

**VARIABILIDAD ESTACIONAL Y A PEQUEÑA ESCALA EN LA DISTRIBUCIÓN  
VERTICAL DEL ICTIOPLANKTON EN UN FIORDO ESTRATIFICADO  
DEL SUR DE CHILE\***

SEASONAL AND SHORT-TERM VARIABILITY IN THE VERTICAL  
DISTRIBUTION OF ICHTHYOPLANKTON IN A STRATIFIED FJORD  
OF SOUTHERN CHILE

MAURICIO F. LANDAETA<sup>1\*</sup>,  
MARÍA INÉS MUÑOZ<sup>2</sup>,  
LEONARDO R. CASTRO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CIEN Austral, Centro de Investigación en Nutrición,  
Tecnología de Alimentos y Sustentabilidad,  
Universidad Austral de Chile campus Puerto Montt,  
Los Pinos s/n, Balneario Pelluco,  
Puerto Montt, Casilla 1327,  
Región de Los Lagos, Chile

<sup>2</sup>Laboratorio de Oceanografía Pesquera y Ecología Larval (LOPEL),  
Departamento de Oceanografía,  
Universidad de Concepción, Chile  
E-mail: mlandaeta@cienaustral.cl,  
Phone: +56 (65) 437370, Fax: +56 (65) 255583.

*Recepción: julio de 2008 – Versión corregida aceptada: mayo de 2009*

RESUMEN

Para estudiar los patrones de distribución vertical del ictioplancton en los primeros 200 m de un fiordo profundo (~450 m) y dinámico, se midieron variables meteorológicas (temperatura del aire, dirección e intensidad del viento) y oceanográficas (temperatura, salinidad y oxígeno disuelto del agua) y se realizaron muestreos estratificados de plancton por un período de ~25 h durante julio (invierno) y noviembre (primavera) de 2005 en una estación fija en la boca del estero Reloncaví (41° 40' S; 72° 30' W), Chile austral. Los resultados indican variaciones en número de taxa, abundancias y distribución vertical de huevos y larvas entre los meses de julio y noviembre. En ambos períodos y bajo condiciones ambientales contrastantes (julio: temperatura del aire 7 °C, baja intensidad de viento noroeste, inversión térmica en la columna de agua; noviembre: temperatura del aire 14 °C, rachas de viento sureste de 10 m/s, estratificación térmica y salina a los 20 m de profundidad) no se detectaron cambios significativos en profundidad de las larvas de peces indicadores de migraciones diurno-nocturnas. Durante julio las larvas más abundantes fueron de cabrilla (*Sebastes oculatus*) y blanquillo (*Prolatilus jugularis*) que se distribuyeron en los primeros 50 m de la columna de agua (>20 larvas por 1.000 m<sup>3</sup>). Por otra parte en noviembre, las larvas de peces pelágicos pequeños como anchoveta (*Engraulis ringens*) y Clupeidae (*Strangomera bentincki* y/o *Sprattus fuegensis*) presentaron altas densidades en

\* Proyecto CONA-C11F 05-05.

los primeros 25 m de la columna de agua (hasta 55.000 larvas por 1.000 m<sup>3</sup>), aunque se recolectaron hasta los 200 m de profundidad. Otros taxa se detectaron en aguas bajo la pycnoclina (larvas de merluza *Merluccius gayi*). Aunque unos pocos taxa presentaron fuertes cambios verticales en la profundidad de sus centroides (*S. ocellatus* y el pez hacha *Maurolicus parvipinnis*), la mayoría de las larvas de peces capturadas en ambas estaciones del año presentaron fluctuaciones oscilatorias en su profundidad media de distribución a lo largo del tiempo, que no estuvieron en fase con la frecuencia diurno-nocturna.

**Palabras claves:** Migración, advección, fiordo.

## ABSTRACT

To study the patterns of vertical distribution of fish larvae in the shallower 200 m depth from a deep (~450 m) and dynamic fjord, meteorological (air temperature, wind speed and direction) and oceanographic (sea temperature, salinity and dissolved oxygen) variables were measured together with stratified sampling of zooplankton in a fixed station during a 25 h period during July (austral winter) and November (spring) 2005 at the mouth of Reloncaví fjord (41° 40' S; 72° 30' W), southern Chile. Results showed variations in species number, abundance and egg and larval vertical distributions between July and November. In both months, and even under different environmental conditions (July: air temperature 7 °C, low northwestern wind speed, termic inversion of the water column; November: air temperature 14 °C, strong southeastern winds up to 10 m/s, thermal and salinity stratification at 20 m depth) no significant changes of depth distribution indicative of diel vertical migration occurred. During July, mostly rockfish (*Sebastes ocellatus*) and Chilean sandperch (*Prolatilus jugularis*) larvae were collected in the first 50 m depth at low abundance (>20 larvae per 1000 m<sup>3</sup>). On the other hand, during springtime, dense patches (up to 55,000 larvae per 1000 m<sup>3</sup>) of larval anchovies and sardines were collected in the shallower strata (0-25 m depth); however, they were also found up to 200 m deep. Other taxa were found mainly below the pycnocline (hake *Merluccius gayi*). Although few taxa displayed marked centroid depth changes within few hours (*S. ocellatus* and postflexion larval lightfish *Maurolicus parvipinnis*), most fish larvae showed oscillatory trends in their vertical fluctuations along time, which were not in phase with day and night hours.

**Key words:** Migration, advection, fjord.

## INTRODUCCIÓN

La alta heterogeneidad de microambientes presentes en el sistema de fiordos del sur de Chile es generada parcialmente por las características topográficas, meteorológicas y oceanográficas de la zona. El aporte de agua dulce a través de escorrentía, aguas lluvia y los ríos generan una capa superficial de baja salinidad en la columna de agua de un fiordo, haciéndolo comportarse dinámicamente como un estuario (Silva *et al.*, 1998, Dávila *et al.*, 2002), con una capa superficial de poca profundidad pero de mayor velocidad que sale de las cuencas y una capa profunda más gruesa y de menor velocidad que se acerca a la costa (Salinas & Hormazábal 2004, Cáceres & Valle-Levinson 2004). La interacción de estos

procesos físicos con la compleja topografía de los fiordos, tanto en Chile como en otras zonas costeras con características similares, generan una marcada advección de los organismos que habitan en la columna de agua, y una distribución espacio-temporal diferencial del zooplancton (Weslawski *et al.*, 2000; Landaeeta & Castro, 2006a).

Los marcados gradientes ambientales que están presentes en un fiordo permiten la presencia de especies marinas con contrastantes historias de vida. De esta forma, es posible encontrar en los fiordos del sur de Chile una rica y variada fauna bentónica (Schrödl *et al.*, 2005; Galea, 2006; Försterra *et al.*, 2008). Adicionalmente, los fiordos son utilizados por pe-

ces marinos demersales, submareales y epipelágicos como zonas de desove y crianza larval temprana (Balbontín & Bernal, 1997; Landaeta & Castro, 2006a; Bustos *et al.*, 2007, 2008). Considerando este ambiente dinámico, las poblaciones de las especies con fase planctónica que allí habitan pueden desarrollar tácticas para reducir la advección y mantener las poblaciones locales durante períodos de mayor disponibilidad de alimento (*i.e.*, auto-reclutamiento, Sponaugle *et al.*, 2002). Algunos zooplanctones se mantienen a profundidades entre 200-300 m (Hosia & Båmstedt, 2007) o realizan cambios en su distribución vertical (Cottier *et al.*, 2006). De esta forma, las larvas de diferentes especies de invertebrados y peces marinos pueden utilizar las corrientes de diferente dirección para controlar su dispersión e incrementar la posibilidad de auto-reclutamiento (Sponaugle *et al.*, 2002). Poco es conocido sobre la dinámica larval temprana de peces marinos en este tipo de topografías accidentadas, particularmente en los fiordos y canales del sur de Chile (Landaeta & Castro, 2006a, 2006b). El objetivo del presente trabajo es entregar información sobre la distribución vertical del ictioplancton durante un ciclo diario durante invierno y primavera de 2005, en las cercanías de la boca de un fiordo estratificado del sur de Chile.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Área de estudio*

El estero Reloncaví (41,6° S) es uno de los esteros más cercanos al ecuador del mundo. Tiene una longitud aproximada de 55 km y tiene menos de 3 km en su porción más ancha (Fig. 1). Cerca de su cabeza, el estero presenta bajas profundidades (<50 m) con tres bancos morrénicos y recibe la descarga del río Petrohué con valores promedio anuales de 280 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> (León, 2005). En la zona media donde cambia de orientación, se encuentran profundidades de aproximadamente 100 m, delimitada en sus extremos por bancos morrénicos; ahí recibe la descarga del río Puelo (~650 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> promedio anual). Cerca de la boca del estero existe una cuenca de >400 m de profundidad. Esta cuenca está separada del mar interior por

una morrena de ~150 m de profundidad. Las mareas al interior del estero varían entre 6 y 7 m durante sicigia y disminuye hasta ~1 m durante cuadratura (León, 2005, Valle-Levinson *et al.*, 2007). Los vientos locales en la zona durante verano tienen dirección principalmente sur (sureste y suroeste), cambiando a dirección norte durante otoño (Molinet *et al.*, 2003).

