

DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE LARVAS DE MOLUSCOS GASTERÓPODOS Y BIVALVOS EN FIORDOS Y CANALES DEL SUR DE CHILE*

DISTRIBUTION AND ABUNDANCE OF GASTROPOD AND BIVALVE MOLLUSK
LARVAE IN FJORDS AND CHANNELS IN SOUTHERN CHILE

BERNARDITA CAMPOS
PAOLA DÍAZ

Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales,
Universidad de Valparaíso.
Casilla 5080, Reñaca, Chile.
E-mail: <mailto:bernardita.campos@uv.cl>

Recepción: 31 de agosto de 2006 - Versión corregida aceptada: 7 de marzo de 2007.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue relacionar la ocurrencia y abundancia de larvas de moluscos con las características hidrográficas locales de los fiordos y canales del sur de Chile, como una primera aproximación a estudios de ecología de larvas de moluscos en esa área.

Las muestras de zooplancton se obtuvieron durante el crucero CIMAR 9 Fiordos, entre la boca del Guafo y punta Leopardos, en canal Darwin, bahía Darwin, canal Costa y canal Moraleda, en el sur de Chile, en dos etapas: 9 a 18 de agosto y 7 a 11 de noviembre de 2003. Las muestras se recolectaron por lances oblicuos, con una red WP2 (180 μm de abertura de malla), en cinco estratos de profundidad. Para los análisis se estandarizó el número de larvas por m^3 .

Se obtuvieron larvas de moluscos gasterópodos y bivalvos en todas las estaciones de ambas etapas. Se recolectaron 28.223 larvas, correspondientes a 159 larvas m^{-3} en la etapa 1 (agosto 2003) y 8.268 larvas, correspondientes a 161 larvas m^{-3} en la etapa 2 (noviembre 2003). En la etapa 1, las mayores abundancias totales de larvas se registraron en la boca del Guafo y en parte del canal Moraleda. En la etapa 2, las mayores abundancias totales se obtuvieron en el sector oceánico del canal Darwin y en el seno Aysén. Verticalmente, no se encontraron diferencias significativas en la abundancia total de larvas, ni tampoco por clase de molusco, en ninguna de las dos etapas.

Las diferencias en abundancia larval entre los dos períodos de muestreo indicarían que los procesos que intervienen en la distribución de larvas ocurrirían en plazos inferiores a tres meses, por lo cual, para conocer mejor los patrones de abundancia local, se requiere una estrategia de muestreo a escalas de tiempo más cortas. El patrón vertical de abundancia larval fue coincidente con las características homogéneas de las variables físico químicas de la columna de agua lo cual podría ser ventajoso para las larvas ya sea para transportarse a otras áreas o para permanecer en la zona debido a la hidrografía local.

Palabras claves: Meroplancton, ecología larval, Pacífico sureste.

*Proyecto CONA-C9F 03-04.

ABSTRACT

The aim of this research was to relate the occurrence and abundance of mollusk larvae with the local hydrography of southern fjords and channels of Chile as a first approach to study the ecology of mollusk larvae in that area.

Zooplankton samples were collected during the CIMAR 9 Fiordos cruise, between Boca del Guafo and Punta Leopardos, in Canal Darwin, Bahía Darwin, Canal Costa and Canal Moraleda, in two legs: 9 to 18 August and 7 to 11 November, 2003. Five minutes-oblique sampling was performed with a WP2 net (180 mm mesh size) in five depth strata. For analyses, each sample was standardized to number of larvae by m^3 .

Gastropod and bivalve larvae were collected at all stations sampled in both cruise legs. A total of 28,223 larvae, corresponding to $159 \text{ larvae } m^{-3}$, were collected in leg 1 (August 2003) and 8,727 larvae corresponding to $161 \text{ larvae } m^{-3}$ in leg 2 (November 2003). In leg 1, the higher total abundances were registered in Boca del Guafo and in part of the Canal Moraleda. In leg 2, the higher total abundances were registered in the oceanic area of the Canal Darwin and in the Seno Aysén. Vertically, there were no significant differences in total larval abundance or by mollusk class in any of the two legs.

Differences in larval abundance between the two sampling periods would indicate that the intervening processes in larval distribution and abundance occur at time scales shorter than three months so to examine more accurately the patterns of local larval abundance, a sampling strategy at shorter time scales is required. The vertical pattern of larval abundance was coincident with the homogeneous characteristics of the water column physico-chemical variables which could be advantageous for larvae to be transported to other areas or to be kept in the same area due to local hydrography.

Key words: Meroplankton, larval ecology, Southeast Pacific.

INTRODUCCIÓN

Los moluscos constituyen un componente importante de las comunidades bentónicas tanto en zonas costeras como oceánicas de los fiordos. La mayoría de los moluscos bentónicos posee un ciclo de vida con desarrollo indirecto, originando estados larvales pelágicos que permanecen en la columna de agua desde unas pocas horas hasta varios meses e incluso hasta más de un año, dependiendo de la especie, las condiciones ambientales y la disponibilidad de alimento (Scheltema, 1986; Vilicic *et al.*, 1994; Buckland-Nicks *et al.*, 2002; Molinet *et al.*, 2005). Este estado finaliza con la metamorfosis y el asentamiento en un sustrato adecuado, dando origen a juveniles que son

reclutados a la población adulta (Strathmann, 1987).

El estudio de los estados larvales de moluscos ha sido enfocado desde diferentes perspectivas: estructural, evolutiva, del desarrollo o ecológica (Young, 2002).

La disponibilidad de larvas competentes (en condiciones de metamorfosear y asentarse si las condiciones de sustrato son adecuadas) es de gran importancia para mantener las poblaciones de un área determinada (Shanks & Brink, 2005), influyendo también en la conservación de la biodiversidad (Trakhtitenbrot *et al.*, 2005) y para el manejo pesquero (Bostford *et al.*, 2001).

