

# Variabilidad espacial y temporal de huevos y larvas de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens*, asociados a la desembocadura del río Itata, Chile

Variations in space and time of eggs and larvae of *Strangomera bentincki* and *Engraulis ringens* associated to the Itata River mouth, Chile

Samuel Soto-Mendoza<sup>1,2</sup>, Leonardo R. Castro<sup>1,2,3</sup> y Alejandra Llanos-Rivera<sup>1,2,4</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Ecología Pesquera y Oceanografía Larval (LOPEL), Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile. sasoto@udec.cl

<sup>2</sup>Programa de Investigación Marina de Excelencia (PIMEX), Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile

<sup>3</sup>Departamento de Oceanografía y Centro FONDAP-COPAS, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile

<sup>4</sup>Unidad de Biotecnología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile

**Abstract.** - This study assesses the spatial and temporal variations in eggs and larval distributions of *Engraulis ringens* and *Strangomera bentincki* during their peak and secondary spawning periods, in the zone adjacent to the Itata River mouth, Chile. The information on abundance and distribution of the early life stages of both fish species was obtained from seven oceanographic cruises performed out between 1996 and 2005. The abundance and distribution of eggs and preflexion larvae of both species and, in order to detect potential variations in abundance was analyzed. Our results showed that eggs of both species tended to aggregate at the coast. The spatial extensions of preflexion larvae were broader than that of eggs of both species, along a coast- to- ocean direction. The distribution of the early life stages of both species over the continental shelf off the Itata River mouth was variable inter-annually. These egg and larval abundances showed significant variations among years and the eggs abundance was higher than of larvae. The highest egg and larval abundances occurred at salinities between 32 psu and 34 psu. However, occasionally it was possible to find aggregations in lower salinities (20-24 psu) in the nearby zone of the Itata river mouth. The area contiguous to the river mouth, however, showed low abundance of egg and larvae during the period studied.

**Key words:** Anchoveta, common sardine, eggs, preflexion larvae

**Resumen.** - El presente estudio analiza la distribución espacial y variabilidad temporal de huevos y larvas de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens* en los periodos de desove principal y secundario, en la zona adyacente a la desembocadura del río Itata, Chile. La información se obtuvo de 7 cruceros oceanográficos entre 1996 a 2005. Se analizó la abundancia y distribución espacial de huevos y larvas en preflexión para ambas especies y la magnitud de las variaciones en su abundancia. Los resultados mostraron que huevos de ambas especies tienden a concentrarse en la costa. La cobertura espacial de larvas en preflexión es mayor que en huevos, en dirección costa-océano. La distribución de los estadios tempranos de sardina común y anchoveta en la plataforma continental frente a la desembocadura el Río Itata fueron variables inter-anualmente. La variación de abundancia entre años fue mayor para huevos que para larvas en ambas especies siendo mayor en los huevos que en las larvas. Las mayores abundancias de huevos y larvas de anchoveta y sardina común se encontraron en salinidades entre los 32 psu y 34 psu, sin embargo, en ocasiones (año 2005) fue posible observar agrupaciones en salinidades menores (20 a 24 psu) en la zona adyacente a la desembocadura del río Itata. El área inmediatamente adyacente a la desembocadura, sin embargo, presentó bajas abundancias de huevos y larvas de estas especies durante los periodos estudiados.

**Palabras clave:** Anchoveta, sardina común, huevos, larvas en preflexión

---

## INTRODUCCIÓN

La anchoveta (*Engraulis ringens*) y sardina común (*Strangomera bentincki*) son especies claves en sistemas de surgencia costera y de gran importancia comercial a lo largo de sus rangos de distribución latitudinal. En la zona centro sur de Chile, ambas especies han producido

desembarques que fueron entre las 400.000 y las 1.500.000 ton en la década de los 90 (Cubillos *et al.* 2002). La distribución de anchoveta va desde Punta Aguja (6°S, Perú) hasta el sur de Chiloé (42°31'S, Chile) y la de sardina común desde Valparaíso (33°02'S) hasta Puerto Montt

(41°27'S) (Serra 1978, Serra *et al.* 1979). Mientras tres stocks mayores han sido descritos para la anchoveta (norte de Perú, sur de Perú-Norte de Chile, y centro-sur de Chile), solo un stock ha sido descrito para la sardina común (centro-sur de Chile) (Castillo *et al.* 1995, Fridmødt 1995, Ayon 2001). Ambas especies se encuentran principalmente entre los primeros 30 a 50 km de la costa y en profundidades de 3 a 80 m (Serra 1986, Castillo *et al.* 1995, Fridmødt 1995). La anchoveta y sardina común se caracterizan por presentar un desove anual continuo y asociado a zonas costeras someras, observándose un período de desove principal entre los meses de invierno-primavera (julio-diciembre) para la anchoveta y a fines de invierno (julio-septiembre) para la sardina común (Cubillos & Arancibia 1993, Arcos *et al.* 1996). Dentro del área de desove centro-sur de Chile, las mayores abundancias de huevos han sido observadas en cuatro zonas: Punta Nugurne a Constitución (35°30'S), desembocadura del Río Itata a Bahía Concepción (36°30'S), Golfo de Arauco (37°S), y Lebú a Corral (38°20' a 39°40'S) (Cubillos *et al.* 2005).

En la zona centro sur de Chile, entre los factores biológicos propuestos que afectarían la distribución de los primeros estadios tempranos de desarrollo de diversas especies de peces se incluyen aspectos biológicos relacionados con la reproducción de los adultos, tales como el tamaño de la hembra desovante (Landaeta 2007) y el patrón espacial de los desoves (Parada 1999, Parada *et al.* 2003). En el primer caso, el tamaño de las hembras desovantes puede determinar la ubicación del desove (*e.g.*, hembras más grandes desovan más alejadas de la costa) o afectar las características propias del huevo y larva (*i.e.*, tamaño de huevo, características bioquímicas y boyantez; Boyra *et al.* (2003), Llanos-Rivera (2005), Castro *et al.* (2009)) y en el segundo caso, la variabilidad espacial y temporal de los desoves puede depender de la selección de áreas con abundante alimento y condiciones ambientales óptimas (Fuiman 2002, Rodríguez-Graña & Castro 2003, Lloret *et al.* 2004).

En el norte de Chile, los desoves de *Engraulis ringens* han sido asociados a bajas temperaturas del agua de mar, características de un evento de surgencia (Escribano *et al.* 1996), lo que influye sobre el desarrollo, crecimiento y las tasas metabólicas. La temperatura, la salinidad, oxígeno y el factor maternal influyen en el tamaño larval de eclosión y el tiempo de incubación (Sepúlveda *et al.* 2000, Llanos-Rivera 2005). En la zona centro sur de Chile, en cambio, los factores que determinarían la distribución de huevos y larvas no son tan claros, probablemente debido a que su

distribución depende de múltiples factores relacionados con procesos de transporte y retención. Factores geográficos como la compleja batimetría de la zona podrían afectar la distribución de huevos y larvas de peces pelágicos. La presencia de terrazas y cañones sobre la plataforma continental, por ejemplo, contribuyen a variaciones en los tiempos de retención de estos estadios debido al desarrollo de estructuras de mesoescala capaces de retener o exportar huevos y larvas desde la costa (Arcos 1987, Vargas *et al.* 1996, Parada *et al.* 2001, Hormazabal *et al.* 2004, Morales *et al.* 2007).

También se ha observado que la ocurrencia de plumas de surgencia o convergencia de aguas oceánicas más cálidas sobre la plataforma, incluso durante el invierno, puede determinar variaciones en el hábitat de desove y finalmente la mortalidad de larvas al ser transportadas perpendicularmente a la costa desde donde fueron desovadas hacia áreas con menor concentración de alimento o con mayor abundancia de predadores (Castro *et al.* 2000, Castro & Hernández 2000, Castro 2001). La presencia de áreas semi-cerradas como bahías y golfos pueden aumentar los tiempos de retención de estadios tempranos de invertebrados y peces que se desarrollan en su interior (Parada *et al.* 2001, Landaeta & Castro 2002, Valle-Levinson *et al.* 2003) permitiéndole a las larvas crecer en un ambiente de alta concentración de alimento. Promontorios, puntas o quiebres en la línea de costa (*i.e.*, Punta Lavapié) en las que se desarrollan surgencias, también se ha documentado que pueden conducir a modificaciones de los flujos en la zona costera y consecuentemente modular el transporte o retención de huevos y larvas en sus proximidades (Parada *et al.* 2001). Otros factores que pueden afectar la distribución de estadios tempranos de desarrollo de invertebrados y peces serían la presencia de desembocaduras de ríos, que además de generar plumas y estructuras de mesoescala como frentes halinos capaces de transportar organismos planctónicos fuera de la zona costera, pueden tener una gran influencia sobre las propiedades físicas, químicas del ambiente y sobre procesos biológicos en los organismos presentes en la región costera (Drinkwater & Frank 1994). Estas variaciones en las propiedades del ambiente asociadas a las descargas de los ríos podrían modificar el crecimiento y mortalidad de los estadios tempranos de vida de peces debido a la escasa capacidad de regular o restaurar la presión osmótica que estos poseen (Drinkwater & Frank 1994, Bunn *et al.* 2000, Grimes 2001, Quiñones & Montes 2001).

En el área de desove de anchoveta y sardina común del

centro-sur de Chile desembocan al menos tres ríos de mayor caudal: Itata (36°23'S), Biobío (36°49'S) y Valdivia (39°50'S). El presente estudio describió la distribución de huevos y larvas (preflexión notocordal) durante los periodos reproductivos principal (agosto-septiembre) y secundario (marzo), en el sector norte del área de desove centro sur de Chile, más particularmente en la zona adyacente a la desembocadura río Itata. El enfoque fue dirigido a determinar variaciones en la escala interanual tanto en distribución como en abundancia, en la última década (1996-2005).

## MATERIAL Y MÉTODOS

La información de la abundancia y distribución espacial de los huevos y larvas en reflexión de anchoveta y sardina común en la costa centro-sur de Chile, provienen de una serie de 7 cruceros oceanográficos realizados entre los 35,24°S y los 36,36°S (Tabla 1, Fig. 1). El área de interés incluye un sector al norte del río Itata, el área frente a la desembocadura, y una zona de menor extensión en el sector sur a la desembocadura. El área norte analizada fue de mayor extensión que su contraparte sur debido a que en el sector norte (proximidad a Punta Nugurme) se han encontrado históricamente altas concentraciones de huevos (Cubillos *et al.* 2005, 2006) y porque en el sector sur la distribución de huevos y larvas podrían confundirse con el efecto de otros ríos de mayor envergadura (*i.e.*, río Biobío).