### *Diseño de muestreo*

Dentro del marco del programa CIMAR 11 Fiordos del Comité Oceanográfico Nacional de Chile (CONA), se llevaron a cabo dos muestreos intensivos durante invierno (16 y 17 de julio de 2005) y primavera (11 y 12 de noviembre de 2005) en una estación ubicada cerca de la boca del estero Reloncaví, con una profundidad aproximada de 400 m (Fig. 1). En cada uno de estos muestreos intensivos se midieron las condiciones meteorológicas (temperatura del aire, dirección e intensidad del viento) con el anemómetro del barco y las condiciones oceanográficas de la columna de agua con un CTDO Sea-Bird modelo SBE 25. Para establecer la variación en la distribución vertical del ictioplancton se llevaron a cabo lances oblicuos y estratificados en cuatro estratos de profundidad: 0-25, 25-50, 50-100 y 100-200 m, utilizando una red Tucker trawl de 1 m<sup>2</sup> de boca, redes de 300 µm de apertura de malla y un flujómetro General Oceanics instalado en el marco de la red para calcular el volumen filtrado de cada estrato. Una vez a bordo, las redes fueron lavadas y las muestras correspondientes a los estratos fueron preservadas en formalina al 5% tamponada con borato de sodio. Durante el muestreo de julio se obtuvieron 32 muestras de zooplancton correspondientes a 8 lances repetidos cada 3 horas. Los volúmenes filtrados variaron entre 70,1 y 762,8 m<sup>3</sup> (media = 202,9 m<sup>3</sup>/lance). En noviembre se obtuvieron 36 muestras correspondientes a 9 lances repetidos cada 3 horas. El volumen filtrado promedio fue de 237,2 m<sup>3</sup>/lance (rango = 91,2 - 539,8 m<sup>3</sup>). Durante los muestreos de julio se consideraron muestreos nocturnos los realizados entre las 19:30 h y las 07:00 h; en cambio, durante los muestreos de noviembre, se consideraron nocturnos los llevados a cabo entre las 20:30 h y las 06:30 h. En laboratorio, se separaron, cuantificaron e

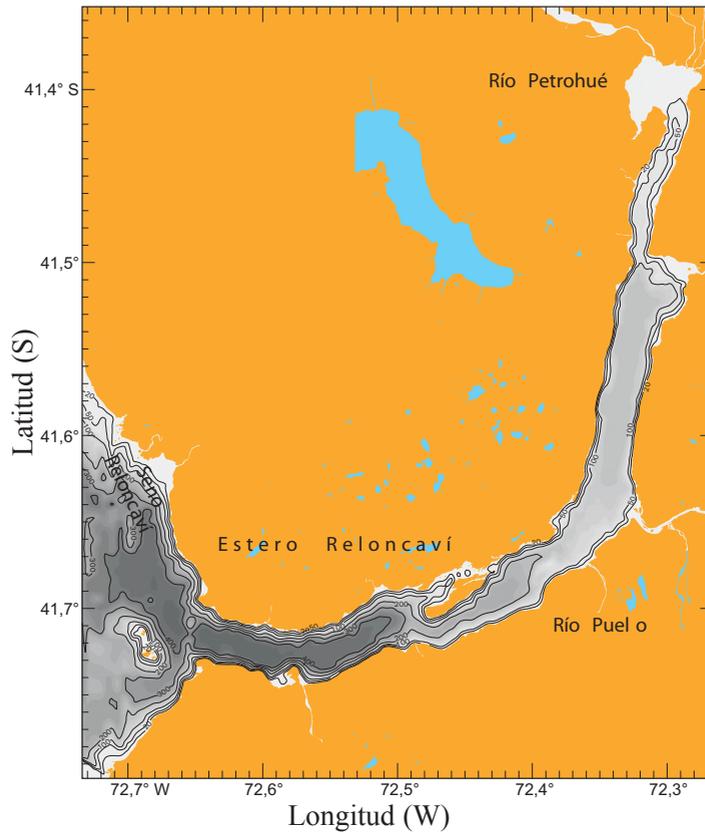


Fig. 1: Localización de la estación de muestreo bio-oceanográfico llevado a cabo durante un período diurno-nocturno (~25 h) durante el 16-17 de julio y 11-12 de noviembre de 2005.

Fig. 1: Location of the bio-oceanographic sampling station carried out during a day-night period (~25 h) for 16-17 July and 11-12 November 2005.

identificaron huevos y larvas de peces de acuerdo a Orellana & Balbontín (1983), Neira *et al.* (1998), Balbontín *et al.* (2004), Bustos & Landaeta (2005) y Uribe & Balbontín (2005). Las larvas de peces fueron separadas en dos grupos ontogenéticos de acuerdo al estado de flexión notocordal (pre y postflexión). Las abundancias de huevos y larvas fueron calculadas tanto en forma integrada en la columna de agua (individuos por 10 m<sup>2</sup>) como por estrato (individuos por 1.000 m<sup>3</sup>).

#### *Análisis de los datos*

Para establecer la variabilidad en la distribución vertical de las taxa más abundantes de larvas de peces en la boca del estuario Reloncaví durante un período de ~24 h, se calculó

para cada lance la profundidad del centroide (DCP), según la ecuación:

$$DCP = \frac{\sum (p_k \times z_k)}{\sum p_k}$$

donde  $p_k$  es el número de organismos en el estrato  $k$ , y  $z_k$  es la profundidad media del estrato  $k$ .

La presencia de migración vertical en las larvas de peces para cada período estacional se determinó utilizando un ANOVA de dos vías, siendo los factores estrato de profundidad (4) y hora del día (día y noche); la interacción significativa de ambos factores indica migración vertical diurno-nocturna. Para esto, los datos de abundancia estandarizada de los taxa larvales dominantes (individuos por 1.000 m<sup>3</sup>) fueron log-transformados y la homogeneidad de

varianza fue verificada a través de la prueba de Levene. En caso de no cumplirse este supuesto, se realizaron análisis no paramétricos (test U de Mann-Whitney) para cada una de las variables. Adicionalmente, para los taxa más abundantes se compararon los valores de profundidad del centroide (DCP) durante horas de día y noche con un test de Mann-Whitney. Todos los análisis se llevaron a cabo utilizando el software Statistica 6.0.

RESULTADOS

Condiciones meteorológicas y oceanográficas

Se detectaron condiciones meteorológicas diferentes entre los muestreos bio-oceanográficos llevados a cabo en la boca del estuario Reloncaví durante julio y noviembre de 2005.

Mientras en invierno la temperatura del aire fue más baja que en primavera ( $7,33 \pm 0,96 \text{ }^\circ\text{C}$  versus  $13,73 \pm 1,39 \text{ }^\circ\text{C}$ , respectivamente), la intensidad del viento fue mayor en noviembre comparada con julio (Fig. 2). Durante el 16 y 17 de julio, la dirección del viento fue generalmente noroeste con valores máximos de 4,5 m/s en dirección norte; en cambio, entre el 11 y 12 de noviembre de 2005 la intensidad del viento fue similar a las variaciones horarias de la temperatura del aire, con un período de dominio de vientos del cuadrante sureste (entre las 11:00 h del 16 de noviembre y las 02:00 h del 17 de noviembre) con rachas de hasta 10 m/s, seguido por un período de calma hasta el final del muestreo (Fig. 2).