La distribución espacial de las larvas dependería principalmente de la longitud de la etapa larval, de la conducta de las larvas y del régimen hidrográfico que las larvas encuentran (Young & Chia, 1987; Marín & Moreno, 2002; Fetzer, 2005). Su dispersión es el resultado de la interacción de procesos pasivos (advección) y activos (natación) que ocurren a distintas escalas espacio-temporales (Siegel *et al.*, 2003; Kinlan *et al.*, 2005). Las larvas se dispersarían pasivamente dependiendo de las corrientes y podrían regular activamente su posición vertical en respuesta a discontinuidades fisicoquímicas de la columna de agua (Mann *et al.*, 1991). Los primeros estados larvales nadan hacia la superficie donde encuentran fuertes corrientes que las dispersan mientras que los estados más avanzados pueden permanecer en aquellos estratos que les son más favorables: las larvas de especies intermareales permanecerían en las capas superiores mientras que las de especies submareales se ubicarían en estratos más profundos a medida que avanzan en su desarrollo de modo de tener mayores oportunidades de encontrar el sustrato adecuado para su asentamiento (Buckland-Nicks *et al.*, 2002; Zardus & Martel, 2002; Poulin *et al.*, 2002a,b). La posición vertical de las larvas en la columna de agua es de gran trascendencia para su retención o exportación en o hacia áreas adecuadas para su posterior asentamiento ya que el ambiente hidrodinámico al cual están expuestas es un componente esencial para un asentamiento exitoso al bentos (Butman, 1987; Dobretsov & Miron, 2001).

Los fiordos y canales del sur de Chile presentan una gran heterogeneidad de hábitat lo que a su vez, posibilita diferencias en las comunidades faunísticas incluso a pequeñas escalas espaciales (Gutt *et al.*, 2003). En la región austral de Chile, los moluscos estarían representados por cerca de 250 especies de gasterópodos y por más de 100 especies de bivalvos (Valdovinos, 1999), con varios representantes que constituyen recursos de importancia económica; sin embargo, a pesar de la diversidad existente y de la importancia de algunas especies, los estudios biológicos y/o ecológicos relacionados con este grupo son muy es-

casos y han estado enfocados principalmente al estado adulto (Clasing *et al.*, 1999; Osorio *et al.*, 2003, Osorio & Reid, 2004; Vega *et al.*, 2000; Osorio *et al.*, 2005); con respecto de estudios de larvas de moluscos en la zona, Antezana *et al.* (1999) hacen referencia a larvas de gasterópodos, como un componente menor en un estudio del zooplancton de los canales magallánicos y recientemente, Molinet *et al.* (2005, 2006) han estudiado la distribución y abundancia de larvas de loco, *Concholepas concholepas*. Por su parte, las investigaciones acerca de larvas de bivalvos en la zona de fiordos y canales del sur de Chile son inexistentes en la literatura disponible. De aquí que el objetivo de esta investigación fue relacionar la ocurrencia y abundancia de larvas de moluscos gasterópodos y bivalvos con las características hidrográficas locales de los fiordos y canales de la XI Región en dos períodos del año, como una primera aproximación a estudios de distribución de larvas de moluscos en esta importante zona de Chile.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de zooplancton fueron obtenidas durante el desarrollo del crucero CIMAR 9 Fiordos, por el AGOR "Vidal Gormaz", entre la boca del Guafo y punta Leopardos (final fiordo Elefantes), en el canal Darwin, bahía Darwin, canal Costa y el canal Moraleda (entre 43° 30' y 46° 30' S; 73° 30' y 74° 40' W), en dos etapas: 9 a 18 de agosto y 7 a 11 de noviembre de 2003. En la figura 1 se señalan las estaciones de muestreo de larvas de moluscos. En cada estación las muestras fueron obtenidas con una red WP2 de 180 µm de abertura de malla, provista de mecanismo de cierre y flujómetro. Las muestras se recolectaron por lances oblicuos, de 5 minutos de arrastre cada uno, en los siguientes estratos: 200-150; 150-100; 100-50; 50-25; 25-0 m, excepto en aquellas estaciones más someras donde se recolectaron hasta una profundidad lo más cercana posible al fondo. En algunas estaciones los muestreos fueron diurnos y en otras, nocturnos, según la planificación general del recorrido del buque.

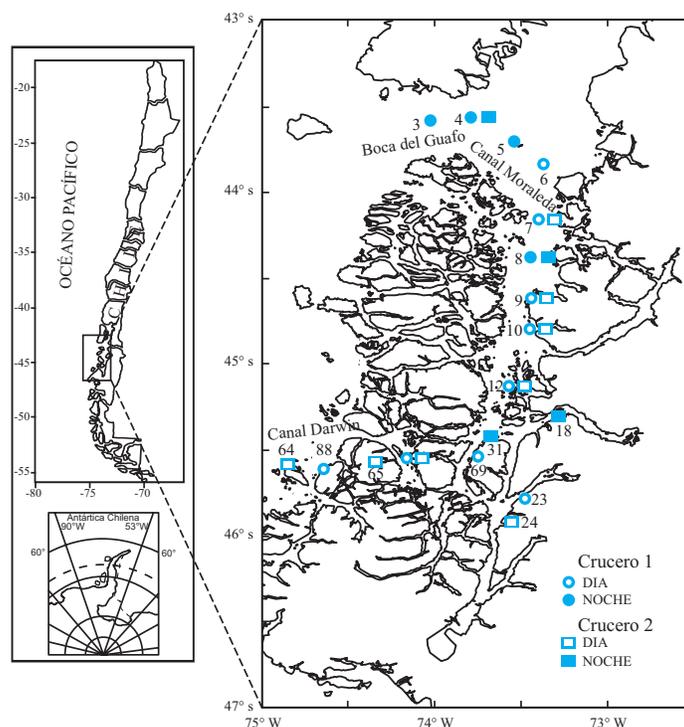


Fig. 1: Mapa del área de estudio indicando las estaciones de muestreo de larvas de moluscos durante las dos etapas (agosto y noviembre 2003) del crucero CIMAR 9 Fiordos.

Fig. 1: Map of the study area showing the mollusk larvae sampling stations during the two legs (August and November 2003) of the CIMAR 9 Fiordos cruise.