Los muestreos se realizaron perpendiculares a la costa, iniciándose a 0,5 mn del litoral costero hasta a las 50 mn. En cada estación y transecta por medio, se llevaron a cabo perfiles hidrográficos con un CTD Seabird® 19. Se utilizaron las mediciones de salinidad y temperatura de los diferentes años (2001, 2002, 2004, 2005), con el fin de poder encontrar una posible asociación de estas variables

Tabla 1. Periodo de muestreo, posición geográfica y número de estaciones de cada área de estudio / Sampling period, geographical location and number of stations in each study area

Año	Periodos		Coordenadas	Nº	
	Mes			Estaciones	Tipo red
1996	Septiembre-Octubre		35°40' S – 36°30' S	28	Tucker trawl
2001	Noviembre		35°24' S – 36°24' S	36	Tucker trawl
2002	Marzo		35°24' S – 36°36' S	42	Tucker trawl
2002	Agosto-Septiembre		35°21' S – 36°30' S	187	Calvet
2003	Agosto-Octubre		35°30' S – 36°30' S	79	Calvet
2004	Agosto-Septiembre		35°34' S – 36°30' S	61	Calvet
2005	Septiembre		35°34' S – 36°30' S	61	Calvet
Total				494	

con la distribución espacial de huevos y larvas de anchoveta y sardina común. Para estos análisis se utilizó la salinidad a 2 m, debido a que a esa profundidad se espera observar la influencia de la pluma del río con mayor claridad. La utilización de valores de superficie no son normalmente recomendables, porque son altamente variables, producto de procesos de microescala o climáticos de corta duración.

Las muestras de ictioplancton en cada crucero fueron obtenidas mediante arrastres oblicuos con redes Tucker trawl (1 m<sup>2</sup> área boca, 300 µm trama, equipada con flujómetro digital General Oceanics) a profundidades cercanas a 50 m, o mediante arrastres verticales con red Calvet (0,05 m<sup>2</sup> área boca, 150 µm trama) desde profundidades cercanas a 70 m (Tabla 1) hasta superficie. El tamaño del ictioplancton colectado (diámetro de huevos de sardina = 0,98-1,02 mm; diámetro menor de huevos de anchoveta = 0,5-0,7 mm; diámetro de larvas de ambas especies 0,4-0,5 mm [en vista frontal, Moser & Ahlstron 1985, Herrera *et al.* 1987]) fue mayor a las tramas utilizadas en las diferentes redes (Calvet 150 µm; Tucker trawl 300 µm) por lo que procesos de extrusión son improbables. El volumen de agua de mar filtrada se obtuvo con la información del flujómetro digital para el caso de la red

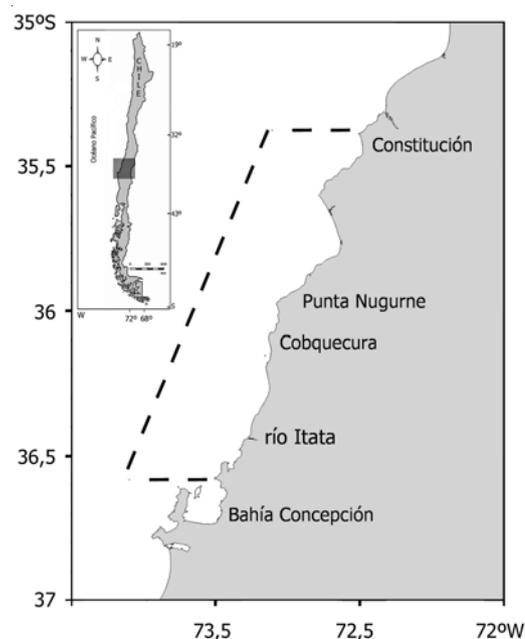


Figura 1. Área donde se desarrollaron los cruceros oceanográficos durante 1996-2005 en Chile central (línea segmentada) / Area surveyed during the oceanographic cruises from 1996 through 2005 in central Chile (dashed line)

Tucker y mediante una estimación utilizando el área de la boca y profundidad del lance, para la red Calvet.

Las muestras de plancton fueron preservadas en una solución de formalina con agua de mar al 5%, neutralizada con tetraborato de sodio (bórax). En laboratorio, se identificó y separó huevos y larvas de anchoveta y sardina común, utilizando los criterios de Moser & Ahlstron (1985) y Herrera *et al.* (1987), clasificándose las larvas según su grado de desarrollo notocordal como en estado de pre y postflexión. La estandarización de la abundancia fue expresada en el número de individuos en 100 m<sup>-3</sup>.

El análisis de los datos generados incluyen i) diagramación espacial de abundancias de huevos y larvas de ambas especies en el área de estudio, ii) comparación inter-anual de abundancias de huevos y larvas por especie (ANDEVA, previo test de homogeneidad de varianzas), y iii) el uso de modelos aditivos generalizados (GAMs), como la herramienta principal para estudiar las relaciones entre la abundancia y las variables predictoras (latitud, periodo del crucero, salinidad, temperatura) ya que las relaciones esperadas son claramente no lineales. Los GAMs se ajustan a una amplia gama de formas funcionales y no requieren ningún supuesto respecto de la forma de las funciones (Agenbag *et al.* 2003). Un modelo aditivo permite al modelo lineal reemplazar las funciones lineales de los predictores por funciones suavizadas. La forma general del modelo lineal es:

$$Y = \alpha + \sum_{i=1}^n f_i(X_i) + \varepsilon$$

donde  $Y$  es la respuesta,  $X_i$  es el predictor,  $\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros y  $\varepsilon$  es el error. La  $f_i$  es generalmente desconocida y se estima en base a la dispersión de los datos (Agenbag *et al.* 2003), usando los programas Statistica 6.0 y R versión 2.6.1.

## RESULTADOS

### PRESENCIA DE HUEVOS Y LARVAS

Los límites de variación en el porcentaje de estaciones positivas con huevos de anchoveta presentes en el área de estudio fueron muy diferentes (3-43%), correspondiendo los menores valores hacia el final del periodo de desove (noviembre 2001). Durante los meses de máximo desove (julio-septiembre), el número de estaciones positivas con huevos fue mayor y el límite fue más estrecho (19-43%). Los mayores porcentajes de estaciones positivas con presencia de huevos y de larvas de anchoveta ocurrieron el 2003 (huevos: 43%) y el 2004 (larvas: 75%), respectivamente.

En sardina común, el porcentaje de estaciones positivas fue inferior que en anchoveta, registrándose valores máximos del orden del 18% para huevos y 29% para larvas en 1996. Los mayores valores de estaciones positivas en ambas especies ocurrieron en los meses de agosto a septiembre (Tabla 2).

### VARIACIÓN EN ABUNDANCIA DE HUEVOS Y LARVAS

Durante todos los años de estudio, los huevos de anchoveta fueron más abundantes que los de sardina común con un total de 838.223 huevos 100 m<sup>-3</sup> y de 6.877 huevos 100 m<sup>-3</sup>

Tabla 2. Número de estaciones totales por periodo de estudio, estaciones con huevos y larvas preflexión de *Engraulis ringens* y *Strangomera bentincki* (estaciones positivas), y el porcentaje que representan las estaciones con huevos y larvas preflexión de cada especie del total de estaciones analizadas por periodo. (ND: no hay datos) / Total number of stations per sampling period, stations with eggs and preflexion larvae of *Engraulis ringens* and *Strangomera bentincki* (positive stations), and eggs and preflexion larval stations percentage in each species over all stations analyzed per period. (ND: no data)

Año	Mes	Estaciones totales	ANCHOVETA				SARDINA COMÚN			
			Huevos		Larva Preflexión		Huevos		Larva Preflexión	
			Estaciones positivas	%						
1996	Septiembre-Octubre	28	7	25	12	43	5	18	8	29
2001	Noviembre	36	1	3	12	33	2	6	3	8
2002	Marzo	42	15	36	30	71	5	12	9	21
2002	Agosto-Septiembre	187	36	19	24	13	4	2	9	5
2003	Agosto-Octubre	79	34	43	ND	ND	8	10	ND	ND
2004	Agosto-Septiembre	61	18	30	46	75	5	8	5	8
2005	Septiembre	61	13	21	32	52	2	3	8	13

Tabla 3. Abundancia total de huevos ( $100 \text{ m}^{-3}$ ) de anchoveta y sardina común en cada periodo de muestreo, promedio de huevos y desviación estándar (DE) sobre el total de estaciones y sólo sobre las estaciones positivas. Mínima y máxima abundancia de huevos en las estaciones por cada periodo de estudio / Total abundance ( $100 \text{ m}^{-3}$ ) of anchoveta and common sardine eggs during each sampling period, mean egg and standard deviation (DE) over the total number of stations, and mean and standard deviations considering only the positive stations. Minimum and maximum of eggs abundance at the stations for each study period

Año	Mes	Suma	Promedio Total estaciones	DE Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	DE Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
ANCHOVETA								
1996	Septiembre-Octubre	6426	229,5	766,8	918,0	1381,5	3810	2
2001	Noviembre	363	10,1	60,4	362,5	0,0	363	-
2002	Marzo	555741	13231,9	51895,0	37049,4	83315,4	299741	2
2002	Agosto-Septiembre	14384	77,0	274,3	400,0	517,1	2800	25
2003	Agosto-Octubre	229708	2908,7	9030,0	6756,1	12882,0	45102	29
2004	Agosto-Septiembre	17454	286,1	1243,4	969,7	2180,5	9486	25
2005	Septiembre	14147	231,9	1024,7	1088,2	2059,3	7509	27
SARDINA COMUN								
1996	Septiembre-Octubre	461	16,5	51,1	92,2	94,3	233	3
2001	Noviembre	393	10,9	52,1	196,3	149,4	302	91
2002	Marzo	503	12,0	42,8	100,5	87,4	234	12
2002	Agosto-Septiembre	1274	7,0	51,4	318,0	177,5	541	133
2003	Agosto-Octubre	3145	39,8	225,5	393,1	529,5	1545	50
2004	Agosto-Septiembre	830	13,6	64,9	166,0	177,5	467	31
2005	Septiembre	271	4,4	25,4	135,3	56,7	175	95

Tabla 4. Abundancia total de larvas ( $100 \text{ m}^{-3}$ ) de anchoveta y sardina común en cada periodo de muestreo, promedio de larvas y desviación estándar (DE) sobre el total de estaciones, y sólo sobre las estaciones positivas. Mínima y máxima abundancia de larvas en las estaciones por cada periodo de estudio / Total abundance ( $100 \text{ m}^{-3}$ ) of anchoveta and common sardine larvae during each sampling period, mean larval and standard deviation (DE) over the total number of stations, only in the positive stations. Minimum and maximum larvae abundance at the stations for each study period