Durante julio de 2005, la columna de agua en la boca del estuario Reloncaví, mostró una capa de inversión térmica y de menor salini-

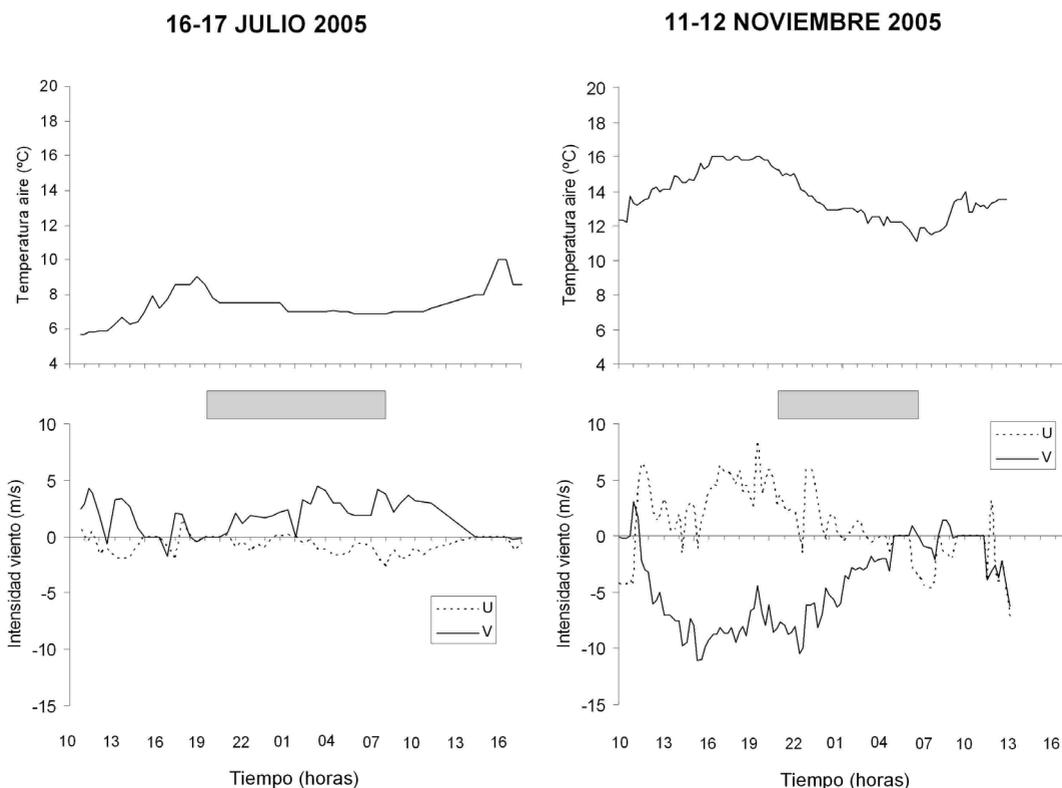


Fig. 2: Temperatura del aire (°C) y componentes de viento norte-sur (V) y este-oeste (U) (intensidad en m/s) durante el 16-17 de julio y 11-12 de noviembre de 2005, tomados por el anemómetro del barco.

Fig. 2: Air temperature (°C) and wind components north-south (V) and east-west (U) (intensity in m/s) during 16-17 July and 11-12 November 2005, measured by the ship's anemometer.

dad en superficie (0-5 m) con temperaturas entre 10 y 11 °C y salinidades entre 28 y 32 unidades. Bajo esta capa superficial, la columna de agua presentó valores de temperatura más homogéneos en torno a los 11 °C y salinidades en torno a 32 unidades de salinidad (Fig. 3). El perfil vertical de concentración de oxígeno disuelto indicó la presencia de una oxiclina aproximadamente entre 100 y 150 m de profundidad, con valores entre 4 y 6 ml/L en los 100 m más someros de la columna de agua y entre 3 y 4 ml/L bajo los 150 m (Fig. 3). Durante el crucero de noviembre de 2005, se detectó un marcado gradiente vertical en los primeros 20 m de la columna de agua de todas las variables medidas (Fig. 3). La columna de agua presentó una capa superficial más cálida (>13°C) que en julio, de menor salinidad (entre 27 y 32) y con mayores valores de oxígeno en superficie (>5 ml/L); la capa subyacente (entre 25 y 400 m de profundidad) presentó valores homogéneos de temperatura (~11 °C), salinidad (32) y oxígeno disuelto (entre 3 y 4 ml/L).

#### Composición del ictioplancton

En julio de 2005, se recolectó y se separó de las muestras de zooplancton un total

de 947 huevos y 57 larvas de peces (56 y 1 larvas en pre y postflexión, respectivamente) que correspondieron a 7 taxa identificados de huevos y 7 taxa de larvas de peces, respectivamente (Tablas I y II). Durante este periodo, los huevos más abundantes fueron los de rollizo y/o blanquillo (*Pinguipedidae*), merluza común *Merluccius gayi* y los peces hacha *Maurolicus parvipinnis* y merluza de cola *Macruronus magellanicus* (Tabla I). Cabe destacar la presencia de huevos del mictófido *Lampanyctodes hectoris* en las muestras de zooplancton recolectadas en el fiordo. En las larvas de peces, los taxa más abundantes fueron la cabrilla *Sebastes oculatus* (= *S. capensis*), blanquillo *Prolatilus jugularis* y merluza común *M. gayi*. En general, durante invierno las abundancias fueron bajas (entre 0,48 y 8,40 larvas por 10 m<sup>2</sup>, Tabla II) y en un 37,5% de las muestras no se recolectó ninguna larva de pez.

En noviembre de 2005, se identificó 12 taxa en estadio huevo, con abundancias considerablemente mayores que las presentes en invierno (total = 21.870 huevos separados, de los cuales >55.000 huevos por 10 m<sup>2</sup> fueron anchoveta *Engraulis ringens*). Las especies con mayor número de huevos en el plancton en este perio-

Tabla I. Estadística descriptiva de los taxa de huevos de peces presentes en muestras de zooplancton recolectadas en la boca del estuario Reloncaví. Valores en individuos por 10 m<sup>2</sup>.

Table I. Descriptive statistics of taxa of fish eggs found in zooplankton samples collected in the mouth of Estuario Reloncaví. Values in individuals per 10 m<sup>2</sup>.

Taxa	Julio 2005			Noviembre 2005		
	Mediana	Media	Max	Mediana	Media	Max
Clupeidae	-	-	-	86,70	200,54	408,46
<i>Congiopodus peruvianus</i>	4,41	4,41	5,93	25,90	25,90	32,90
<i>Engraulis ringens</i>	1,58	1,58	1,58	26458,85	27142,86	55076,85
<i>Genypterus</i> sp.	-	-	-	10,01	10,01	18,90
<i>Hippoglossina mystacium</i>	-	-	-	1,85	1,85	1,85
<i>Lampanyctodes hectoris</i>	3,51	3,51	3,51	-	-	-
Macrouridae	-	-	-	1,52	1,52	1,52
<i>Macruronus magellanicus</i>	7,40	7,40	8,44	-	-	-
<i>Maurolicus parvipinnis</i>	7,43	7,96	21,41	3399,61	3507,46	5879,34
<i>Merluccius australis</i>	-	-	-	11,25	10,00	12,17
<i>Merluccius gayi</i>	18,23	25,32	61,09	120,20	122,30	209,73
<i>Normanichthys crockeri</i>	-	-	-	36,17	71,68	214,71
Pinguipedidae	116,35	126,67	250,66	245,10	206,39	349,14
<i>Stromateus stellatus</i>	-	-	-	30,14	30,14	30,14
Taxa no identificados	71,58	102,11	214,76	97,30	150,01	460,55

