

VARIABILIDAD ESTACIONAL EN LOS PATRONES ESPACIALES DE LAS ASOCIACIONES ICTIOPLANCTÓNICAS DE LA ZONA DE FIORDOS DE CHILE AUSTRAL*

SEASONAL VARIABILITY IN THE SPATIAL PATTERNS OF ICHTHYOPLANKTONIC ASSEMBLAGES FROM THE FJORD ZONE OF AUSTRAL CHILE

MAURICIO F. LANDAETA^{1,2}
LEONARDO R. CASTRO²¹Programa Doctorado en Oceanografía, Universidad de Concepción,
E-mail: mlandaeta@udec.cl²Laboratorio de Oceanografía Pesquera y Ecología Larval, Departamento de Oceanografía,
Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Correo 3, Concepción, Chile.

RESUMEN

Se estudió la distribución horizontal y vertical de las asociaciones larvales de peces durante agosto y noviembre de 2003 en tres canales longitudinales que conectan el mar interior con el océano abierto de la zona de fiordos y canales de la XI región de Chile: Ninualac, Darwin y Pulluche, y un canal latitudinal en el mar interior, Moraleda. Durante agosto de 2003 se recolectaron 36.885 larvas, representantes de 21 taxa, entre las que dominó la merluza de cola *Macruronus magellanicus*, con más del 98% del total y con una abundancia máxima estimada de >25.000 larvas x 1000 m⁻³. Las larvas de peces se hallaron distribuidas principalmente en los canales transversales. En las zonas de conexión con el océano abierto se hallaron larvas de los mictófidos *Lampanyctodes hectoris* e *Hygophum bruuni*. A excepción de la boca del Guafo, las asociaciones de larvas demersales y submareales (*M. magellanicus*, *Sebastes capensis*, *Leptonotus blainvillanus*) dominaron en todos los canales y a todas profundidades. En el crucero de noviembre de 2003 se separó e identificó 4.048 larvas correspondientes a 32 taxa. Las especies más importantes fueron *Sebastes capensis* (56%), con abundancias máximas de > 2.000 larvas x 1000 m⁻³, seguido por el pez mesopelágico *Maurollicus parvipinnis* (26%) y la sardina común *Strangomera bentincki* (6%). Asociaciones larvales de peces epipelágicos (*S. bentincki*, *Normanichtys crockeri*, *Helcogrammoides cunninghami*), y submareales (*S. capensis*, *Agonopsis chiloensis*) se hallaron a lo largo de todos los canales y en toda la columna de agua. Las especies demersales (Bothidae, *Genypterus* sp.) fueron recolectadas en baja abundancia principalmente en aguas interiores sobre la haloclina. Los peces mesopelágicos (i.e., mictófidos) limitaron su presencia a aguas con influencia oceánica, a excepción de *Maurollicus parvipinnis* que parece utilizar las aguas interiores de la XI región como área de crianza.

Palabras claves: Larvas de peces, canales, *Macruronus magellanicus*, *Sebastes capensis*, haloclina, fiordos patagónicos.

ABSTRACT

Horizontal and vertical distribution of larval fish assemblages during austral winter (August 2003) and spring (November 2003) were studied along three longitudinal channels connecting Inland Sea with open ocean in the fjord area of Chile (XI region), Ninualac, Darwin and Pulluche channels, and one latitudinal channel of the Inland Sea (Moraleda channel). During August 2003 a total of 36,885 fish larvae were collected, belonging to 21 taxa. Patagonian grenadier *Macruronus magellanicus* was the dominant species with 98% of total larva and maximum abundance of >25.000 larvae x 1000 m⁻³. Fish larvae were mainly distributed along transversal channels. Myctophid larvae (*Lampanyctodes hectoris*, *Hygophum bruuni*) were found only in open areas connected with ocean. With the exception of Guafo mouth, demersal and subtidal larval fish assemblages (*M. magellanicus*, *Sebastes capensis*, *Leptonotus*

* Proyecto CONA-C8F 02-05.

blainvillleanus) dominated throughout channels and depths. During the November cruise 4.048 larvae belonging to 32 taxa were collected. Most important species in abundance were rockfish *S. capensis* (56%), with peak abundances of > 2.000 larvae $\times 1000$ m⁻³, lightfish *Maurollicus parvipinnis* (26%) and chilean herring *Strangomera bentincki* (6%). Epipelagic (*S. bentincki*, *Normanichthys crockeri*, *Helcogrammoides cunninghami*) and subtidal (*S. capensis*, *Agonopsis chiloensis*) larval fish assemblages were found in all channel throughout the water column. Demersal species (Bothidae, *Genypterus* sp.) were collected in low abundance mainly in the inland sea above the halocline. Mesopelagic larval fishes (i.e., myctophids) were present only in ocean influenced waters. An exception to this pattern was *Maurollicus parvipinnis* which seems to utilize the inland sea as a nursery area.

Key words: Fish larvae, channels, *Macruronus magellanicus*, *Sebastes capensis*, halocline, Patagonian fjords.

INTRODUCCIÓN

La zona austral de Chile conforma uno de los sistemas estuarinos más grandes del mundo, con una longitud de más de 1.600 km y un área superficial de aproximadamente 240.000 km². Esta área presenta un alto grado de complejidad geomorfológica e hidrográfica, generando altas amplitudes (≈ 6 m, Cáceres *et al.*, 2003) y corrientes de marea ($16 - 60$ cm·s⁻¹, Cáceres *et al.*, 2003, Salinas & Hormazábal, 2004). La presencia de morrenas, fiordos y bahías pueden generar microcuencas (Antezana, 1999, Hamamé & Antezana, 1999) donde el efecto combinado de la topografía con la hidrografía genera patrones anidados de distribución del plancton, que caracteriza los hábitats heterogéneos observados en ambientes de fiordos (Marín & Delgado, 2001).

Al igual que otros sistemas estuarinos (i.e., Berasategui *et al.*, 2003), la zona de fiordos y canales de la XI región de Chile es utilizada como zona de desove y crianza de un diverso grupo de peces marinos, de hábitos demersales (merluza del sur *Merluccius australis*, merluza de cola *Macruronus magellanicus*), submareales (cabrilla *Sebastes capensis*) y epipelágicos (sardina común *Strangomera bentincki*) (Balbontín & Bernal, 1997, Lillo *et al.*, 2004, Landaeta & Castro, 2006). Estas especies han desarrollado una variedad de estrategias reproductivas entre otras para evitar o utilizar el fuerte impacto advectivo observado en fiordos (Basedow *et al.*, 2004).

Con el fin de contribuir a comprender la interrelación entre las especies de peces durante su etapa temprana y entender los patrones de desove de los adultos en respuesta a los procesos físicos y biológicos de la región, el presente estudio examina la composición de larvas de peces en diferentes canales que conectan las aguas interiores de la XI región de Chile con aguas de océano abierto, y su variabilidad espacial y temporal durante invierno y primavera de 2003.

Los patrones de las asociaciones larvales son interpretados en relación a los fuertes gradientes de salinidad observados en la zona de estudio y se discuten las potenciales tácticas reproductivas utilizadas por grupos de peces marinos de diferente origen.

MÉTODOS

Como parte del proyecto CIMAR 9 Fiordos se llevaron a cabo dos cruceros oceanográficos en el mar interior y canales de la XI Región de Chile (Fig. 1), entre el 9 y el 22 de agosto (invierno) y entre el 3 y 21 de noviembre (primavera) del 2003, a bordo del AGOR "Vidal Gormaz" de la Armada de Chile. La trayectoria de los cruceros fue similar en ambos períodos, y consistió en el muestreo de un canal orientado en dirección norte-sur (canal Moraleda) y tres canales transversales orientados en dirección este-oeste (canales Ninualac, Darwin y Pulluche). En cada una de las estaciones se efectuaron mediciones con CTD Seabird SB-19 (perfilador Temperatura-Conductividad-Profundidad) hasta 300 m de profundidad o cerca del fondo. Adicionalmente, se obtuvieron muestras estratificadas de zooplancton con una red Tucker trawl de 1 m² de boca y redes de 300 μ m de abertura de malla. El volumen filtrado por cada red (rango = 29-612 m³/lance, media = 202 m³/lance) fue estimado utilizando un flujómetro General Oceanics montado en el marco de la red. La red fue bajada hasta un máximo de 150 m de profundidad o cerca del fondo, y se colectaron entre dos y cuatro estratos (0-20 m, 20-50 m, 50-100 m y 100-150 m) dependiendo de la profundidad del fondo marino. Después de la recuperación de las redes, éstas fueron lavadas con agua de mar y las muestras de ictioplancton fueron preservadas en formaldehído al 4% con borato de sodio.

En el laboratorio, las larvas fueron identificadas hasta el más bajo nivel taxonómico posible, usando las descripciones de Olivar & Fortuño (1991), Moser (1996), Neira *et al.* (1998), Bal-