Inmediatamente después de ser recolectadas, las muestras fueron fijadas con formalina al 4% neutralizada con bórax la cual, en el laboratorio, fue reemplazada por etanol con glicerofosfato de sodio para mantener el pH sobre 8,5 y así preservar mejor las conchas. En el laboratorio se analizó la totalidad de cada muestra; las larvas de moluscos fueron separadas manualmente de los otros organismos planctónicos con ayuda de un estéreo microscopio Wild M8, clasificadas en gasterópodos y bivalvos y contadas con ayuda de un contador manual. Para la descripción de la abundancia larval por estación se estandarizó el número de larvas por m^3 , según Deibel (2005) y para graficar las abundancias en el mapa, se utilizó el programa SURFER 7.0. Se dispuso de datos de oxígeno disuelto, salinidad y temperatura de la columna de agua, obtenidos con CTD en las estaciones de muestreo de larvas.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa MINITAB 13.20. Para determinar la existencia de diferencias significativas en la abundancia de larvas, primero se comprobó la normalidad de los datos y la homocedasticidad de las varianzas. Cuando no se cumplieron los supuestos, los datos fueron transformados a $\log(x+1)$ para normalizarlos y reducir la variabilidad; luego se aplicó análisis de varianza de un factor (ANOVA). Cuando no fue posible aplicar análisis paramétrico, se utilizó la prueba de Mann-Whitney (Zar, 1984).

RESULTADOS

Distribución espacial y abundancia de larvas

Se obtuvieron larvas de moluscos en todas las estaciones muestreadas durante las dos eta-

pas. Sólo en siete estaciones pudieron realizarse muestreos de larvas de moluscos en agosto y noviembre. En la etapa 1 (agosto 2003) se recolectaron 28.223 larvas, correspondientes a 159 larvas m^{-3} ; en la etapa 2 (noviembre 2003) se obtuvo un total de 8.268 larvas, correspondientes a 161 larvas m^{-3} . Todas las larvas correspondieron a las clases Gastropoda y Bivalvia. En la etapa 1, las larvas de gasterópodos constituyeron el 54,7% y en la etapa 2, el 31,1% del total de larvas de moluscos; por su parte, las larvas de bivalvos, constituyeron el 45,3% en la etapa 1 y el 68,9% en la etapa 2. No se encontraron diferencias significativas en las abundancias totales de larvas de las dos clases entre ambas etapas del crucero (ANOVA, $p=0,384$).

Etapa 1, agosto 2003

En esta etapa, las mayores abundancias totales de larvas se registraron en las estaciones 3 y 4, ubicadas en la boca del Guafo (Fig. 2).

Al comparar las abundancias totales de larvas de moluscos por estación, se encontraron diferencias significativas entre ellas (ANOVA, $p=0,00$). Sin embargo, a partir del análisis gráfico, se pudieron distinguir tres grupos de estaciones según la abundancia total de larvas: las estaciones 3, 4 y 9, de mayor abundancia (18-49 larvas m^{-3}), (sin diferencias significativas entre ellas, ANOVA, $p=0,37$); las estaciones 6, 8, 67 y 88, con abundancias entre 8 y 14 larvas m^{-3} (sin diferencias significativas entre ellas, $p=0,84$), y las estaciones 12, 23 y 69, de menor abundancia (4-5 larvas m^{-3}), (sin diferencias significativas entre ellas, ANOVA, $p=0,85$). Las estaciones 7 y 10 no se incluyeron en el análisis por falta de normalidad y homocedasticidad, respectivamente.

Las abundancias sólo de larvas de gasterópodos en el conjunto de estaciones (Fig. 3) resultaron significativamente diferentes (ANOVA, $p=0,00$), siendo mucho más abundantes en la boca del Guafo, cerca del océano. Sin em-

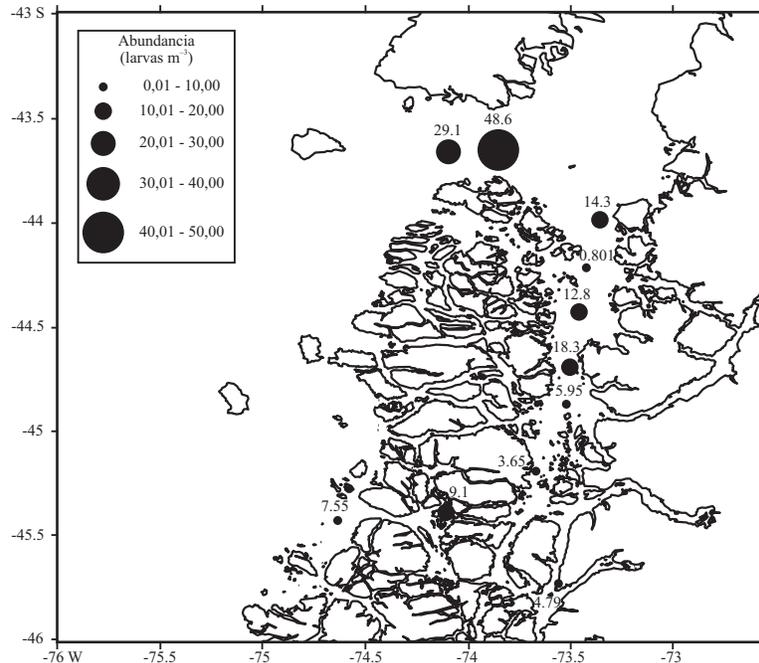


Fig. 2: Abundancia total de larvas de moluscos (N° de larvas m^{-3}) por estación, en la etapa 1 (agosto 2003) del crucero CIMAR 9 Fiordos.

Fig. 2: Total abundance of mollusk larvae (No. of larvae m^{-3}) by station, in leg 1 (August 2003) of the CIMAR 9 Fiordos cruise.