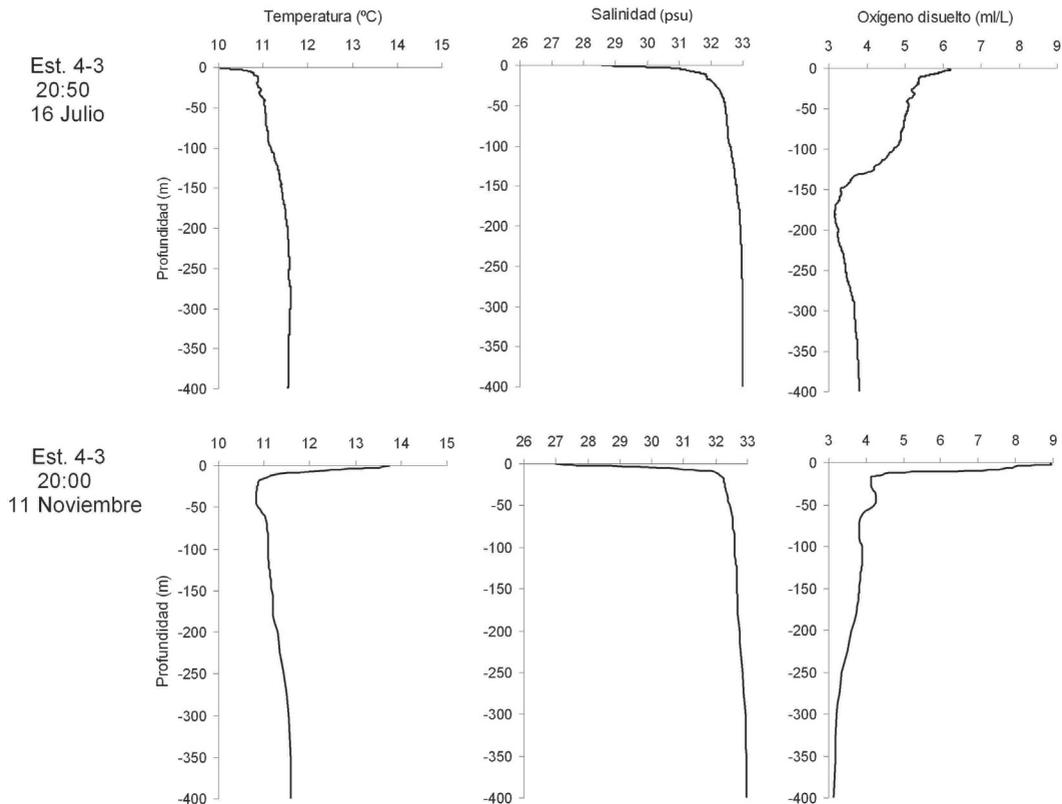


Fig. 3: Perfiles verticales de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu) y oxígeno disuelto (ml/L) para julio (arriba) y noviembre (abajo) de 2005 en la boca del estuario Reloncaví.

Fig. 3: Vertical profiles of temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinity (psu) and dissolved oxygen (ml/L) for July (above) and November (below) 2005 at the mouth of Reloncaví estuary.

do fueron anchoveta *E. ringens*, *M. parvipinnis* y *Pinguipedidae* (Tabla I). Se identificaron 14 taxa de larvas de peces, con un total recolectado y separado de las muestras de 4.344 larvas (4.318 y 26 larvas en pre y postflexión, respectivamente). Los taxa más abundantes fueron *E. ringens*, *M. parvipinnis*, *S. oculatus* y *Pinguipes chilensis* (Tabla II).

#### *Distribución vertical del ictioplancton durante invierno y primavera*

En general, se capturaron huevos de peces en todos los estratos muestreados, entre la superficie y 200 m de profundidad dentro del estero. Durante julio de 2005, los huevos de *Pinguipedidae* fueron recolectados en mayor abundancia entre los 25 y 100 m de profundidad; en cambio, los huevos de la merluza común fueron recolectados en toda

la columna de agua, sin ningún patrón aparente. Finalmente, los huevos del pez mesopelágico *M. parvipinnis* se encontraron en mayor abundancia bajo los 25 m de profundidad, principalmente entre los 100 y 200 m de profundidad (Fig. 4). Durante el crucero de noviembre de 2005, para todas las taxa de huevos identificados (*i.e.*, anchoveta, merluza o pez hacha, figura 4) se detectaron las mayores abundancias de huevos en los primeros 25 m de la columna de agua, notándose una disminución gradual en abundancias hacia el fondo.

Durante julio, la baja cantidad de larvas de peces permitió llevar a cabo el análisis de migración vertical solamente para dos taxa: *S. oculatus* y *P. jugularis*. Las larvas de ambas especies presentaron una distribución vertical casi exclusivamente en los primeros 50 m de

Tabla II. Abundancia promedio integrada de larvas de peces (individuos por 10 m<sup>2</sup>) de día y noche durante julio y noviembre de 2005. DE = desviación estándar.

Table II. Mean abundance of integrated values of fish larvae (individuals per 10 m<sup>2</sup>) at day and night-time during July and November 2005. DE = standard deviation.

	Julio 2005				Noviembre 2005			
	Día		Noche		Día		Noche	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
<b>Clupeidae</b>								
Clupeidae no ident.	-	-	-	-	195,84	120,80	236,91	91,70
<b>Engraulidae</b>								
<i>Engraulis ringens</i>	-	-	-	-	8503,85	4493,26	5201,26	544,27
<b>Bathylagidae</b>								
<i>Bathylagichthys parini</i>	-	-	-	-	5,60	3,69	-	-
<b>Sternoptychidae</b>								
<i>Mauroliscus parvipinnis</i>	-	-	-	-	412,59	228,87	237,42	95,91
<b>Myctophidae</b>								
<i>Hygophum bruuni</i>	1,16	-	2,85	-	-	-	-	-
<b>Merlucciidae</b>								
<i>Merluccius australis</i>	1,86	-	-	-	-	-	16,05	13,68
<i>Merluccius gayi</i>	4,09	1,32	-	-	231,55	78,30	216,84	93,06
<b>Macruronidae</b>								
<i>Macruronus magellanicus</i>	-	-	-	-	-	-	34,12	-
<b>Macrouridae</b>								
Macrouridae unident.	-	-	-	-	40,88	-	2,15	0,27
<b>Ophidiidae</b>								
<i>Genypterus</i> sp.	-	-	0,48	-	1,33	-	29,70	-
<b>Sebastidae</b>								
<i>Sebastes oculatus</i>	8,40	2,83	2,98	1,58	336,67	337,03	234,98	208,95
<b>Normanichthyidae</b>								
<i>Normanichthys crockeri</i>	1,73	0,81	2,01	0,68	7,00	9,37	23,58	-
<b>Pinguipedidae</b>								
<i>Pinguipes chilensis</i>	-	-	-	-	331,78	257,43	128,55	178,50
<i>Prolatilus jugularis</i>	3,37	3,07	4,03	2,79	60,29	-	11,93	10,62
Pinguipedidae no ident.	-	-	-	-	33,08	5,69	-	-
<b>Nototheniidae</b>								
Nototheniidae no ident.	3,10	0,93	2,19	-	-	-	-	-
<b>Bleniidae</b>								
<i>Hypsoblennius sordidus</i>	-	-	-	-	-	-	1,95	-
<b>Stromateidae</b>								
<i>Stromateus stellatus</i>	-	-	-	-	116,38	75,36	138,58	159,97
<b>Paralichthyidae</b>								
<i>Paralichthys microps</i>	-	-	-	-	60,29	-	35,34	6,79
Taxa no identificado	3,51	-	0,66	-	164,82	136,04	349,62	246,67

la columna de agua (Fig. 5). El ANOVA de dos vías solamente detectó diferencias significativas en la abundancia de larvas de cabrilla *S. oculatus* entre estratos de profundidad ( $F = 4,46$ ;  $p = 0,012$ ). Sin embargo, no se encontraron diferencias de abundancia entre el día y la noche ( $F = 2,11$ ;  $p = 0,16$ ). La profundidad del centroide de distribución de *S. oculatus* mostró un ascenso durante el atardecer del 16 de julio, coincidiendo con un leve ascenso también de las isopícnas (Fig. 5). El ascenso del centroide volvió a ocurrir a la mañana (10:00 h) del día siguiente, donde coincidió con un marcado gradiente vertical de densidad en los primeros 5 m de la columna de agua (~5 kg/m<sup>3</sup> por metro). En el caso de las larvas del blanquillo, *P. jugularis* no mostraron diferencias significativas en su distribución vertical ( $F = 2,61$ ;  $p = 0,07$ ) ni en la hora

del día ( $F = 0,38$ ;  $p = 0,18$ ) y no se detectó un patrón claro en la distribución en profundidad del centroide.

En noviembre, las larvas de peces fueron más abundantes en los dos estratos más someros (Fig. 6). Las larvas de peces pelágicos pequeños (*i.e.*, anchoveta, clupeidos) se distribuyeron preferentemente en los primeros 50 m de la columna de agua, al igual que, las larvas en preflexión notocordal de *M. gayi* y *S. oculatus*. Las larvas de *M. parvipinnis*, en cambio, tuvieron una distribución más amplia en que concentraciones moderadas fueron encontradas hasta los 150 m de profundidad. La mayoría de las taxa mostró un patrón similar de oscilación temporal de sus centroides de profundidad, con ascensos a las 18:00 h del día 11 y a las 08:20 h del día 12 de noviembre (Fig. 6).