Año	Mes	Suma	Promedio Total estaciones	DE Total estaciones	Promedio Estaciones Positivas	DE Estaciones Positivas	Máxima abundancia	Mínima abundancia
ANCHOVETA								
1996	Septiembre-Octubre	11	0,4	0,6	1,1	0,5	2	1
2001	Noviembre	784	21,8	63,3	65,4	98,3	300	1
2002	Marzo	88750	2113,1	4082,2	2958,3	4579,6	21877	1
2002	Agosto-Septiembre	1532	7,7	28,0	63,8	51,5	267	27
2003	Agosto-Octubre	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2004	Agosto-Septiembre	12859	210,8	332,1	279,5	357,0	1467	25
2005	Septiembre	7911	129,7	252,3	247,2	305,2	1200	27
SARDINA COMUN								
1996	Septiembre-Octubre	24	0,8	2,7	3,1	4,6	13	1
2001	Noviembre	303	8,4	40,9	101,0	123,8	241	7
2002	Marzo	2328	55,4	199,1	259,0	379,5	1157	1
2002	Agosto-Septiembre	353	1,8	8,6	39,3	12,7	57	25
2003	Agosto-Octubre	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2004	Agosto-Septiembre	160	2,6	9,6	32,1	14,0	57	25
2005	Septiembre	987	16,2	75,1	123,4	182,2	571	29

ND: No hay datos

respectivamente (Tabla 3). Las máximas abundancias de huevos fueron 37.049 huevos  $100\text{ m}^{-3}$  y 6.756 huevos  $100\text{ m}^{-3}$  y se registraron en marzo (2002) y en agosto-septiembre (2003) respectivamente. En sardina común, la mayor abundancia se observó en los meses de agosto-septiembre (318 huevos  $100\text{ m}^{-3}$  en 2002 y 393 huevos  $100\text{ m}^{-3}$  en 2003) (Tabla 3).

Las larvas de anchoveta también fueron más abundantes que las de sardina común. La abundancia total para larvas de anchoveta fue de 111.847 larvas  $100\text{ m}^{-3}$  y la de sardina común fue de 4.155 larvas  $100\text{ m}^{-3}$  (Tabla 4). Las mayores abundancias de ambas especies ( $>100$  larvas  $100\text{ m}^{-3}$ ) se encontraron en los meses de marzo (2002) y agosto-septiembre (2004-2005) (Tabla 4).

La abundancia de huevos y larvas de anchoveta mostró grandes fluctuaciones durante el periodo de estudio, con diferencias significativas entre cruceros ( $F_{(6, 487)} = 4,59$ ,  $P < 0,05$  huevos,  $F_{(5, 409)} = 18,99$ ,  $P < 0,001$  larvas). Sin embargo, descontando los valores de abundancia observados en agosto-septiembre del 2003 en que se cuantificó altas abundancias, el resto de los años presentó valores de abundancia similares entre si durante el periodo de mayor actividad reproductiva (Fig. 2a). En sardina común, también se presentaron cambios significativos en la abundancia de los estadios tempranos entre los distintos años ( $F_{(6, 487)} = 2,19$ ,  $P < 0,05$  huevos,  $F_{(5, 409)} = 4,29$ ,  $P < 0,001$  larvas). Sin embargo, y a diferencia de la anchoveta, al principio de los años 2002 y 2003 se observaron años de mayor abundancia, para posteriormente disminuir en el tiempo (2004-2005) (Fig. 2b). La abundancia de larvas preflexión de esta especie, alternativamente, tendió a aumentar desde el 2004 al 2005 (Fig. 2b).

#### DISTRIBUCIÓN DE HUEVOS Y LARVAS

Las mayores abundancias de huevos de anchoveta se observaron en el sector norte del área de estudio ( $35,3^{\circ}\text{S}$  a  $35,7^{\circ}\text{S}$ ) en todos los años, excepto el año 2005 en que se presentaron en el sector sur ( $36,1^{\circ}\text{S}$  a  $36,3^{\circ}\text{S}$ ). La mayor cobertura de huevos se presentó en el año 2003 alcanzando una distancia máxima de 50 mn de la costa. En los años restantes, la distribución de huevos fue más costera ( $\sim 10$  a 20 mn de la costa). Las mayores abundancias de larvas de un año a otro variaron espacialmente, sin un patrón latitudinal claro (Fig. 3). La distribución costa-océano de larvas en los diferentes años tendió a cubrir una superficie mayor del área de estudio que la de huevos, llegando incluso a las 50 mn de la costa. En los años 2002, 2004 y 2005 se observaron altas abundancias incluso hasta en las estaciones más alejadas de la costa.

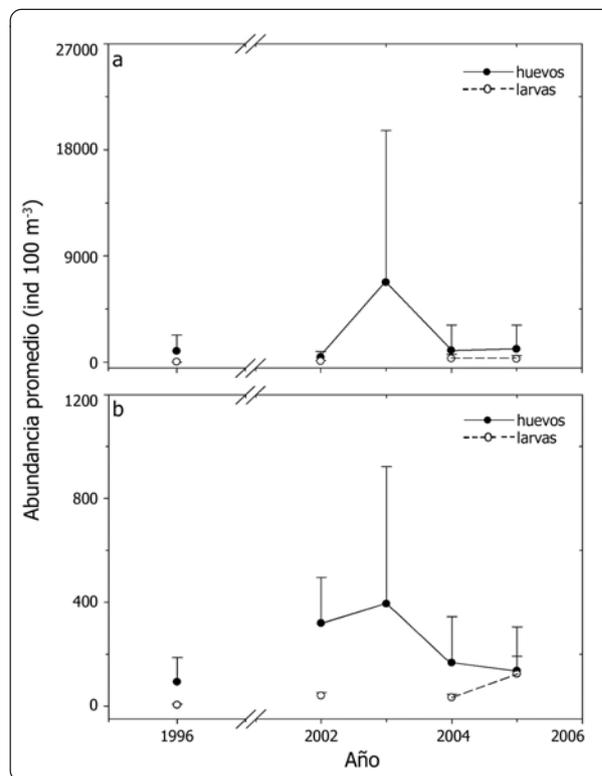


Figura 2. Abundancia promedio (ind  $100\text{ m}^{-3}$  considerando solo las estaciones positivas (ver tablas 3 y 4) de huevos y larvas de anchoveta (a) y sardina común (b) correspondiente al periodo 1996 a 2005. Los años corresponden a muestreos sólo en los meses del máximo reproductivo (julio-septiembre) / Mean abundance (ind  $100\text{ m}^{-3}$ , considering only positive stations, see tables 3 and 4) of anchoveta (a) and common sardine (b) eggs and larvae from 1996 to 2005. Data are the samplings carried out only during the peak reproductive month (july-september)

Concordando con los análisis espaciales que señalan una variación interanual en las distribuciones de huevos y larvas, el ajuste de los modelos Aditivos Generalizados (GAMs) mostraron que las variables temporales (periodo del crucero) y espaciales (latitud) estarían describiendo adecuadamente la abundancia de huevos y larvas tanto para anchoveta como sardina común (Tabla 5).

En el sector de la desembocadura del río Itata hubo presencia de huevos en todos los años, excepto el año 2001 (Fig. 4). En los años 1996 y 2004, agrupaciones de huevos con relativamente altas abundancias fueron encontradas en la proximidad a la desembocadura ( $>250$  huevos  $100\text{ m}^{-3}$ ). En esta zona, se observaron larvas prácticamente en todos los años (excepto el 2001) pero con abundancias variables (50 a 500 larvas  $100\text{ m}^{-3}$ ) (Fig. 5).

En sardina común, latitudinalmente las mayores abundancias de huevos y larvas se presentaron en el sector

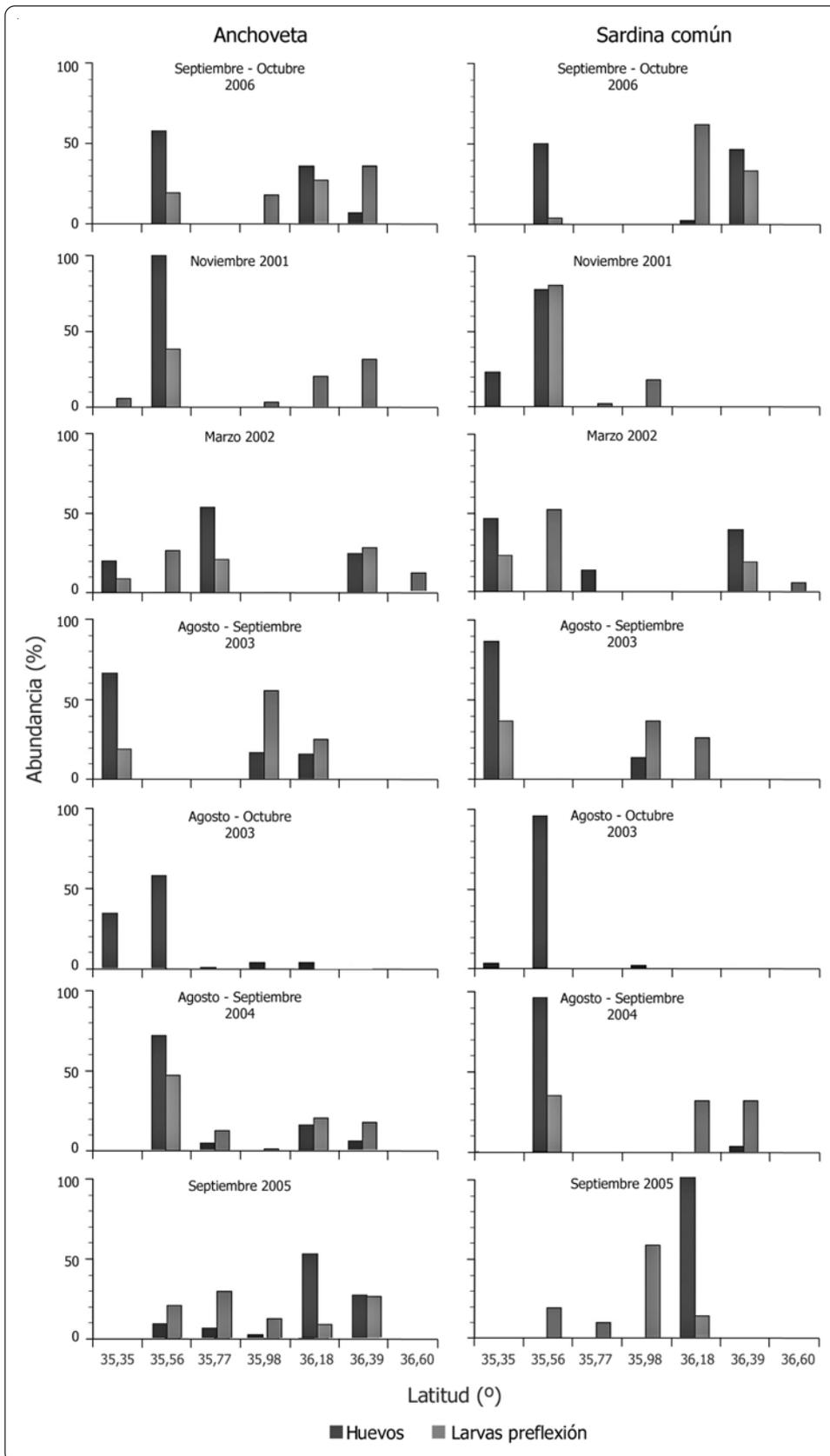


Figura 3. Variación latitudinal y temporal de la abundancia promedio de huevos y larvas en preflexión para anchoveta y sardina común (%). Porcentaje corresponde a la suma de las abundancias contenidas en las estaciones a una latitud determinada / Latitudinal and temporal variations in mean of anchoveta (a) and common sardine (b) eggs and preflexion larvae (%). Percentage is obtained from the addition of abundances in all stations at a same latitude

