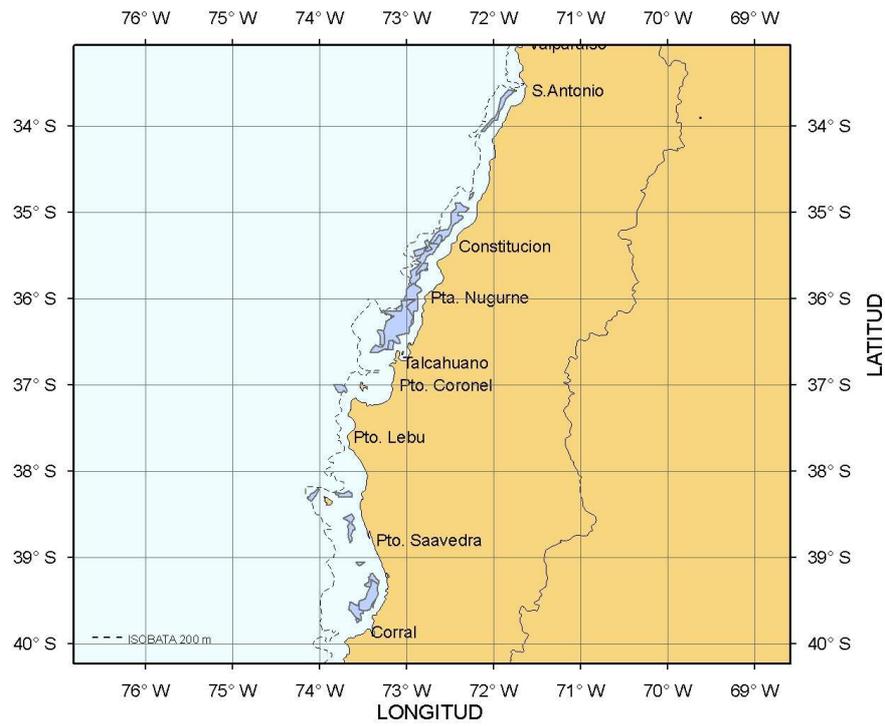


**Figura 59.** Rumbo mensual de los cardúmenes de sardina común y anchoveta, registrados antes de su captura por la flota industrial de cerco.



**Figura 60.** Captura mensual de sardina común y anchoveta por estrato, registradas a partir de los lances de pesca realizados por la flota industrial de cerco.

- **Áreas de Pesca, 2008:** El análisis espacial de las zonas de pesca de sardina común y anchoveta industrial, colapsadas a una escala mensual, permitió identificar una alta recurrencia de ellas en 2 amplios sectores de la zona centro-sur de Chile (**Figura 61**), estos se distribuyeron desde el norte de Talcahuano hasta las cercanías de Constitución y hacia el sur de Queule hasta las cercanías de la desembocadura del río Valdivia. Así mismo, se reconocieron otras áreas de pesca con una menor recurrencia, las cuales representaron una menor importancia. En estas regiones se desarrollaron zonas de pesca diarias las cuales fueron colapsadas a una escala mensual permitiendo conformar las áreas de pesca mensuales con una superficie poligonal de carácter irregular. Desde ellas se identificaron los desembarques realizados, destacándose tres áreas de pesca ubicadas frente a Constitución, Punta Nugurue y Queule, con un aporte al desembarque total de la flota de la Octava Región de un 30, 31 y 29 % en forma respectiva (**Tabla 27**). De este modo, las áreas de pesca ubicadas al norte de Talcahuano adquirieron una mayor relevancia en términos de desembarque.



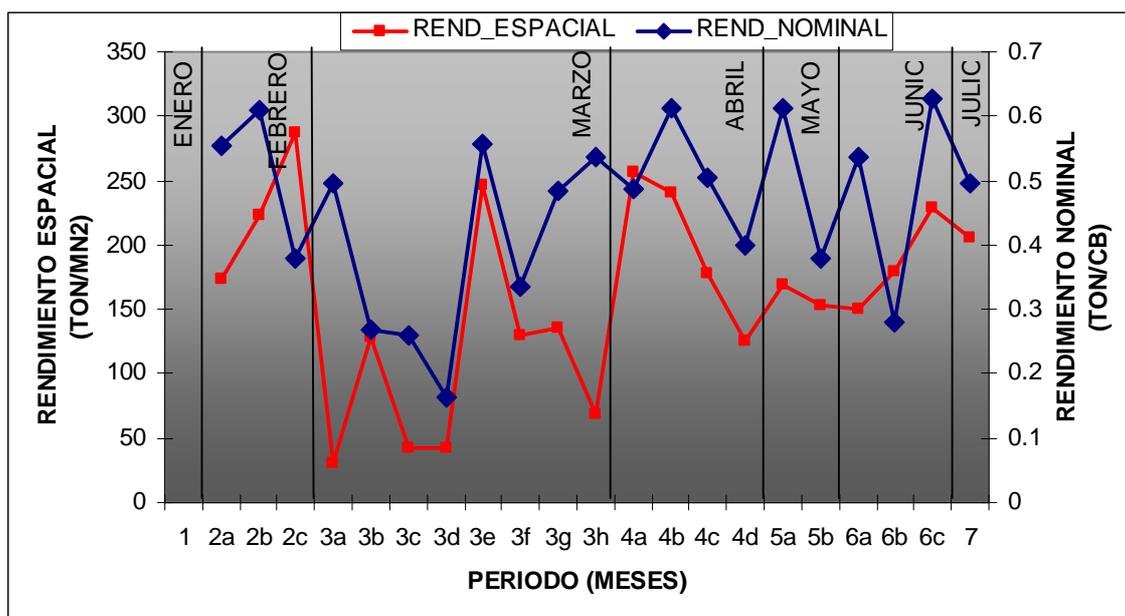
**Figura 61.** Area de pesca industrial de sardina común y anchoveta, registrada durante el año 2008.

**Tabla 27.** Resumen de los principales parámetros registrados en las áreas de pesca mensuales de sardina común y anchoveta, desarrolladas durante el año 2008.

MES	AREA DE PESCA	LATITUD	LONGITUD	DESEMBARQUE SARDINA COMUN (ton)	DESEMBARQUE ANCHOVETA (ton)	PROPORCION SARDINA COMUN (%)	PROPORCION ANCHOVETA (%)	DESEMBARQUE TOTAL (ton)	NUMERO VIAJES	CAPACIDAD BODEGA (cb) TOTAL	PERIMETRO (mn)	AREA (mn <sup>2</sup> )	DISTANCIA a PUERTO SAN VICENTE(mn)	DISTANCIA a PUERTO CORONEL (mn)	REAP (ton/mn <sup>2</sup> )	RNAP (ton/cb)
2	A	-39,07	-73,54	561,8	931,5	38%	62%	1493,3	4	2700	12,3	8.6	159,1	145,5	173,8	0,6
2	B	-39,44	-73,43	21025,8	10695,5	66%	34%	31721,3	51	51980	53,5	142.3	180,6	166,4	223,0	0,6
2	C	-39,73	-73,57	856,7	398,2	68%	32%	1254,9	3	3320	7,8	4.4	198,2	182,4	287,2	0,4
3	A	-33,83	-71,94	584,3	1828,2	24%	76%	2412,5	5	4870	74,2	80.2	186,7	207,1	30,1	0,5
3	B	-35,46	-72,86	627,0	2812,5	18%	82%	3439,5	14	12820	19,9	26.8	77,8	99,3	128,4	0,3
3	C	-36,31	-73,16	9899,1	7305,3	58%	42%	17204,4	65	66320	132,4	409.0	27,0	45,6	42,1	0,3
3	D	-37,05	-73,77	955,6	532,0	64%	36%	1487,6	10	9180	22,8	35.0	37,2	29,2	42,5	0,2
3	E	-38,27	-73,73	6677,9	2070,6	76%	24%	8748,4	16	15680	25,7	35.6	108,1	94,0	245,8	0,6
3	F	-38,27	-74,09	1896,0	1430,8	57%	43%	3326,8	9	9920	23,5	25.6	113,8	96,6	130,1	0,3
3	G	-38,66	-73,66	3799,0	4442,6	46%	54%	8241,5	19	16990	48,5	60.7	133,8	117,2	135,8	0,5
3	H	-39,6	-73,51	4773,5	3284,1	59%	41%	8057,6	14	14990	52,6	116.5	189,4	174,2	69,2	0,5
4	A	-34,8	-72,26	363,5	1492,9	20%	80%	1856,4	3	3800	12,6	7.3	127,0	147,0	256,0	0,5
4	B	-35,36	-72,7	4117,6	7161,0	37%	63%	11278,6	21	18380	42,6	46.9	87,0	106,7	240,7	0,6
4	C	-35,66	-72,83	1562,1	3587,8	30%	70%	5149,9	11	10190	24,5	29.0	68,1	88,1	177,5	0,5
4	D	-36,2	-73,1	33872,5	29867,1	53%	47%	63739,6	164	159500	127,7	508.1	33,7	51,7	125,5	0,4
5	A	-35,36	-72,62	27127,3	33663,7	45%	55%	60791,0	108	99410	160,7	360.2	86,9	107,6	168,8	0,6
5	B	-36,3	-73,1	1170,7	1840,8	39%	61%	3011,5	9	7920	21,0	19.7	22,7	42,1	152,8	0,4
6	A	-35,37	-72,68	1281,8	1767,7	42%	58%	3049,5	6	5680	15,7	20.3	86,3	105,9	150,2	0,5
6	B	-36,37	-73,02	447,6	1050,4	30%	70%	1498,0	5	5350	11,8	8.4	24,4	43,5	179,4	0,3
6	C	-39,41	-73,43	16663,8	10037,2	62%	38%	26701,0	52	42640	73,3	116.7	179,0	164,7	228,8	0,6
7	A	-39,42	-73,38	7760,4	4584,5	63%	37%	12344,9	29	24900	42,6	60.0	166,0	180,0	205,6	0,5

- **Rendimiento espacial y nominal de las áreas de pesca, 2008:** Se calcularon los rendimientos espaciales para cada área de pesca (REAP) (**Figura 62**), registrados al interior de los meses en los cuales se desarrolló la actividad pesquera del primer semestre del 2008, lográndose determinar que en todos los meses (Febrero a Julio) se registraron áreas de pesca con un rendimiento nominal de 0,6; ya sea en áreas de gran cobertura espacial como en otras menores, de esto se puede desprender que tanto las densidades de los cardúmenes como las abundancias fueron favorables para la operación pesquera, permitiendo la formación de áreas de pesca que otorgaron buenos rendimientos de pesca, tanto en la Octava región como en la IX y XIV Regiones.

Por otro lado, el rendimiento nominal para las áreas de pesca (RNAP) (**Figura 62**), indica una correspondencia con los máximos valores registrados para el índice espacial. Confirmando que los niveles de agregación de estos recursos presentados en estos meses fueron importantes desde el punto de vista pesquero.



**Figura 62.** Rendimiento espacial (REAP = captura total zona de pesca / superficie total área de pesca) de pesca y rendimiento nominal (RNAP = captura total zona de pesca / capacidad de bodega total área de pesca) registrados en las áreas de pesca industrial de sardina común y anchoveta, desarrolladas durante el año 2008.