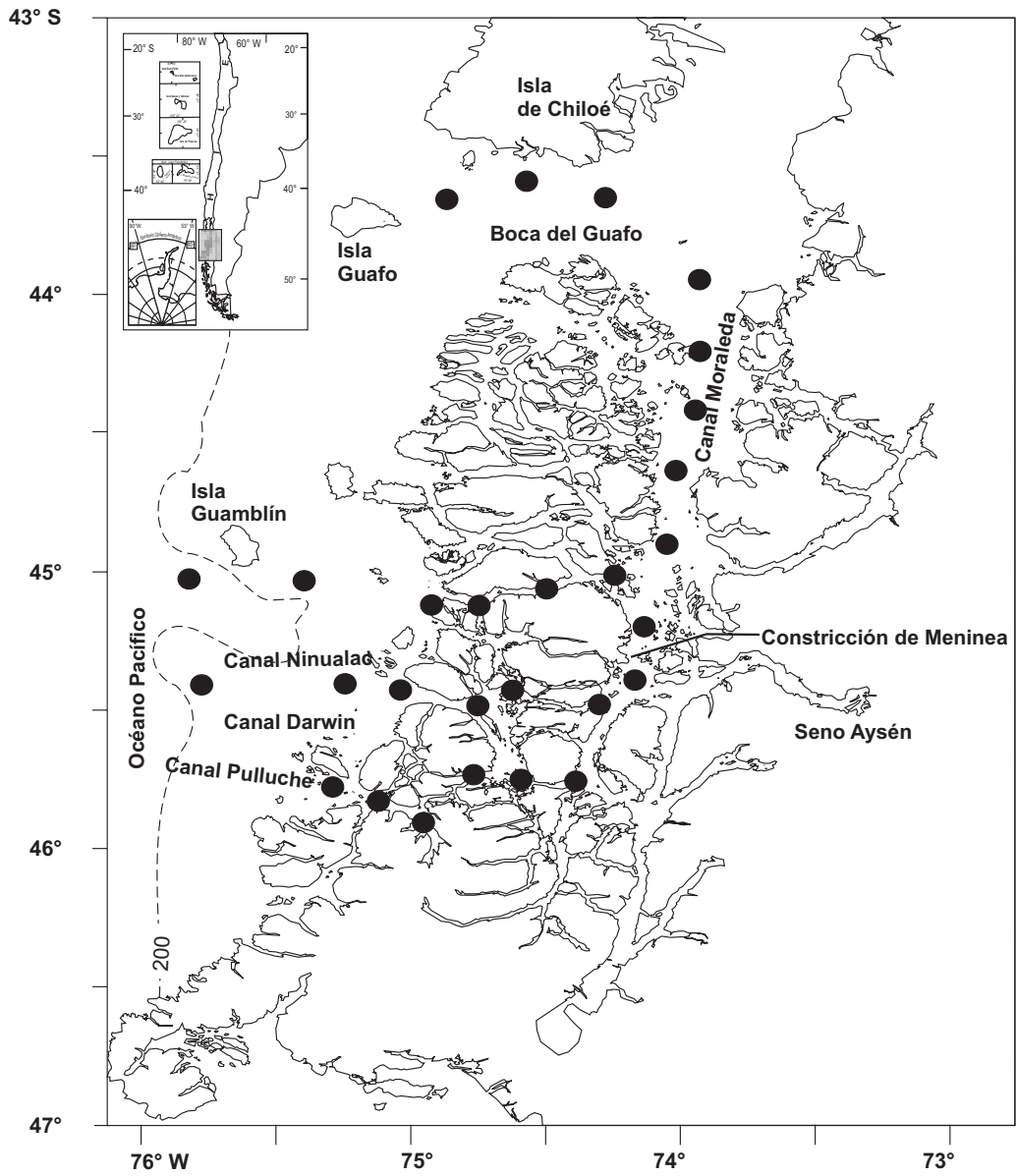


Fig. 1: Localización de las estaciones de muestreo llevadas a cabo durante agosto y noviembre de 2003 en la zona de fiordos de la XI región de Chile.

Fig. 1: Localization of sampling stations during August and November 2003 in the fjord zone of XI region of Chile.

bontín *et al.* (2004) y Bustos & Landaeta (2005). El término larva incorpora los estados de preflexión, flexión y postflexión descritos por Neira *et al.* (1998). La densidad numérica de cada taxa fue expresada como número de especímenes por 1000 m³.

Análisis de datos

Se utilizó una técnica multivariada de clasificación numérica para examinar la distribución espacial del ictioplancton. Se analizó la composición de especies por estación de muestreo, expresada en individuos por 1000 m³, usando análisis de dendrogramas. Se llevó a cabo el análisis para cada canal en las dos épocas de muestreo en forma separada. Las taxa raras con una sola ocurrencia fueron eliminadas del análisis. Los datos fueron transformados con $\log(x+1)$ para realzar la contribución de las especies menos abundantes. Se llevó a cabo una agregación aglomerativa jerárquica utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis acoplada con unión de grupos promedio (UPGMA) para producir dendrogramas que asocian estaciones y especies. Esta técnica ha sido utilizada por otros autores para delinear grupos con diferente estructura comunitaria (Berasategui *et al.*, 2004; Espinosa-Fuentes & Flores-Coto, 2004).

RESULTADOS

1. Agosto de 2003

Durante el período invernal se separó e identificó un total de 36.885 larvas de peces representantes de 21 taxa pertenecientes a 14 familias (Tabla I). La especie más abundante fue merluza de cola *Macruronus magellanicus*, correspondiendo a más del 98% del total de larvas y con una abundancia máxima estimada de >25.000 larvas x 1000 m⁻³. Otras especies importantes durante este período fueron la cabrilla *Sebastes capensis* (0,44%), el pez aguja *Leptonotus blainvillanus* (0,29%) y el mictófido *Lampantodes hectoris* (0,19%).

1.1 Canal Moraleda

Durante agosto de 2003, el canal Moraleda presentó una columna de agua homogénea en temperatura con rangos entre 9,4 y 10,6 °C (Fig. 2), y rangos de salinidad entre 28,3 y 33,2 en superficie y de 31,1 a 33,9 a 150 m de profundidad, mostrando una débil haloclina cerca de los 40 m de profundidad (Fig. 2). A lo largo del canal se detectó un fuerte gradiente superficial de salinidad con valores de 33 en la zona norte

descendiendo a 29 posterior a la constricción de Meninea (Fig. 3).

El canal Moraleda se caracterizó por la ausencia de larvas de peces en las zonas norte y centro del canal, con abundancias bajas (< 30 larvas x 1000 m⁻³) en la boca del Guafo y la zona sur. El análisis de dendrogramas produjo la formación de tres asociaciones de larvas de peces e idéntico número de grupo de estaciones. Las estaciones presentes en el golfo Corcovado y en la porción norte del canal Moraleda estuvieron dominadas por taxa de origen oceánico (OCE) como los mictófidios *Hygophum bruuni* y *L. hectoris*. En la zona sur y en profundidad (estrato 100-150 m) dominaron larvas de origen demersal y costero (DEM, *M. magellanicus*, *L. blainvillanus*) y en la porción más austral se detectó al presencia de larvas de la familia Nothoteniidae.

1.2 Canal Ninualac

Los valores de temperatura y salinidad fueron estables en toda la columna de agua: la temperatura varió de 9,4 °C en superficie a 10,1 °C a 150 m; la salinidad varió de 30,1 a 31,1 en superficie hasta 32,1-32,8 en profundidad (Fig. 2). La sección vertical de salinidad del canal Ninualac muestra una haloclina a los 50 m de profundidad presente a lo largo de todo el canal; aguas con salinidad <29 sólo se observaron en los primeros 25 m de la estación más interior (Fig. 4).

Las abundancias larvales fueron mayores (>300 larvas x 1000 m⁻³) bajo los 50 m de profundidad y de menor densidad en los primeros 50 m de la estación más interior (<100 larvas x 1000 m⁻³) (Fig. 4). Los análisis multivariados detectaron una asociación larval compuesta de especies submareales y oceánicas (SUB) dominando en las estaciones conectadas con océano abierto (Fig. 4). Las larvas de *M. magellanicus* y *S. capensis* se presentaron en gran abundancia en las estaciones media e interior del canal Ninualac y a todas profundidades; las larvas de mictófidios (i.e., *L. hectoris*) estuvieron restringidas a aguas externas.

1.3 Canal Darwin

El canal Darwin mostró valores homogéneos de temperatura a lo largo de la columna de agua, aunque la salinidad evidenció fuertes gradientes en profundidad (Fig. 2) y a lo largo del canal (Fig. 5). En el eje vertical la salinidad mostró rangos entre 28,2 y 31,1 en la parte interior del canal, y

Tabla I. Composición de larvas de peces para las estaciones presentadas en la Fig. 1, durante ambos periodos.
Table I. Composition of fish larvae for stations showed in Fig. 1, during both sampling periods.

Hábitat adulto	Taxa	Agosto 2003 Densidad media (rango)	EP (%)	Noviembre 2003 Densidad media (rango)	EP (%)
Epipelágico	<i>Engraulis ringens</i>	5	0,7	16(5-51)	13,3
	<i>Ethmidium maculatum</i>	3	0,7		
	<i>Galaxias maculatus</i>			6	1
	<i>Normanichthys crockeri</i>	15	0,7	9(3-15)	18,1
	Nototheniidae indeterminado	10(3-28)	15,1	10(3-36)	9,5
	<i>Strangomera bentincki</i>	10(4-15)	1,4	29(4-14)	47,6
	<i>Stromateus stellatus</i>			6(5-7)	2,9
Océánico	<i>Cyclothone</i> sp.			8	1
	<i>Diaphus</i> sp.	6	0,7		
	<i>Diogenichthys laternatus</i>			7	1
	<i>Hygophum bruuni</i>	6(4-7)	4,3	17(5-50)	6,7
	<i>Lamparyctodes hectoris</i>	22(3-123)	10,8	34(4-182)	22,8
	<i>Lamparyctus iselinoides</i>	6	0,7	16(4-29)	3,8
	<i>Maurolucus parvipinnis</i>			95(3-1233)	61,9
	Myctophidae indeterminado	3	0,7		
	<i>Protomyctophum chilensis</i>	5	0,7	7(6-9)	2,9
	<i>Protomyctophum</i> sp.			7	1
	<i>Seriorella</i> sp.			6	1
	<i>Symbolophorus</i> sp.			6(5-7)	2,9
Demersal	<i>Cataetys</i> sp.	4	0,7		
	<i>Coelorhynchus</i> sp.	5(4-7)	2,2	4(3-5)	2,9
	<i>Genypterus</i> sp.	5(3-9)	2,9	6(4-13)	15,2
	<i>Hippoglossina macrops</i>	7	0,7	6(2-10)	6,7
	<i>Leptonotus blainvillaeus</i>	11(3-51)	33	7(3-13)	10,5
	<i>Macruronus magellanicus</i>	1963(2-25265)	64	17(4-75)	5,7
	<i>Merluccius australis</i>			9(5-17)	9,5
	Moridae indeterminado			6	1
	Bothidae indeterminado			15(4-51)	18,1
Submareal-Intermareal	<i>Agonopsis chiloensis</i>	5(3-14)	7,9	7(4-15)	12,4
	<i>Bovichtus chilensis</i>			7	1
	<i>Helcogrammoides cunninghami</i>	7(5-13)	4,3	14(4-60)	18,1
	<i>Hypsoblennius sordidus</i>	4(3-6)	2,9	6(6-7)	1,9
	Labrisomidae indeterminado			5(4-6)	4,8
	<i>Prolatilus jugularis</i>			5(4-7)	3,8
	<i>Sebastes capensis</i>	16(3-57)	34,5	153(3-2043)	82,9
	NN	6(4-8)	2,2	13(4-31)	8,6

Densidad media en número por 1000 m³ EP (%) porcentaje de estaciones positivas.