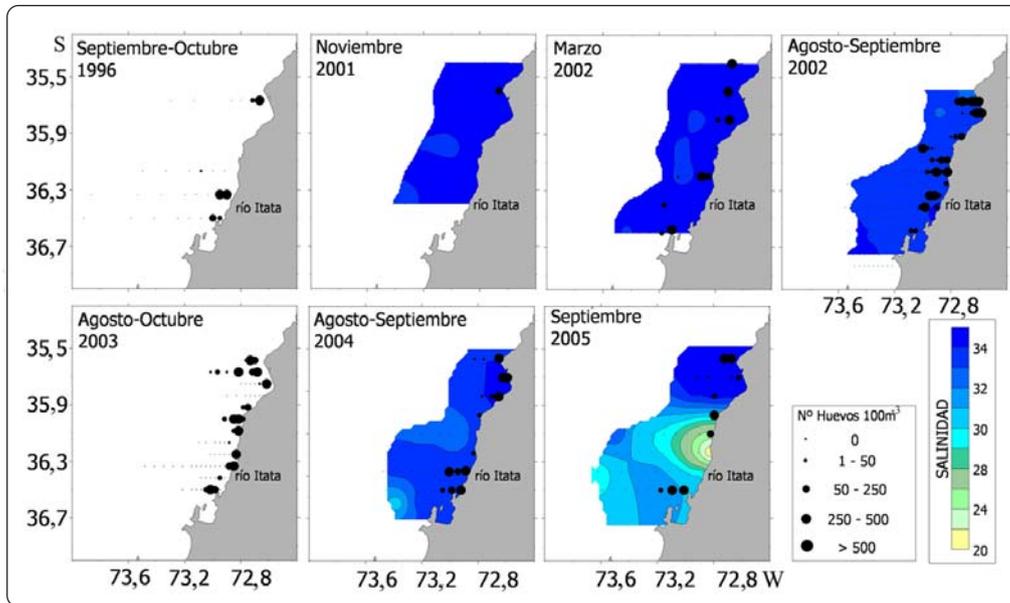


Figura 4. Distribución de huevos de *Engraulis ringens* sobre secciones horizontales de salinidad a ~2 m de profundidad entre 1996 a 2005 / *Engraulis ringens* egg distributions overimposed on salinity horizontal sections at ~2 m depth between 1996 and 2005

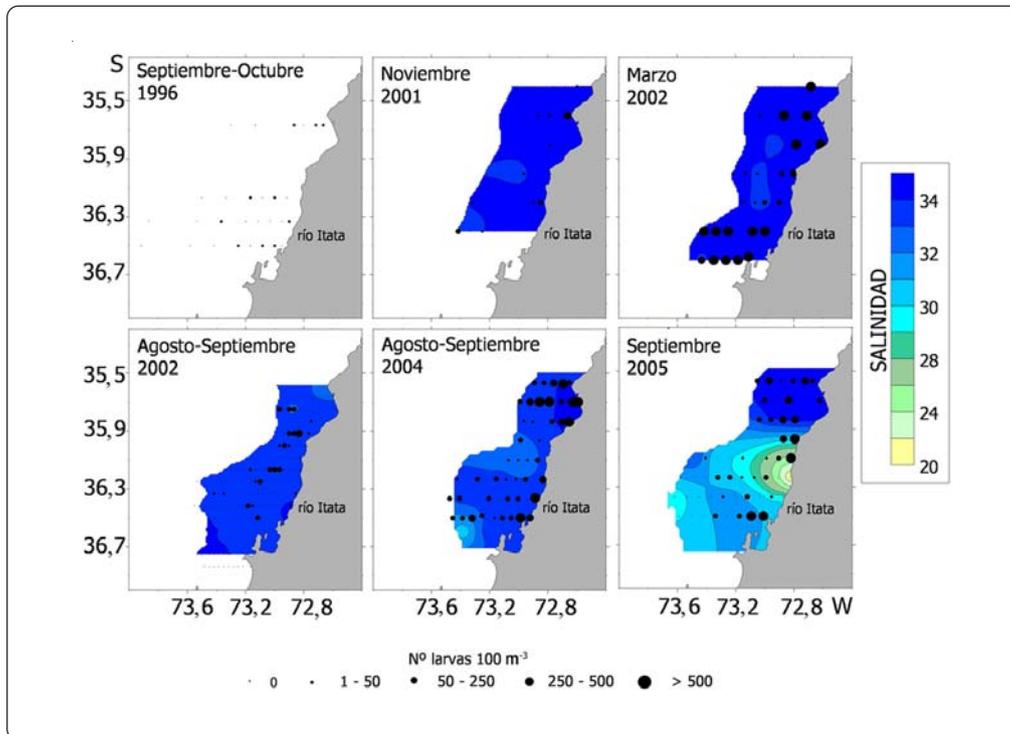


Figura 5. Distribución de larvas en preflexión de *Engraulis ringens* sobre secciones horizontales de salinidad a ~2 m de profundidad entre 1996 a 2005 / *Engraulis ringens* preflexion larvae distributions overimposed on salinity horizontal sections at ~2 m depth between 1996 and 2005

Tabla 5. Resumen de los resultados de los GAMs utilizados en la distribución espacial y temporal de huevos y larvas en preflexión de anchoveta y sardina común / Summary of GAMs results used in the spatial and temporal distribution of eggs and preflexion larvae of anchoveta and common sardine

Estados por especies	Periodo de crucero	Latitud	Temperatura	Salinidad
Huevos anchoveta	3,159 *	5,636 *	5,538 *	2,756 *
Larva preflexión anchoveta	1,913 *	13,578 *	3,570 *	1,578 *
Huevos sardina común	3,087 *	2,620 *	0,759 *	1,233 *
Larva preflexión sardina común	0,982 *	4,186 *	0,186 *	0,086 *

Valores de los parámetros (periodo crucero (año), latitud, temperatura, salinidad). Los valores significativos ( $P < 0,05$ ) se indican con \*

norte (35,3°S a 35,9°S), con excepción del 2005 que se ubicaron en el sector sur del área de estudio (35,9°S a 36,1°S) (Fig. 3). Longitudinalmente, la distribución fue principalmente costera (10 mn aprox.). En el sector de la desembocadura del río Itata, los huevos ocurrieron solamente en los años 1996, 2002 (marzo) y 2005 pero en baja abundancia (Fig. 6). En larvas, la distribución fue ocasionalmente más amplia que en huevos (hasta 50 mn de la costa aproximadamente), presentándose abundancias más bajas (1-50 larvas 100 m<sup>-3</sup>) en las zonas más alejadas de la costa. En el sector de la desembocadura del río Itata, la presencia de larvas se restringió al año 2002 (Fig. 7).

#### ABUNDANCIA DE HUEVOS Y LARVAS EN RELACIÓN A LA SALINIDAD

Los resultados de los valores de los parámetros obtenidos por los GAMs tanto para anchoveta como sardina común (Tabla 5) muestran que las relaciones no lineales entre la variable respuesta (abundancia) y predictor (salinidad) son significativas ( $P < 0,05$ ), es decir que a ciertas salinidades (30-34 ups) presentaron las mayores abundancias.

Espacialmente, las agrupaciones de huevos de anchoveta se encontraron a salinidades entre los 32 a 34 ups en los años 2001, 2002 y 2004. En cambio para el año 2005, el rango de salinidad fue entre los 20 a 34, y con una mayor ocurrencia de huevos en salinidades desde 24 a 34 ups (Fig. 4). En larvas, las agrupaciones durante los años 2001, 2002 y 2004 se encontraron en salinidades entre los 30 a 34 ups, excepto para el año 2005 donde las mayores ocurrencias de larvas se situaron en salinidades entre los 24 a 34 ups (Fig. 5), al igual que los huevos.

Los huevos de sardina común se hallaron en salinidades entre los 33 y 34 ups en los años 2001, 2002 y 2004, sin embargo para el año 2005 ocurrieron también en salinidades bajas (< 29 ups) (Fig. 6). Las larvas se

encontraron en salinidades entre los 30 y 34 ups, excepto en el año 2005 donde el rango de salinidad fue más amplio (23 a 34 ups) (Fig. 7). Adicionalmente, en el año 2004 se presentó una masa de agua de baja salinidad (29-32 ups) fuera de la costa frente del sector de Bahía Concepción, donde se encontraron pequeñas agrupaciones de larvas de anchoveta y sardina común (Fig. 5 y 7)

Al analizar la transecta frente a la desembocadura del río Itata (costa-océano) durante todos los años (excepto el 2001 y 2002 en que no se encontró huevos ni larvas de sardina común en la transecta), se observó que las mayores abundancias de huevos de anchoveta y sardina común fueron más costeras (< 10 mn) en comparación a las larvas (>10 mn) (Fig. 8). Dentro de las 10 primeras millas náuticas se observa un ascenso de las isohalinas de 34 y 34,2 ups, excepto en el año 2005, donde en superficie encontramos salinidades inferiores a 30 ups. La isohalina de 34,4 ups en los años 2001 y 2002 se ubicó en aguas más someras (menor a 40 m de profundidad), en cambio para los años 2004 y 2005 fue más profunda (45 a 100 m). La isohalina de 34 ups en los años 2001, 2002 y 2004 se presentó sobre los 25 m de profundidad, excepto en el 2005 donde se ubicó entre los 50 y 60 m (Fig. 8).