**- Síntesis dinámica de flota año 2007, y primer semestre 2008:**

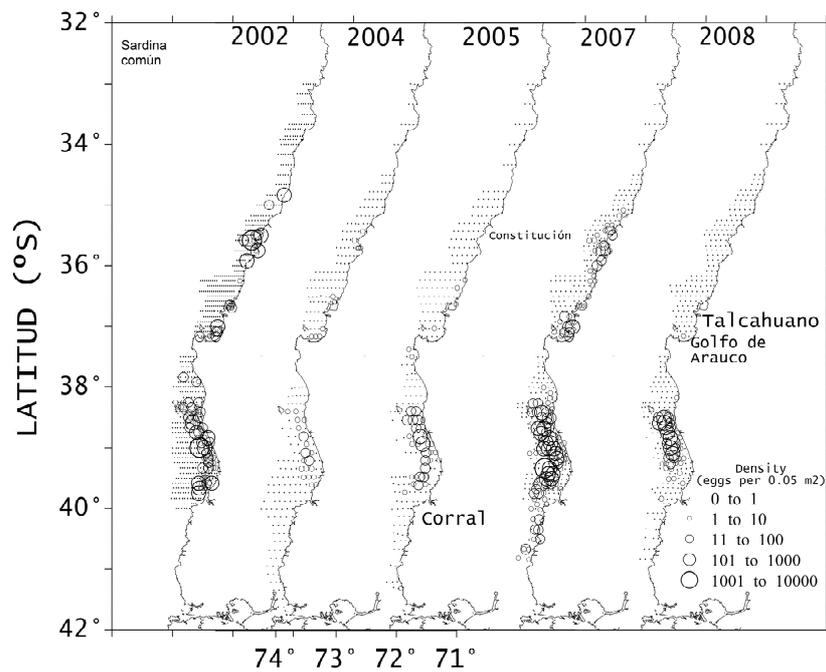
- Para el 2007 se generan focos de operación desde San Antonio a Corral. El año 2008 la situación es similar presentándose los focos de operación en la distribución ya señalada.
- La operación durante el 2007, es realizada principalmente de día (70%). Este patrón se mantiene el 2008, siendo la operación de día de un 80%.
- Desde la perspectiva de un día virtual no se reconoce un patrón de operación, sino más bien una operación concentrada al amanecer y/o atardecer en el 2007. Para el año 2008 entre los meses de marzo a junio se registró una situación similar, en los cuales se advierte que la actividad se inicia al amanecer, alcanzando su mayor intensidad entre las 09:00 y 12:00 hrs, y declinando hacia al atardecer.
- Durante el I semestre del 2007, los lances de pesca no superaron los 50 m y concentrándose en el estrato 10-19 m, en el segundo semestre estos se profundizaron concentrándose entre los 30-39 mts. En el 2008 la situación es equivalente con capturas entre los 10-29 m.
- Las mayores capturas por lances se obtienen entre los meses de febrero a abril. En el segundo semestre y particularmente en el mes de septiembre se obtuvieron capturas por lance equivalentes (100-199 ton). En el 2008 la situación es equivalente manteniéndose las magnitudes ya señaladas para el año 2007.
- Las áreas de pesca de Corral y San Antonio son las predominantes durante el año 2007. Para el 2008 las áreas de pesca ubicadas al norte de Talcahuano, adquirieron mayor importancia en términos de desembarque.
- La mayor agregación de los cardúmenes el 2007, se presentó en los meses de marzo, abril y mayo con mayores rendimientos espaciales. El 2008, la situación es equivalente observándose agregaciones de tipo comercial que facilitaron la actividad extractiva.

### 9.3. Análisis integrado y modelo de dinámica poblacional

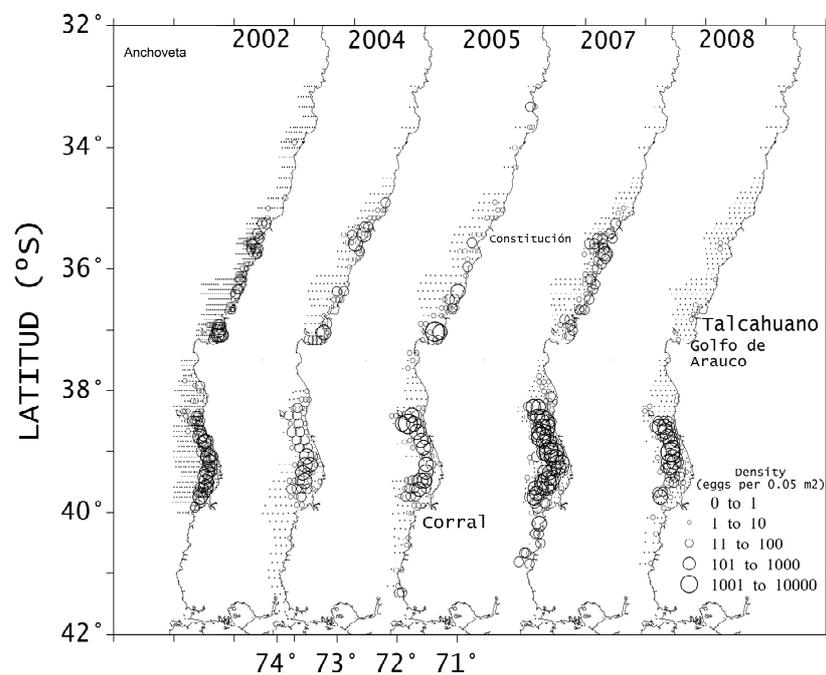
Al considerar una unidad de población austosustentable, se debe compatibilizar los elementos que determinan su productividad tal como el crecimiento y la mortalidad de los ejemplares, así como la existencia de una zona de desove.

Al respecto, la revisión bibliográfica ha permitido establecer la distribución de la abundancia de huevos de sardina común y anchoveta obtenida de los cruceros de la evaluación del stock desovante, y que se resume en la **Figura 63 y 64**. En ambas especies se identifica el sector sur, esto es entre 38°20'S y 40°S como la principal área de desove. Esta área presenta la mayor abundancia de huevos durante el pico de desove principal y que ha sido evaluado regularmente entre agosto y septiembre de cada año. En la zona norte, la abundancia de huevos de sardina común ha sido variable interanualmente, y virtualmente ausente en el 2004 y 2005. No obstante, para ambas especies se identifica al Golfo de Arauco, la desembocadura del Río Itata, y Constitución, como los núcleos de desove de mayor importancia en este estrato geográfico.

Un stock puede exhibir diferencias en unos o más parámetros de historia de la vida, comparado con otros stocks de la misma especie. En este sentido, los parámetros de historia de vida de una población, tales como: crecimiento, supervivencia, reclutamiento, reproducción, distribución, y abundancia, son consecuencia directa del modo de historia de vida en que los stocks de peces han evolucionado (Begg *et al.* 1999). Otros rasgos de la historia de vida como la estructura de tamaños, madurez y fecundidad expresan la interacción entre la base genética y la influencia ambiental, y provee de evidencia para la estructura de stock (Begg 2005). En este estudio se han obtenido una serie de indicadores poblacionales de anchoveta y sardina común, particularmente los patrones de distribución de la abundancia y la estructura de tamaños, la tasa de crecimiento, y otros parámetros reproductivos que nos permiten proponer un esquema de conectividad del ciclo de vida.



**Figura 63.** Distribución de la abundancia huevos de sardina común (huevos por 0,05 m<sup>2</sup>) en la zona centro-sur de Chile (Fuente: FIP 2007-06).



**Figura 64.** Distribución de la abundancia huevos de anchoveta (huevos por 0,05 m<sup>2</sup>) en la zona centro-sur de Chile (Fuente: FIP 2007-06).

En este contexto, los datos e información recopilada de los cruceros de evaluación acústica que se realizan en enero de cada año, han permitido analizar espacio-temporalmente los siguientes indicadores poblacionales: a) abundancia y biomasa, b) longitud promedio en la población, c) proporción de juveniles en la población. A su vez, de los cruceros de evaluación del stock desovante, se resume la distribución del desove evaluada a fines de invierno y comienzos de primavera (agosto-septiembre). En conjunto, estos indicadores revelan un patrón persistente en términos espacio-temporales, según lo siguiente:

- a) En enero, la fracción recluta de sardina común y anchoveta tiende a ser más importante entre los 34°30'S (norte de Constitución) y los 37°10'S (Golfo de Arauco), incluyendo el sur de la Isla Mocha.
- b) Al sur de la Isla Mocha (38°20'S) y hasta los 40°S, los ejemplares son de mayor tamaño corporal y constituyen la fracción adulta de la biomasa.
- c) En invierno (agosto-septiembre), no se ha detectado desove (huevos en el mar) en el área comprendida entre los 33°S (Valparaíso) y los 34°S. Exceptuando, el caso de la anchoveta en el 2005. Las áreas de desove más importantes están localizadas en dos estratos geográficos en el área de estudio; a saber: 34°30'S-37°10'S y 38°S-39°S, siendo el último estrato geográfico el que demuestra una consistente mayor abundancia de huevos ([Castillo-Jordán et al. 2007](#); [Cubillos et al. 2007](#)).
- d) En la estructura de tallas en las capturas de la flota del área de Corral no se ha detectado evidencia que la fracción recluta sea importante a lo largo del año, siendo más bien vulnerada la fracción adulta del stock. De esta manera, la longitud media y la fracción juvenil en las capturas sigue el patrón general identificado en los cruceros de evaluación. Esto es, las capturas de la zona norte sustentadas en juveniles y las de la zona sur en la fracción adulta del stock.

Además, se determinó la talla media de madures sexual ( $L_m$ ) de las hembras de sardina (11 cm) y anchoveta (12 cm) en la zona sur. Estas estimaciones no son diferentes de las conocidas y estimadas con información del área de Talcahuano. En efecto, [Cubillos et al. \(1999b\)](#) estimaron una talla media de 10 cm para la sardina común y de 11,5 cm para la anchoveta, con datos macroscópicos de madurez sexual. Estas a su vez, son consistentes con otras estimaciones disponibles para sardina común y anchoveta ([Arrizaga 1981](#), [Mujica y Rojas 1984](#), [Arancibia et al. 1994](#)).

El crecimiento se estudió sobre la base de los datos de frecuencia de tallas de la pesquería realizados durante el 2007. Aunque se considera que el coeficiente de crecimiento ( $K$ ) del modelo de Von Bertalanffy es bajo, en general se encontró que los parámetros de crecimiento son comparables con los

comunicados por Cubillos et al. (2001, 2002), utilizando la misma metodología. Se debe tener en cuenta que los parámetros de este modelo ( $L_{\infty}$  y  $K$ ) están muy correlacionados, razón por la cual el método de regresión no-lineal de efectos mixtos se considera más adecuado. Asimismo, la tasa de mortalidad natural es similar a la obtenida en estudios previos (Cubillos et al. 1998b).