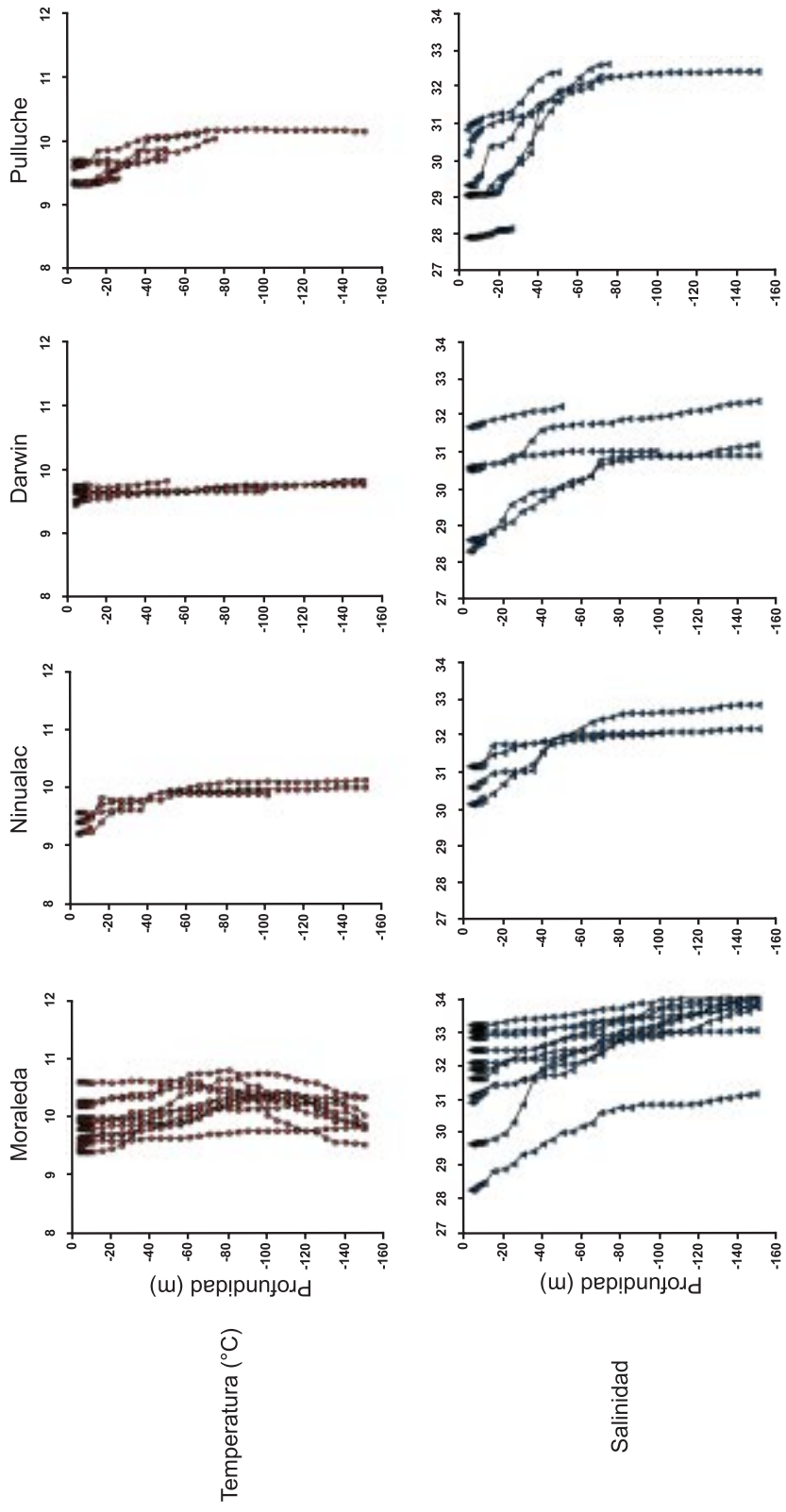


Fig. 2: Perfiles verticales de temperatura (°C) y salinidad en los canales analizados durante agosto de 2003.
Fig. 2: Vertical profiles of temperature (°C) and salinity over the sampled channels during August 2003.

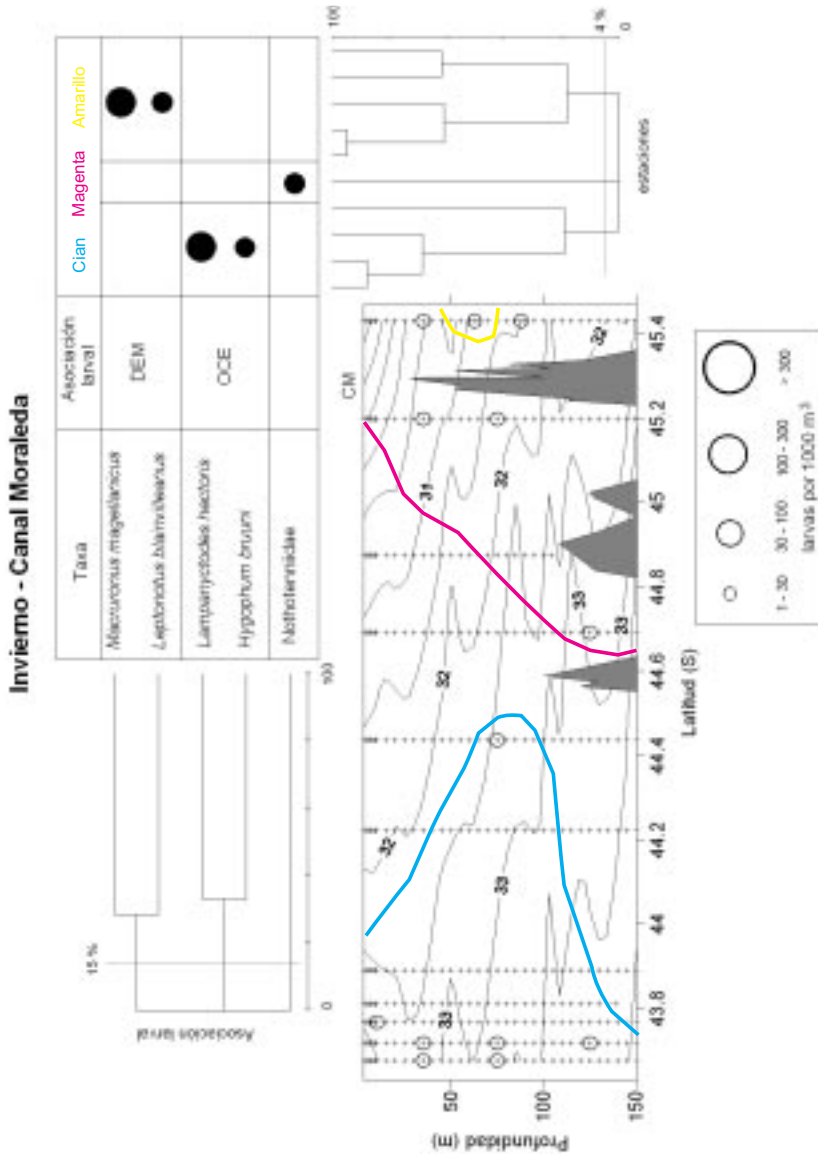


Fig. 3: Relación entre agregaciones de estaciones y asociaciones larvales en el canal Moraleda para el cruce de agosto de 2003. El tamaño del símbolo (círculos negros) es proporcional a la abundancia para cada taxa en cada grupo de estaciones. Las líneas de colores indican agregaciones de estaciones. DEM: asociación demersal. OCE: asociación oceánica. CM: Constricción de Meninea. Isohalinas en la figura inferior.

Fig. 3: Relationship between station cluster and larval assemblages in the Moraleda channel, for the august 2003 cruise. Symbol size (black dots) is proportional to abundance for each taxa in each group of stations. Colour lines show aggregation of stations. DEM: demersal assemblage. OCE: oceanic assemblage. CM: Meninea Constriction. Isohalines in the lower part of the figure.

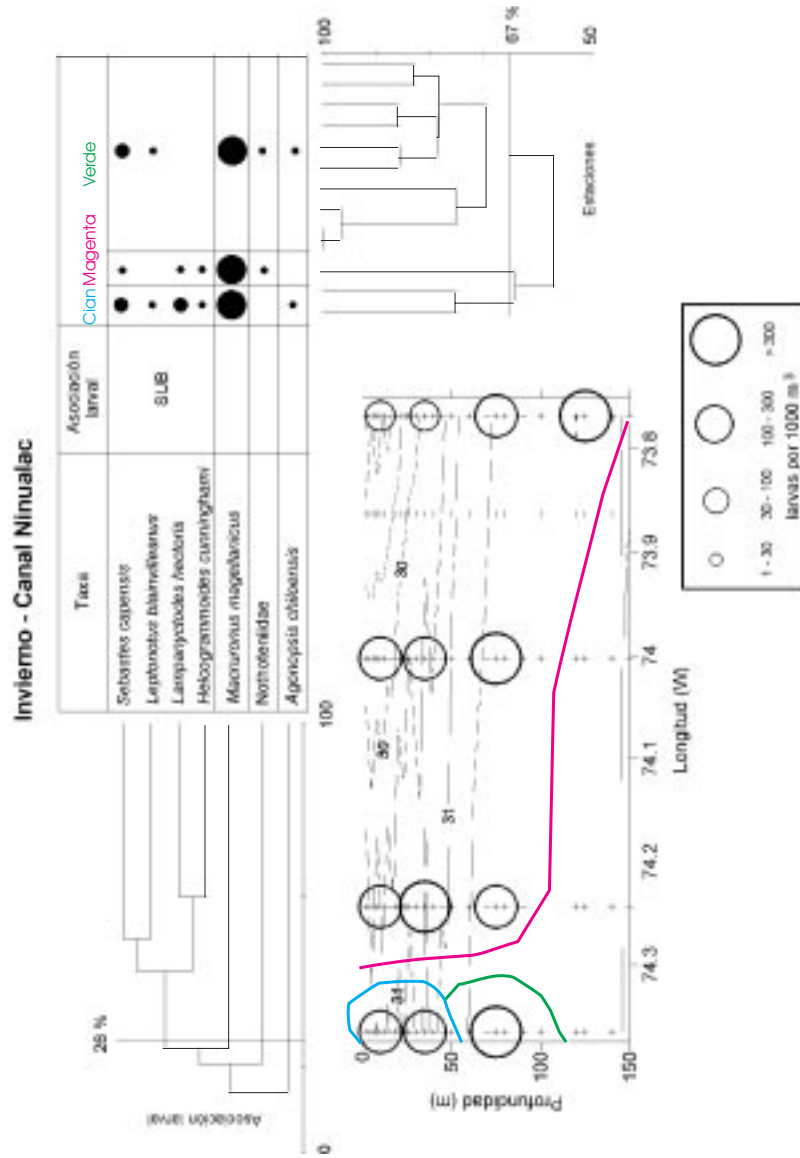


Fig. 4: Relación entre agregaciones de estaciones y asociaciones larvales en el canal Ninualiac para el crucero de agosto de 2003. El tamaño del símbolo (círculos negros) es proporcional a la abundancia para cada taxa en cada grupo de estaciones. Las líneas de colores indican agregaciones de estaciones. SUB: asociación submareal. Isohalinas en la figura inferior.