Para ver si existían variaciones en abundancia entre la desembocadura (distancia = 0 mn) (Fig. 9) y las zonas norte y sur adyacentes, se diagramó una transecta costera que se extendió 10 mn hacia el sur y hasta 50 mn hacia el norte. En el área entre la desembocadura y las 10mn, se encontró una baja abundancia de huevos y larvas de anchoveta y sardina común, excepto en el año 2002 (~ 8.500 huevos 100 m<sup>-3</sup>) y 2004 (~ 2.500 huevos 100 m<sup>-3</sup>). Entre las 11 a 40 mn se hallaron las mayores abundancias de ambos estadios y en ambas especies (< 350.000 ind 100 m<sup>-3</sup>). En anchoveta, la mayor abundancia de huevos (> 300.000 huevos 100 m<sup>-3</sup>) y larvas (~ 4.500 larvas 100 m<sup>-3</sup>) se encontró en el 2002 a una distancia de 35 mn con respecto

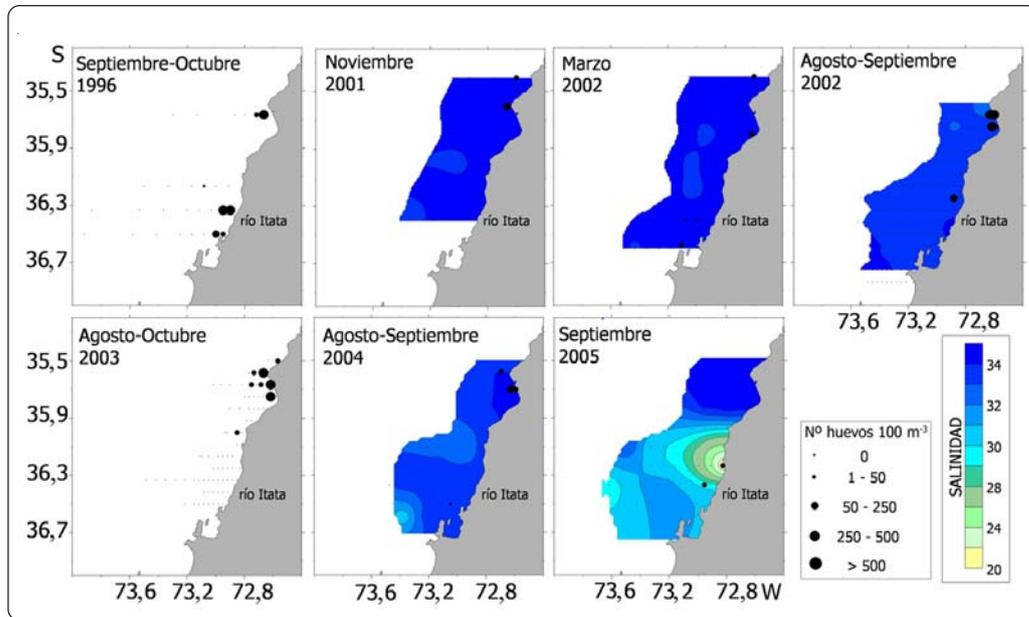


Figura 6. Distribución de huevos de *S. bentincki* sobre secciones horizontales de salinidad a ~2 m de profundidad entre 1996 a 2005 / *S. bentincki* egg distributions overimposed on salinity horizontal sections at ~2 m depth between 1996 and 2005

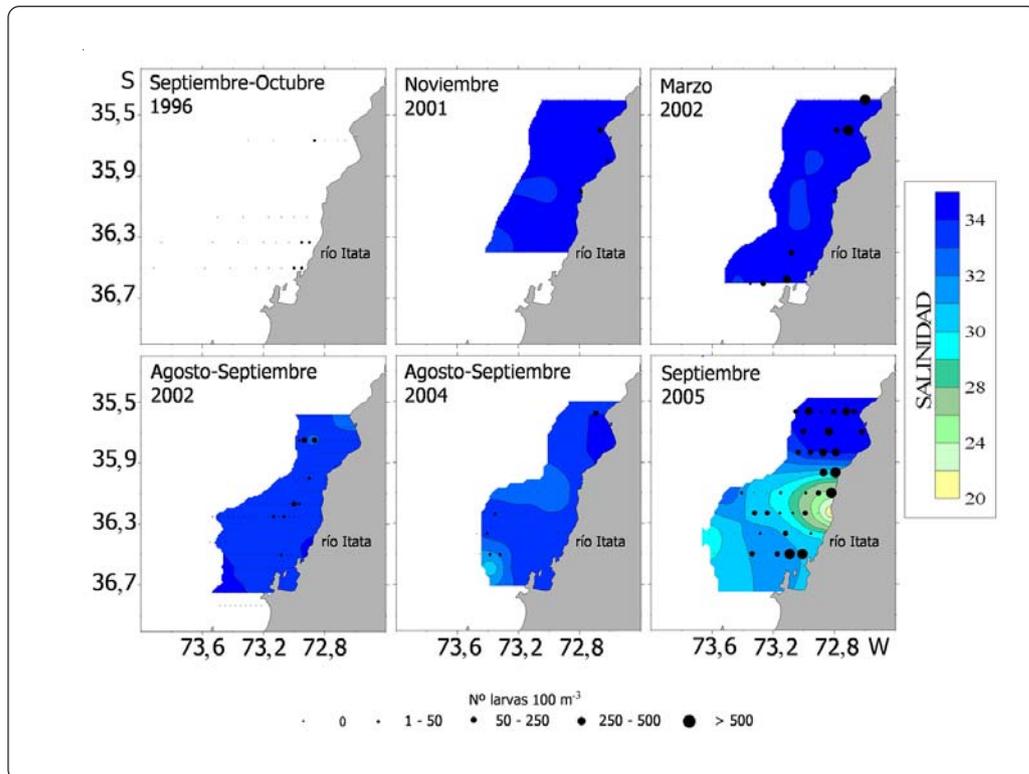


Figura 7. Distribución de larvas en preflexión de *S. bentincki* sobre secciones horizontales de salinidad a ~2 m de profundidad entre 1996 a 2005 / *S. bentincki* preflexion larvae distributions overimposed on salinity horizontal sections at ~2 m depth between 1996 and 2005

a la desembocadura. En sardina común se encontró una baja abundancia de huevos y larvas ( $< 700 \text{ ind } 100 \text{ m}^{-3}$ ), pero su distribución fue similar a la descrita para la anchoveta. Con respecto a la distancia máxima muestreada (50 mn) los valores de abundancia fueron bajos ( $< 750 \text{ ind } 100 \text{ m}^{-3}$ ) en ambas especies (Fig. 9).

En la sección vertical de salinidad se observa que a medida que nos alejamos de la desembocadura los valores tienden a incrementarse, es decir, las isohalinas que cortan la superficie dentro las 10 mn presentaron valores que fluctuaron entre los 29 a 33,8 ups, mientras que las isohalinas que cortan la superficie entre las 30 a 40 mn presentaron valores altos (34,2-34,4-34,5 ups). Durante el 2004 se observó un ascenso (20 a 10 m) de las isohalinas (34-34,2 ups) en dirección a la desembocadura. En el 2005, al norte de la desembocadura se presentó un frente halino muy marcado, cuyos valores de salinidad en superficie fluctuaron entre los 29 a 34 ups (Fig. 9).

#### ABUNDANCIA DE HUEVOS Y LARVAS EN RELACIÓN A LA TEMPERATURA

Los resultados de los valores de ajuste de los GAMs tanto para anchoveta como sardina común (Tabla 5) indicaron que la relación entre la variable respuesta (abundancia) y predictor (temperatura) son significativas ( $P < 0,05$ ), es decir que a ciertas valores de temperaturas (10-11°C) se presentaron las mayores abundancias de huevos y larvas de anchoveta; en sardina común estos valores fluctuaron entre 11,5 y 12°C.

#### DISCUSIÓN

Las poblaciones de pequeños peces pelágicos como sardina común y anchoveta que habitan en los sistemas de surgencia de la región centro-sur de Chile han presentado grandes variaciones en su biomasa (*i.e.*, 4,3 a 1,8 millones de toneladas, Oliva *et al.* (2002)). Tales fluctuaciones normalmente se atribuyen a factores exógenos y endógenos que afectan la sobrevivencia y distribución de huevos y larvas, lo que posteriormente se refleja en el éxito o fracaso del reclutamiento (Grimes & Finucane 1991, Dorsey *et al.* 1996, Fuiman 2002, Lloret *et al.* 2004). Dentro de la zona de desove centro sur de Chile, sin embargo, la distribución del desove no es homogénea sino que algunas zonas presentan mayores concentraciones de huevos y larvas. En el presente estudio documentamos variaciones tanto espaciales como temporales de abundancia de huevos y larvas de anchoveta y sardina común en el área próxima a la desembocadura del río Itata y la zona norte adyacente a ésta.

#### DISTRIBUCIÓN DE HUEVOS Y LARVAS

Nuestros análisis de distribución de estadios de desarrollo temprano muestran que los huevos de anchoveta y sardina común fueron más abundantes en la franja costera, principalmente en el norte de la zona de estudio para el caso de anchoveta, lo cual coincide con los antecedentes reportados por Nuñez *et al.* (1995) para la costa de la VIII Región (36-37°S), quienes mencionan que las mayores densidades de huevos y larvas de ambas especies se asocian a la terraza del Itata y al Golfo de Arauco ( $< 10 \text{ mn}$ ), en muestreos de hasta las 25 mn de la costa. La distribución de las larvas del presente estudio fue más amplia (hasta 50 mn de la costa) en comparación a la de los huevos, presentando las mayores densidades tanto a nivel costero como oceánico (50 mn). La ubicación de las mayores densidades de huevos de anchoveta y sardina común observadas en este estudio concuerdan con la información de zonas de desove de anchoveta localizadas en el área centro sur de Chile, área en que se ha señalado que los huevos de anchoveta y sardina común ocurren normalmente en el sector desde Punta Nugurne (35°30'S) hasta la desembocadura del río Itata durante los meses de mayor actividad reproductiva (Cubillos *et al.* 2005, 2006).