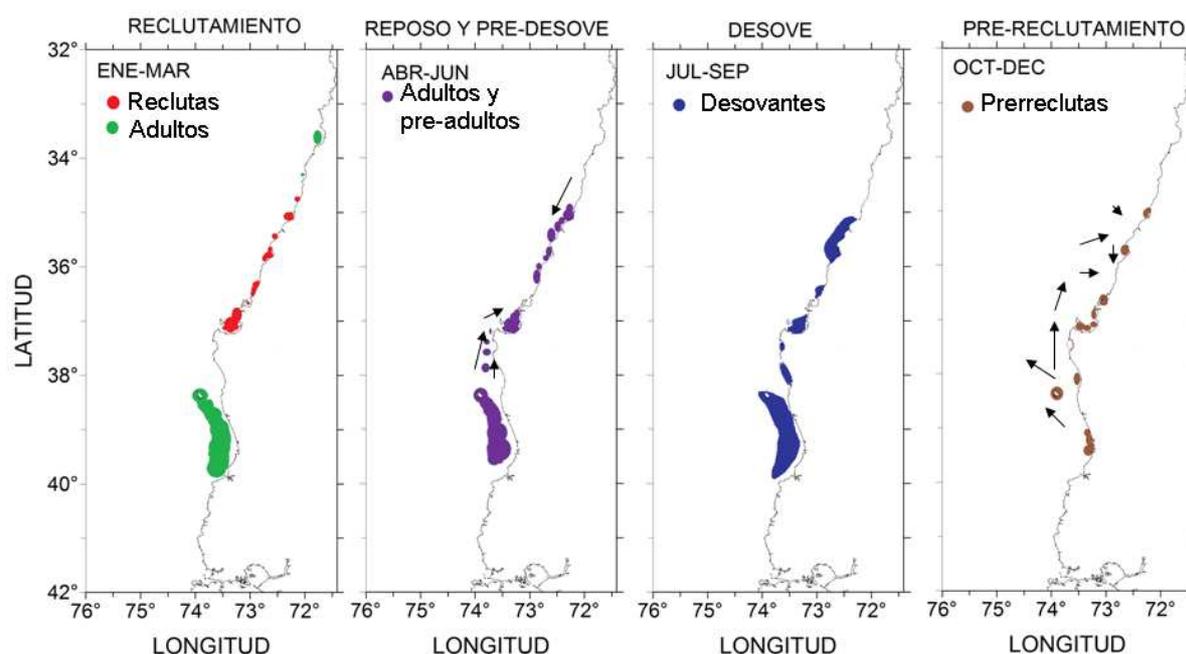
Sobre la base de los aspectos encontrados, y sobre la base de Cubillos (1999) y Sepúlveda et al. (2003), se plantea el siguiente esquema conceptual *a priori*, para la estructura poblacional de sardina común y anchoveta:

- a) El sistema de bahías de la zona centro-sur al norte del Golfo de Arauco ( $37^{\circ}10'S$ ) constituyen áreas de crianza, donde prerreclutas y reclutas menores a seis meses de edad crecen y se desarrollan. Esto es, durante una ventana temporal que va entre el desove y el reclutamiento (Julio a Diciembre). En la **Figura 65**, se marcan probables áreas de distribución de prerreclutas y las flechas indican una conectividad o migración activa ayudada por flujos costeros de corrientes (ver Atkinson et al. 2002), que determina un reclutamiento al norte de Golfo de Arauco.
- b) En enero, los ejemplares han reclutado con una talla promedio de entre 6 y 7 cm, principalmente al norte del Golfo de Arauco. En esta época, enero-marzo, los adultos ( $> 11$  cm, y de más de un año de edad), tienden a distribuirse preferentemente hacia el norte (Carranza, desembocadura del Itata) y preferentemente al sur de los  $38^{\circ}20'S$  (sur de la Isla Mocha a Corral).
- c) Entre abril y junio, los juveniles originados durante el desove del año anterior comienzan a ser pre-adultos y los adultos comienzan una migración activa para congregarse en agregaciones pre-reproductivas.
- d) Durante la transición invierno-primavera (julio-septiembre), la fracción adulta ingresaría a la región más costera (sistemas de bahías) para reproducirse, particularmente porque el área de crianza pasaría a constituirse en un área de desove. De acuerdo con el régimen oceanográfico, durante la transición invierno-primavera (época de desove) ocurriría una alternancia entre convergencias costeras producidas por vientos norte que favorecerían la concentración y retención de huevos en la costa y vientos sur que promoverían el enriquecimiento de las aguas costeras con eventos de surgencia de moderada intensidad (Cubillos et al., 2001).
- e) Bajo este esquema conceptual, el desarrollo de los individuos juveniles que han sido capaces de sobrevivir en las zonas protegidas, al crecer y alcanzar la madurez al término del primer año de vida, cerrarían el ciclo de vida en la época invernal (primer desove). A su vez, al ser más abundantes que los peces de más viejos, contribuirían al desove en las zonas costeras donde

fueron criados, transformando la zona de crianza en una zona de desove (particularmente entre Constitución y el Golfo de Arauco).

- f) Posteriormente, los individuos que han desovado por primera vez abandonarían las zonas protegidas para distribuirse hacia el norte y sur. En el sector sur, comprendido entre la Isla Mocha y Corral ( $38^{\circ}20'S-40^{\circ}S$ ), los individuos de mayor tamaño localizados en esta área eventualmente podrían desarrollar una migración hacia el norte y hacia la costa, para desovar en las áreas de desove durante la época de desove (“homing behavior”, Cury 1994). Durante el transcurso de esta migración, asociada al uso del hábitat, podrían ocurrir desoves importantes. Esta estrategia debería estar relacionada con periodos reproductivos de mayor duración e intensidad temporal, desovando antes que los ejemplares que se reproducen por primera vez (Parrish *et al.* 1986).

Este marco conceptual constituye una hipótesis de dinámica y conectividad ontogenética que debe ser validada.



**Figura 65.** Esquema temporal de la distribución de reclutas, adultos en diferentes estados de madurez, y probables zonas de prerreclutas. Las flechas indican probables grados de conectividad asociados con natación activa y ayudada por corrientes (ver texto).

## **10 Análisis de los resultados**

El propósito del presente estudio fue determinar, analizar y establecer indicadores de dinámica poblacional para la fracción de la población de sardina común y anchoveta que se distribuye frente al litoral de la Región de la Araucanía, Región de los Ríos y Región de los Lagos, tal que permitieran evaluar el impacto de la pesca sobre los stocks en el área de estudio, y comprender la dinámica del stock, y de la flota que opera en esas regiones.

En este contexto, se recopiló datos e información de los cruceros de evaluación acústica que se realizan en enero de cada año y a partir de los cuales se analizó espacio-temporalmente los siguientes indicadores poblacionales: a) abundancia y biomasa, b) longitud promedio en la población, c) proporción de juveniles en la población, d) tasa de explotación, a partir de la razón capturas:biomasa. Estos indicadores revelan un patrón persistente en términos espacio-temporales, y revelan que en el área de interés (Regiones IX, XIV, y X), en enero de cada año la fracción de la población de ambas especies está sustentada en ejemplares adultos, con talla promedio mayor a la talla media de primera madurez sexual. A su vez, las capturas son bajas comparadas con la magnitud de la biomasa evaluada, siendo la razón captura:biomasa menor al 10% en el 2006 y 2007. Aunque la razón captura:biomasa se puede considerar como un indicador de la tasa de explotación, en el caso de la sardina y anchoveta es preferible utilizar la razón en número de individuos ya que las capturas son mayores que la biomasa frente al litoral de la Región del Bío-Bío. Esto es así porque las capturas obtenidas durante el primer semestre en esta región recogen el incremento en peso conforme los individuos crecen durante la temporada de pesca, mientras que la abundancia y biomasa evaluada acústicamente está sustentada en ejemplares que recién han reclutado y que tienen un peso promedio bajo y, por ende, muy abundantes numéricamente.

Otro de los indicadores contemplados fue la tasa de mortalidad total ( $Z$ ). Sin embargo, este indicador es una cantidad estimada y debe cumplir ciertos supuestos para que la estimación sea de utilidad en el contexto de un sistema de pronóstico basado en indicadores. Lamentablemente, los modelos más simples que se utilizan para estimar  $Z$  se basan en supuestos que difícilmente se podrían cumplir en pelágicos pequeños. En efecto, las curvas de captura longitud-transformada suponen una población en estado-estable, es decir que el reclutamiento sea relativamente estable y que la tasa de mortalidad sea constante en la fracción vulnerada por el arte de pesca. El cerco es un arte no selectivo y puede vulnerar tanto la fracción juvenil como adulta de ambas especies. En este contexto, la estructura de edades o de tamaños está afectada por reclutamientos, intensidad de pesca, y vulnerabilidad las cuales presentan una variabilidad interanual. En consecuencia, la tasa de mortalidad total no constituye un indicador adecuado

para estas especies en el contexto de un sistema de pronóstico simple y robusto como el que se desea. Simple en el sentido de lograr su implementación, y robusto en términos de los supuestos subyacentes (p.e. población steady-state, población cerrada, etc).

En relación con el indicador de longitud promedio en las capturas, y proporción de juveniles en las capturas - aunque fácil de calcular-, presentan el inconveniente de que la información de años previos está referida a la unidad de pesquería. En consecuencia, no se ha podido conseguir información disgregada que permita evaluar los cambios interanuales en cada estrato geográfico contemplado. En efecto, las evaluaciones de stock de sardina y anchoveta consideran un stock homogéneo en el área de distribución, y en consecuencia toda la información generada (captura en número por edad/talla, peso promedio por edad en las capturas está referida a la captura total, M. Canales com. pers.). No obstante, a partir de los datos de vigilancia biológico-pesquera del Proyecto FIP 2006-13 se pudo constatar la longitud media y la fracción juvenil sigue el patrón general identificado en los cruceros de evaluación. Esto es, las capturas de la zona norte sustentadas en juveniles y las de la zona sur en la fracción adulta del stock. En el 2008, sin embargo, por primera vez se observó una moda centrada en juveniles que reclutaron el mismo año.

Los indicadores de dinámica poblacional que van a permitir constituirse en puntos de referencia umbrales o límites, dicen relación con la talla media de madurez sexual y la tasa de mortalidad natural. De esta manera, a partir de datos de estado de madurez sexual microscópicos generados en el 2007 (FIP 2006-13), se determinó la talla media de madures sexual ( $L_m$ ) de las hembras de sardina (11,2 cm) y anchoveta (12 cm) en la zona sur. [Cubillos et al. \(1999\)](#) estimaron una talla media de 10 cm para la sardina común y de 11,5 cm para la anchoveta, con datos macroscópicos de madurez sexual. Es probable que no existan diferencias significativas entre estas estimaciones, las que son consistentes con otras estimaciones disponibles para sardina común y anchoveta ([Arrizaga 1981](#), [Mujica y Rojas 1984](#), [Arancibia et al. 1994](#)).

El crecimiento se estudió sobre la base de los datos de frecuencia de tallas de la pesquería realizados durante el 2007. Aunque se considera que el coeficiente de crecimiento ( $K$ ) del modelo de Von Bertalanffy es bajo, en general se encontró que los parámetros de crecimiento son comparables con los comunicados por [Cubillos et al. \(2001, 2002\)](#), utilizando la misma metodología. A su vez, ya que los parámetros de este modelo ( $L_\infty$  y  $K$ ) están muy correlacionados con la tasa de mortalidad natural, se estimó tasas que caen dentro del rango de valores obtenidos para ambas especies en estudios previos. En este contexto, se puede plantear que en la unidad de pesquería existe una unidad de población que en términos de su dinámica es homogénea (crecimiento, madurez y mortalidad), pero que presenta heterogeneidad espacial como resultado de su acomplamiento al sistema de surgencia estacional de Chile central.

Los indicadores ambientales, como las anomalías de temperatura superficial del mar, revelan cambios interanuales similares a lo largo de la costa. En efecto, las anomalías intensas están asociadas a la manifestación de eventos El Niño-Oscilación del Sur tal como el evento El Niño 1997-98, La Niña 1999, La Niña 2007-08. Asimismo destaca un periodo frío de más largo plazo entre 1999 y 2008. En relación con el índice de transporte Ekman, se encuentran diferencias espaciales que podrían configurar algunas características locales como la mayor frecuencia de transporte hacia la costa en la zona sur durante la época de transición invierno-primavera. Con el objeto de que estos indicadores sean adecuados para los fines de la dinámica de ambas especies, es necesario iniciar los lineamientos que permitan identificar las ventanas temporales críticas relacionadas con el ciclo de vida de las especies. De esta manera, se sugiere utilizar los siguientes criterios: a) indicador del impacto de la variabilidad ambiental durante la estación de desove principal (julio-septiembre), b) indicador del impacto de la variabilidad ambiental durante la fase prerrecluta (agosto-diciembre), c) indicador de la primera fase de crecimiento estival (octubre-marzo).