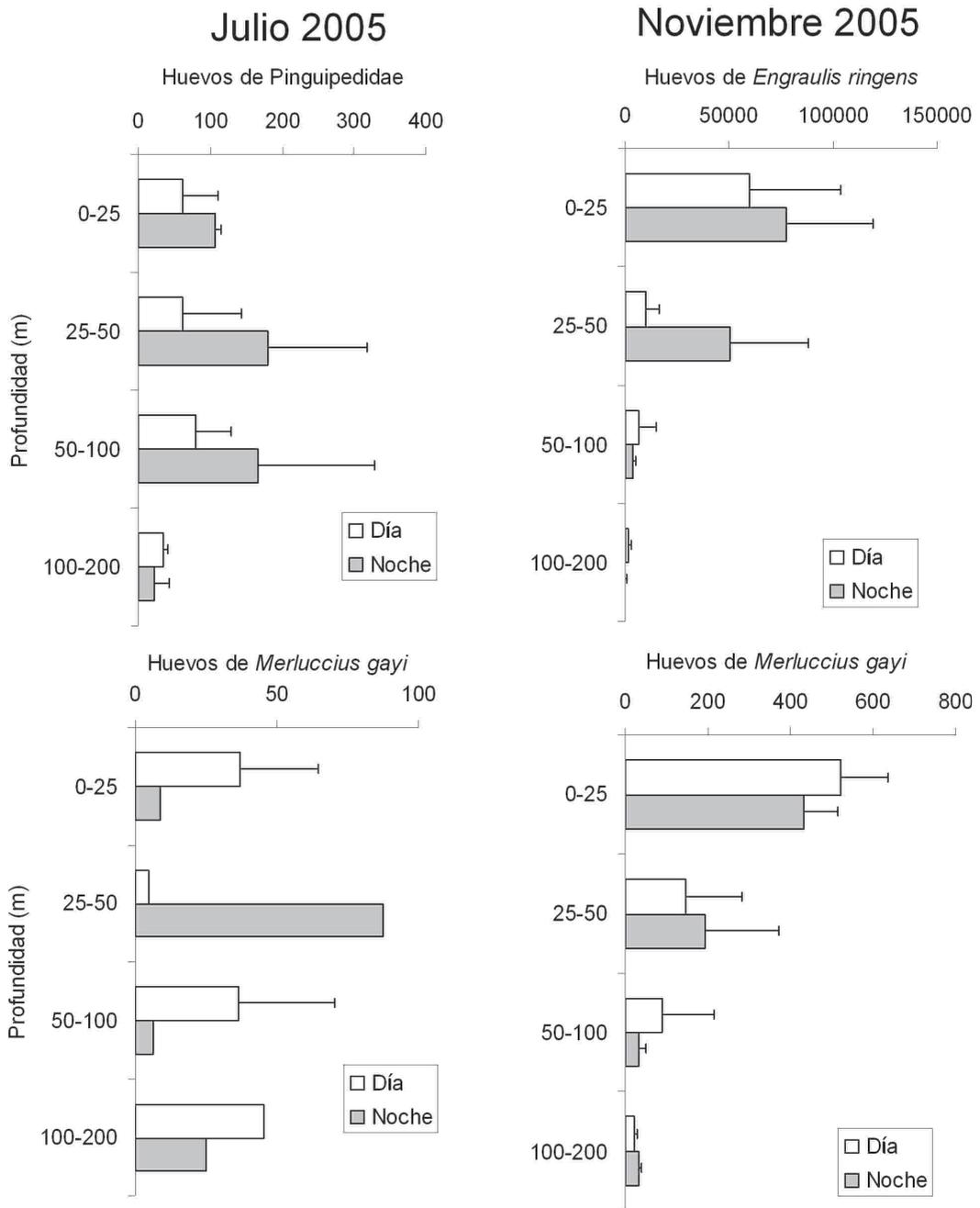


Fig. 4: Distribución vertical de huevos de peces (individuos por 1000 m<sup>3</sup>) durante horas de día (barras blancas) y noche (barras grises) durante julio y noviembre de 2005 en el estuario Reloncaví. La línea indica una desviación estándar.

Fig. 4: Vertical distribution of fish eggs (individuals per 1000 m<sup>3</sup>) during day (white bars) and night (grey bars) hours in July and November 2005 in the Reloncaví estuary. Line indicates one standard deviation.

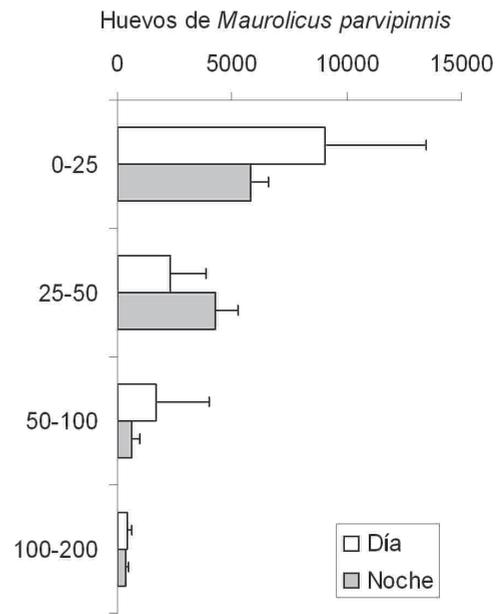
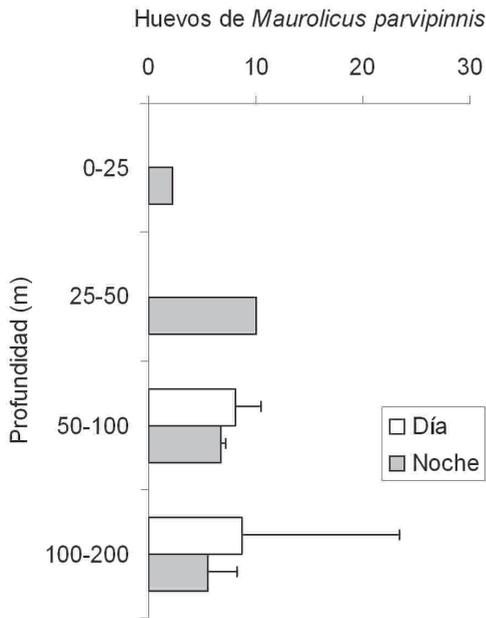


Fig. 4: Continuación.

Fig. 4: To be continued.

Estas oscilaciones fueron de poca diferencia de profundidad en el caso de larvas de peces pelágicos pequeños, y más marcadas en el caso de especies demersales (*i.e.*, *S. ocellatus*, *M. gayi*). Este patrón contrasta fuertemente con la distribución vertical de las larvas en postflexión (>7 mm) de *M. parvipinnis*, que además de ser el taxón que presentó el mayor rango de estados ontogenéticos en las muestras (desde huevos a juveniles), mostró una considerable profundización de su centroide cuando los de los otros ascendían (*i.e.*, de 41 a 131 m de profundidad a las 18:00 h). Los datos de abundancia larval no presentaron distribución normal ni se cumplieron los supuestos de homogeneidad de varianza incluso transformando los datos (test de Levene,  $p < 0,05$ ) por lo que ANOVA no pudo realizarse. Los resultados indicados a continuación corresponden al análisis por separado para cada variable, sin considerar sus interacciones. Los análisis estadísticos no paramétricos indicaron diferencias significativas entre estratos solamente para la abundancia larval de *E. ringens* ( $U = 4$ ,  $p < 0,05$ ), Clupeidae ( $U = 14$ ,  $p = 0,019$ ) y *M. gayi* ( $U = 18$ ,  $p = 0,046$ ). Sin embargo, los análisis no detectaron diferencias significativas entre muestras capturadas durante el día y la noche en la abundancia larval de *S. ocellatus*, *E. ringens*, *M. par-*

*vipinnis*, *M. gayi* o Clupeidae. Además, no se detectaron cambios significativos en la profundidad del centroide entre horas de día y noche para ninguna taxa larval analizada (Tabla III).

## DISCUSIÓN

Las marcadas variaciones ocurridas en la composición y abundancia del ictioplancton del estuario Reloncaví entre julio y noviembre del 2004 sugieren variaciones en la estacionalidad reproductiva de los peces presentes en la zona durante ese período. El número de taxa, por ejemplo, identificado a nivel de huevos y larvas, fue mucho mayor en noviembre que en julio (huevos: 7 vs 12 taxa; larvas: 7 vs 14 taxa). Las abundancias registradas para cada especie también fueron mayores en noviembre tanto de huevos como larvas. En particular, destacaron las muy altas abundancias de huevos y larvas de anchoveta *Engraulis ringens* en noviembre, con densidades de huevos y larvas hasta 4 órdenes de magnitud mayores que en invierno, y con valores comparables a las abundancias encontradas en las áreas de desove de la zona central de Chile (Castro *et al.*, 2000, Cubillos *et al.*, 2007).