Para meses de baja actividad reproductiva (*i.e.*, octubre-diciembre, fines de estación reproductiva principal) o para el periodo secundario de desove que se inicia a fines del verano (febrero-marzo) de cada año (Cubillos & Arancibia 1993, Arcos *et al.* 1996), la información de distribución de huevos y larvas de anchoveta y sardina común es muy escasa para la zona adyacente a la desembocadura del río Itata. Nuestros resultados señalan que en noviembre 2001 se encontraron huevos de anchoveta sólo en una estación en el sector más al norte y que sus larvas (Fig. 3) ocurrieron en muy baja abundancia pero más dispersas en el área de estudio. En marzo 2002 (fines del máximo secundario de desove), los huevos de anchoveta ocurrieron en bajas abundancias y muy espaciados a lo largo de toda la franja costera, contrastando con las altas abundancias de larvas de esta especie que, además, se distribuyeron ampliamente en la zona de estudio con concentraciones mayores tanto en el sector norte como en el sector sur donde llegaron hasta las estaciones más alejadas de la costa. Durante noviembre del 2001 y marzo del 2002, los huevos y larvas de sardina común siguieron los mismos patrones de distribución que los de anchoveta, pero presentando valores de abundancia menores. Respecto a los cambios de abundancia de huevos, se desconoce el número de huevos producidos por cada especie en noviembre 2001 y marzo 2002, sin embargo, información de los años siguientes

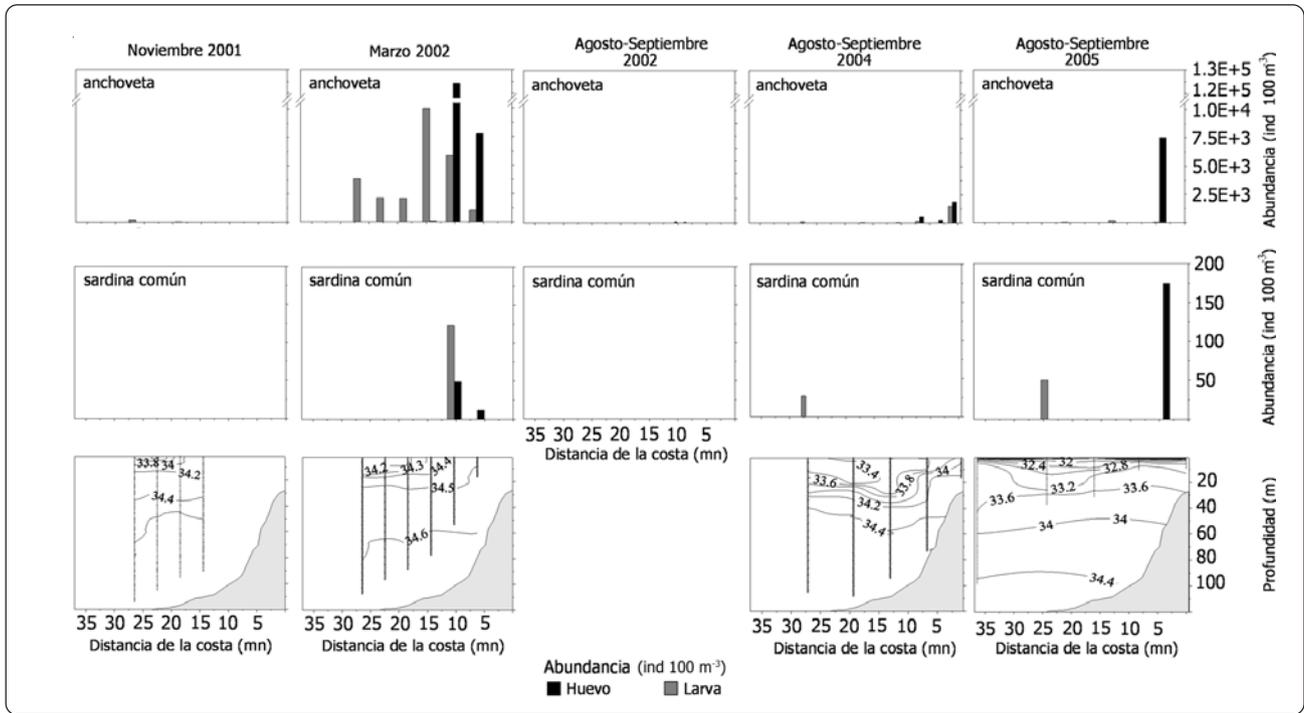


Figura 8. Distribución (costa-océano: este-oeste) de los estadios tempranos de vida de anchoveta y sardina común y secciones verticales de salinidad frente a la desembocadura del río Itata (0 mn) / Distribution (coast-ocean: east-west) of early life stages of anchoveta and common sardine and vertical salinity sections off Itata River mouth (0 nautical miles in the figure)

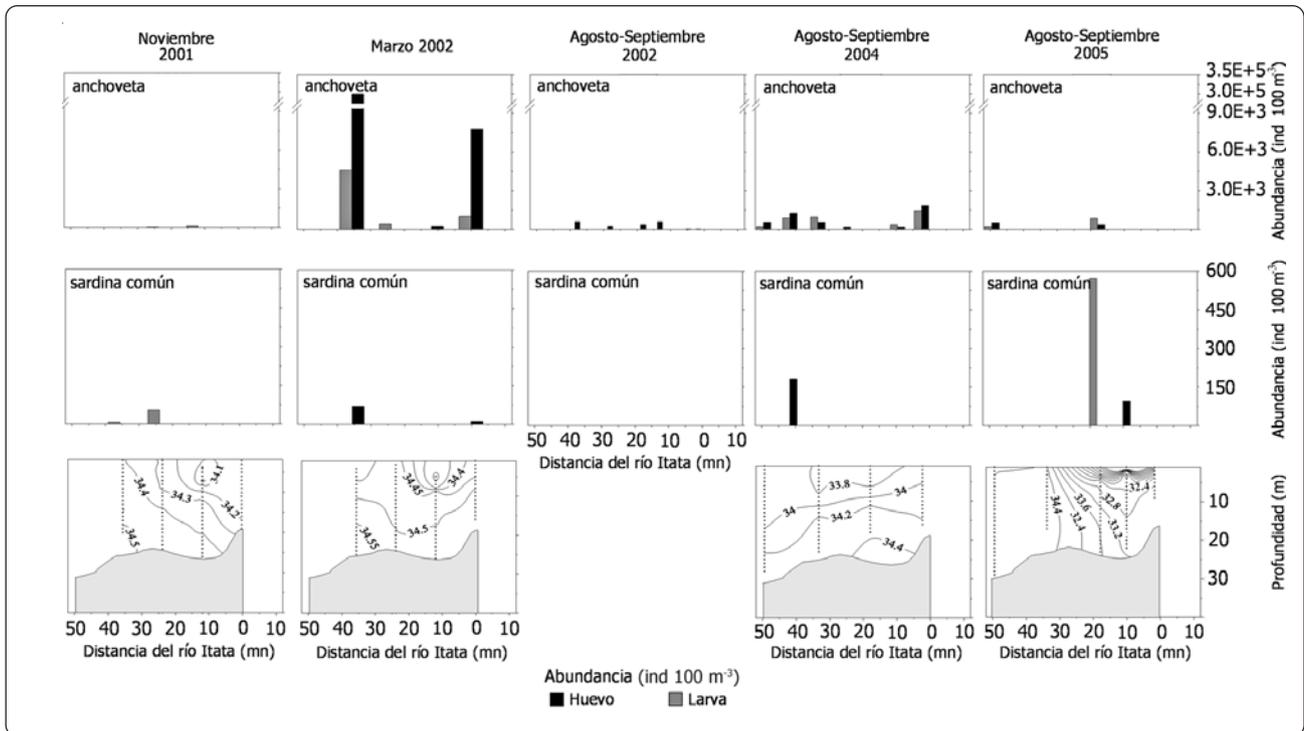


Figura 9. Distribución (transecta costera: norte-sur) de los estadios tempranos de vida de anchoveta y sardina común y secciones verticales de salinidad en el área adyacente a la desembocadura del río Itata (0 mn) / Distribution (coastal transect: north south) of early life stages of anchoveta and common sardine and vertical sections of salinity in the adjacent area of Itata River mouth (0 nautical miles)

(Bernal *et al.* 2004, Cubillos *et al.* 2005) señalan que la producción de huevos de sardina común sería menor que la de anchoveta en la zona de estudio, concordando entonces con la diferencia en abundancia de huevos y larvas entre especies de nuestro estudio.

#### ABUNDANCIA DE HUEVOS Y LARVAS EN RELACIÓN A LA TEMPERATURA

La temperatura presenta una relación positiva entre los 10° a 11°C con la abundancia de huevos y larvas de anchoveta. Para la sardina común esta relación se da a temperaturas más altas y en un rango más estrecho de temperatura (11,5° a 12°C). Estas relaciones concuerdan con lo citado por Escribano *et al.* (1996) para el norte de Chile y por Cubillos *et al.* (2001) y Cubillos *et al.* (2005) en la zona centro sur, en cuanto a que las mayores abundancias de huevos de anchoveta ocurren en aguas de menores temperaturas dentro de las respectivas zonas durante el desove. Ambas especies incluyen en su estrategia reproductiva el desovar al término del invierno (agosto), cuando existen las condiciones ambientales favorables de convergencias costeras que logran concentrar y retener huevos en la costa y así, evitar el intenso transporte hacia el océano. Sin embargo, los rangos de temperatura determinados en este estudio serían diferentes. Las diferencias en rangos de temperatura encontradas estarían dentro de los rangos en que se encuentran habitualmente los huevos de ambas especies a lo largo de Chile, siendo el rango de sardina común más estrecho (11-12°C; Cubillos *et al.* 2001) que el de anchoveta (Claramunt *et al.* 1996, Cubillos *et al.* 2005).

#### ABUNDANCIA DE HUEVOS Y LARVAS EN RELACIÓN A LA SALINIDAD

Núñez *et al.* (1995) en la costa de la región de Concepción (36° a 37°30' S) detectaron una correlación positiva entre las densidades de huevos y larvas de anchoveta con la salinidad, tanto para el periodo reproductivo principal como secundario. Sin embargo, en nuestro estudio no se observó tal relación, lo que concuerda con lo reportado por Castro *et al.* (1997), Cubillos *et al.* (2005 y 2006) durante el periodo reproductivo principal entre la región de Valparaíso a Concepción. En la zona oceánica (> 20 mn) y en las proximidades de la desembocadura del río Itata en los meses de agosto-septiembre (2002-2004) y noviembre (2001) se encontraron salinidades que variaron entre los 32 a 34 ups, presentando agrupaciones de huevos y larvas tanto de anchoveta como sardina común, lo que concuerda con los resultados obtenidos anteriormente para una zona más extensa (35-37°S) por Castro *et al.* (1997),

Cubillos *et al.* (2005 y 2006). Estos autores determinaron que para la época de máxima actividad reproductiva, la presencia de estadios tempranos de anchoveta y sardina común, era frecuente con valores de salinidad entre los 33,4 a 34,8 ups. Durante el periodo reproductivo secundario (marzo 2002), en el presente estudio se obtuvo un rango de salinidad más estrecho (33-34 ups) que en los meses de invierno con altas abundancias de huevos y larvas para ambas especies, cuyos valores de salinidad son concordante con los 34,00-34,49 ups reportados por Núñez *et al.* (1995). Nuestros resultados, por lo tanto, señalan que el rango de salinidades más común, con mayores abundancias de ambas especies en la zona adyacente a la desembocadura del río Itata, sería entre 32 y 34 ups aunque ocasionalmente podría observarse agrupaciones a salinidades menores.