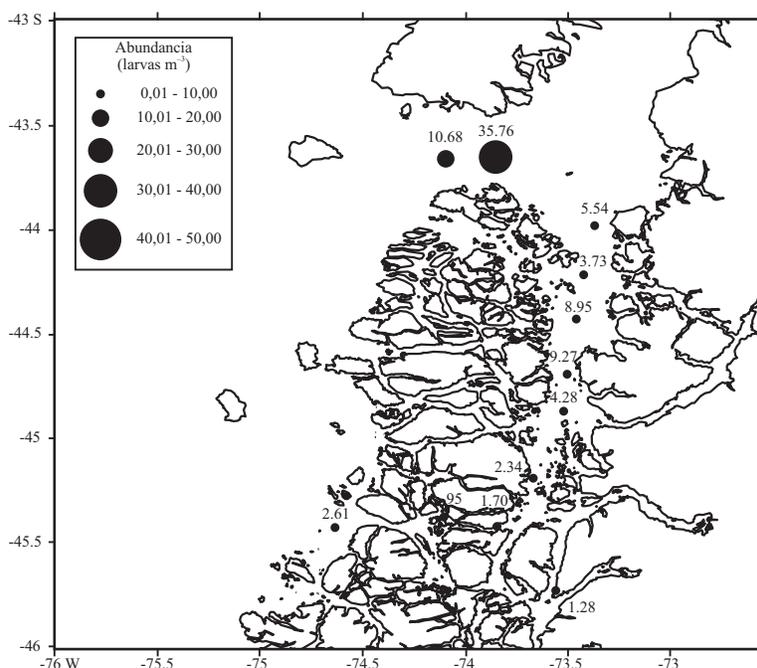


Fig. 3: Abundancia total de larvas de gasterópodos (Nº de larvas m^{-3}) por estación, en la etapa 1 (agosto 2003) del crucero CIMAR 9 Fiordos.

Fig. 3: Total abundance of gastropod larvae (No. of larvae m^{-3}) by station, in leg 1 (August 2003) of the CIMAR 9 Fjordos cruise.

bargo, existirían dos grupos de estaciones de acuerdo a la abundancia: uno, formado por las estaciones 3, 6, 8, 9, 10, 67 y 88, con abundancias entre 3 y 11 larvas m^{-3} , sin diferencias significativas entre ellas (ANOVA, $p=0,23$) y otro grupo formado por las estaciones 12, 23 y 69, de menor abundancia (1 a 2 larvas m^{-3}), también sin diferencias significativas (ANOVA, $p=0,415$); la estación 4, de mayor abundancia (36 larvas m^{-3}), no se agruparía con el resto. En la estación 4 se registró la mayor abundancia y en la estación 7, la menor. Esta última estación quedó fuera del análisis por falta de normalidad.

Las mayores abundancias sólo de larvas de bivalvos en el conjunto de estaciones (Fig. 4) se encontraron en la boca del Guafo, resultando en diferencias significativas entre las estaciones (ANOVA, $p=0,00$). Existirían dos grupos de estaciones: uno formado por las estaciones 3, 4, 6, 9, 67 y 88, de mayor abundancia

(5 a 18 larvas m^{-3}), sin diferencias significativas entre ellas (ANOVA, $p=0,40$), y otro conformado por las estaciones 8, 10, 12 y 23, de menor abundancia (1 a 3 larvas m^{-3}), sin diferencias significativas entre ellas (ANOVA, $p=0,42$). La menor abundancia se registró en la estación 7 (0 larvas m^{-3}) y la mayor en la estación 3 (18 larvas m^{-3}). Las estaciones 7 y 69 quedaron fuera del análisis por falta de homocedasticidad y normalidad, respectivamente.

Etapa 2, noviembre 2003

En esta etapa, las mayores abundancias totales de larvas de moluscos se obtuvieron en el sector oceánico del canal Darwin (estaciones 64 y 65), en el seno Aysén (estación 16) y al inicio del canal Moraleda (estación 7) (Fig. 5); sin embargo, en general, se encontró menor variación en la abundancia entre las estaciones muestreadas.

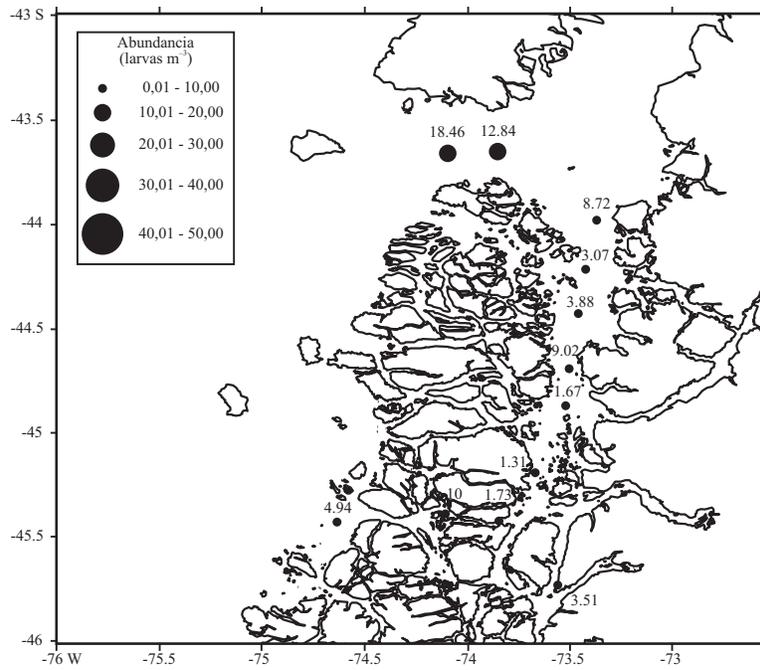


Fig. 4: Abundancia total de larvas de bivalvos (Nº de larvas m⁻³) por estación, en la etapa 1 (agosto 2003) del crucero CIMAR 9 Fiordos.

Fig. 4: Total abundance of bivalve larvae (No. of larvae m⁻³) by station, in leg 1 (August 2003) of the CIMAR 9 Fiordos cruise.