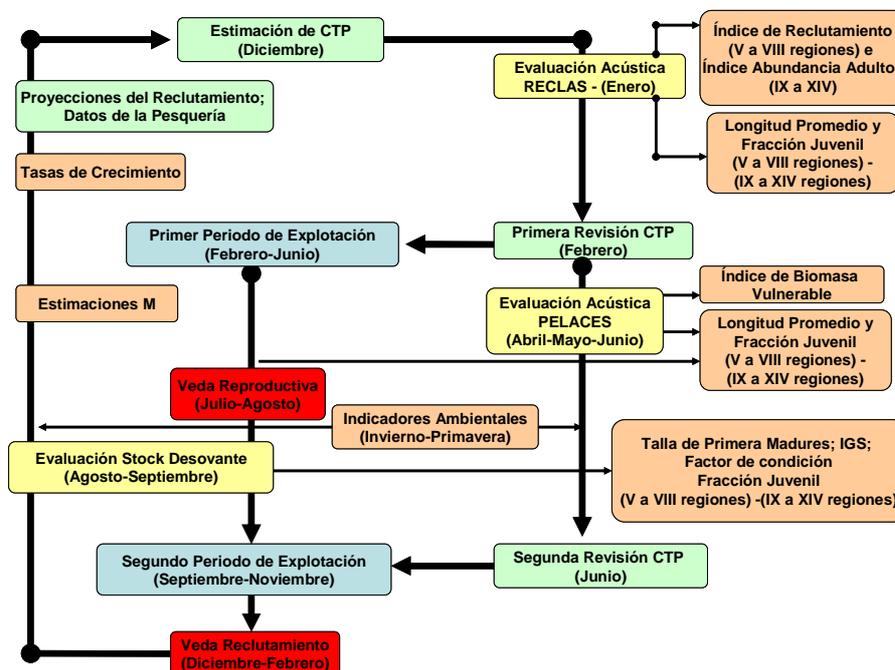
En términos de los indicadores ecológicos, más que ser de utilidad en un contexto de monitoreo, diagnóstico, y control, se podrán utilizar para comprender la dinámica de estos pelágicos pequeños y el rol que cumplen en el ecosistema. Su utilidad e importancia radicará cuando se implemente un enfoque de manejo basado en el ecosistema. En este contexto, es deseable establecer el rol trófico de estos pelágicos pequeños y si sus variaciones en abundancia tienen impacto en otros componentes del ecosistema, sean éstos predadores o presas.

En términos del desempeño de los indicadores propuestos, se concluye que la pesca está afectando negativa y débilmente a la abundancia de adultos de ambas especies en conjunto, un año después. El esfuerzo de pesca, medido aquí como viajes con pesca estándar puede no ser el mejor indicador, pero se correlacionó positivamente con la tasa de explotación ponderada de ambas especies. El esfuerzo de pesca no tiene impacto sobre los índices de biomasa y abundancia en la zona norte (V-VIII Región), lo que se debe a que estos índices están recogiendo la variabilidad del reclutamiento. En otras palabras, la abundancia que recluta en enero en la zona norte debe ser explicada en términos de la sobrevivencia de huevos, larvas y juveniles desde el desove hasta la fase prerrecluta (Julio-Diciembre) (e.g. [Castro et al. 2000](#), [Castro y Hernández 2000](#), [Cubillos y Arcos 2002](#)). En el contexto de evaluación de stock, la biomasa (y abundancia) evaluada acústicamente en enero entre la V y VIII Región debería ser utilizada como índice de reclutamiento, mientras que la biomasa (y abundancia) evaluada acústicamente al sur de la Isla Mocha debe ser utilizada como un índice de adultos. Así, sobre la base de un solo crucero se tiene la variabilidad de dos componentes y procesos diferentes que están afectando a la dinámica de la población.

Por un lado, la variabilidad del reclutamiento es el resultado de múltiples procesos de muerte y crecimiento que han ocurrido durante toda la fase prerrecluta y por otra la sobrevivencia de los ejemplares a la pesca y que se verifica en el componente adulto que se refugia al sur de la Isla Mocha.

En relación con la dinámica de la flota, es el propósito de este proyecto es evaluar la intencionalidad de pesca actual y potencial sobre las poblaciones en el área de estudio. En este contexto, existe un desbalance espacial en términos de las flotas artesanales y la incidencia de la flota industrial sobre las poblaciones. En términos de la situación de la dinámica de la flota artesanal e industrial evaluada durante el año 2007 y 2008, se identificó las zonas de pesca más recurrentes, y la cantidad de esfuerzo de pesca y rendimientos.

En la **Figura 66**, se presenta un esquema del desarrollo de la pesquería de sardina común y anchoveta en la zona Centro-Sur, en el cual se incorpora la obtención y utilización potencial de cada indicador seleccionado. La incorporación incluye tanto las herramientas (cruceos o evaluaciones) en las cuales se determina los indicadores, como el tiempo (orden cronológico) de su utilización en la toma de decisiones; con esto procuramos facilitar al administrador el uso de los resultados derivados del proyecto.



**Figura 66.** Diagrama del desarrollo de la pesquería de sardina común y anchoveta en la zona centro-sur; Procesos de feedback en la determinación de los indicadores seleccionados.

El modelo de dinámica que se ha propuesto considera una heterogeneidad espacio-temporal que viene dada por el proceso de crecimiento, madurez, y el uso de hábitat. En este contexto, se asume la idea de una conectividad espacio-temporal entre los ejemplares que reclutan en la zona norte (35°S-37°10'S) y que probablemente han sido generados en la zona de desove al sur de la Isla Mocha. Los mecanismos para que opere esta conectividad estarían relacionados con una corriente hacia el norte a la forma de un chorro y que facilite tanto la natación activa como pasiva de los ejemplares. A su vez, se asume la hipótesis de [Cury \(1994\)](#), que involucra que los ejemplares identifiquen el ambiente de desove en que fueron originados, y sean capaces de realizar una migración hacia las zonas de desove. Este mecanismo podría explicar la zona de refugio y de desove localizadas entre el sur de la Isla Mocha y Corral, mientras que el desove variable que se registra en la zona norte (35°S-37°10'S) podrían ser consecuencia del efecto de los ejemplares que se reproducen por primera vez. Aunque estas hipótesis de estructura y dinámica poblacional pueden tener alto poder explicatorio, debe sin duda ser validadas. En la actualidad, existe una gran cantidad de herramientas que permiten reproducir la dinámica oceanográfica y acoplar los procesos que determinarán los cambios en las poblaciones (e.g. [Allain et al. 2001](#), [Parada et al. 2003](#), [Allain et al. 2007](#), [Brochier et al. 2009](#)). Por lo tanto, se recomienda iniciar los estudios que permitan implementar estas metodologías y contrastar el modelo de dinámica aquí sugerido.

## 11 CONCLUSIONES

- Los indicadores de dinámica poblacional de anchoveta y sardina común -abundancia, biomasa, talla promedio, proporción de juveniles-, observados en los cruceros de evaluación acústica que se realizan en enero de cada año, revelan que en el área marítima comprendida entre la IX y XIV regiones, se distribuye la fracción adulta de los stocks de anchoveta y sardina común con longitudes promedio mayores a la talla media de madurez sexual. Asimismo, el reclutamiento ocurre al norte del Golfo de Arauco.
- En la unidad de pesquería existe una sola unidad de población que en términos de su dinámica es homogénea (crecimiento en longitud, talla media de madurez sexual, y mortalidad natural), pero heterogénea en su distribución espacial como resultado de su acoplamiento al uso de hábitats de desove, de reclutamiento y engorda, cuyas características están influenciadas por el régimen oceanográfico estacional del área de estudio.
- El modelo de dinámica poblacional considera la heterogeneidad espacio-temporal, proponiéndose una conectividad espacio-temporal entre el área principal de desove localizada entre la Isla Mocha

y Corral y los ejemplares que reclutan al norte del Golfo de Arauco, probablemente a través de un sistema de corrientes en chorro que fluye de sur a norte en primavera.

- Los ejemplares que reclutan en zonas al norte del Golfo de Arauco, crecen y se desarrollan en el sistema de bahías protegidas hasta alcanzar la talla media de madurez en julio-agosto. El área de refugio y engorda se transforma en un área de desove para una fracción de los ejemplares que se reproducen por primera vez.
- La pesca está afectando a la abundancia de adultos de ambas especies en conjunto, un año después.
- La flota industrial opera en zonas de pesca en toda la unidad de pesquería, aunque preferentemente opera sobre la fracción adulta de los stocks de anchoveta y sardina común durante el segundo semestre.
- Las embarcaciones que componen la flota artesanal operan frente al litoral de la región en que están inscritas. La flota artesanal de cerco de la XIV región es pequeña y logra capturas sustentadas por ejemplares adultos y cuya magnitud anual es inferior al 10% de la biomasa evaluada a comienzos de año.
- En el contexto de evaluación de stock, la biomasa (y abundancia) evaluada acústicamente en el crucero que se realiza en enero de cada año, debería tratarse de la siguiente manera: la biomasa (y abundancia) determinada entre la V y VIII Región debería ser utilizada como un índice de reclutamiento, mientras que la biomasa (y abundancia) determinada al sur de la Isla Mocha debería ser utilizada como un índice de adultos. Así, sobre la base de un solo crucero se tiene la variabilidad de dos componentes y procesos diferentes que están afectando a la dinámica de la población.

## 12 Referencias

- Alamo, A.; Navarro, I., Espinoza, P., Zubiato, P. 1996. Espectro alimentario y ración de alimentación de *Engraulis ringens* y de *Sardinops sagax sagax*, y mortalidad de huevos de la anchoveta peruana por prelación. Informe Instituto del Mar del Perú N° 119 p. 34-42.
- Alamo, A., P. Espinoza, Zubiato, P., and I. Navarro. 1997. Comportamiento alimentario de los principales recursos pelágicos peruanos en verano y comienzos de otoño 1997. Inf. Inst. Mar Perú, 127: 82-89.
- Alamo, A. and P. Espinoza. 1998. Variaciones alimentarias en *Engraulis ringens* y otros recursos pelágicos durante invierno-primavera de 1997. Inf. Inst. Mar Perú, 130: 45-52.
- Allain G, Petitgas P, Lazure P (2001) The influence of mesoscale ocean processes on anchovy (*Engraulis encrasicolus*) recruitment in the Bay of Biscay estimated with a three-dimensional hydrodynamic mode. Fisheries Oceanography 10: 151-163
- Allain G, Petitgas P, Lazure P, Grellier P (2007) Biophysical modelling of larval drift, growth and survival for the prediction of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) recruitment in the Bay of Biscay (NE Atlantic). Fisheries Oceanography 16: 489-505
- Allain G, Petitgas P, Lazure P (2007) The influence of environment and spawning distribution on the survival of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) larvae in the Bay of Biscay (NE Atlantic) investigated by biophysical simulations. Fisheries Oceanography 16: 506-514
- Allen, K. R., 1971. Relation between production and biomass. J. Fish. Res. Bd. Canada 28: 1573-1581.
- Alverson, D.L., Pereyra, W.T., 1969. Demersal fish exploitation in the northeastern Pacific Ocean – an evaluation of exploratory fishing methods and analytical approaches to stock size and yield forecasts. J. Fish. Res. Board. Can. 26: 1985-2001.
- Alverson, D.L., Carney, M.J. 1975. A graphic review of the growth and decay of population cohorts. Journal du Conseil - Conseil International pour l'Exploration de la Mer 36: 133-143.
- Arancibia, H., L. Cubillos, J. Remaggi y R. Alarcón. 1994. Determinación de la talla de madurez sexual y fecundidad parcial en la sardina común, *Strangomera bentincki* (Norman, 1936), del área de Talcahuano, Chile. Biología Pesquera N° 23:11-17.
- Arancibia, H., Neira, S., Christensen, V., Olson, R., Cubillos, I., R. Quiñones., Gatica, C., Medina, M., 2002. Enfoque metodológico para el análisis ecosistémico en la administración de pesquerías de la zona central de Chile. Informe Final Proyecto FIP-2001-29, Universidad de Concepción, 278 pp.
- Arancibia, H., Neira, S., 2005. Long-term changes in the mean trophic level of Central Chile fishery landings. Sci. Mar. 69, 295-300.
- Aranis A., L. Caballero, G. Böhm, C. Martínez, M. Nilo, C. Vera, 2004. Informe Final Fase I “Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona Centro-Sur 2004”. Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Subsecretaría de Pesca, Inst. Fom. Pesq., Valparaíso, Chile, Chile. 135 p.+Anexos.
- Aranis A., L. Caballero, G. Böhm, C. Martínez, M. Nilo, E. Palta, F. Cerna, C. Vera, V. Bocic, A. Gómez, G. Rosson, M. Troncoso, C. Machuca. 2005. Informe Final Fase II “Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona Centro-Sur 2004”. Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Subsecretaría de Pesca, Inst. Fom. Pesq., Valparaíso, Chile, Chile. 175 p.+Anexos.
- Arrizaga, A. 1981. Nuevos antecedentes biológicos para la sardina común, *Clupea (Strangomera) bentincki* Norman 1936. Bol. Soc. Biol. Concepción, 52: 5-66.
- Atkinson, L.P., Valle-Levinson, A., Figueroa, D., De Pol-Holz, R., Gallardo, V.A., Schneider, W., Blanco, J.L., Schmidt, M. 2002. Oceanographic observations in Chilean coastal waters between Valdivia and Concepción. Journal of Geophysical Research, 107(C7), 10.1029/2001JC000991
- Begg, G.A., Hare, J.A., Sheehan, D.D. 1999. The rol of life history parameters as indicators of stock structure. Fish. Res. 43: 141-163.
- Begg, G.A. 2005. Life history parameters. In: Stock identification methods, applications in Fishery Science, Cadrin, S.X., Friedland, K.D., Waldman, J.R. (Ed.), Academic Press, San Diego, p. 119-159.
- Brochier, T., Colas, F., Lett, C., Echevin, V., Cubillos, L.A., Tam, J., Chlaida, M., Mullon, C., Fréon, P. 2009). Small pelagic fish reproductive strategies in upwelling systems: a natal homing evolutionary model to study environmental constraints. Progress in Oceanography (in press).
- Caballero, L., L. Santillán y G. Rosson. 1992. Investigación del esfuerzo pesquero en las principales pesquerías pelágicas chilenas: sardina española Zona Norte y jurel Talcahuano. CORFO-IFOP, SGI-IFOP 92/16, Inst. Fom. Pesq., Valparaíso, Chile, 52 p.