#### PROXIMIDAD A LA DESEMBOCADURA DEL RÍO ITATA

Los huevos y larvas de anchoveta ocurrieron en las proximidades de la desembocadura del río Itata, aunque en concentraciones variables, prácticamente todos los años durante los periodos de mayor reproducción de esta especie (agosto-septiembre). Durante el periodo secundario de desove (marzo 2002), se cuantificó altas abundancias de larvas de anchoveta en las proximidades de la desembocadura y también más al sur sobre la plataforma continental frente a Bahía Coliumo, lo que no concuerda con Núñez *et al.* (1995), quien reporta en verano (febrero-marzo) altas densidades de huevos y larvas pero asociadas a la plataforma continental de la Terraza del Itata. El papel de la desembocadura como zona de concentración larval en el periodo de fines de verano (marzo) 2002, no es tan claro, por cuanto las abundancias de larvas reportadas en distintos años en esa zona han sido variables. Como el número de años analizados con data de marzo es bajo, una conclusión más robusta al respecto sólo se logrará sólo con un mayor número de muestreos en el futuro.

En el caso de la sardina común, durante el periodo de mayor desove de esta especie se cuantificó bajas abundancias de huevos y larvas prácticamente todos los años (excepto 1996). Durante los meses fuera del periodo de mayor desove (noviembre y marzo), no se presentaron huevos ni larvas de sardina común (noviembre 2001) o bien sus abundancias fueron muy bajas (marzo 2002). Nuestros resultados, sin embargo, nuevamente contrastan con los observados por Núñez *et al.* (1995) durante el periodo de fines de verano ya que encontraron altas abundancias de sardina común en las estaciones cercanas a la desembocadura del río Itata.

La información generada en el presente estudio señala que el área inmediatamente adyacente a la desembocadura del río Itata (entre 0,5 y las 4 primeras millas náuticas hacia el oeste) no sería una zona importante de agregación de huevos y larvas de anchoveta y sardina común en los periodos considerados.

Sepúlveda *et al.* (2000) describieron que la pluma proveniente del sector del río Itata tiene un área de influencia hasta alrededor de las 15 mn desde la costa (periodo invernal). En nuestro estudio en los diferentes años no se observó tal estructura, excepto en septiembre del 2005 donde el área de influencia alcanzó sobre las 19 mn (costa-océano) y en sentido latitudinal abarcó hasta las 30 mn aproximadamente, área donde encontramos la desembocadura del río Itata ( $\sim 36^{\circ}22'S$ ). En esta zona se observó un gradiente horizontal de salinidad (20 a 34 ups), donde se hallaron pequeñas agrupaciones de huevos y larvas de anchoveta y sardina común. La presencia de huevos en esta zona de gradientes podría ser parte de una estrategia reproductiva por parte de los adultos (*i.e.*, posición desove), ya que se ha descrito para la zona adyacente al Itata mayores abundancias de oferta de alimento para las larvas de anchoveta y sardina común (Nuñez *et al.* 1995). Sin embargo, en nuestro estudio en sólo uno de los 5 inviernos estudiados se observó esta posible relación de abundancias de ictioplancton con los gradientes de salinidad por lo que la potencial importancia de éstos, como factores de agregación de huevos y larvas, sólo podría proponerse para años en que estas estructuras (gradientes de salinidad) son más marcadas (*i.e.*, 2005 en nuestro estudio).

La ausencia de altas abundancias de huevos de ambas especies en la zona inmediatamente adyacente a la desembocadura del río Itata no significa que el aporte de agua dulce sea poco importante en el desarrollo y sobrevivencia de los primeros estadios de desarrollo de estas especies. El aporte de agua dulce del río junto a los demás ríos de la zona pueden ser muy importantes en años muy lluviosos, *i.e.*, los ríos Itata y Bío-Bío provocan flujos geostróficos que facilitan el intercambio plataforma-océano (Sobarzo 1994, 1999), o pueden constituir un factor relevante en la zona por cuanto aumenta la estabilidad de la columna de agua en sus primeros metros. Al disminuir el efecto potencial de la turbulencia generada por el viento en superficie, consecuentemente, se podría estar contribuyendo al aumento de la sobrevivencia larval en días de intensas tormentas de vientos norte, típicos en la zona durante el invierno, estación en que el aporte de

aguas del río Itata es mayor (junio a julio  $\sim 600 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ; Sobarzo *et al.* 2007).

En otras especies de peces pelágicos y demersales se ha observado una asociación entre las zonas de desove y la desembocadura de ríos. En la anchoveta del norte (*Engraulis mordax*), por ejemplo, se ha observado reproducción en la desembocadura del río Columbia, donde las concentraciones de huevos se encuentran distribuidas sobre la pluma de agua dulce (Richardson 1981). En el golfo de Vizcaya los desoves de la anchoveta se asocian, en parte, a la desembocadura del río Garona (Motos *et al.* 1996), y en el Mediterráneo noroccidental, a las desembocaduras de los ríos Arno, Ródano y Ebro (García & Palomera 1996). Estas asociaciones se deben a que las descargas fluviales enriquecidas de nutrientes por los aportes terrestres influyen en procesos biológicos, como el crecimiento, mortalidad y reclutamiento (Grimes 2001). Tales asociaciones han sido demostradas también, en el bacalao en la costa norte de Noruega (Skreslet 1976), el róbalo en el sur de Chile (Quiñones & Montes 2001) y la anchoveta en aguas costeras del sudoeste de Taiwan (Tsai *et al.* 1997). En el caso de la anchoveta *Engraulis ringens*, cuya distribución latitudinal es muy amplia, las más altas abundancias de individuos corresponden a poblaciones ubicadas en el norte de Perú y la zona norte de Chile-sur del Perú, donde no se localizan ríos importantes. En la zona centro-sur de Chile, altas abundancias de huevos y larvas han sido descritas en la zona entre Corral y Lebu en invierno (Cubillos *et al.* 2005, 2006), zona que se caracteriza por un aporte importante de agua dulces provenientes tanto de la zona de Corral como de ríos menores y escorrentía a lo largo de la costa durante la época invernal de mayor desove. En esta zona las más altas abundancias de huevos y larvas de anchoveta y sardina común no se encuentran en las aguas de menor salinidad sino fuera de la pluma de agua más dulce. En nuestro estudio tampoco se observó alta abundancias de huevos ni larvas dentro de la pluma del río Itata. El área inmediatamente adyacente a la desembocadura presentó en general durante los periodos estudiados, bajas abundancias de huevos y larvas de estas especies, excepto el invierno del año 2005. Por lo tanto, la importancia del aporte de aguas dulces del río Itata, como generador de estructuras frontales acumuladoras de huevos y larvas de estas especies, en las escalas espaciales y temporales aquí analizadas, no es permanente sino que parece ser muy variable inter-anualmente.

## AGRADECIMIENTOS

Estudio financiado por Programa PIMEX-Nueva Aldea. La data de ictioplancton fue generada en el marco de proyectos del Fondo de Investigación Pesquera y proyectos FONDECYT. Los autores agradecen la colaboración en cruceros y separación de muestras al personal de Laboratorio de Oceanografía Pesquera y Ecología larval (LOPEL) de la Universidad de Concepción, especialmente al Sr. Alejandro Yañez.

## LITERATURA CITADA

- Agenbag JJ, AJ Richardson, H Demarcq, P Fréon, S Weeks & F A Shillington. 2003.** Estimating environmental preferences of South African pelagic fish species using catch size- and remote sensing data. *Progress in Oceanography* 59: 275-300.
- Arcos DF, SP Nuñez, L Castro & N Navarro. 1987.** Variabilidad vertical de clorofila a en un área de surgencia frente a Chile central. *Investigación Pesquera, Chile* 34: 47-55.
- Arcos DR, S Nuñez & A Acuña. 1996.** Variabilidad de pequeña escala en la zona nerítica del sistema de surgencia de Talcahuano (Chile centro-sur): Identificación y dinámica de retención larval. *Gayana Oceanología* 4(1): 21-58.
- Ayon P. 2001.** Distribución y abundancia de huevos y larvas del stock norte-centro de la anchoveta peruana en el invierno 2000. En: *Crucero de evaluación de la biomasa desovante de la Anchoveta por el método de producción de huevos (mph)*. BICs José Olaya Balandra y SNP-2 0008-09, de Punta Falsa (6°S) a Tambo de Mora (14°S). Informe IMARPE 162: 11-21.
- Bernal C, M Canales, V Cataste, A Sepúlveda, P Ruiz, R Alarcón, S Nuñez, C Oyarzún, S Gacitúa, G Claramunt & G Herrera. 2004.** Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2003. Informe Final. Proyecto FIP-IT/2003-06: 1-169. [en línea] <<http://www.fip.cl/FIP/Archivos/pdf/informes/inffinal%202004-03.pdf>>
- Boyra G, L Rueda, S Coombs, S Sundby, B Adlandsvik, M Santos & A Uriarte. 2003.** Modelling the vertical distribution of eggs of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardine pilchardus*). *Fisheries Oceanography* 12(4/5): 381-395.
- Bunn N, C Fox & T Webb. 2000.** A literature review of studies on fish egg mortality: Implications for the estimation of spawning stock biomass by the annual egg production method. Funded under MAFF project code MF0426: Fish egg development and mortality studies in the Irish Sea. Science Series Technical Report 111: 1-37.
- Castillo J, J Cordova, S Lillo, M Barbieri, J Osses & P Barria. 1995.** Estimación del reclutamiento de anchoveta en las regiones I y II. Valparaíso, Informe Final. Proyecto FIP-IT/95-02: 1-116. [en línea] <<http://www.fip.cl/FIP/Archivos/pdf/informes/IT%2095-02.pdf>>
- Castro LR. 2001.** Studies of the environmental conditions and larval survival of the southernmost anchoveta stock of the Humboldt Current during winter spawning season. *Global Ocean Ecosystem Dynamic (GLOBEC), Newsletter* 7(2): 15-17.
- Castro LR & E Hernández. 2000.** Early life survival of the anchoveta *Engraulis ringens* off central Chile during the 1995 and 1996 winter spawning seasons. *Transactions of the American Fisheries Society* 129(5): 1107-1117.
- Castro LR, GR Salinas & EH Hernández. 2000.** Environmental influences on winter spawning of the anchoveta *Engraulis ringens* off central Chile. *Marine Ecology Progress Series* 197: 247-258.
- Castro LR, G Claramunt, MC Krautz, A Llanos-Rivera & P Moreno. 2009.** Egg trait variation in anchoveta *Engraulis ringens*: a maternal response to changing environmental conditions in contrasting spawning habitats. *Marine Ecology Progress Series* 381: 237-248.
- Castro L, R Quiñones, H Arancibia, D Figueroa, R Roa, M Sobrazo & M Retamal. 1997.** Áreas de desove de anchoveta y sardina común en la zona central. Informe Final. Proyecto FIP-IT/96-11: 1-115. [en línea] <<http://www.fip.cl/FIP/Archivos/pdf/informes/IT%2096-11.pdf>>
- Claramunt G, G Herrera, P Pizarro, J Pizarro, R Escribano, M Oliva, A Olivares, C Guerra & A Zuleta. 1996.** Evaluación del reclutamiento de anchoveta en las Regiones I y II. Informe Final. Proyecto FIP 95-02: 1-81. [en línea] <<http://www.fip.cl/FIP/Archivos/pdf/informes/IT%2095-02.pdf>>
- Cubillos L & H Arancibia. 1993.** On the seasonal growth of common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off Talcahuano, Chile. *Revista de Biología Marina* 28(1): 43-49.
- Cubillos L, D Arcos, M Canales & D Bucarey. 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: 115-124.
- Cubillos L, D Bucarey & M Canales. 2002.** Monthly abundance estimation for common sardine *Strangomera bentincki* and anchovy *Engraulis ringens* in the central-southern area off Chile (34-40°S). *Fisheries Research* 57: 117-130.
- Cubillos L, L Castro & C Oyarzún. 2005.** Evaluación de stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2004. Informe Final. Proyecto FIP 2004-03: 1-130. [en línea] <<http://www.fip.cl/FIP/Archivos/pdf/informes/inffinal%202004-03.pdf>>
- Cubillos L, L Castro, G Claramunt & C Oyarzún. 2006.** Evaluación de stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2005. Informe Final. Proyecto FIP 2005-02: 1-147. [en línea] <<http://www.fip.cl/FIP/Archivos/pdf/informes/inffinal%202005-03.pdf>>
- Dorsey S, E Houde & J Gamble. 1996.** Cohort abundances and daily variability in mortality of eggs and yolk-sac larvae