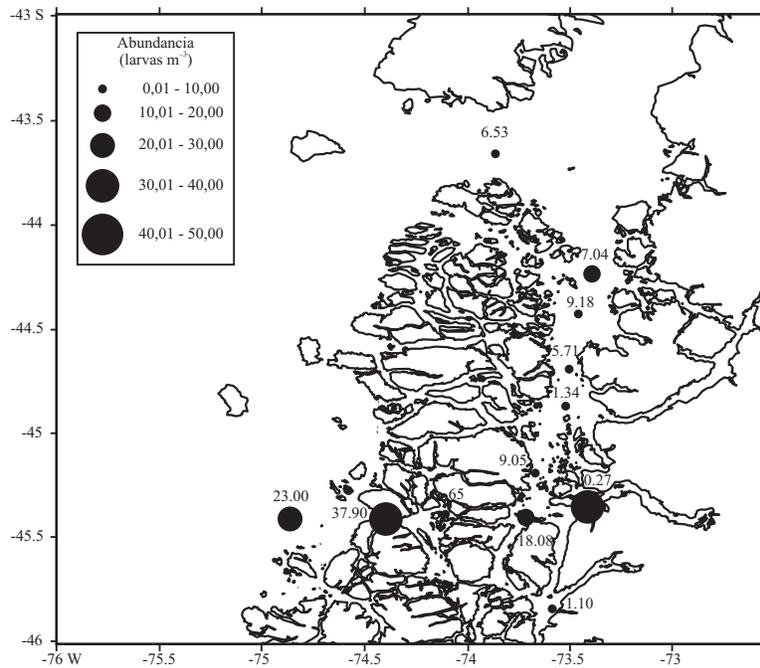


Fig. 5: Abundancia total de larvas de moluscos (Nº de larvas m⁻³) por estación, en la etapa 2 (noviembre 2003) del crucero CIMAR 9 Fiordos.

Fig. 5: Total abundance of mollusk larvae (No. of larvae m⁻³) by station, in leg 2 (November 2003) of the CIMAR 9 Fiordos cruise.

Las abundancias totales de larvas de moluscos, en el conjunto total de estaciones, fueron significativamente diferentes entre ellas (ANOVA, $p=0,01$). Sin embargo, se encontraron dos grupos de abundancia total de larvas: uno de menor abundancia (1 a 17 larvas m^{-3}), formado por las estaciones 4, 7, 8, 9, 10, 12, 24 y 67, sin diferencias significativas entre ellas (ANOVA, $p=0,70$), y otro, de mayor abundancia (20 a 38 larvas m^{-3}) formado por las estaciones 16, 31, 64 y 65, sin diferencias significativas entre ellas (ANOVA, $p=0,38$). La menor abundancia se registró en la estación 24 (1 larva m^{-3}) y la mayor (38 larvas m^{-3}) en la estación 65.

La abundancia de larvas de gasterópodos en el conjunto de estaciones (Fig. 6), no presentó diferencias significativas (ANOVA, $p=0,15$) entre ellas, con abundancias entre 0 y 11 larvas m^{-3} .

La abundancia de larvas de bivalvos en el conjunto de estaciones (Fig. 7) fue mucho mayor en el canal Darwin que en el resto de los canales. En general, se encontraron diferencias significativas (ANOVA, $p=0,00$) en abundancia larval entre estaciones. Se distinguen dos

grupos de estaciones: uno de menor abundancia (1 a 18 larvas m^{-3}), formado por las estaciones 4, 7, 8, 9, 10, 12, 24, 31 y 67, sin diferencia significativa ($p=0,69$), y otro grupo de mayor abundancia (20 a 38 larvas m^{-3}), formado por las estaciones 16, 64 y 65, sin diferencia significativa ($p=0,49$).

Al comparar la abundancia total de larvas de moluscos, en las siete estaciones muestreadas en ambas etapas, se encontraron diferencias significativas (ANOVA, $p<0,05$) en las estaciones 4 ($p=0,02$) y 9 ($p=0,01$). Las estaciones 7 y 10 quedaron fuera del análisis por falta de homocedasticidad. Por su parte, al comparar la abundancia total de larvas de gasterópodos en las siete estaciones muestreadas en ambas etapas (Fig. 8), se encontraron diferencias significativas (ANOVA, $p<0,05$) sólo en las estaciones 4 ($p=0,03$) y 9 ($p=0,00$); las estaciones 7 y 10 quedaron fuera del análisis por falta de normalidad y homocedasticidad, respectivamente. En las larvas de bivalvos se encontró diferencia significativa en su abundancia (ANOVA, $p<0,05$) sólo en la estación 9 ($p=0,02$); la estación 7 quedó fuera del análisis por falta de homocedasticidad (Fig. 9).

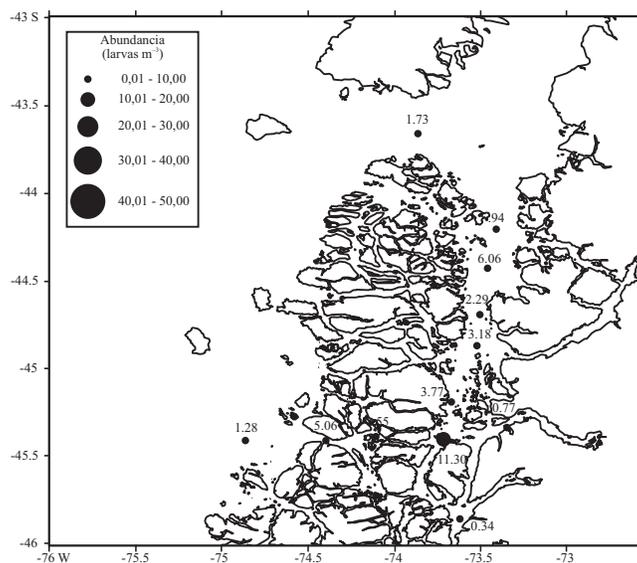


Fig. 6: Abundancia total de larvas de gasterópodos (N° de larvas m^{-3}) por estación, en la etapa 2 (noviembre 2003) del crucero CIMAR 9 Fiordos.

Fig. 6: Total abundance of gastropod larvae (No. of larvae m^{-3}) by station, in leg 2 (November 2003) of the CIMAR 9 Fiordos cruise.