- Caddy, J. 2004.** Current usage of fisheries indicators and reference points, and their potential application to management of fisheries for marine invertebrates. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 61: 1307-1324.
- Caddy, J.F., Mahon, R. 2005.** Referente points for fisheries management. *FAO Fish. Tech. Pap.* 347.
- 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. *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.
- Castillo, J., Saavedra, A., Gálvez, P., Barría, P., Espejo, M., Barbieri, M.A. 2004.** Evaluación acústica biomasa, abundancia, distribución espacial y caracterización de cardúmenes. En: Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2003. *Informes Técnicos FIP-IT/2003-08*, 178 p +figuras y Anexos
- Castillo, J., A. Saavedra, P. Gálvez. 2005.** Evaluación acústica de la biomasa, abundancia, distribución espacial y caracterización de cardúmenes de anchoveta y sardina común durante el periodo de reclutamiento. Zona Centro-Sur. Verano 2005. In: Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2004. *Informes Técnicos FIP – IT/2004-05*, 205 p. +anexos.
- Castillo J., A. Saavedra, Leiva F., S. Núñez, Torres P., Ortiz J., Navarro E., & Molina E. 2006.** Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones. Informe de Final Proyecto BIP 30033991-0. 241 pp + Anexos. *Inst. Fom. Pesq. Valparaíso, Chile.*
- Castillo J., E. Molina, Navarro E., S. Núñez, Reyes M., & Vásquez, S. 2007.** Investigación Evaluación hidroacústica reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X 2006 - 2007. Informe Final Proyecto BIP 300438961-0. 241 pp + Anexos. *Inst. Fom. Pesq. Valparaíso, Chile.*
- Castillo, J., E. Molina, F. Leiva, S. Núñez, S. Vásquez, E. Navarro. 2008.** Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2008. Informe de Avance proyecto FIP 2007-04, 62 p+anexos *Inst. Fom. Pesq. Valparaíso, Chile*
- Castillo-Jordán, C., Cubillos, L.A., Paramo, J. 2007.** The spawning spatial structure of two co-occurring small pelagic fish off central southern Chile in 2005. *Aquatic Living Resources* 20, 77-84.
- Castro L.R., Salinas, G.R., Hernández, E.H. 2000.** Environmental influences on winter spawning of the anchoveta *Engraulis ringens* off central Chile. *Marine Ecology Progress Series* 197: 247-258.
- 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.
- Chambers, J.M., Hastie, T.J. (Eds.), 1992.** *Statistical Models in S.* Wadworth & Brooks/Cole Advanced Book and Software. Pacific Grove, CA, 608 pp.
- Christensen, V., Pauly, D. 1992.** ECOPATH II: a software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecol. Modelling*, 61: 169-185.
- Cleveland, W.S., 1979.** Robust locally weighted regression and smoothing scatterplots. *J. Am. Stat. Assoc.* 74, 829-836.
- 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., 1999.** Estrategia reproductiva, crecimiento y reclutamiento de *Strangomera bentincki* (Norman, 1936) en el sistema de la zona centro-sur de Chile. Tesis Magister en Ciencias (Oceanografía), Escuela de Graduados, Universidad de Concepción, 180 p.
- Cubillos, L., Canales, M., Hernández, A., Bucarey, D., Vilugrón, L., Miranda, L., 1998a.** 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., Bucarey, D., Canales, M., Sobarzo, M., Vilugrón, L. 1998.** Evaluación indirecta del stock de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur. Proyecto Fondo de Investigación Pesquera, FIP 1996-10. p 258.

- Cubillos LA, Alarcón R, Brante A (1999a)** Empirical estimates of natural mortality for the Chilean hake (*Merluccius gayi*): evaluation of precision. *Fisheries Research* 42: 147-153
- Cubillos, L., Canales, M., Bucarey, D., Rojas, A., Alarcón, R., 1999b.** Epoca 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. 2002.** Recruitment of common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) in the 1990s, and impact of the 1997-98 El Niño. *Aquatic Living Resources* 15, 87-94.
- Cubillos, L.A., Arcos, D.F., Bucarey, D.A., and Canales, M. 2001.** Seasonal growth of small pelagic fish off Talcahuano (37°S-73°W), Chile: a consequence of their reproductive strategy to seasonal upwelling?. *Aquatic Living Resources* 14(2): 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.
- Cubillos L.A, Castro L., Claramunt G & C. Oyarzun. 2005.** Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2004. Proyecto Fondo de Investigación Pesquera- FIP 2004-03. p 150
- Cubillos, L., Castro, L., Claramunt, G., Oyarzún, C. 2006.** Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2005. Informe Final FIP 2005-02.
- Cubillos, L.A., Ruiz, P., Claramunt, G., Gacitúa, S., Núñez, S., Castro, L.R., Riquelme, K., Alarcón, C., Oyarzún, C., y Sepúlveda, A., 2007.** Spawning, daily egg production, and spawning stock biomass estimation for common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off central southern Chile in 2002. *Fisheries Research* 86:228-240
- Cury, P. 1994.** Obstinate nature: an ecology of individuals: thoughts on reproductive behavior and biodiversity. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51: 1.664-1.673.
- Dell, J. T. and Hobday, A. J. 2008.** School-based indicators of tuna population status. – *ICES Journal of Marine Science*, 65: 612–622
- De Vlaming V., G. Grossman & F. Chapman. 1982.** On the use of the gonosomatic index. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 73A:31-39.
- Die, D.J., Caddy, J.F. 1997.** Sustainable yield indicators from biomass: are there appropriate reference points for use in tropical fisheries? *Fisheries Research* 32:69-79.
- Du, Juan, 2002.** Combined Algorithms for Fitting Finite Mixture Distributions, McMaster University unpublished M.Sc. thesis.
- Espinoza, P., and Bertrand, A. In prep.** Diet and feeding ecology of the Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) from 1996-2003. To be submitted to *Progress in Oceanography*.
- Espinoza, P., Navarro, I. and F. Torriani. 1998a.** Variaciones en el espectro alimentario de los principales recursos pelágicos durante otoño 1998. Crucero BIC Humboldt 9803-05 de Tumbes a Tacna. *Inf. Inst. Mar Perú*, 135:134-142.
- Espinoza, P., Blaskovic, V., and I. Navarro. 1998b.** Comportamiento alimentario de *Engraulis ringens*, a finales del invierno 1998. Crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos 9808-09. *Inf. Inst. Mar Perú*, 141:67-71.
- Espinoza, P., Navarro, I. and F. Torriani. 2000.** Variaciones espaciales en la dieta de la anchoveta a finales de la primavera 1999, Crucero BICs José Olaya Balandra y SNP.2 9911-12. *Inf. Inst. Mar Perú*, 157: 72-76.
- FAO. 1999.** Indicators for sustainable development of marine capture fisheries. *FAO Technical Guideline for Responsible Fisheries* 8.
- Fulton, E.A., Smith, A.D.M., Webb, H. and Slater, J. (2004a)** Ecological indicators for the impacts of fishing on non-target species, communities and ecosystems: review of potential indicators. Australian Fisheries Management Authority Final Research Report No. R99/1546, 116 pp.
- Fulton, E.A., Fuller, M., Smith, A.D.M. and Punt, A. (2004b)** Ecological indicators of the ecosystem effects of fishing: final report. Australian Fisheries Management Authority Final Research Report No. R99/1546, 239 pp.
- Garcia, S.M. and Staples, D.J. (2000)** Sustainability reference systems and indicators for responsible marine capture fisheries: a review of concepts and elements for a set of guidelines. *Marine and Freshwater Research* 51, 385–426.
- Garcia, S.M., Staples, D.J. and Chesson, J. 2000.** The FAO guidelines for the development and use of indicators of sustainable development of marine capture fisheries and an Australian example of their application. *Ocean and Coastal Management* 43, 537–556.