Fig. 4: Relationship between station cluster and larval assemblages in the Ninualiac channel, for the august 2003 cruise. Symbol size (black dots) is proportional to abundance for each taxa in each group of stations. Colour lines show aggregation of stations. SUB: subtidal assemblage. Isohalines in the lower part of the figure.

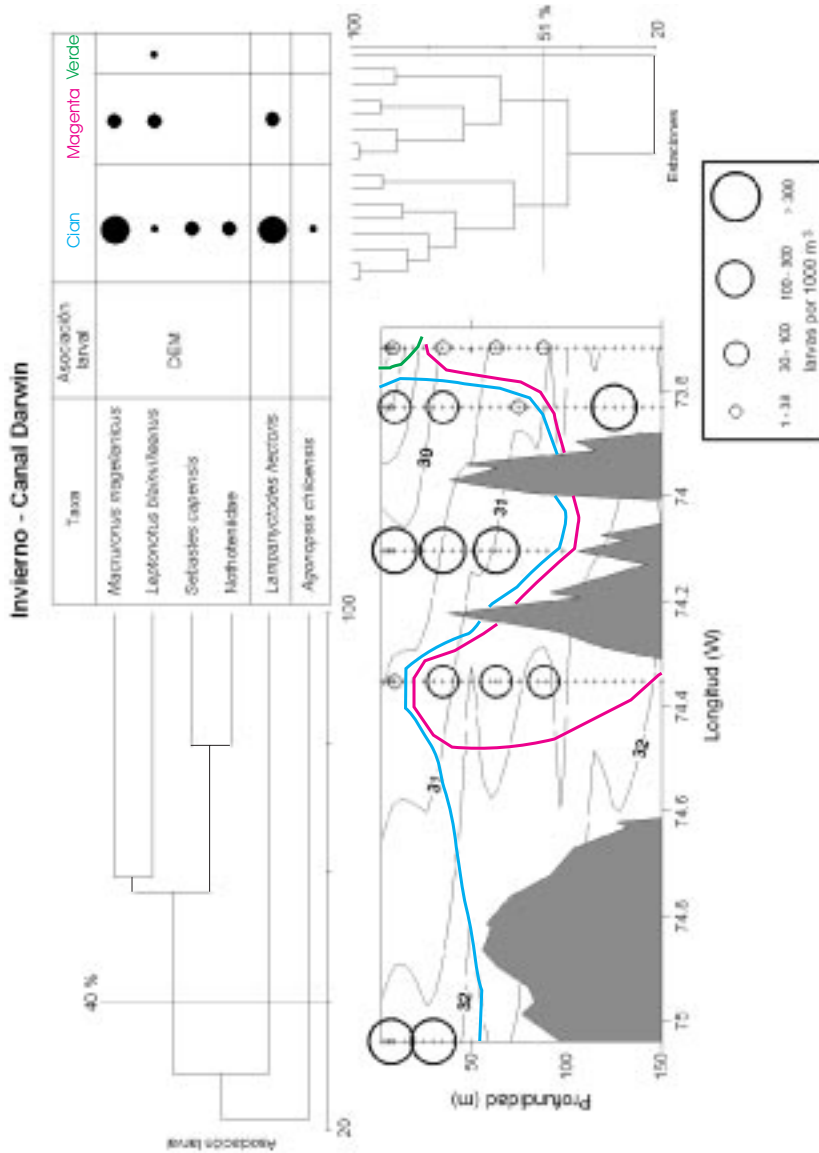


Fig. 5: Relación entre agregaciones de estaciones y asociaciones larvales en el canal Darwin para el crucero de agosto de 2003. El tamaño del símbolo (círculos negros) es proporcional a la abundancia para cada taxa en cada grupo de estaciones. Las líneas de colores indican agregaciones de estaciones. DEM: asociación demersal. Isohalinas en la figura inferior.

Fig. 5: Relationship between station cluster and larval assemblages in the Darwin channel, for the august 2003 cruise. Symbol size (black dots) is proportional to abundance for each taxa in each group of stations. Colour lines show aggregation of stations. DEM: demersal assemblage. Isohalines in the lower part of the figure.

de 31,6 a 32,2 en la conexión con aguas de la plataforma. Esto generó fuertes gradientes halinos horizontales (Fig. 5).

La asociación DEM se encontró mayormente representada en las aguas sobre los 50-75 m de la columna de agua a lo largo de todo el canal Darwin. Esta tendencia también fue observada en larvas de *L. hectoris*. En aguas más profundas se presentaron en menor abundancia larvas de especies demersales, submareales y mictófidios (Fig. 5).

1.4 Canal Pulluche

La distribución vertical de temperatura y salinidad es similar en su estructura a lo descrito previamente en el canal Ninualac: una columna de agua térmicamente homogénea y bajas salinidades presentes en las aguas someras (<25 m) de la zona interna del canal Pulluche, una fuerte haloclina presente a ≈30 m de profundidad, y salinidades mayores a 32 bajo los 50 m (Fig. 2).

Se detectaron las mayores abundancias de larvas de peces de todo el crucero (>1.000 larvas x 1000 m⁻³) fueron detectadas en el área externa y media de este canal (Fig. 6). No se observó un patrón claro de asociación entre las estaciones (Fig. 6). La especie dominante fue *M. magellanicus*, presente en los tres grupos de estaciones generadas por el análisis de dendrogramas. Dos asociaciones larvales fueron distinguibles: un grupo de larvas de peces de origen demersal (DEM) y un grupo cuyos adultos están presentes en la zona intermareal y submareal (SUB). Las larvas de mictófidios *L. hectoris* se presentan en aguas someras de la zona exterior (Fig. 6).

2 Noviembre de 2003

Una cantidad total de 4.048 larvas de peces fueron separadas de las muestras de zooplancton durante primavera de 2003 en la zona de los canales australes de Chile. El ictioplancton estuvo conformado por 32 taxa pertenecientes a 23 familias; las especies más importantes fueron *Sebastes capensis* (56%), con abundancias máximas de >2.000 larvas x 1000 m⁻³, seguido por el pez mesopelágico *Maurollicus parvipinnis* (26%) y la sardina común *Strangomera bentincki* (6%).

2.1 Canal Moraleda

Durante primavera el canal Moraleda presentó una columna de agua térmicamente esta-

ble y una haloclina marcada aproximadamente a los 30-40 m de profundidad (Fig. 7), con gradientes verticales de salinidad más fuertes al sur de la constricción de Meninea en comparación con la parte septentrional (Fig. 8).

No se detectaron patrones en la distribución total de larvas de peces. El análisis multivariado distinguió la conformación de tres asociaciones ictioplanctónicas (EPI, DEM1, DEM2; Fig. 8). La asociación EPI está dominada por larvas de *S. capensis* en los grupos de estaciones sobre los 50 m de profundidad a lo largo de todo el canal, al igual que la asociación DEM2, presente casi exclusivamente sobre la haloclina; en el grupo de estaciones presentes bajo la haloclina aparece en mayor proporción las larvas del pez mesopelágico *M. parvipinnis* y la asociación de larvas DEM2 (*Merluccius australis*, *Agonopsis chiloensis*).

2.2 Canal Ninualac

Durante primavera de 2003 sólo se colectaron muestras de zooplancton en las tres estaciones más interiores del canal (Fig. 9). En este canal se detectó gradientes de temperatura de hasta 2,5 °C entre superficie y los 120 m de profundidad y un marcado gradiente vertical salino con una haloclina presente a 30 m de profundidad y con salinidades >32 bajo esa profundidad (Fig. 7). En la zona de la plataforma continental externa las salinidades variaron entre 32-33 (Fig. 9).

Las abundancias de larvas de peces fueron altas (>300 larvas x 1000 m⁻³) en la zona central a lo largo de toda la columna de agua, y sobre los 50 m de profundidad en la parte media e interior del canal. Bajo la haloclina las abundancias se redujeron a <30 larvas x 1000 m⁻³. Nuevamente, larvas de *S. capensis* estuvieron presentes en los grupos de estaciones. La asociación larval EPI-OCE dominó en abundancia y diversidad los tres estratos de la estación más externa del canal Ninualac. Los dos grupos de estaciones interiores presentaron baja diversidad (Fig. 9).

2.3 Canal Darwin

En forma similar a lo descrito para el canal Ninualac en noviembre de 2003, el canal Darwin presentó un gradiente vertical de temperatura y salinidad y un fuerte gradiente horizontal de salinidad, desde 27 a 33 unidades (Figs. 7, 10). En la porción interior del canal, se detectó una lengua de baja salinidad sobre los 40 m de profundidad que no superó las 30 unidades de salinidad.