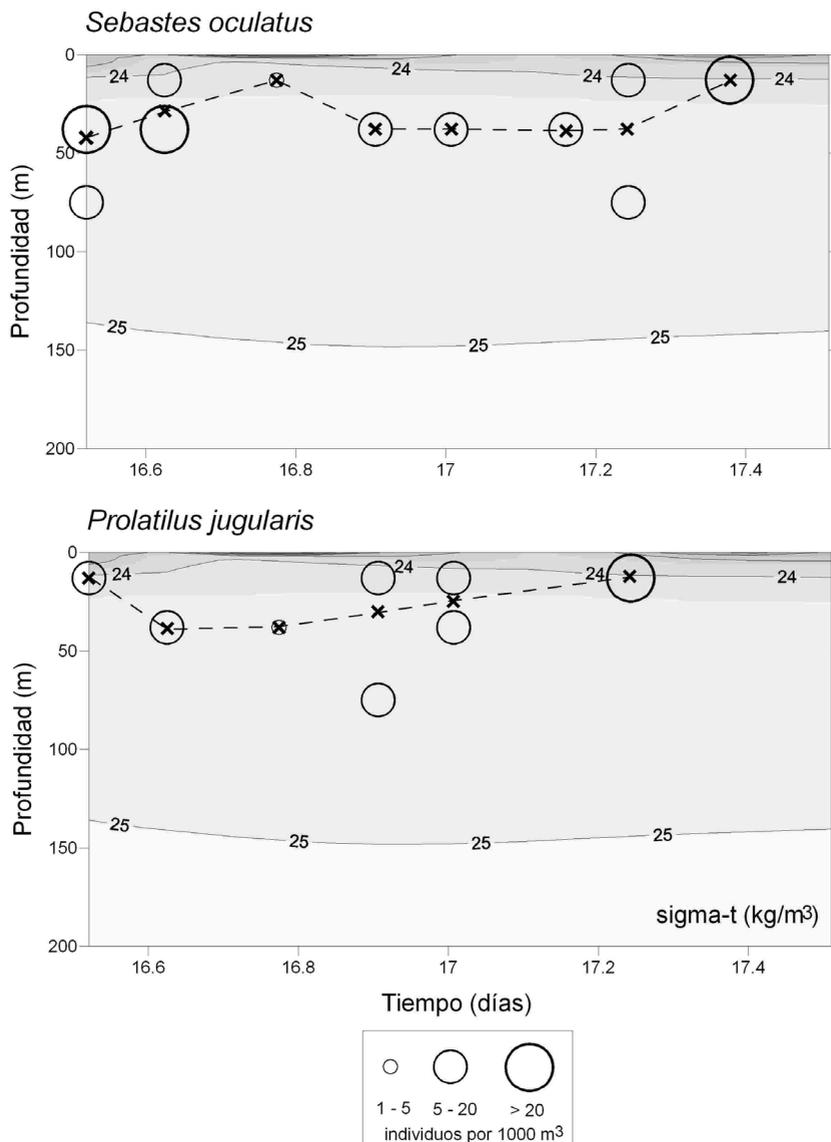


Fig. 5: Variación temporal de la distribución vertical de larvas de cabrilla *Sebastes oculatus* (arriba) y blanquillo *Prolatilus jugularis* (abajo) durante el 16 y 17 de julio de 2005. Las cruces indican la posición del centroide. Impuesto se encuentra una sección temporal de densidad del agua de mar. Abundancia larval dada en individuos por 1.000 m<sup>3</sup>.

Fig. 5: Temporal variation of the vertical distribution of larval rockfish *Sebastes oculatus* (above) and Chilean sandperch *Prolatilus jugularis* (below) during 16 and 17<sup>th</sup> July 2005. Crosses indicate the location of the depth centroid. Overimposed is the temporal section of seawater density. Larval abundance is given in individuals per 1000 m<sup>3</sup>.

Tabla III. Profundidad media (en metros, y desviación estándar, DE) del centroide de larvas de peces durante el día y la noche en la boca del estuario Reloncaví durante el 16 y 17 de noviembre de 2005.

U = prueba de Mann-Whitney.

Table III. Mean (in meters, and one standard deviation) centroid depth of fish larvae during day and night time at the mouth of Estuario Reloncaví between 16 and 17 November 2005. U = Mann-Whitney test.

Taxón	Día		Noche		U	valor- <i>p</i>
	Media	DE	Media	DE		
<i>Engraulis ringens</i> preflexión	21,1	8,3	22,5	4,6	7	0,462
Clupeidae preflexión	23,1	10,9	25,4	3,9	8	0,624
<i>Merluccius gayi</i> preflexión	36,6	15,6	37,2	1,4	8	0,624
<i>Sebastes oculatus</i> preflexión	68,5	74,4	24,4	8,8	8	0,624
<i>Maurolicus parvipinnis</i> preflexión	42,7	13,9	59,1	7,8	2	0,051
<i>Maurolicus parvipinnis</i> postflexión	87,5	49,5	59,1	22,5	4	0,698

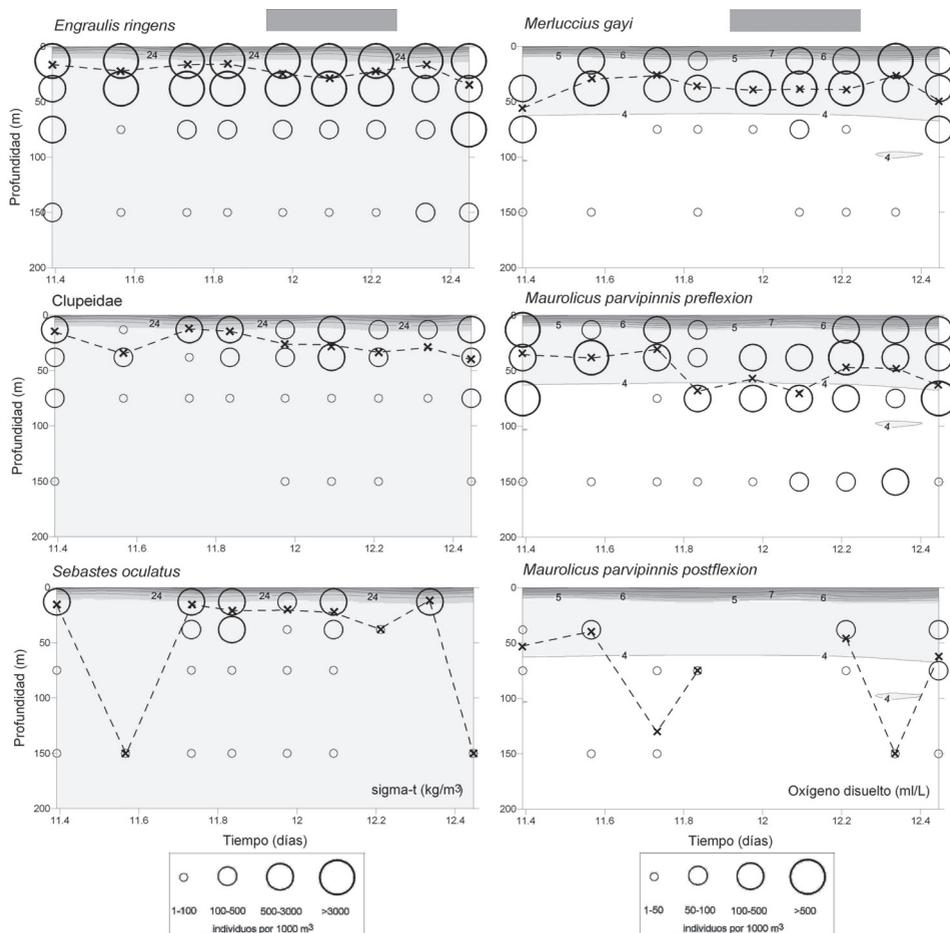


Fig. 6: Variación temporal de la distribución vertical de larvas de peces durante el 11 y 12 de noviembre de 2005. Las cruces indican la posición del centroide. A la izquierda se encuentra impuesta la sección temporal de densidad del agua de mar, a la derecha la sección temporal de oxígeno disuelto. Abundancia larval dada en individuos por 1.000 m<sup>3</sup>.

Fig. 6: Temporal variation of the vertical distribution of fish larvae during 11-12 November 2005. Crosses indicate the position of the centroid depth. Overimposed is the temporal section of seawater density (left) and dissolved oxygen (right). Larval abundance is given in individuals per 1000 m<sup>3</sup>.