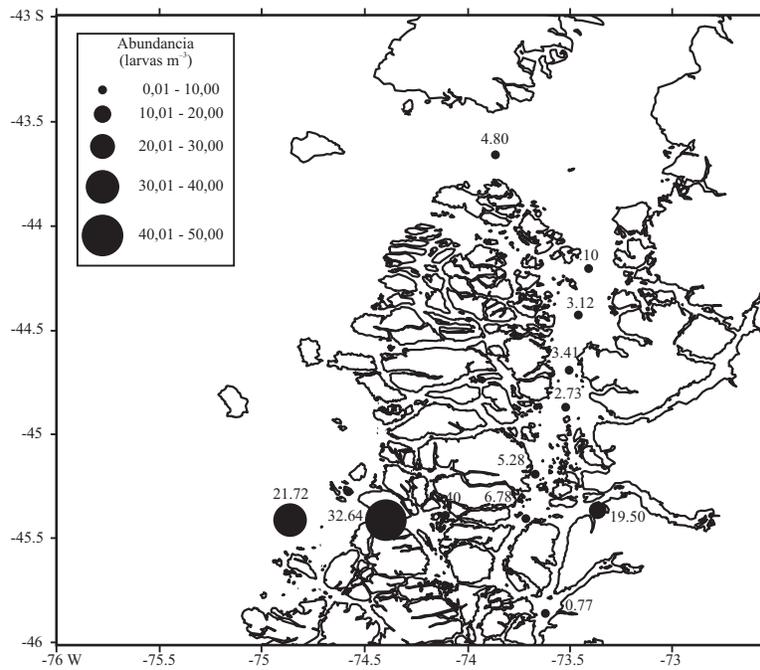


Fig. 7: Abundancia total de larvas de bivalvos (Nº de larvas m⁻³) por estación, en la etapa 2 (noviembre 2003) del crucero CIMAR 9 Fiordos.

Fig. 7: Total abundance of bivalve larvae (No. of larvae m⁻³) by station, in leg 2 (November 2003) of the CIMAR 9 Fiordos cruise.

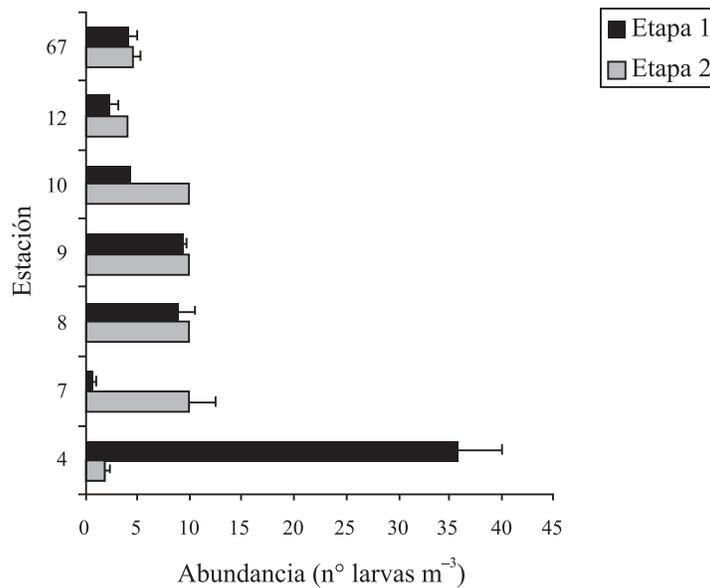


Fig. 8: Comparación en la abundancia de larvas de gasterópodos (Nº de larvas m⁻³) en las estaciones muestreadas en las dos etapas del crucero CIMAR 9 Fiordos.

Fig. 8: Comparison of gastropod larval abundance (No. of larvae m⁻³) in stations sampled in both legs of the CIMAR 9 Fiordos cruise.

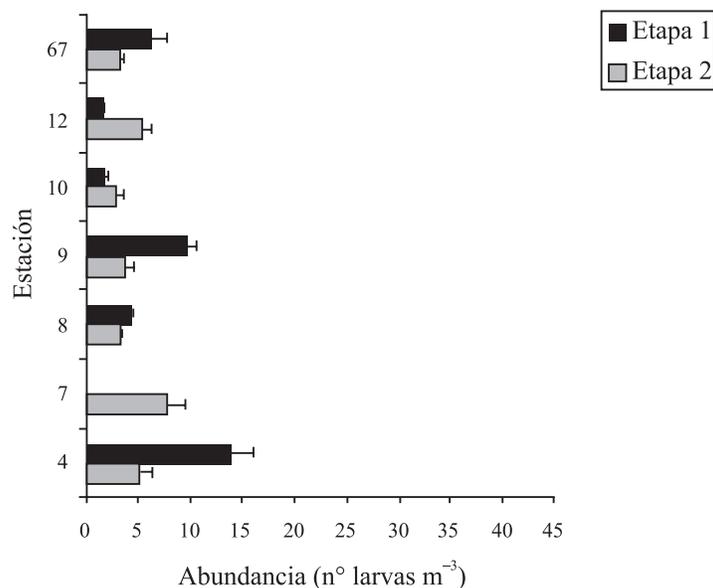


Fig. 9: Comparación en la abundancia de larvas de bivalvos (N° de larvas m⁻³) en las estaciones muestreadas en las dos etapas del crucero CIMAR 9 Fiordos.

Fig. 9: Comparison of bivalve larval abundance (No. of larvae m⁻³) in stations sampled in both legs of the CIMAR 9 Fiordos cruise.

Abundancia de larvas según la profundidad

Verticalmente, no se encontraron diferencias significativas en abundancia total de larvas, ni tampoco por clases separadas (ANOVA, $p > 0,05$) (Figs. 10 y 11), en ninguna de las dos etapas del crucero. El estrato 25-0 m quedó fuera del análisis por falta de normalidad cuando se examinó la abundancia de larvas de gasterópodos en la segunda etapa.

DISCUSIÓN

La presencia de larvas de moluscos gasterópodos y bivalvos en todas las estaciones muestreadas tanto en agosto como en noviembre de 2003 corroboraría que este grupo de invertebrados es un componente importante de la biodiversidad faunística del sur de Chile, tal como se demuestra en el trabajo de Valdovinos (1999) al indicar la existencia de cerca de 250 especies de gasterópodos y más de 100 especies de bivalvos en esas latitudes.

Shanks (1998) propone que el transporte de larvas es especie-específico por lo cual un acabado estudio de la comunidad larval requiere identificar correctamente las larvas a nivel de especie; lo anterior constituye actualmente, una de las mayores dificultades para realizar estudios de ecología larval (Shanks, 2001). Es así como los escasos trabajos de ecología larval de moluscos realizados en Chile, no incluyen una identificación específica (por ejemplo, Antezana *et al.*, 1999; Campos & Ramorino, 1984; Campos *et al.*, 1993), excepto cuando se examina una especie determinada (por ejemplo, Molinet *et al.*, 2005, 2006; Peña *et al.*, 1994, Poulin *et al.*, 2001a, b), lo que limita las interpretaciones de los procesos ecológicos involucrados. De aquí la importancia de contar con más trabajos de identificación de los primeros estados de vida de los moluscos de la costa chilena como los aportados, por ejemplo, por Ramorino & Campos (1983), Campos & Ramorino (1990), Bellolio *et al.* (1994), Acevedo (1995), Díaz (2005) y Romero & Valdebenito (2002).