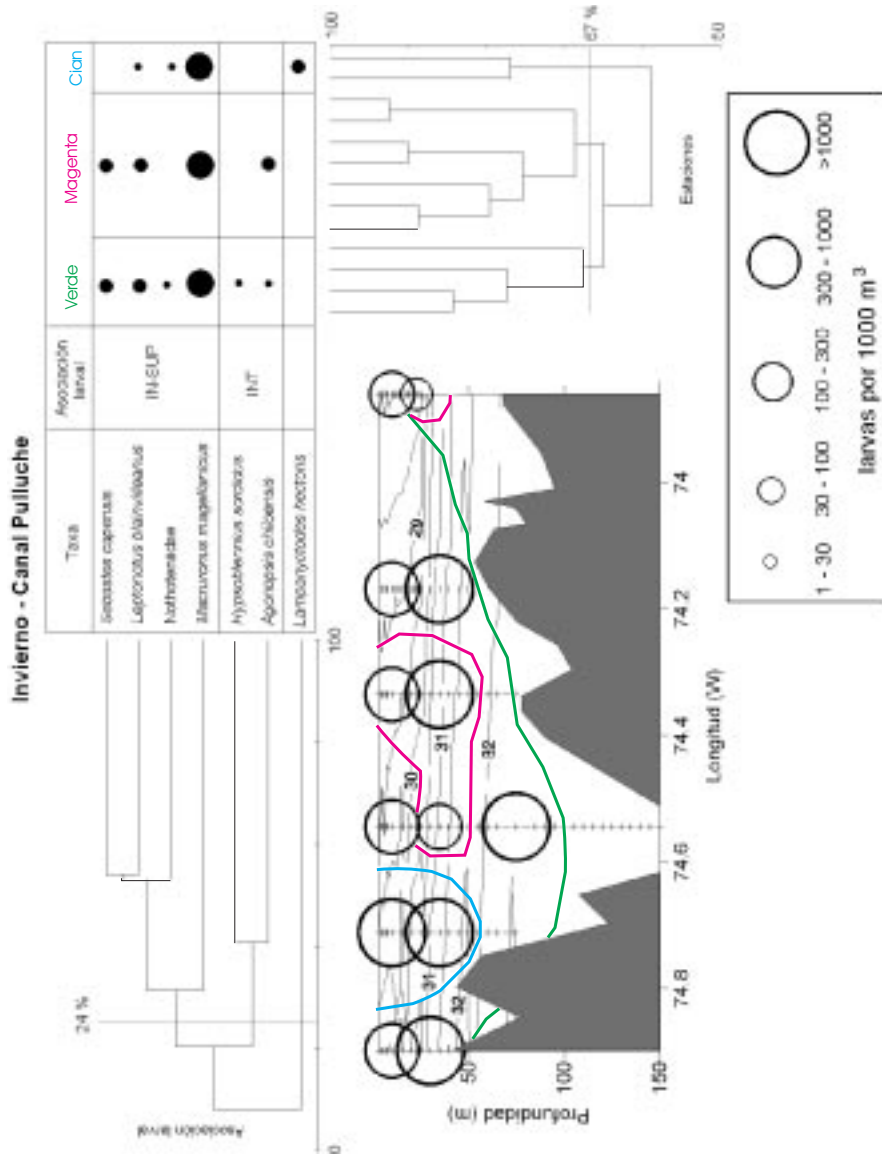


Fig. 6: Relación entre agregaciones de estaciones y asociaciones larvales en el canal Pulluche para el crucero de agosto de 2003. El tamaño del símbolo (círculos negros) es proporcional a la abundancia para cada taxa en cada grupo de estaciones. Las líneas de colores indican agregaciones de estaciones. DEM: asociación demersal. SUB: asociación submareal. Isohalines en la figura inferior.

Fig. 6: Relationship between station cluster and larval assemblages in the Darwin channel, for the august 2003 cruise. Symbol size (black dots) is proportional to abundance for each taxa in each group of stations. Colour lines show aggregation of stations. DEM: demersal assemblage. SUB: subtidal assemblage. Isohalines in the lower part of the figure.

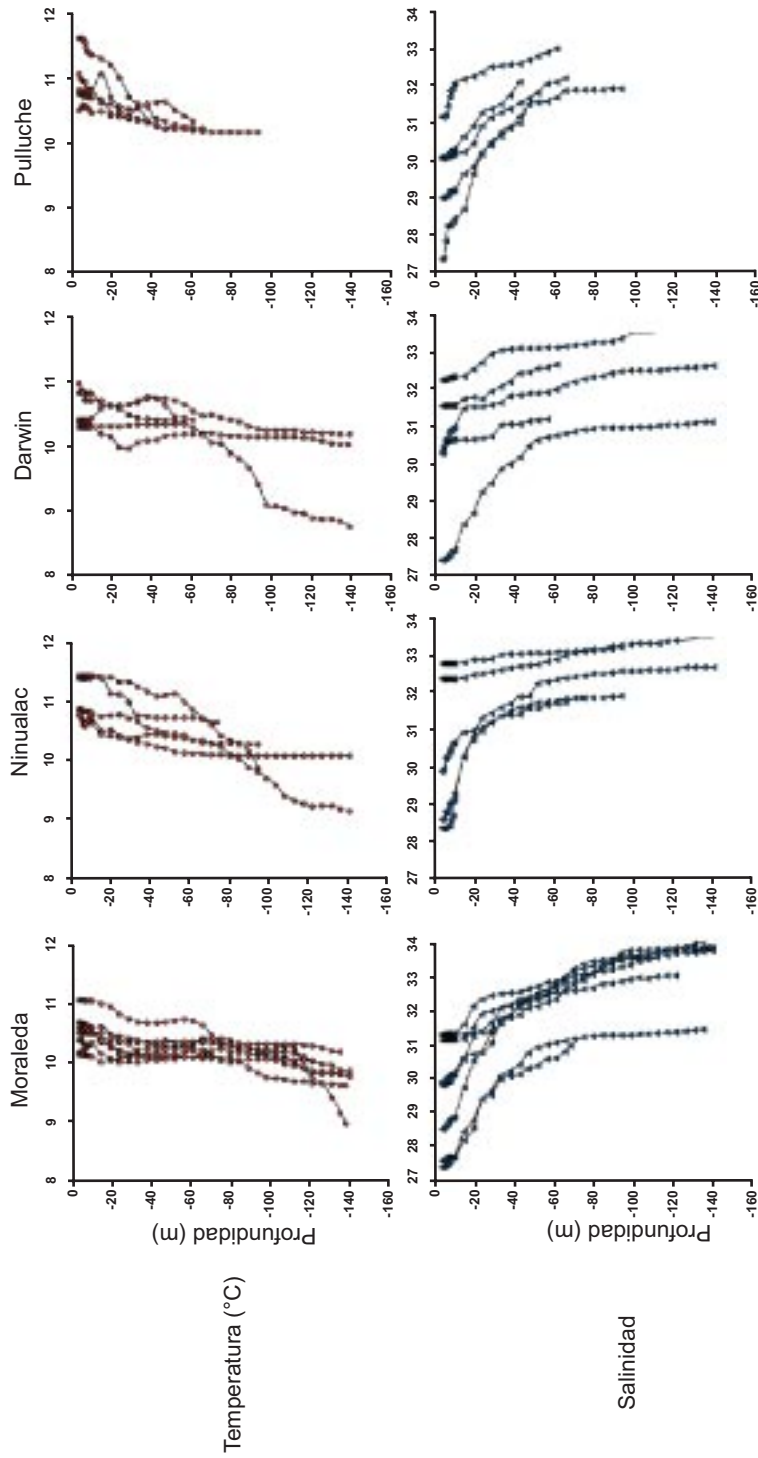


Fig. 7: Perfiles verticales de temperatura (°C) y salinidad en los canales analizados durante noviembre de 2003.
 Fig. 7: Vertical profiles of temperature (°C) and salinity over the sampled channels during November 2003.

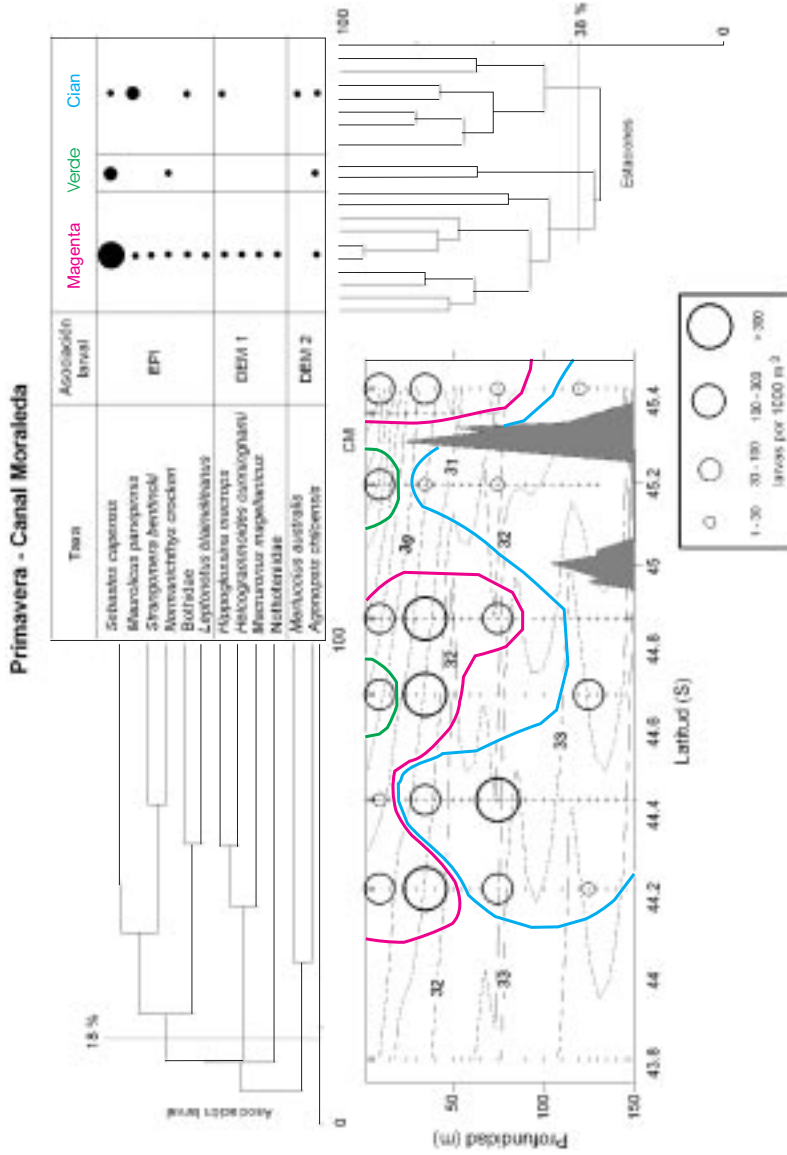


Fig. 8: Relación entre agregaciones de estaciones y asociaciones larvales en el canal Morealeda para el crucero de noviembre de 2003. El tamaño del símbolo (círculos negros) es proporcional a la abundancia para cada taxa en cada grupo de estaciones. Las líneas de colores indican agregaciones de estaciones. EPI: asociación epipelágica costera. DEM1: asociación demersal 1. DEM2: asociación demersal 2. CM: Constricción de Meninea. Isohalinas en la figura inferior.

Fig. 8: Relationship between station cluster and larval assemblages in the Moraleda channel, for the November 2003 cruise. Symbol size (black dots) is proportional to abundance for each taxa in each group of stations. Colour lines show aggregation of stations. EPI: epipelagic-coastal assemblage. DEM1: demersal assemblage 1. DEM2: demersal assemblage 2. CM: Meninea Constriction. Isohalines in the lower part of the figure.