Otras especies que aumentaron notoriamente su abundancia de huevos y larvas fueron *Mauroliticus parvipinnis* y *Merluccius gayi*. De estas tres taxa, se ha señalado que *E. ringens* tiende a tener un máximo de desove a fines de invierno (Mujica & Rojas, 1980) y que *M. parvipinnis* y *M. gayi* desovarían principalmente a inicios de primavera en la zona central (Balbontín & Fischer 1981; Vargas & Castro, 2001; Landaeta & Castro, 2002), por lo que las altas abundancias de huevos y larvas en este estudio podrían corresponder al período de mayor reproducción, pero llevado a cabo más tardíamente en esta zona más austral del país. Otras especies con altas densidades larvales ( $>200$  larvas  $\times 10\text{m}^{-2}$ ) fueron *Sebastes oculatus* y *Pinguipes chilensis*, que presentan épocas reproductivas durante primavera y verano, respectivamente (González & Oyarzún, 2002; Landaeta & Castro, 2006a). La mayor actividad reproductiva durante primavera coincide con un período de mayor estratificación de la columna de agua (Silva *et al.*, 1998; Bustos *et al.*, 2007) y un aumento estacional en la concentración de clorofila *a* y producción primaria (Iriarte *et al.*, 2007), que es parte importante de la alimentación temprana de las larvas de peces (Balbontín *et al.*, 1997; Llanos-Rivera *et al.*, 2004).

El estero Reloncaví se caracteriza por ser altamente dinámico, con marcados gradientes verticales de todas las variables oceanográficas medidas. Valle-Levinson *et al.* (2007) han mostrado la presencia de una columna de agua fuertemente estratificada en los primeros 10 m dentro del estero durante verano. En este estudio se encontraron dos capas diferenciadas en cuanto a sus condiciones hidrográficas durante julio y noviembre. En julio se observó una capa superficial más fría, de baja salinidad y más oxigenada y otra capa profunda bastante homogénea, y en noviembre se encontró una capa superficial de menor salinidad, bien oxigenada hasta una mayor profundidad y más cálida que en invierno, y otra capa profunda muy homogénea equivalente a la de invierno. Las diferencias en las características hidrográficas del estrato superior responderían a las variaciones estacionales en radiación solar que conllevan mayor temperatura superficial, un aumento en

el deshielo y el caudal del río Puelo y su consecuente disminución de salinidad local (León, 2005), y a un aumento en la mezcla vertical relacionada con el forzante viento, de acuerdo a la figura 2.

Cambios en la distribución vertical de huevos también se observaron entre julio y noviembre, siendo en este último mes en que las mayores concentraciones de huevos en todas las especies se ubicaron en el estrato más somero, disminuyendo gradualmente hacia mayores profundidades (Fig. 4). En julio, en cambio, los patrones de distribución vertical fueron variados, desde una distribución no estratificada en *Merluccius gayi*, un patrón con concentraciones levemente mayores en estratos medios en huevos de Pinguipedidae, a una distribución más profunda en el caso de huevos de *M. parvipinnis*. Durante el mes de noviembre, cuando las mayores abundancias de huevos y larvas ocurrieron en todas las especies (Figs. 4 y 6), se detectaron las mayores abundancias de huevos y larvas en los estratos más someros, coincidiendo con periodos y el estrato de mayores concentraciones de fitoplancton (clorofila entre 1,5 y 5  $\text{mg m}^{-3}$ ; Ramírez & Pizarro, 2005; Iriarte *et al.*, 2007) lo que sugiere que en este estrato de mayor concentración potencial de alimento podrían estar desarrollándose las larvas.

En una escala temporal menor (*i.e.*, intradiaria), durante los cruceros de julio y noviembre se detectaron cambios en la distribución vertical de las larvas. En aquellas especies cuyos adultos son de hábitat demersal, tales como *M. gayi* y *S. oculatus*, o de hábitat mesopelágico (*M. parvipinnis*), se observó diferencias en la profundidad de los centroides de hasta más de 30 m entre dos muestreos consecutivos (Fig. 6). En la mayor parte de las demás especies, sin embargo, los cambios de distribución en la profundidad de los centroides durante el día parece haber sido más gradual (*i.e.*, unos pocos metros) aparentemente siguiendo un patrón sinusoidal con alzas y descensos durante los 25 horas de muestreo. Las variaciones intra-diarias en distribución vertical no estarían asociadas a migraciones verticales diurno-nocturnas, a juzgar por la ausencia de diferencias significativas entre horas del día (día vs noche) y estratos.

En zonas estuarinas, varios zooplancteres presentan patrones de migración vertical acoplados a los periodos mareales (*i.e.*, selective tidal stream transport, Forward *et al.*, 1999). De acuerdo a Hill (1991) la migración vertical diaria puede interactuar con el constituyente semi-diurno de la marea (S2) induciendo transporte horizontal a largo plazo en organismos migradores. En este estudio, sin embargo, se detectó que las variaciones intra-diarias en distribución vertical fueron diferentes en larvas de distintas especies de peces, lo que sugiere que no todas las especies responderían de igual forma o sincronizadamente a posibles variaciones ambientales ejercidas por mareas u otras variaciones ambientales de periodicidad intra-diaria, de forma similar a lo detectado por Cottier *et al.* (2006) en fiordos noruegos. Por ejemplo, mientras algunos taxa que ocupan aguas someras (*i.e.*, larvas de anchoveta) ascendían en la columna de agua, otros taxa que se presentan en aguas más profundas (post-larvas de *M. parvipinnis*) se profundizaban en su distribución vertical. Esta diferencia puede ser provocada por la conducta larval en respuesta a forzantes que están ocurriendo en distintos estratos (*i.e.*, turbulencia asociada a ciclos diurnos de brisa marina en estratos superiores o el paso de ondas internas gatilladas por la marea, Valle-Levinson *et al.*, 2007), o como resultado de la presencia de larvas en diferentes estados de desarrollo, incluso dentro de una misma especie (Landaeta & Castro, 2006a), tal como parece haber sido el caso de las larvas de *M. parvipinnis* (Fig. 6) observado en este estudio. Si bien las corrientes mareales son débiles debido a la naturaleza profunda del fiordo y no son suficientemente energéticas para mezclar las parcelas de agua boyantes (Valle-Levinson *et al.*, 2007), queda por determinar el rol que puede tener las ondas mareales sobre la distribución vertical del ictioplancton dentro del estuario Reloncaví.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Roxana León, Jorge Muñoz, Francisco Gallardo, Francisco Villenas y la tripulación del AGOR "Vidal Gormaz" por el trabajo en terreno durante los cruceros ocea-

nográficos llevados a cabo durante el año 2005. También agradecemos los comentarios de dos revisores anónimos. Los resultados presentados forman parte del proyecto CONA-C11F 05-05 adjudicado a LRC. Durante la escritura del manuscrito el primer autor fue financiado parcialmente por el programa FNDR del Gobierno Regional de Los Lagos, BIP: 30038191-0 y el Proyecto Regional CONICYT: R0411003, y el segundo y tercer autores por los Programas FONDAP-COPAS y Financiamiento Basal, de CONICYT.

#### REFERENCIAS

- BALBONTÍN, F. & R. BERNAL. 1997. Distribución y abundancia del ictioplancton en la zona austral de Chile. *Cienc. Tecnol. Mar*, 20: 155-163.
- BALBONTÍN, F. & W. FISCHER. 1981. Ciclo sexual y fecundidad de la merluza *Merluccius gayi gayi*, en la costa de Chile y factores ambientales asociados. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 32(1): 45-66.
- BALBONTÍN, F., A. LLANOS & V. VALLENZUELA. 1997. Sobreposición trófica e incidencia alimentaria en larvas de peces de Chile central. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 70: 381-390.
- BALBONTÍN, F., F. URIBE, R. BERNAL & M. BRAUN. 2004. Descriptions of larvae of *Merluccius australis*, *Macruronus magellanicus*, and observations on a larva of *Micromesistius australis* from southern Chile. *New Zealand J. Mar. Freshw. Res.*, 38: 609-619.
- BUSTOS, C. A., F. BALBONTÍN & M. F. LANDAETA. 2007. Spawning of the southern hake *Merluccius australis* (Pisces: Merlucciidae) in Chilean fjords. *Fish. Res.*, 83: 23-32.
- BUSTOS, C. A. & M. F. LANDAETA. 2005. Desarrollo de huevos y larvas tempranas de la merluza del sur, *Merluccius australis*, cultivados bajo condiciones de laboratorio. *Gayana*, 69: 402-408.