- Gatica, C., Arteaga M., Giacaman M.J., & Ruiz, P. 2007.** Tendencias en la biomasa de sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona centro-sur de Chile, entre 1991 y 2005. *Invest. Mar.*, 35(1):13-24.
- González, C., R. Alarcón y A. Sepúlveda. 2005.** Distribución y Estructura de los recursos anchoveta (*Engraulis ringens*) y sardina común (*Strangomera bentincki*) entre los Límites Regionales de la VIII Región. Pesca de Investigación. Instituto de Investigación Pesquera. 50 pp.
- Hall, S.J. 1999.** The effects of fishing on marine ecosystems and communities. *Fish. Biol. Aquat. Res. Ser.* Blackwell, Oxford.
- Halliday, R., L. Fanning and R. Mohn. 2001.** Use of the traffic light method in fishery management planning. CSAS, Canadian Science Advisory Secretary, Research Document 2001/108. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/>
- Hancock J., P. J. B. Hart and T. Antezana, 1995.** Searching behavior and catch of horse mackerel (*Trachurus murphyi*) by industrial purse-seiners off south central Chile. *ICES J. mar. Sci.*, 52: 991-1004.
- Hastie, T., and Tibshirani, R. 1990.** Generalized additive Models. Chapman & Hall, New York, 559pp.
- Hauge, K., Olsen, E., Heldal, H. & Skjoldal, H. 2005.** A framework for making qualities of indicators transparent. *ICES Journal of Marine Science*, 62:552-557.
- Hoening, J.M. 1983.** Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. *Fishery Bulletin* 82: 898-902.
- Hornik, 2002.** The R FAQ, <http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html>
- ICES (2001)** Report of the working group on ecosystem effects of fishing activities. *ICES CM 2001, ACME 09*, 121 pp.
- ICES (2003)** Report of the working group on ecosystem effects of fishing activities. *ICES CM 2003, ACE 05*, 193 pp.
- ICES (2005)** Guidance on the application of the ecosystem approach to management of human activities in the European marine environment. *ICES Co-operative Research Report No. 273*, 22 pp.
- Ihaka, R., and Gentleman, R. 1996.** R: a language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphics Statistics*, 5(3):299-314.
- Jennings, S. 2005.** Indicators to support an ecosystem approach to fisheries. *Fish and Fisheries*, 6: 212-232
- Large, W. & S. Pond. 1981.** Open ocean momentum flux measurements in moderate to strong winds. *J. Phys. Oceanogr.*, 11: 324-336.
- Link, J., Brodziak, J. K. T., Edwards, S. F., Overholtz, W. J., Mountain, D., Jossi, J. W., Smith, T. D., and Fogarty, M. J. 2002.** Marine ecosystem assessment in a fisheries management context. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59: 1429-1440.
- Link, J. 2005.** Translating ecosystem indicators into decision criteria. *ICES Journal of Marine Science*, 62:569-576.
- McCullagh, P., Nelder, J.A., 1989.** Generalized Linear Models. Chapman & London, 394 pp.
- McDonald, P.D.M., Green, P.E.J. 1988.** User's guide to program MIX: an interactive program for fitting mixtures of distributions. *Ichthus Data Systems*, Hamilton, Ont., 75pp.
- Medina, M., Arancibia, H., Neira, S., 2007.** Un modelo trófico preliminar del ecosistema pelágico del norte de Chile (18°20'S-24°00'S). *Invest. Mar.*, Valparaíso 35, 25-38.
- Melo, T., Hurtado, C., Queirolo, D., Lamilla, J., Bernal, C., Aranís, A., Escobar, R., Silva, C., Martínez, A., Caballero, L., Vögler, R. 2005.** Diagnóstico de la operación de las pesquerías artesanales de peces en las áreas costeras, bahías y aguas interiores de la VIII Región. *Informes Técnicos FIP/IT 2004-19*.
- Millesi, A.C., Arancibia, H., Neira, S., Defeo, O., 2005.** The mean trophic level of Uruguayan landings during the period 1990-2001. *Fish. Res.* 74, 223-231.
- Moloney, C., Jarre, A., Arancibia, H., Bozec, Y., Neira, S., Roux, J., Shannon, L., 2005.** Comparing the Benguela and Humboldt marine upwelling ecosystems with indicators derived from inter-calibrated models. *ICES Journal of Marine Science*, 62:493-502.
- Mujica, A., Rojas, O. 1984.** Fecundidad y estructura poblacional de sardina común (*Clupea bentincki* Norman). *Invest. Pesqu. (Chile)* 31:59-70.
- Neira, S., Arancibia, H., Cubillos, L., 2004.** Comparative analysis of trophic structure of commercial fishery species off central Chile in 1992 and 1998. *Ecol. Model.* 172, 233-248.
- Neira, S., Arancibia, H., 2004.** Trophic interactions and community structure in the upwelling system off Central Chile (33-39°S). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 312, 349-366.
- Parada C, Van der Lingen CD, Mullan C, Penven P (2003)** Modelling the effects of buoyancy on the transport of anchovy (*Engraulis capensis*) eggs from spawning to nursery grounds in the southern Benguela: an IBM approach. *Fisheries Oceanography* 12: 170-184

- Parrish, R. H., D.L Mallicoate and R. A. Klingbeil. 1986.** Age dependent fecundity number of spawning per year, sex ratio and maturation stage in northern anchovy. *Fish Bull.*, U.S. 84 (3): 503-517 pp.
- Pauly, D. 1980.** On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. Int. Explor. Mer* 39(2):175-192.
- Pauly, D., Jarre, A., Luna, S., Sambilay, V., Rojas de Mendiola, B., and A. Alamo. 1989.** On the quantity and types of food ingested by Peruvian anchoveta, 1953-1982. In: D. Pauly, P. Muck, J. Mendo and I. Tsukayama (eds.), *The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions*. ICLARM Conference Proceedings 18, p. 109 – 124.
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R., Torres, F., 1998.** Fishing down marine food webs. *Science*, 279:860-863
- Peña, H., S. Núñez, C. González, F. Véjar, A. Hernández, L. Cubillos, A. Sepúlveda, L. Miranda y J. Ortiz, 1998.** "Dinámica espacial y temporal de las zonas de pesca de jurel en Chile Centro-Sur y su relación con procesos ambientales, Informe Final Proyecto FIP 9706. Organismo ejecutor: Instituto de Investigación Pesquera Octava Región S.A.: 331 p.
- Peña H., C. González y F. Véjar. 2001.** Spatial dynamics of jack mackerel (*Trachurus symmetricus murphyi*) fishing grounds and environmental conditions using a GIS. *Proceedings of the first International Symposium on Geographic Information System (GIS) in Fishery Science*. 107-113 pp.
- Pinheiro, J.C. y Bates, D.M. 2000.** *Mixed-Effects Models in S and S-PLUS*. Springer
- Rice, J.C. 2000.** Evaluating fishery impacts using metrics of community structure. *ICES J. Mar. Sci.* 57:682-688.
- Rice, J.C. 2003.** Environmental health indicators. *Ocean and Coastal Management* 46, 235–259.
- Rice, J.C., Rochet, M.-J. 2005.** A framework for selecting a suite of indicators for fisheries management. *ICES Journal of Marine Science* 62, 516–527.
- Rickhter VA & VN Efanov. 1976.** On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. *International Commission of the Northwest Atlantic Fisheries, Res. Doc.* 76/VI/8: 12 pp.
- Roa, R., Tapia, F., 1998.** Spatial differences in growth and sexual maturity between branches of a large population of the squat lobster *Pleuroncodes monodon*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 167:185-196.
- Roa, R; Quñones, R., 1998.** Theoretical analysis of the relationship between production per unit biomass and animal body size. *Oikos* 81:161-167.
- Roa, R., Ernst, B., Tapia, F. 1999.** Estimation of size at maturity: an evaluation of analytical and resampling procedures. *US. Fish. Bull.* 97: 570-580.
- Rochet, M.-J., Trenkel, V.M., 2003.** Which community indicators can measure the impact of fishing? A review and proposals. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 60: 86-99.
- Ruiz, P., Vargas, S. 2007.** Principales Indicadores de la Pesquería de Sardina Común y Anchoveta, Zona Centro-Sur 2006. *Doc. Téc. Inpesca, Vol 15 (7)*.
- Ruiz P. 2005a.** Distribución y Estructura de los recursos Anchoveta (*Engraulis ringens*) y Sardina común (*Strangomera bentincki*) entre los Límites Regionales de la V Región. *Pesca de Investigación*. Instituto de Investigación Pesquera. 25 pp.
- Ruiz, P. 2005b.** Distribución y Estructura de los recursos Anchoveta (*Engraulis ringens*) y Sardina común (*Strangomera bentincki*) entre los Límites Regionales de la X Región, Aguas Interiores. *Pesca de Investigación*. Instituto de Investigación Pesquera. 27 pp.
- Sainsbury, K. 1986.** Estimation of food consumption from field observations of fish feeding cycles. *J. Fish Biol.* 290, 23–36.
- Sepúlveda, A., Cubillos, L., Arcos, D. 2003.** Pesquerías pelágicas chilenas: una síntesis sobre la incertidumbre biológica. In: *Actividad Pesquera y de Acuicultura en Chile*, E. Yáñez (Ed.). Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, p. 91 – 107.
- Shin, Y.-J., Rochet, M.-J., Jennings, S., Field, J. and Gislason, H. (2005)** Using size-based indicators to evaluate the ecosystem effects of fishing. *ICES Journal of Marine Science* 62, 384–396.
- SUBPESCA (2006).** Cuota global de captura para los recursos sardina común y anchoveta, año 2006, V-X Región. Informe Técnico (R. Pesq) N 103. Subsecretaría de Pesca, 45 pp.
- Taylor, C.C. 1960.** Temperature, growth and mortality, the Pacific cockle. *Journal du Conseil - Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 26: 117-124.
- Trenkel, V.M., Rochet, M.-J., 2003.** Performance of indicators derived from abundance estimates for detecting the impact of fishing on community. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 60:67-85.
- Venables, W.N., Ripley, B.D. 2002.** *Modern Applied Statistics with S*. Springer, 495 p.
- Wood, S. 2001.** mgcv: GAMs and Generalized Ridge Regression in R. *News, The Newsletter of the R project* 1/2: 21-25.

- Wood, S.N. 2002.** Modelling and smoothing parameter estimation with multiple quadratic penalties. *Journal of the Royal Statistical Society (B)* 62:413-428.
- Wood, S.N. 2003.** Thin plate regression splines. *Journal of the Royal Statistical Society (B)* 62: 95-114
- Yáñez E, V. Catasti, M. A. Barbieri, G. Böhm. 1996.** Relaciones entra la distribución de recursos pelágicos pequeños y la temperatura superficial del mar registrada con satélites NOAA en la zona central de Chile. *Invest. Mar., Valparaíso*, 24: 107-122.
- 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.



## 13 ANEXOS

### 13.1. Anexo 1: BITACORAS DE PESCA

<b>A.- CARACTERISTICAS GENERALES</b>			
Nombre embarcación	:		
Señal distintiva	:		
Armador	:		
Matrícula	:		
Puerto de operación	:		
Puerto de desembarque	:		
Capacidad de Bodega:	T.R.G.:	T.R.N.:	
Construcción	:	País :	Año:
Astillero	:		
Dimensiones	: Eslora:	Manga:	
	Puntal:	Calado:	
Capacidad de combustible (lt) :			
Consumo de combustible:	Velocidad de crucero (lt/hr):		
Diario (lt):			
Capacidad de agua dulce	:		
Autonomía	:		
Velocidad (nudos):	Máxima:	Crucero:	Arrastre:
Mantenimiento pesca:	Hielo:	Congelado:	Sin:
	Otros (especificar):		
Especies objetivo	:		
Especies alternativas	:		

<b>B.- Dotación y/o Tripulación</b>	
Nº acomodaciones	:
Nº tripulantes	:
Especificaciones	:

<b>C.- Características funcionales (Propulsión)</b>	
Motor principal: - Marca	:
- Modelo	:
- Potencia (hp)	:
- Revoluciones	:
- Consumo (lt)	:
- Año	:

<b>D.- Características del arte o apareo de pesca</b>	
- tipo	:
- dimensiones	:
- luz de malla	:
- dimensiones	:

<b>F.- Área de pesca</b>	
- identificación	:
- distancia desde puerto	:
- tiempo navegación	:
- número mensual de visitas:	

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
Formulario de muestreo a bordo de embarcaciones Proyecto FIP 2007-25

**1.- Identificación embarcación**

Nombre Embarcación: \_\_\_\_\_ N° ficha: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_  
 Nombre armador: \_\_\_\_\_ N° matrícula y puerto: \_\_\_\_\_  
 Caleta zarpe : \_\_\_\_\_ Caleta desembarque: \_\_\_\_\_  
 Fecha zarpe: \_\_\_\_\_ Fecha desembarque: \_\_\_\_\_  
 Arte o aparejo: \_\_\_\_\_ Características: \_\_\_\_\_

**2.- Zona(s) de pesca**

N° lance	Hora	Prof. (m)	T °C	Latitud	Longitud	Intencionalidad	Captura (kg)

**3.- Desembarque total (completar al momento del desembarque)**

Especie	Volumen (kg)
Anchoveta	
Sardina común	
Bacaladillo o mote	
Tritre o machuelo	
Pejerrey de mar	
Pampanito	
Otras	

**4.- Destino desembarque**

Planta: \_\_\_\_\_ Comerciantes: \_\_\_\_\_ Otro: \_\_\_\_\_





## **13.2. Anexo 2: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA FLOTA**

### **13.2.1. Características de la flota artesanal**

Las principales características promedio de la flota artesanal se resumen en la Tabla A2.1, en términos de Capacidad de Bodega (m<sup>3</sup>), Tonelaje de Registro Grueso (TRG), Eslora, Manga, Puntal, número cúbico, y potencia continua (HP).