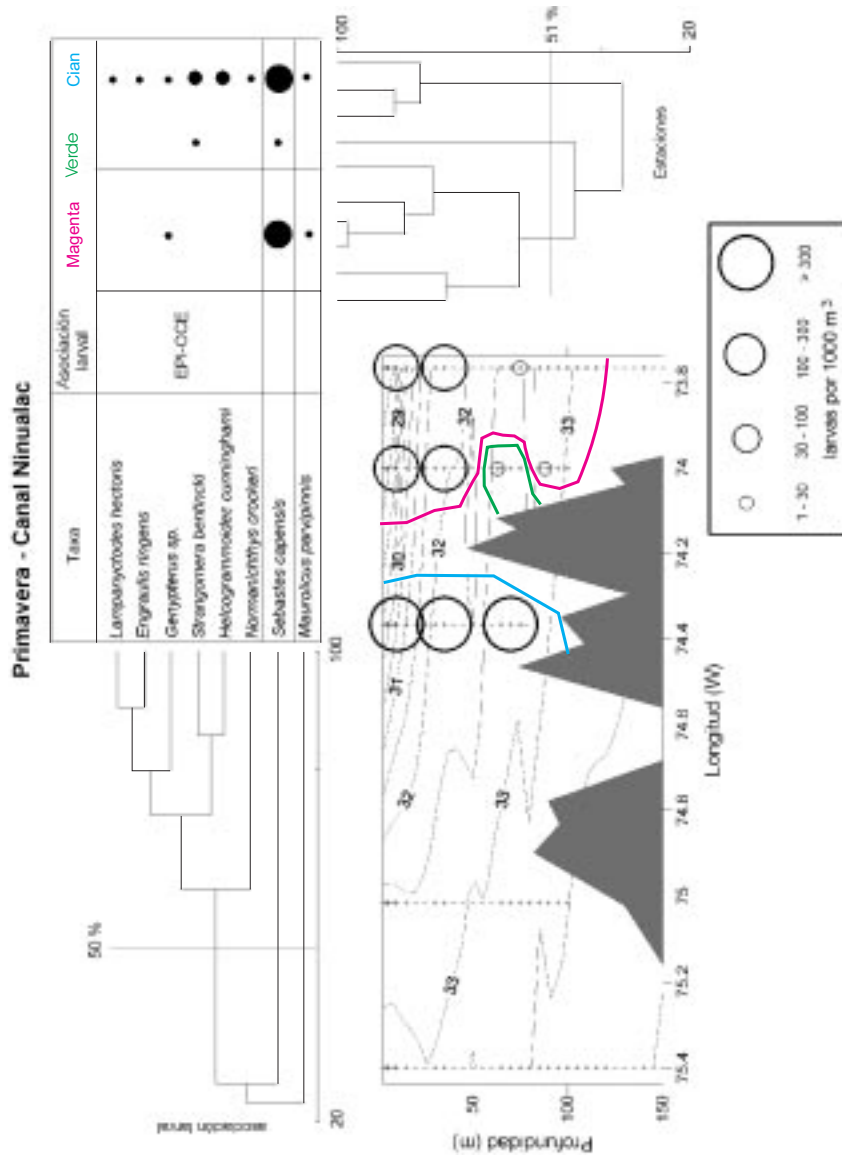


Fig. 9. Relación entre agregaciones de estaciones y asociaciones larvales en el canal Ninualiac para el crucero de noviembre de 2003. El tamaño del símbolo (círculos negros) es proporcional a la abundancia para cada taxa en cada grupo de estaciones. Las líneas de colores indican agregaciones de estaciones. EPI-OCE: asociación epipelágica oceánica. Isohalinas en la figura inferior.

Fig. 9: Relationship between station cluster and larval assemblages in the Ninualiac channel, for the November 2003 cruise. Symbol size (black dots) is proportional to abundance for each taxa in each group of stations. Colour lines show aggregation of stations. EPI-OCE: epipelagic-oceanic assemblage. Isohalines in the lower part of the figure.

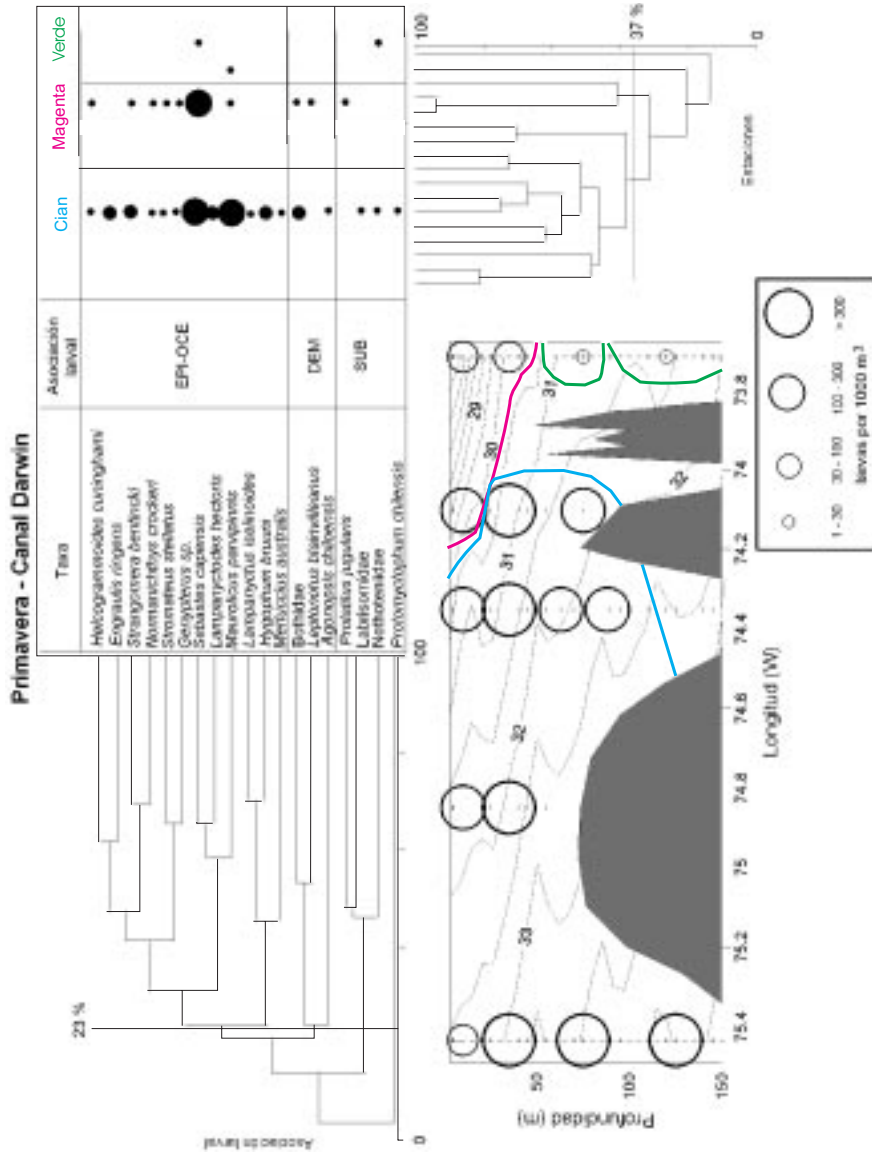


Fig. 10: Relación entre agregaciones de estaciones y asociaciones larvales en el canal Darwin para el cruce de noviembre de 2003. El tamaño del símbolo (círculos negros) es proporcional a la abundancia para cada taxa en cada grupo de estaciones. Las líneas de colores indican agregaciones de estaciones. EPI-OCE: asociación epipelágica-oceánica. DEM: asociación demersal. SUB: asociación submareal. Isohalinas en la figura inferior. Relationship between station cluster and larval assemblages in the Darwin channel, for the November 2003 cruise. Symbol size (black dots) is proportional to abundance for each taxa in each group of stations. Colour lines show aggregation of stations. EPI-OCE: epipelagic-oceanic assemblage. DEM: demersal assemblage. SUB: subtidal assemblage. Isohalines in the lower part of the figure.

Las mayores abundancias de larvas de peces (>100 larvas x 1000 m⁻³) fueron detectadas en las áreas externas de mayor salinidad, presentándose valores reducidos (<30 larvas x 1000 m⁻³) en la zona interior profunda (>50 m) del canal Darwin. Las tres asociaciones ictioplanctónicas detectadas por los análisis multivariados (EPI-OCE, SUB, DEM) estuvieron presentes en mayor proporción en las estaciones externas del canal Darwin. El diverso grupo EPI-OCE dominó toda la columna de agua de las estaciones exteriores (*S. capensis*, *M. parvipinnis*) y las aguas someras y salobres del interior del canal (*S. capensis*). Este último grupo de estaciones contó con la presencia de especies de la asociación larval DEM (Bothidae, *L. blainvillanus*) y SUB (*Prolatilus jugularis*). Las estaciones interiores profundas presentaron baja abundancia y diversidad (no más de dos taxa, Fig. 10).

2.4 Canal Pulluche

El canal Pulluche denotó una termoclina entre los 10-40 m de profundidad y una haloclina somera a los 25 m de profundidad, con valores superiores a 30 en aguas más profundas (Figs. 7 y 11). Tres grupos de estaciones y dos asociaciones larvales se originaron a través del análisis de dendrogramas. La estación más externa presentó valores superiores a 100 larvas x 1000 m⁻³, y estuvo compuesta exclusivamente por larvas pertenecientes a la asociación EPI-OCE (*S. bentincki*, *S. capensis*, *M. parvipinnis*, *L. hectoris*, *H. bruuni*); la estación intermedia y las estaciones interiores comparten la presencia en baja cantidad de larvas de la asociación DEM (*Engraulis ringens*, *Hippoglossina macrops*, *Genypterus* sp.) y sólo se diferencian por la ausencia de larvas de *M. parvipinnis* en la estación intermedia (Fig. 11).