- of bay anchovy, *Anchoa mitchilli*, in Chesapeake Bay. Fishery Bulletin 94: 257-267.
- Drinkwater KF & KT Frank. 1994.** Effects of river regulation and diversion on marine fish and invertebrates. Aquatic Conservation: Freshwater and Marine Ecosystem 4: 135-151.
- Escribano R, R Venegas, J Pizarro & G Claramunt. 1996.** Temperature-dependent development rate of eggs of the «anchoveta» *Engraulis ringens* from northern Chile. Estudios Oceanológicos 15: 39-46.
- Frimodt C. 1995.** Multilingual illustrated guide to the world's commercial coldwater fish, 215 pp. Fishing News Books, Osney Mead, Oxford.
- Fuiman LA. 2002.** Special considerations of eggs and larvae. En: Fuiman L & R Werner (eds). Fishery science: The unique contributions of early life stages, pp. 1-31. Blackwell Science, Oxford.
- García A & I Palomera. 1996.** Anchovy early life history and its relation to its surrounding environment in the Western Mediterranean basin. Scientia Marina 60(2): 155-166.
- Grimes CB. 2001.** Fishery production and the Mississippi River discharge. Fisheries 26(8): 17-26.
- Grimes Ch & J Finucane. 1991.** Spatial distribution and abundance of larval and juvenile fish, chlorophyll and macrozooplankton around the Mississippi River discharge plume, and the role of the plume in fish recruitment. Marine Ecology Progress Series 75: 109-119.
- Herrera G, E Tarifeño & MC Orellana. 1987.** Descripción de huevos y primeras fases larvales de la sardina común (*Strangomera bentincki*) y del machuelo (*Ethmidium maculatum*). Biología Pesquera 16: 107-113.
- Hormazabal S, S Nuñez, D Arcos, F Espindola & G Yuras. 2004.** Mesoscale eddies and pelagic fishery off central Chile (33-40°S). Gayana 68(2): 291-296.
- Landaeta MF. 2007.** Efecto parental en la variabilidad estacional de las características del desove de merluza común frente a Chile central. Tesis Doctoral, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, Concepción, 197 pp.
- Landaeta MF & LR Castro. 2002.** Spring spawning and early nursery zone of the mesopelagic fish *Maurolicus parvipinnis* at the coastal upwelling zone off Talcahuano, central Chile. Marine Ecology Progress Series 226: 179-191.
- Llanos-Rivera A. 2005.** Variabilidad en las características de los estadios tempranos de *Engraulis ringens* entre zonas de desoves a lo largo de Chile. Tesis Doctoral en Ciencias Biológicas, Área Zooloía, Universidad de Concepción, Concepción, 154 pp.
- Lloret J, I Palomera, J Salat & I Sole. 2004.** Impact of freshwater input and wind on landings of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardina pilchardus*) in shelf waters surrounding the Ebre (Ebro) River delta (north-western Mediterranean). Fisheries Oceanography 13(2): 102-110.
- Morales CE, HE González, SE Hormazabal, G Yuras, J Letelier & LR Castro. 2007.** The distribution of chlorophyll-*a* and dominant planktonic components in the coastal transition zone off Concepción, central Chile, during different oceanographic conditions. Progress in Oceanography 75: 452-469.
- Moser H & E Ahlstrom. 1985.** Staging anchovy eggs. En: Lasker R (ed). An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Technical Report NMFS 36: 37-41.
- Motos L, A Uriarte & V Valencia. 1996.** The spawning environment of the Bay of Biscay anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.). Scientia Marina 60(Suppl. 2): 117-140.
- Nuñez S, L Cubillos, D Arcos, A Urrutia, V Troncoso, F Véjar, M Landaeta, R Quiñones, A Pacheco, H Muñoz & M Braun. 1995.** Condiciones oceanográficas que inciden en el reclutamiento de los recursos anchoveta y sardina común en la VIII Región. Informe Final. Proyecto FIP-IT/95-11: 1-473. [en línea] <<http://www.fip.cl/FIP/Archivos/pdf/informes/IT%2095-11.pdf>>
- Oliva J, H Reyes, V Varos, E Díaz, C Montenegro, V Catasti, G Claramunt, G Herrera, J Pizarro, P Pizarro & S Soto. 2002.** Evaluación del stock desovante de anchoveta por el método de producción de huevos en la I y II Regiones, año 2002. Informe Final. Proyecto FIP 2002-10: 1-89. [en línea] <<http://www.fip.cl/FIP/Archivos/pdf/informes/inffinal%202002-10.pdf>>
- Parada C. 1999.** Influencia de factores físicos en la variabilidad interdiaria de la distribución de estados tempranos de *Engraulis ringens* en el Golfo de Arauco. Tesis de Magíster en Ciencias, Mención Oceanografía, Facultad de Oceanografía, Universidad de Concepción, Concepción, 98 pp.
- Parada C, M Sobarzo, D Figueroa & L Castro. 2001.** Circulación del Golfo de Arauco en un periodo de transición estacional: Un nuevo enfoque. Investigaciones Marinas 29(1): 11-24.
- Parada C, C Van Der Lingen, C Mullon & P Penven. 2003.** Modelling the effect 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(3): 170-184.
- Quiñones RA & RM Montes. 2001.** Relationship between freshwater input to the coastal zone and the historical landings of the benthic/demersal fish *Eleginops maclovinus* in central-south, Chile. Fisheries Oceanography 10(4): 311-328.
- Richardson SL. 1981.** Spawning biomass and early life of northern anchovy, *Engraulis mordax*, in the northern subpopulation off Oregon and Washington. Fishery Bulletin 78(4): 855-875.

- Rodríguez-Graña L & L Castro. 2003.** Ichthyoplankton distribution off the Peninsula de Mejillones, Chile (23°S, 71°W), under variable hydrographic conditions during the austral summer and winter of the 1997 El Niño. *Hydrobiologia* 501: 59-73.
- Sepúlveda A, L Cubillos, S Nuñez, T Canales, D Bucarey, A Rojas, J Oliva, P Barria, E Diaz, V Baros & H Miranda. 2000.** Antecedentes biológicos del stock desovante de anchoveta y sardina común de la V a IX Regiones. Informe Final. Proyecto FIP-IT/97-04: 1-199. [en línea] <<http://www.fip.cl/FIP/Archivos/pdf/informes/inffinal%2097-04.pdf>>
- Serra R. 1978.** La pesquería de sardina común (*Clupea Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) de Talcahuano: análisis de su desarrollo y situación actual. *Investigación Pesquera, Chile* 29: 1-21.
- Serra R. 1986.** Desarrollo de la pesquería de anchoveta (*Engraulis ringens*) y los cambios de su abundancia. *Investigación Pesquera, Chile* 33: 13-24.
- Serra R, O Rojas, M Aguayo, F Inostroza & J Cañón. 1979.** Sardina común. En: CORFO-IFOP (ed). Estado actual de las principales nacionales. Bases para un Desarrollo Pesquero. Peces I, 36 pp. CORFO-IFOP, Valparaíso.
- Skreslet S. 1976.** Influence of freshwater outflow from Norway on recruitment to the stock of Arcto-Norwegian cod. En: Skreslet S, R Leinebo, JBLMathews, E Sakshaug (eds). *Freshwater on the sea*, pp. 233-237. The Association of Norwegian Oceanographers, Oslo.
- Sobarzo M. 1994.** Oceanografía física entre Punta Nugurne (35°57'S - 72°47'W) y Punta Manuel (38°30'S-73°31'W), Chile: una revisión histórica (1936-1990). *Gayana Oceanología* 2: 5-17.
- Sobarzo M. 1999.** Surgencia costera sobre una plataforma continental limitada por cañones submarinos, Concepción, Chile central (36°40'S;73°15'W). Tesis de Doctorado, Facultad de Oceanografía, Universidad de Concepción, Concepción, 236 pp.
- Sobarzo M, L Bravo, D Donoso, J Garcés-Vargas & W Schneider. 2007.** Coastal upwelling and seasonal cycles that influence the water column over the continental shelf off central Chile. *Progress in Oceanography* 75: 363-382.
- Tsai CF, PY Chen, CP Chen, MA Lee, GY Shiah & KT Lee. 1997.** Fluctuation in abundance of larval anchovy and environmental conditions in coastal waters off southwestern Taiwan as associated with the El Niño-Southern Oscillation. *Fisheries Oceanography* 6(4): 238-249.
- Valle-Levinson A, LP Atkinson, D Figueroa & L Castro. 2003.** Flow induced by upwelling winds in an equatorward facing bay; Gulf of Arauco, Chile. *Journal of Geophysical Research (Oceans)* 108(C2): 3054. <doi: 10.1029/2001JC1272, 2003>
- Vargas C, G Valenzuela, S Nuñez & D Arcos. 1996.** Mortalidad natural de larvas de merluza común (*Merluccius gayi gayi*) frente a Chile centro-sur en relación a su distribución espacial y grado de agregación. *Investigaciones Marinas* 24: 19-30.

---

Recibido el 4 de mayo de 2010 y aceptado el 10 de septiembre de 2010