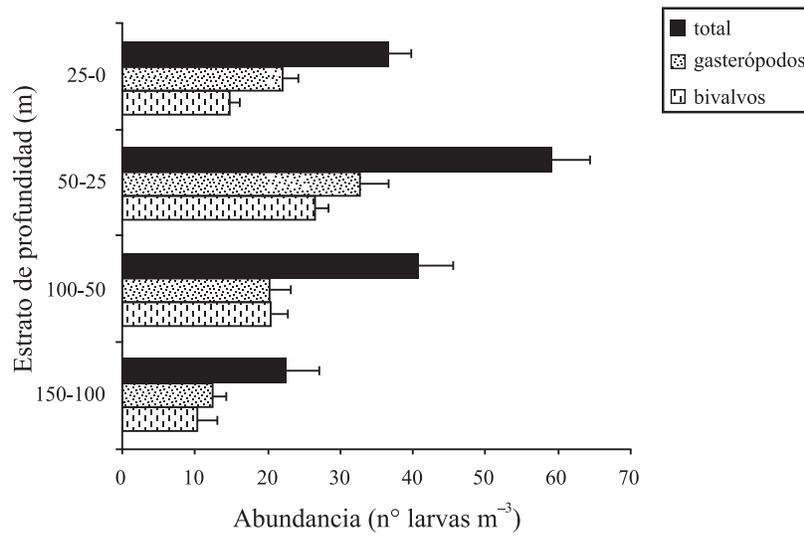


Fig. 10: Abundancia de larvas de moluscos por estrato de profundidad en la etapa 1 (agosto 2003) del crucero CIMAR 9 Fiordos.

Fig. 10: Abundance of mollusk larvae by depth layer in leg 1 (August 2003) of the CIMAR 9 Fiordos cruise.

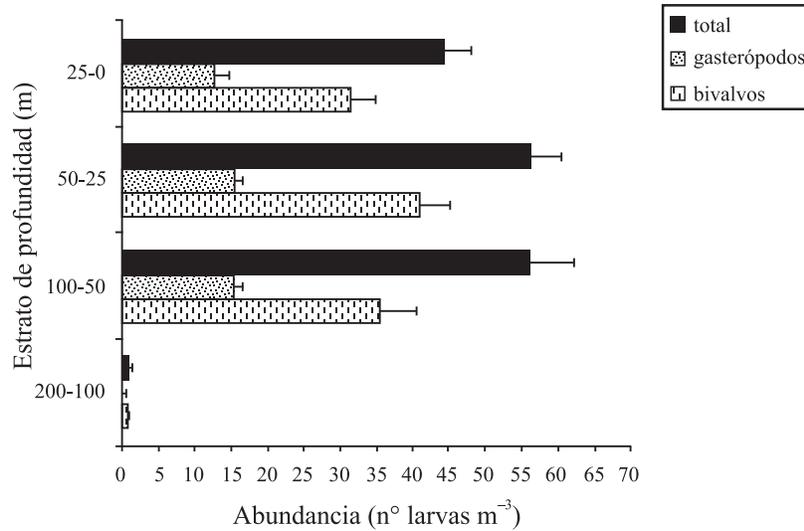


Fig. 11: Abundancia de larvas de moluscos por estrato de profundidad en la etapa 2 (noviembre 2003) del crucero CIMAR 9 Fiordos.

Fig. 11: Abundance of mollusk larvae by depth layer in leg 2 (November 2003) of the CIMAR 9 Fiordos cruise.

La distribución espacial de las larvas de moluscos dependería principalmente del régimen hidrográfico que estos estados encuentran (Young & Chia, 1987; Kinlan *et al.*, 2005). Para la zona de estudio, Silva *et al.* (1995) han propuesto un modelo de circulación general con una estructura de tres capas: una capa superficial (0 a 20-30 m) con aguas de baja densidad, con un transporte neto hacia fuera de las aguas interiores; una capa intermedia (30-150 m) de agua subantártica superficial, con transporte neto hacia las aguas interiores y, una capa profunda (bajo 150 m y hasta el fondo) de agua ecuatorial sub-superficial, con transporte neto también hacia las aguas interiores; por su parte, Guzmán & Silva (2002) han señalado para la mayoría de las variables oceanográficas, una distribución vertical de dos capas: una capa superficial más cálida, con mayor contenido de oxígeno, ligeramente básica, menos salina y con menor contenido de nutrientes y otra capa profunda, más homogénea en sus características que la superficial. Todo este proceso de intercambio se realizaría fundamentalmente a través de la zona de la boca del Guafo y golfo Corcovado, zona donde además existe una depresión submarina que se extiende desde la plataforma hasta la zona interior del golfo, en el sector sur, frente a las islas Guaitecas y que influiría en la circulación local y en la generación de una alta productividad de la zona, mediante la generación de surgencias en la región este de la depresión o por la generación de frentes asociados a las diferencias de la batimetría, como ocurre en otros sistemas estuarinos. Lo anterior explicaría, en parte, que las mayores abundancias de larvas recolectadas en agosto 2003, se hubieran encontrado en las estaciones ubicadas en la boca del Guafo; nuestros resultados son coincidentes con las concentraciones de clorofila registradas para el área mediante fotografías satelitales (Cáceres, *com. pers.*), los altos niveles de biomasa de fitoplancton registrados en la estación 4 durante el mismo período de estudio (Montecino *et al.*, 2004) y con la alta biomasa zooplanctónica registrada en la misma zona, el año 2004, por Palma *et al.* (2005),

lo que contribuiría a pensar que se trataría de una zona altamente productiva aunque con modificaciones temporales en sus niveles de productividad ya que, por otra parte, Ramírez & Pizarro (2005) encontraron bajos niveles de clorofila, en noviembre 1995, en el golfo Corcovado. Sin embargo, no es posible dilucidar, con un muestreo no replicado, efectuado sólo en dos estaciones, si la abundancia de larvas de moluscos registrada refleja efectivamente una alta productividad local. Por otra parte, esta zona, al ser la principal área de interacción entre las aguas estuarinas y el océano, con un fuerte efecto del viento en la circulación, sería una zona de importancia en el transporte larval hacia áreas más abiertas ya que la mayoría de las larvas, en esas estaciones, se encontraron en las capas de agua superficiales.