DISCUSIÓN

Los peces marinos que tienen larvas planctónicas pueden generar una variedad de tácticas reproductivas dependiendo del hábitat utilizado por los adultos (i.e., epipelágicos, demersales, intermareales, etc.). Diversos grupos de peces sincronizan sus actividades reproductivas con procesos físicos de mesoescala para retener y/o transportar sus huevos y larvas a zonas de crianza, y maximizar las posibilidades de sobrevivencia de los estados tempranos. La convergencia de algunas tácticas entre algunos taxa se ve reflejada en el ictioplancton con la formación de asociaciones larvales de peces (Smith *et al.*, 1999, Rodríguez-Graña & Castro, 2003, Berasategui *et al.*, 2004). En Chile central los

peces pelágicos pequeños desovan en los primeros metros de la columna de agua en zonas costeras durante invierno para reducir las pérdidas por advección (Castro *et al.*, 2000, Castro & Hernández, 2000, Hernández & Castro, 2000). Especies de hábitos demersales como la merluza *Merluccius gayi* y el lenguado de ojos grandes *Hippoglossina macrops*, y mesopelágicos como *Maurolicus parvipinnis* desovan asociados a Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) durante la época de surgencias (primavera principalmente) para que sus larvas sean transportadas sub-superficialmente a zonas costeras ricas en alimento (Vargas *et al.*, 1997, Vargas & Castro, 2001, Landaeta & Castro, 2002, Landaeta *et al.*, 2006). Por otra parte, las larvas de peces intermareales y oceánicos son recolectadas en mayor densidad durante los meses de verano (Balbontín & Bravo, 1999, Hernández-Miranda *et al.*, 2003).

En la zona de fiordos y canales de la XI región de Chile las tácticas parecen ser diferentes a lo descrito para Chile central: durante invierno se concentra el desove de especies demersales y en primavera el ictioplancton está dominado por especies epipelágicas. Balbontín & Bravo (1993) definen a través de análisis gonadosomáticos que la época reproductiva de la merluza del sur *Merluccius australis* en esta zona ocurre entre julio y septiembre, período durante el cual se agregan los adultos en la zona comprendida entre islas Guafo y Guablín para desovar (Céspedes *et al.*, 1996). Tanto huevos como larvas serían transportados hacia aguas interiores de la X y XI regiones por la boca del Guafo según el modelo de circulación propuesto por Silva *et al.* (1998), donde ocurriría el reclutamiento de las merluzas del sur y de cola (Lillo *et al.*, 2004). Aunque la ausencia de larvas de peces demersales en la boca del Guafo tanto en invierno como en primavera no permite comprobar el modelo propuesto por Céspedes *et al.* (1996) y Lillo *et al.* (2004), los resultados obtenidos en este trabajo muestran que en agosto de 2003 hubo un dominio casi exclusivo de larvas en preflexión de merluza de cola *Macruronus magellanicus*, con abundancias promedio de ~ 1.900 larvas x 1.000 m⁻³ (Tabla I), principalmente a lo largo de todo el canal Pulluche (Fig. 6).

Por otro lado, durante primavera aumenta la diversidad en número de especies presentes en la zona (Tabla I) y dominan taxa con larvas epipelágicas como la sardina común *Strangomera bentincki*, y la cabrilla *Sebastes capensis* (Balbontín & Bernal, 1997, Bernal & Balbontín, 1999, Landaeta & Castro, 2006). Un caso espe-

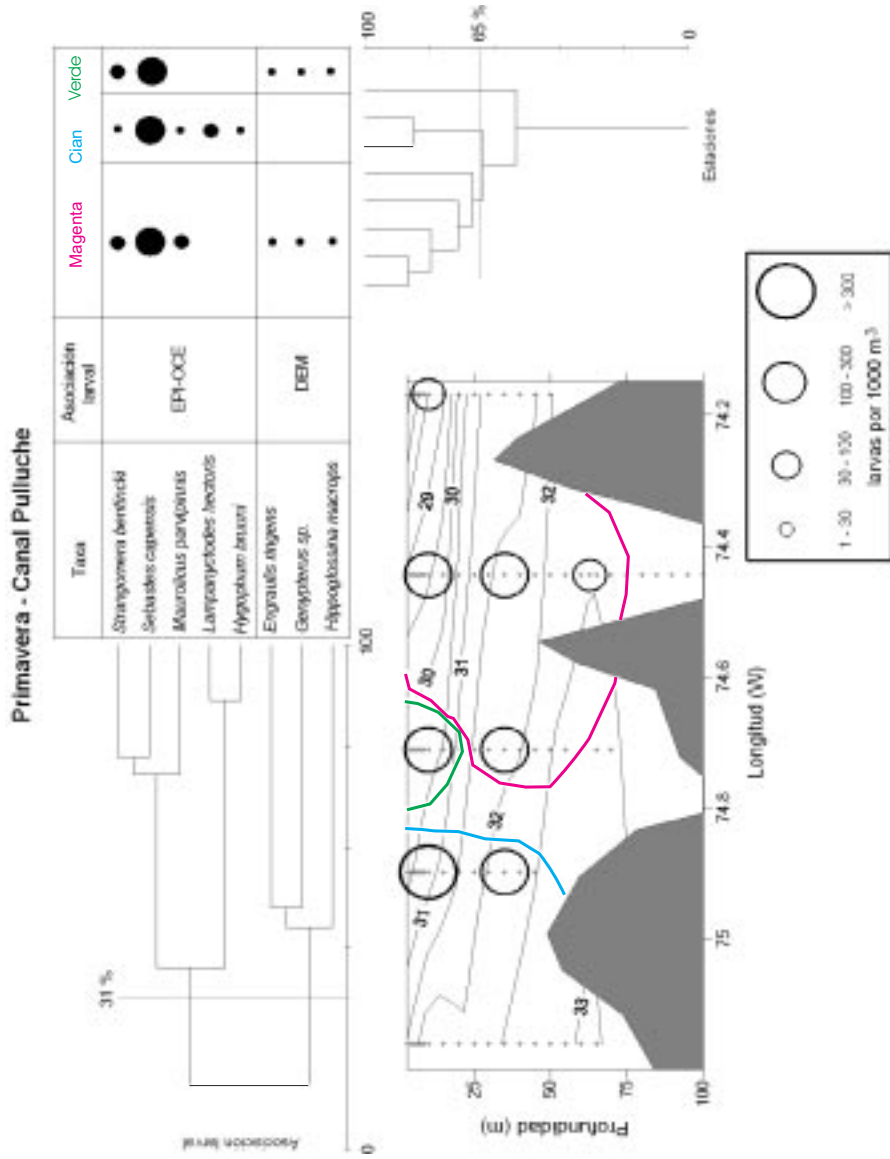


Fig. 11: Relación entre agregaciones de estaciones y asociaciones larvales en el canal Pulluche para el crucero de noviembre de 2003. El tamaño del símbolo (círculos negros) es proporcional a la abundancia para cada taxa en cada grupo de estaciones. Las líneas de colores indican agregaciones de estaciones. EPI-OCE: asociación epipelágica-oceánica. DEM: asociación demersal.

Fig. 11: Relationship between station cluster and larval assemblages in the Pulluche channel, for the november 2003 cruise. Symbol size (black dots) is proportional to abundance for each taxa in each group of stations. Colour lines show aggregation of stations. EPI-OCE: epipelagic-oceanic assemblage. DEM: demersal assemblage. Isohalines in the lower part of the figure.

cial parece ser el pez mesopelágico *Maurolicus parvipinnis* que al igual que su especie hermana *Maurolicus muelleri* parece utilizar las aguas estuarinas de fiordos como zonas de desove durante primavera (Lopes, 1979, Balbontín & Bernal, 1997). El tipo de circulación estuarina en la zona más la presencia de altas amplitudes (Strub *et al.*, 1998) y fuertes corrientes de marea ($\approx 10-16 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$, Cáceres & Valle-Levinson, 2004, Salinas & Hormazábal, 2004) generan flujos de salida superficiales que podrían transportar las larvas de peces presentes en los primeros 30-40 m de la columna de agua desde el mar interior hacia la plataforma continental adyacente.

La variación estacional tanto en composición como en abundancia de taxa larvales coincide con cambios estacionales físicos y biológicos en la columna de agua. En invierno, la luz está fuertemente limitada mientras que un incremento en la iluminación en primavera tiende a un rápido crecimiento del fitoplancton. Adicionalmente, la estructura vertical de la columna de agua es más homogénea en comparación a la mayor estratifi-

cación observada en primavera (Figs. 2 y 7, Silva *et al.*, 1997, 1998) provocada por el mayor aporte de agua dulce de ríos entre octubre y diciembre (Salinas & Hormazábal, 2004). Estas variables generan una fuerte estacionalidad en la producción primaria y composición de microplancton (Toro *et al.*, 1999), cambiando de diatomeas de baja salinidad en invierno a diatomeas marinas en primavera y verano (Cassis *et al.*, 2002).

Las larvas de mictófidos sólo fueron halladas en baja abundancia durante ambos periodos de muestro en zonas con conexiones abiertas con el océano Pacífico como la boca del Guafo (Fig. 4) y en la entrada de los canales longitudinales, y no parecen utilizar el mar interior de Chile austral como área de crianza tal como lo hacen algunas especies en latitudes altas (Koubbi *et al.*, 2001).

La Fig. 12 es un modelo conceptual que resume las probables tácticas reproductivas utilizadas por las diferentes asociaciones de peces durante invierno y primavera para canales lon-

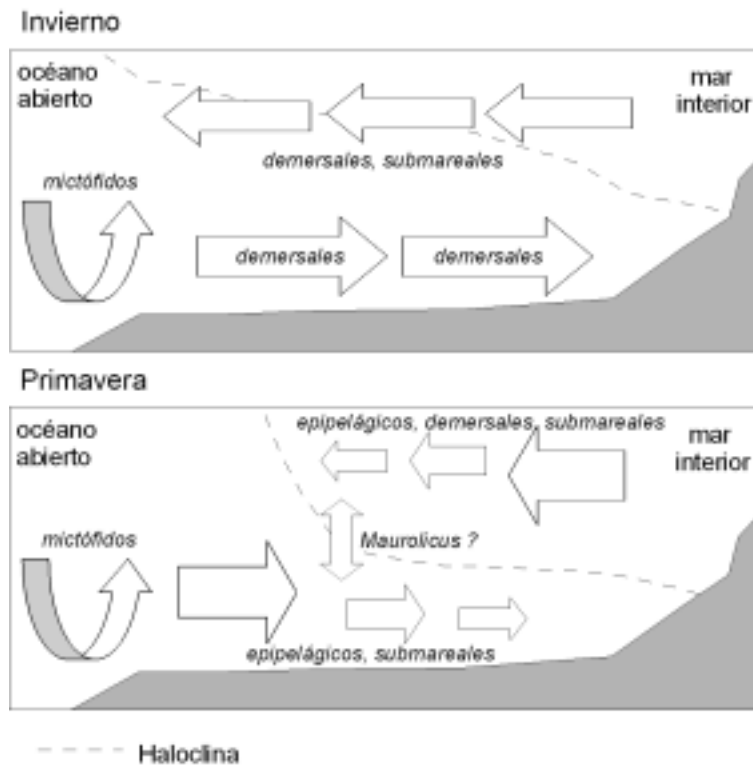


Fig. 12: Modelo conceptual de utilización de la columna de agua de las diferentes asociaciones ictioplácticas durante invierno y primavera en la zona de canales de la XI región de Chile.