En cuanto a la longitud de relinga superior, fluctúa entre los 279 y 532,5 m con un promedio de 456,9 m según Melo *et al.* (2005). La totalidad de las embarcaciones artesanales dispone de redes de cerco “sardineras”, construidas con paños de red de poliamida torcida con nudos de ½”, con gran variación en cuanto a las dimensiones y construcción (cuerpos). La variedad depende del tamaño de la embarcación y de los equipos viradores, costos, disponibilidad de materiales y las preferencias del patrón. Las redes utilizadas por la flota artesanal de la VIII Región presentan tres secciones bien definidas; a) copo o proa, b) centro o finos y c) colero o popa, siendo el copo y colero los únicos cuerpos que poseen cortes. Por lo general, la relinga esta compuesta por cabo POLIDAC de 5/8” de diámetro. La longitud de relinga inferior (LRI) es más larga en cerca de 11 %, y se utiliza igual material que la relinga superior. La red de las lanchas artesanales posee dos tipos de materiales de tela predominantes en su construcción.

En las naves más grandes de la VIII Región (17 a 18 metros de eslora), las redes superan las 300 brazas de largo (longitud de relinga) y pueden alcanzar una profundidad teórica de armado de 40 brazas o más. No obstante, la profundidad efectiva de trabajo de las mismas no superaría el 60%, lo cual depende, entre muchos factores, del embande, de la cantidad de peso por braza lineal (relinga inferior), de las características de la jareta o “llave” que se utilice (tipo y diámetro del cable de acero o cabo) y de las condiciones *in-situ* al momento del lance (Melo *et al.*, 2005).

### **13.2.2. Características de la flota industrial**

Las principales características de la flota industrial se resumen en la Tabla A.2.2, para las 28 naves que operaron regularmente en la pesquería de sardina común y anchoveta.

Tabla A2.1. Principales características de la flota artesanal de cerco.  
 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA FLOTA CERQUERA ARTESANAL QUE OPERÓ EN LA ZONA CENTRO-SUR  
 SEGÚN REGIÓN Y PUERTO, ENERO-DICIEMBRE 2007

Región	Puerto	Número de lanchas	Capacidad de bodega (m3)				Tonelaje grueso (TR)			Eslora total (m)			Manga total (m)			Puntal total (m)			Numero cubico (CUNO, m3)			Potencia continua (HP)		
			Total	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio
V	SAN ANTONIO (*)	15	708	17	76	47	18.7	44.1	29.4	14.5	18.0	16.1	4.0	5.7	4.7	1.0	2.0	1.7	58.0	205.2	125.5	120	350	183
	<b>Sub-total V Región</b>	<b>15</b>	<b>708</b>	<b>17</b>	<b>76</b>	<b>47</b>	<b>18.7</b>	<b>44.1</b>	<b>29.4</b>	<b>14.5</b>	<b>18.0</b>	<b>16.1</b>	<b>4.0</b>	<b>5.7</b>	<b>4.7</b>	<b>1.0</b>	<b>2.0</b>	<b>1.7</b>	<b>58.0</b>	<b>205.2</b>	<b>125.5</b>	<b>120</b>	<b>350</b>	<b>183</b>
VIII	TOMÉ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VIII	TALCAHUANO	139	10,780	11	107	78	7.0	50.0	43.6	11.0	18.0	17.0	3.0	7.4	5.8	1.1	3.7	2.5	37.0	492.8	245.1	50	550	356
VIII	SAN VICENTE	11	980	70	105	89	48.5	50.0	49.6	16.9	18.0	17.6	5.4	7.3	6.4	2.5	3.2	2.8	228.2	416.5	311.0	350	550	436
VIII	CORONEL	135	8,694	4	109	64	5.0	50.0	36.2	9.0	18.0	15.6	2.5	7.6	5.6	0.9	4.0	2.3	20.3	547.2	198.5	25	552	320
VIII	LOTA	1	79	79	79	79	50.0	50.0	50.0	18.0	18.0	18.0	6.6	6.6	6.6	2.6	2.6	2.6	308.9	308.9	308.9	450	450	450
	<b>Sub-total VIII Región</b>	<b>286</b>	<b>20,533</b>	<b>4</b>	<b>109</b>	<b>72</b>	<b>5.0</b>	<b>50.0</b>	<b>40.4</b>	<b>9.0</b>	<b>18.0</b>	<b>16.4</b>	<b>2.5</b>	<b>7.6</b>	<b>5.7</b>	<b>0.9</b>	<b>4.0</b>	<b>2.4</b>	<b>20.3</b>	<b>547.2</b>	<b>225.1</b>	<b>25</b>	<b>552</b>	<b>343</b>
XIV	VALDIVIA	8	550	40	87	69	33.9	49.8	44.5	14.9	17.3	15.8	4.4	6.7	5.8	1.7	2.9	2.5	111.5	336.1	224.1	200	430	329
XIV	CORRAL	16	1,381	63	105	86	41.8	50.0	48.3	15.8	18.0	17.3	4.8	7.7	6.2	1.5	3.3	2.6	110.0	457.4	275.4	220	425	329
	<b>Sub-total XIV Región</b>	<b>24</b>	<b>1,931</b>	<b>40</b>	<b>105</b>	<b>80</b>	<b>33.9</b>	<b>50.0</b>	<b>47.0</b>	<b>14.9</b>	<b>18.0</b>	<b>16.8</b>	<b>4.4</b>	<b>7.7</b>	<b>6.1</b>	<b>1.5</b>	<b>3.3</b>	<b>2.5</b>	<b>110.0</b>	<b>457.4</b>	<b>257.5</b>	<b>200</b>	<b>430</b>	<b>329</b>
X	CHINQUIHUE	8	348	3	70	43	10.0	48.1	31.2	9.9	17.3	14.3	2.6	6.3	4.8	1.2	2.5	2.0	30.9	267.0	136.3	19	411	242
X	CALBUCO	9	535	40	80	59	24.4	50.0	36.0	14.9	18.0	16.7	4.4	6.5	5.4	1.7	2.6	2.2	108.2	302.3	199.1	200	480	337
X	SAN RAFAEL	23	1,175	23	79	51	14.5	48.4	32.3	13.8	18.0	15.9	3.2	6.0	5.0	1.5	2.8	2.1	66.2	302.4	163.4	77	430	289
X	ANCUD (*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>Sub-total X Región</b>	<b>40</b>	<b>2,057</b>	<b>3</b>	<b>80</b>	<b>49</b>	<b>10.0</b>	<b>50.0</b>	<b>32.0</b>	<b>9.9</b>	<b>18.0</b>	<b>15.5</b>	<b>2.6</b>	<b>6.5</b>	<b>4.9</b>	<b>1.2</b>	<b>2.8</b>	<b>2.0</b>	<b>30.9</b>	<b>302.4</b>	<b>155.4</b>	<b>19</b>	<b>480</b>	<b>281</b>
<b>Total Centro-Sur</b>	<b>Ene - Dic 2007</b>	<b>365</b>	<b>25,229</b>	<b>3</b>	<b>109</b>	<b>69</b>	<b>5.0</b>	<b>50.0</b>	<b>39.6</b>	<b>9.0</b>	<b>18.0</b>	<b>16.3</b>	<b>2.5</b>	<b>7.7</b>	<b>5.6</b>	<b>0.9</b>	<b>4.0</b>	<b>2.3</b>	<b>20.3</b>	<b>547.2</b>	<b>190.9</b>	<b>19</b>	<b>552</b>	<b>329</b>

Nota : (\*) Sin información disponible.

Tabla A2.2. Especificaciones técnicas de las naves industriales de la flota centro-sur, que operaron sobre los recursos sardina común y anchoveta, durante el año 2007.

PAM	CB (m <sup>3</sup> )	Matrícula	Armador	TRG	Eslora (m)	Manga (m)	Puntal (m)	CUNO (m <sup>3</sup> )	Pot.Mot.Ppl (hp)	L.Rel.Sup. (m)
Allipen I	1020	2685	Pesquera Itat	786	51.5	10.4	7.3	3910	2176	650
Carolina III	850	2791	Salmoalimen	728	48.4	10.2	7.2	3554	1600	722
Coral I	1000	2774	Sociedad Pes	781	51.6	10.2	6.6	3474	2652	660
Don Mauro	1000	2792	Alimentos Ma	799.8	51.8	10.4	6.7	3609	2244	719
Don Nordlund	580	2548	Pesquera San	464.7	43.4	8.6	6.8	2538	1470	650
Don Telesfor	1046	2742	Pesquera San	822	55.2	10	6.9	3809	2175	650
Gardar	950	2576	Pesquera Bio	798.15	55.2	9.8	7.2	3895	2100	600
Gualpen	850	2419	SouthPacific	606	51.6	8.6	6.5	2884	1200	700
Guanaye 5	650	2723	SouthPacific	563.18	46.45	10	4.55	2113	1612	700
Javier	850	2814	Pesquera Bah	799.8	51.8	10.8	7.5	4196	1600	651
King's Bay	1300	2830	Compañía Pe	1197	62.4	11	5.5	3775	3400	570
Libas	960	2731	SouthPacific	759	47.6	11	7	3665	1650	700
Ligrunn	950	2863	Foodcorp S.A	769	47.6	11	6.8	3560	2579	650
Mack	980	2765	Pesquera El C	799	49.5	10	5.4	2673	2175	603
María José	1580	2914	Compañía Pe	1447	66	12	8	6336	2750	580
Matías	850	2820	Pesquera Bah	799.8	51.8	10.8	7.5	4196	1600	651
Panilonco	1180	2755	Alimentos Ma	883	56.9	10.2	6.55	3801	2244	719
Pehuenco	1500	2871	Pesquera Bio	1253	62.7	12	7.5	5643	3350	720
Querelema	1578	2833	Alimentos Ma	1222	65.5	11.8	6.7	5178	3360	719
Quilpolemu	1100	2747	Alimentos Ma	883	56.9	10.2	6.55	3801	2244	719
Ranquihue	1524	2839	Alimentos Ma	1356	66.5	12	6.72	5363	3360	719
Remoy Viking	900	2605	Pesquera San	705	53.55	9	6.8	3277	1740	651
Santa María II	887	2899	Lota Protein	839	53.5	10.4	6.7	3728	2480	650
Terranova	750	2795	Isla Quihua S.	748	48.4	10.2	6.5	3209	2170	719
Tolten I	1020	2767	Pesquera Itat	796	51.5	10.4	4.6	2464	2200	650
Tricahue	1000	2834	Pesquera El C	799	51.87	10.4	6.4	3452	2450	700
Tridente	1000	2829	Pesquera El C	777	52.7	10	6.5	3426	2400	600
Yagan	1698	2777	Compañía Pe	1450	72.87	12	5.1	4460	3520	580



### 13.3. Anexo 3: TALLER DE DISCUSIÓN

#### Presentación

El Taller de Discusión de Resultados del Proyecto FIP 2007-25, se realizó el día 25 de septiembre de 2008 en el Auditorio del Instituto de Investigación Pesquera Octava Región, Colon 2780, Talcahuano. El Taller tuvo por objetivo analizar y discutir los resultados obtenidos y la propuesta de modelo conceptual de dinámica de anchoveta y sardina común.