- BUSTOS, C. A., M. F. LANDAETA & F. BALBONTÍN. 2008. Efectos ambientales sobre la variabilidad espacial del ictioplancton de Chile austral durante noviembre de 2005. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 81: 205-219.
- CÁCERES, M. & A. VALLE-LEVINSON. 2004. Transverse variability of flow on both sides of a sill/contraction combination in a fjord-like inlet of southern Chile. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 60: 325-338.
- CASTRO, L. R., G. R. SALINAS & E. H. HERNÁNDEZ. 2000. Environmental influences on winter spawning of the anchoveta *Engraulis ringens* off central Chile. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 197: 247-258.
- COTTIER, F., G. A. TARLING, A. WOLD & S. FALK-PETERSEN. 2006. Unsynchronized and synchronized vertical migration of zooplankton in a high arctic fjord. *Limnol. Oceanogr.*, 51(6): 2.586-2.599.
- CUBILLOS, L. A., P. RUIZ, G. CLARAMUNT, S. GACITÚA, S. NÚÑEZ, L. R. CASTRO, K. RIQUELME, C. ALARCÓN, C. OYARZÚN & A. SEPÚLVEDA. 2007. Spawning, daily egg production, and spawning stock biomass for common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off central southern Chile in 2002. *Fish. Res.*, 86: 228-240.
- DÁVILA, P., D. FIGUEROA & E. MÜLLER. 2002. Freshwater input into the coastal ocean and its relation with the salinity distribution off austral Chile (35-55° S). *Cont. Shelf Res.*, 22: 521-534.
- FÖRSTERRA, G., V. HÄUSSERMANN & C. LÜTER. 2008. Mass occurrences of the recent brachiopod *Magellanica venosa* (Terebratellidae) in the fjords Comau and Reñihue, Chile. *Mar. Ecol.*, 29: 1-6.
- FORWARD, R. B., M. C. DE VRIES, R. A. TANKERSLEY, D. RITTSCHOF, W. F. HETTLER, J. S. BURKE, J. M. WELCH & D. E. HOSS. 1999. Behaviour and sensory physiology of Atlantic menhaden larvae *Brevoortia tyrannus*, during horizontal transport. *Fish. Oceanogr.*, 8(Suppl.2): 37-56.
- GALEA, H. R. 2006. On two new species of *Halopteris* Allman, 1877 (Cnidaria: Hydrozoa) from Chile. *Zootaxa*, 1165: 57-68.
- GONZÁLEZ, P. & C. OYARZÚN. 2002. Variabilidad de índices biológicos en *Pinguipes chilensis* Valenciennes 1833 (Perciformes, Pinguipedidae): ¿están realmente correlacionados? *Gayana*, 66(2): 249-253.
- HILL, A. E. 1991. A mechanism for horizontal zooplankton transport by vertical migration in tidal currents. *Mar. Biol.*, 111(3): 485-492.
- HOSIA, A. & U. BAMSTEDT. 2007. Seasonal changes in the gelatinous zooplankton community and hydromedusa abundances in Korsfjord and Fanafjord, western Norway. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 351: 113-127.
- IRIARTE, J. L., H. E. GONZÁLEZ, K. K. LIU, C. RIVAS & C. VALENZUELA. 2007. Spatial and temporal variability of chlorophyll and primary productivity in surface waters of southern Chile (41°S - 43° S). *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 74: 471-480.
- LANDAETA, M. F. & L. R. CASTRO. 2002. Spring spawning and early nursery zone of the mesopelagic fish *Maurollicus parvipinnis* at the coastal upwelling zone off Talcahuano, central Chile. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 226: 179-191.
- LANDAETA, M. F. & L. R. CASTRO. 2006a. Larval distribution and growth of the rockfish, *Sebastes capensis* (Sebastidae, Pisces), in the fjords of southern Chile. *ICES J. Mar. Sci.*, 63: 714-724.
- LANDAETA, M. F. & L. R. CASTRO. 2006b. Variabilidad estacional en los patrones espaciales de las asociaciones ictioplanctónicas de la zona de fiordos de Chile austral. *Cienc. Tecnol. Mar.*, 29(2): 107-127.
- LLANOS-RIVERA, A. G. HERRERA & P. BERNAL. 2004. Food size selectivity and

- diet overlap in larvae of Clupeiform species from central Chile. *Cah. Biol. Mar.*, 45: 1-8.
- LEON, J. E. 2005. Influencia del caudal del río Puelo sobre la salinidad y la concentración de oxígeno disuelto en el estuario de Reloncaví, Llanquihue, Chile. Tesis de Magíster, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- MOLINET, C., A. LAFON, G. LEMBEYE & C. A. MORENO. 2003. Patrones de distribución espacial y temporal de floraciones de *Alexandrium catenella* (Whedon & Kofoid) Balech, 1985, en aguas interiores de la Patagonia noroccidental de Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 76: 681-698.
- MUJICA, A. & O. ROJAS. 1980. Estudio de la reproducción, fecundidad y desove de la sardina común (*Clupea strangomera bentincki*) y la anchoveta (*Engraulis ringens*) de la zona de Talcahuano. En: Programa Perspectivas de desarrollo de las pesquerías nacionales. Subprograma Dinámica Poblacional de Sardina y Anchoveta, Zona de Talcahuano. Informe Técnico IFOP AP 80-3. CORFO.
- NEIRA, F. J., A. G. MISKIEWICZ & T. TRNSKI. 1998. Larvae of Temperate Australian Fishes. Laboratory guide for larval fish identification. University of Western Australia Press: Nedlands, 474 pp.
- ORELLANA, M. C. & F. BALBONTÍN. 1983. Estudio comparativo de las larvas de clupeiformes de la costa de Chile. *Rev. Biol. Mar.*, 19(1): 1-46.
- RAMÍREZ, B. & E. PIZARRO. 2005. Distribución de clorofila *a* y feopigmentos en los canales australes chilenos comprendidos entre Puerto Montt y la laguna San Rafael, Chile. *Cienc. Tecnol. Mar.*, 28 (1): 45-62.
- SALINAS, S. & S. HORMAZÁBAL. 2004. Capacidad de transporte de la constricción de Meninea para un flujo de dos capas y el efecto de la corriente de marea. *Cienc. Tecnol. Mar.*, 27(1): 5-15.
- SCHRÖDL, M., M. A. ALARCÓN, L. R. BEDRIÑANA, F. J. BRAVO, C. M. BUSTAMANTE, R. CARVALHO, G. FÖRSTERRA, C. GALLARDO, V. HÄUSSERMANN & A. SALMEN. 2005. Nudipleura (Gastropoda, Ophistobranchia) from the southern Chilean Comau fjord, with redescription of *Polycera priva* Er. Marcus, 1959. *Vita Malacologica*, 3: 23-33.
- SPONAUGLE, S., R. K. COWEN, A. SHANKS, S. G. MORGAN, J. M. LEIS, J. PINEDA, G. W. BOEHLERT, M. J. KINGSFORD, K. C. LINDEMAN, C. GRIMES & J. L. MUNRO. 2002. Predicting self-recruitment in marine populations: biophysical correlates and mechanisms. *Bull. Mar. Sci.* 70(1) Suppl.: 341-375.
- SILVA, N., C. CALVETE & H. SIEVERS. 1998. Masas de agua y circulación general para algunos canales australes entre Puerto Montt y laguna San Rafael, Chile (Crucero CIMAR-Fiordo 1). *Cienc. Tecnol. Mar.*, 21: 17-48.
- URIBE, F. & F. BALBONTÍN. 2005. First description of larvae of *Bathylagichthys parini* (Pisces, Bathylagidae) from the Southeastern Pacific. *Bull. Mar. Sci.*, 77(2): 201-207.
- VALLE-LEVINSON, A., N. SARKAR, R. SANAY, D. SOTO & J. LEÓN. 2007. Spatial structure of hydrography and flow in a Chilean fjord, Estuario Reloncaví. *Estuar. Coasts*, 30(1): 113-126.
- VARGAS, C. A. & L. R. CASTRO. 2001. Spawning of the Chilean hake (*Merluccius gayi*) in the upwelling system off Talcahuano in relation to oceanographic features. *Sci. Mar.*, 65(2): 101-110.
- WESLAWSKI, J. M., G. PEDERSEN, S. F. PETERSEN & K. PORAZINSKI. 2000. Entrapment of macroplankton in an Arctic fjord basin, Kongsfjorden, Svalbard. *Oceanologia*, 42(1): 57-69.