Fig. 12: Conceptual model of utilization of water column by larval fish assemblages during austral winter and spring in the Patagonian fjords of Chile (XI region).

gitudinales de la XI región de Chile, considerando un modelo de circulación de dos capas característico de zonas estuarinas. Durante el invierno, los taxa de las asociaciones demersales se hallan en aguas someras y profundas de los canales transversales, por lo que estarían entrando y saliendo del mar interior; en cambio las especies de las asociaciones submareales, presentes en aguas someras, serían transportadas hacia la plataforma continental adyacente. Bajo este escenario, los mictófididos utilizan sólo las aguas exteriores de la zona de canales de la XI región. Por otra parte, durante primavera, cuando la estratificación vertical se hace más marcada, hay una mayor separación de las asociaciones larvales. Grupos de larvas de origen epipelágico costero y oceánicos se hallan en aguas de características oceanográficas menos influidas por la descarga de agua dulce de los fiordos adyacentes (i.e., mayor temperatura y salinidad). Las asociaciones larvales presentes en el mar interior están dominadas por larvas de *Sebastes capensis* y otros taxa submareales, demersales y, en menor grado, larvas de peces epipelágicos. La única especie de características mesopelágicas presente tanto en el mar interior como sobre la plataforma continental adyacente es *Maurolicus parvipinnis*, que podría utilizar esta zona como un área de crianza larval temprana.

La alta heterogeneidad espacial de la zona de fiordos y canales y sus singulares condiciones meteorológicas e hidrográficas permiten entonces el desarrollo de varias tácticas para aumentar las probabilidades de sobrevivencia de las etapas del ciclo de vida (huevos, larvas y/o juveniles) de los peces marinos que habitan la zona austral de Chile.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los oficiales y tripulación del AGOR "Vidal Gormaz" y el personal científico a bordo por su ayuda en la colección de las muestras de zooplancton. Claudia Bustos y Roxana León apoyaron en la separación de las muestras. Los datos hidrográficos fueron proporcionados por Mario Cáceres. Durante este estudio el primer autor fue financiado por una beca doctoral CONICYT. Este trabajo es parte de un proyecto CIMAR 9 Fiordos adjudicado a L. R. Castro y M. F. Landaeta, y está dedicado a Rolando Bernal y Reinaldo Reh Hof (Q.E.P.D.) quienes, a su manera, aportaron al conocimiento científico de los fiordos de Chile austral.

REFERENCIAS

- ANTEZANA, T. 1999. Hydrographic features of Magellan and Fuegian inland passages and adjacent Subantarctic waters. En: Magellan-Antarctic: Ecosystems that drifted apart. W.E. Arntz & C. Ríos (Eds.). Sci. Mar. 63 (Supl. 1): 23-34.
- BALBONTÍN, F. & R. BERNAL. 1997. Distribución y abundancia del ictioplancton en la zona austral de Chile. Cienc. Tecnol. Mar, 20: 155-163.
- BALBONTÍN, F. & R. BRAVO. 1993. Fecundidad, talla de la primera madurez sexual y datos biométricos en la merluza del sur *Merluccius australis*. Rev. Biol. Mar, 28(1): 111-132.
- BALBONTÍN, F. & R. BRAVO. 1999. Distribución, abundancia y agrupaciones del ictioplancton en un área de desove de merluza común frente a Valparaíso. Rev. Biol. Mar. Oceanogr. 34: 233-260.
- 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 (Pisces: Gadiformes). New Zealand J. Mar. Fresh. Res. 38: 609-619.
- BASEDOW, S. L., K. EIANE, V. TVERBERG & M. SPINDLER. 2004. Advection of zooplankton in an Arctic fjord (Kongsfjorden, Svalbard). Estuar. Coast. Shelf Sci. 60: 113-124.
- BERNAL, R. & F. BALBONTÍN. 1999. Ictioplancton de los fiordos entre el golfo de Penas y el estrecho de Magallanes, y factores ambientales asociados. Cienc. Tecnol. Mar, 22: 155-164.
- BERASATEGUI, A. D., E. M. ACHA, & N. C. FERNÁNDEZ ARAOZ. 2004. Spatial patterns of ichthyoplankton assemblages in the Río de la Plata Estuary (Argentina-Uruguay). Estuar. Coast. Shelf Sci. 60: 599-610.
- 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.

- 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.
- CÁCERES, M., A. VALLE-LEVINSON & L. ATKINSON. 2003. Observations of cross-channel structure of flow in an energetic tidal channel. *J. Geophys. Res.* 108(C4): 3.114.
- CASSIS, D., P. MUÑOZ, & S. AVARIA. 2002. Temporal changes of the phytoplankton between 1993 and 1998 in a fixed station inside Aysen fjord, Chile (45° 26' S 73° 00' W). *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 37: 43-65.
- CASTRO, L. R. & E. H. HERNÁNDEZ. 2000. Early life survival of the anchoveta *Engraulis ringens* off central Chile during the 1995 and 1996 winter spawning season. *Trans. Am. Fish. Soc.* 129: 1.107-1.117.
- 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.
- CÉSPEDES, R., L. ADASME, H. REYES, M. BRAUN, E. FIGUEROA, V. VALENZUELA, V. OJEDA & R. ROA. 1996. Identificación de áreas de reclutamiento de merluza del sur en la zona sur austral. *Informes Técnicos FIP, FIP/IT 93-20*, 328 p.
- ESPINOSA-FUENTES, M. L. & C. FLORES-COTO. 2004. Cross-shelf and vertical structure of ichthyoplankton assemblages in continental shelf waters of the Southern Gulf of Mexico. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 59: 333-352.
- HAMAMÉ, M. & T. ANTEZANA. 1999. Chlorophyll and zooplankton in microbasins along the Strait of the Magellan-Beagle Channel passage. En: *Magellan-Antarctic: Ecosystems that drifted apart*. W.E. Arntz & C. Ríos (Eds.). *Sci. Mar.* 63 (Supl. 1): 35-42.
- HERNÁNDEZ, E. H. & L. R. CASTRO. 2000. Larval growth of the anchoveta *Engraulis ringens* during the winter spawning season off central Chile. *Fish. Bull.* 98: 704-710.
- HERNÁNDEZ-MIRANDA, E., A. T. PALMA & F. P. OJEDA. 2003. Larval fish assemblages in nearshore coastal waters off central Chile: temporal and spatial patterns. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 56: 1.075-1.092.
- KOUBBI, P., G. DUHAMEL & C. HEBERT. 2001. Seasonal relative abundance of fish larvae inshore at Iles Kerguelen, Southern Ocean. *Antarc. Sci.* 13: 385-392.
- 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. Prog. Ser.* 226: 179-191.
- LANDAETA, M. F. & L. R. CASTRO. 2006. 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., G. A. HERRERA, M. PEDRAZA, C. A. BUSTOS & L. R. CASTRO. 2006. Reproductive tactics and larval development of bigeye flounder, *Hippoglossina macrops* off central Chile. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 86: 1.253-1.564.
- LILLO, S., R. CÉSPEDES, M. A. BARBIERI, A. SAAVEDRA & P. GÁLVEZ. 2004. Programa temporal de evaluación hidroacústica de merluza del sur en aguas interiores de la X y XI regiones. Año 2002. *Informe Final FIP 2002-07*. 236 p.
- LOPES, P. C. 1979. Eggs and larvae of *Maurollicus muelleri* (Gonodostomatidae) and other fish eggs and larvae from two fjords in western Norway. *Sarsia* 64: 199-210.
- MARÍN, V. H. & L. E. DELGADO. 2001. La taxocenosis de copépodos calanoideos en los canales magallánicos: un patrón anidado. *Cienc. Tecnol. Mar.* 24: 81-89.
- MOSER, H. G. 1996. The early stages of fishes in the California Current region. *CalCOFI Atlas N° 33*. Allen Press Inc. Lawrence, Kansas.
- NEIRA, F. J., MISKIEWICZ, A. G. & T. TRNSKI. 1998. Larvae of Temperate Australian Fishes. Laboratory guide for larval fish identification. University of Western Australia Press: Nedlands. 474 p.
- OLIVAR, M. P. & J. M. FORTUÑO. 1991. Guide to ichthyoplankton of the southern Atlantic (Benguela current region) *Sci. Mar.* 55: 1-383.

- RODRÍGUEZ-GRAÑA, L. & L. R. CASTRO. 2003. Ichthyoplankton distribution off the Península 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.
- 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: 5-15.
- SILVA, N., C. CALVETE & H. SIEVERS. 1997. Características oceanográficas físicas y químicas de canales australes chilenos entre Puerto Montt y laguna San Rafael (Crucero CIMAR-Fiordo 1). *Cienc. Tecnol. Mar*, 20: 23-106.
- 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.
- SMITH, K. A., M. T. GIBBS, J. H. MIDDLETON & I. M. SUTHERS. 1999. Short term variability in larval assemblages of the Sydney shelf: tracers of hydrographic variability. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 178: 1-15.
- STRUB, P. T., J. M. MESIAS, V. MONTECINO, J. RUTLLANT & S. SALINAS. 1998. Coastal ocean circulation off western South America. En: *The Sea* 11: pp. 273-313. A.R. Robinson and K.H. Brink (Eds.). John Wiley and Sons.
- TORO, J. D., P. I. PAREDES, J. D. VILLAGRA & C. M. SENN. 1999. Seasonal variation in the phytoplankton community, seston and environmental variables during a two-year period and oyster growth at two maricultures sites, southern Chile. *Mar. Ecol.* 20: 63-89.
- 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: 101-110.
- VARGAS, C. A., G. S. VALENZUELA, S. P. NÚÑEZ & D. R. ARCOS. 1997. Role of oceanographic and topographic factors in the retention of hake (*Merluccius gayi gayi* Guichenot, 1848) larvae in the upwelling system off central-southern Chile. *Arch. Fish. Mar. Res.* 45: 201-222.