#### Agenda de Trabajo

El Taller se desarrolló según las siguientes presentaciones:

9:30 – 9:40	<b>Bienvenida y selección de reportero y moderador</b> <i>Luis Cubillos</i>
9:45 – 10:30	<b>Indicadores de Dinámica Poblacional de sardina y anchoveta en la zona centro-sur</b> <i>Luis Cubillos</i>
10:30 – 10:50	Pausa
11:00 – 11:30	<b>Dinámica de la flota que opera sobre anchoveta y sardina común</b> <i>Claudio Gatica</i>
11:30 – 12:30	<b>Análisis integrado de resultados, mesa redonda y conclusiones del Taller</b> <i>Luis Cubillos</i>

#### Participantes

<b>Nombre</b>	<b>Institución</b>
Claudio Castillo Jordán	UDEC
Patricia Ruiz Opazo	INPESCA
Sandra Cahuin Villanueva	UDEC
Sebastian Vásquez Pastene	INPESCA
Mario Aguayo Hernández	INPESCA
Sylvia Vargas	INPESCA
Marcia Neira Silva	INPESCA
Evelin Sanhueza Aguilera	INPESCA
Samuel Hormazábal Fritz	UDEC
Marcos Arteaga Vásquez	INPESCA
Carolina Alarcón Muñoz	UDEC
Claudio Gatica Molina	INPESCA
Rubén Alarcón Muñoz	INPESCA
José Acevedo	Subsecretaria de Pesca
Fabián Gómez	UDEC

**13.4. ANEXO 4: PARÁMETROS DE LA RELACIÓN LONGITUD-PESO DE ANCHOVETA Y SARDINA COMÚN (FUENTE FIP 2006-13).**

Zona	Anchoqueta				Sardina común			
Norte								
Mes	a	b	r <sup>2</sup>	n	a	b	r <sup>2</sup>	n
FEB	0,0043	3,219	0,93	1382	0,0036	3,369	0,98	1792
MAR	0,0028	3,364	0,93	1477	0,0049	3,284	0,95	1144
ABR	0,0021	3,448	0,95	1294	0,002	3,610	0,98	326
MAY	0,0027	3,333	0,94	1795	0,0027	3,483	0,97	200
JUN	0,0026	3,327	0,95	1877	0,0031	3,396	0,96	736
JUL	0,0033	3,244	0,97	702	0,0052	3,194	0,96	593
AGO	0,0053	3,074	0,91	791	0,0077	3,039	0,95	741
SEP	0,0092	2,873	0,88	1618	0,0079	3,034	0,92	1527
OCT	0,0097	2,876	0,93	2086	0,0167	2,762	0,91	1931
NOV	0,0073	2,991	0,91	1575	0,0062	3,140	0,96	1629
DIC	0,0124	2,798	0,92	120	0,0169	2,801	0,92	350
ENE/08	0,0015	3,603	0,99	820	0,0032	3,405	0,95	3995
Zona Sur	a	b	r <sup>2</sup>	n	a	b	r <sup>2</sup>	n
FEB	0,0025	3,315	0,98	155	0,0034	3,306	0,96	85
MAR	0,0031	3,268	0,98	317	0,0034	3,321	0,98	371
ABR	0,0027	3,341	0,97	388	0,0029	3,389	0,97	472
MAY	0,0033	3,247	0,98	399	0,0138	2,793	0,89	389
JUN	0,003	3,281	0,96	493	0,0031	3,367	0,93	453
JUL	0,0024	3,348	0,95	247	0,0019	3,535	0,86	121
AGO	0,0067	2,977	0,85	45	0,002	3,527	0,89	185
SEP	0,0158	2,702	0,92	1369	0,0083	2,987	0,88	575
OCT	0,0113	2,811	0,82	945	0,0241	2,586	0,83	1199
NOV	0,02	2,575	0,82	537	0,0147	2,769	0,75	1069
DIC	0,0078	2,945	0,90	194	0,0217	2,644	0,81	365
ENE/08	0,0044	3,179	0,87	1581	0,0037	3,339	0,94	1569

### 13.5. ANEXO 5: Resumen de los manuscritos en preparación

Los siguientes manuscritos están en preparación, productos de este proyecto, y serán enviados a consideración en las revistas que se indican.

Manuscrito N° 1

**Título:** Indicadores poblacionales de sardina común y anchoveta: patrón espacial del stock en la zona centro-sur de Chile.

**Autores:** Luis A. Cubillos, Milton Pedraza, Claudio Gatica, Claudio Castillo-Jordán, Patricia Ruiz.

#### Resumen

Se analiza el patrón espacial de los stocks de anchoveta y sardina común explotados en la zona centro-sur de Chile ( $33^{\circ}\text{S}$ - $41^{\circ}30'\text{S}$ ) sobre la base de indicadores poblacionales obtenidos de cruceros de evaluación en la época de reclutamiento y de desove en el período 2000-2007. Los indicadores poblacionales dicen relación con el nivel de abundancia y biomasa y su variación interanual, la razón captura-biomasa, la proporción de juveniles, la longitud promedio, crecimiento en longitud, talla media de madurez sexual y mortalidad natural. Los indicadores fueron separados en dos macrozonas, una norte y otra sur que se separan por el sur de la Isla Mocha ( $38^{\circ}30'\text{S}$ ). En la unidad de pesquería existe una sola unidad de población que en términos de su dinámica es homogénea (crecimiento en longitud, talla media de madurez sexual, y mortalidad natural), pero heterogénea en su distribución espacial como resultado de su acoplamiento al uso de hábitats de desove, de reclutamiento y engorda, cuyas características están influenciadas por el régimen oceanográfico estacional del área de estudio. En el área sur, se distribuye la fracción adulta de los stocks de anchoveta y sardina común, con longitudes promedio más grandes que la talla media de madurez sexual; mientras que en el área norte ocurre el reclutamiento. El modelo de dinámica poblacional considera la heterogeneidad espacio-temporal, proponiéndose una conectividad espacio-temporal entre el área principal de desove localizada entre la Isla Mocha y Corral y los ejemplares que reclutan al norte del Golfo de Arauco, probablemente a través de un sistema de corrientes en chorro que fluye de sur a norte en primavera. Los ejemplares que reclutan en zonas al norte del Golfo de Arauco, crecen y se desarrollan en el sistema de bahías protegidas hasta alcanzar la talla media de madurez en julio-agosto. El área de refugio y engorda se transforma en un área de desove para una fracción de los ejemplares que se reproducen por primera vez. Se discuten las implicancias de un modelo de dinámica para la evaluación de stock y seguimiento de los indicadores poblacionales utilizados en un contexto de diagnóstico.

Revista a ser enviada: Gayana

Manuscrito N° 2

**Título:** Indicadores operacionales de la flota industrial sobre sardina común y anchoveta en la zona centro-sur de Chile (2007-2008).

**Autores:** Carlos González, Milton Pedraza, Claudio Gatica, Patricia Ruiz, Luis A. Cubillos, Marcos Arteaga.

### **Resumen**

Se describe las características físicas de la flota industrial de cerco que opera sobre sardina común y anchoveta en la zona centro-sur de Chile, y se describe su operación en términos espaciales y temporales en el periodo 2007-2008. De un total de 53 naves industriales, 28 naves de entre 500 y 1700 m<sup>3</sup> de capacidad de bodega, operaron sobre sardina común y anchoveta en el 2007. La flota opera durante dos periodos, uno entre marzo-mayo y otro en octubre-noviembre, y en toda la macrozona desde San Antonio a Valdivia. La captura por viaje y día fuera de puerto revela mayores rendimientos en el primer periodo de operación. La estructura de tallas cambia estacionalmente debido a que durante el primer periodo la flota tiende a concentrar su esfuerzo de pesca entre Valparaíso y Talcahuano, mientras que durante octubre-noviembre opera sobre la fracción adulta de los recursos que se concentra entre la Isla Mocha y Corral. En la operación de 2008, se verifica por primera vez la presencia de juveniles en las capturas provenientes de la zona de Corral. La flota opera preferentemente de día, sobre cardúmenes y agregaciones que se distribuyen dentro de los primeros 50 m de la superficie, y con mayor frecuencia entre 10 y 19 m en el primer semestre sobre juveniles, y entre 30 y 39 m en el segundo semestre sobre la fracción adulta. Las zonas de pescas predominantes en el 2007 se localizaron en San Antonio y frente a Corral, en cambio durante el primer semestre de 2008 se localizaron esencialmente hacia el norte de Talcahuano hasta Constitución. Los pelágicos pequeños, sardina común y anchoveta, han pasado a constituirse en recursos principales para la flota industrial, y las perspectivas de su explotación dependen del pulso de reclutas que se incorpora cada año a los stocks.

Revista a ser enviada: Latin America Journal of Aquatic Research

## 14 Base de Datos

La base de datos que contiene toda la información básica que se obtuvo durante la ejecución del Proyecto FIP 2007-25 “Identificación de indicadores de dinámica poblacional y dinámica de la flota que opera sobre sardina común y anchoveta entre la IX y X Región”, se encuentra almacenada en los Discos Compactos adjuntos, según la siguiente descripción:

FIP2007-25 CD-1: Disco compacto autoejecutable a un archivo de hipertexto que contiene una descripción de las actividades desarrolladas durante la ejecución del proyecto, con acceso a: Resumen Ejecutivo, Informe PreFinal, Personal Participante, Taller de Trabajo, Imágenes, y enlaces a la base de datos. Este archivo contiene el material audiovisual requerido por las bases especiales.

FIP2007-25 CD-2: Disco compacto conteniendo solamente la base de datos, según lo solicitado en las bases administrativas y especiales, con la siguiente estructura y descripción de los archivos:

RUTA	ARCH	DESCRIPCIO
Base de datos_FIP2007-25	BDBIOLSCANSur.xls	Datos biológicos macroscópicos zona sur
	BDBIOLSCANNorte.xls	Datos biológicos macroscópicos zona norte
	HMADAN07.xls	HEMBRAS MADURAS SEP DE ANCHOVETA
	HMADSC07.xls	HEMBRAS MADURAS SEP DE SARDINA
	BDMicro.xls	Datos biológicos microscópicos
	Abun_Biom_Cap_SCAN_2000-2008.xls	Datos Abundancia, Biomasa y Captura 2000/2008
	Descriptor_Abun_Biom_Cap_SCAN_2000-2008.xls	Descriptor de los campos
	Descriptor_HMADAN07.xls	Descriptor de los campos
	Descriptor_HMADSC07.xls	Descriptor de los campos
	Descriptor_BDMicro.xls	Descriptor de campos
Descriptor_BDBIOLSCAN_Norte_Sur.xls	Descriptor de los campos	



## 15 HORAS HOMBRE DEL EQUIPO DE TRABAJO

Las horas hombre por actividad, durante los seis primeros meses de ejecución del proyecto, es la siguiente:

Personal Profesional y Técnico	Coordinación	Obtención de la información	Procesamiento de la información	Análisis de la información	Informes	Total
Luis Cubillos S.	37		47	80	30	194
Milton Pedraza G.	65		50	60	15	190
Gustavo Aedo	5		60	50	20	135
Claudio Castillo J.	21		30	45	10	106
NN1 (Tecnico VIII)		350				350
NN2 (Tecnico IX)		350				350
NN3 (Tecnico IX)		350				350
NN4 (Tecnico X)		350				350
NN5 (Tecnico X-int)		350				350
Claudio Gatica M.	50		37	37	25	149
Marcos Arteaga	25		46	56	20	147
Carlos Gonzales A	5		23	28	24	80
José Giacaman S.	5		19	34	22	80
Patricia Ruiz	5		17	46	15	83
NN1		350				350
NN2		350				350
<b>Totales</b>	<b>218</b>	<b>2450</b>	<b>329</b>	<b>436</b>	<b>181</b>	<b>3614</b>