El mar interior de la zona de estudio se caracteriza por presentar una evidente estratificación de la columna de agua (Guzmán & Silva 2002). Las mareas, de tipo semidiurno, y los vientos (Valle-Levinson & Blanco 2004) pueden alterar profundamente la estratificación existente. Cáceres & Valle-Levinson (2004) han señalado que las constricciones en fiordos y canales posibilitarían procesos de recirculación que podrían afectar la distribución de los organismos planctónicos en algunas zonas. La estratificación de la columna de agua puede constituir una barrera para el desplazamiento vertical de las larvas de moluscos (Mann *et al.*, 1990; Dobretsov & Miron, 2001), por lo cual, la posición vertical de las larvas en la columna de agua es de gran trascendencia para su retención o exportación. La falta de diferencias significativas en la abundancia larval entre los estratos verticales sería coincidente con las condiciones de gradientes no muy marcados de temperatura y salinidad que se registraron durante el crucero (Guerra & Silva 2004). Aunque sin diferencias significativas en la distribución vertical, se recolectaron más larvas en el estrato de 25-50 m, con una abundancia algo menor en los estratos más profundos; de acuerdo con el modelo de circulación general, propuesto por Silva *et al.*

(1998), esta distribución vertical de las larvas podría estar relacionada con mecanismos de retención en aguas interiores. Por su parte, Molinet *et al.* (2006) proponen una explicación para la agregación de larvas competentes de *Concholepas concholepas* en la superficie del agua de un sistema estratificado, asumiendo que las larvas no atravesarían una fuerte discontinuidad salina (haloclina). Debido a que distintos estados larvales tienen diferentes capacidades para regular la profundidad donde se ubican, es necesario poder identificar los distintos estados en que se encuentran las larvas velígeras al momento de su recolección: pre competentes o competentes. Baker & Mann (2003) han sugerido para algunas especies de bivalvos, que mientras las larvas pre competentes tienden a ser retenidas en los estuarios, las larvas pedivelígeras, competentes a la metamorfosis, no exhibirían tal comportamiento sino que regulan su distribución vertical para localizar mejor un potencial sustrato donde asentarse. Es así que estos autores indican la conveniencia de analizar los patrones de distribución vertical por separado entre los estados competentes y tempranos.

La importante abundancia de larvas registrada en la estación oceánica del canal Darwin, en noviembre de 2003, podría deberse a la existencia de un régimen hidrográfico distinto al que caracteriza la zona de canales interiores. El análisis de la composición específica de larvas podría corroborar lo anterior si es que es posible separar las especies de moluscos de hábitat oceánico de aquellas que sólo se encuentran en zonas interiores.

Las diferencias en abundancia larval en las mismas estaciones entre los dos períodos de muestreo son coincidentes con los patrones temporales de abundancia larval de numerosos invertebrados marinos. Estos resultados estarían indicando que los procesos que intervienen en la distribución y abundancia de larvas ocurrirían en plazos inferiores a tres meses (el período entre ambas etapas del crucero), por lo cual, para conocer con mayor precisión

los patrones de abundancia, se requiere una estrategia de muestreo con series de tiempo de mayor frecuencia.

La presencia de larvas en todas las estaciones y durante las dos etapas de muestreo indicaría también que esta zona presenta condiciones apropiadas para la reproducción de las especies que allí habitan, a pesar de las bajas temperaturas del agua, factor importante en la reproducción de los moluscos marinos. Clasing *et al.* (1999), al analizar la madurez gonádica de varias especies de bivalvos de la zona, señalan que estas especies tendrían sus respectivos períodos de máxima madurez reproductiva en primavera y verano y que, además, los florecimientos fitoplanctónicos que ocurren en la zona durante diferentes períodos del año pueden tener una influencia importante en el desarrollo de las gónadas de estas especies al incrementar la disponibilidad de alimento. Los resultados de abundancia de larvas de gasterópodos, en el período invernal, podrían avalar lo señalado por Osorio *et al.* (2003) respecto de que algunas especies tendrían sus ciclos biológicos adaptados a estas latitudes, resultando en actividad reproductiva durante el invierno. En un estudio de abundancia de larvas de moluscos realizado en la zona costera frente a Papudo (32° 32' S; 71° 27' 30" W), también se encontró una mayor abundancia de larvas de gasterópodos durante el invierno (Campos *et al.*, 1993). Ello podría indicar que varias especies de esta clase se reproducirían en este período o que originarían larvas de mayor duración en el plancton. Los estudios acerca de la dinámica reproductiva de moluscos en la zona sur son aún muy escasos para poder relacionar nuestros resultados con las estrategias reproductivas que exhiben las distintas especies de moluscos en la zona austral.

Por otra parte, al menos la mayoría de las especies de bivalvos presenta períodos de desarrollo larval inferiores a tres meses. Si se considera que las larvas capturadas presentaron tallas cercanas o superiores a 180 mm (tamaño de poro de la red), es posible señalar que

muchas de las larvas estaban en avanzado estado de desarrollo (Brink, 2001), es decir, estarían competentes para asentarse y metamorfosear en caso de encontrar un sustrato adecuado. Por lo tanto, se podría suponer que en la zona hay especies de bivalvos que se reproducen también en otoño e invierno o que producen larvas de larga permanencia en el plancton.

El hecho de no haber encontrado diferencias significativas en la abundancia de larvas de moluscos en los distintos estratos verticales es coincidente con la homogeneidad de las variables físico químicas registrada en la columna de agua (Guerra & Silva, 2004). Esta condición permite que las larvas se ubiquen en toda la columna de agua, alcanzando hasta los 100 m de profundidad, tomando ventajas de su posición vertical ya sea para transportarse a otras áreas o para permanecer en la zona debido a las corrientes locales.

Aunque este trabajo no incluye la identificación específica de las larvas recolectadas, sería esperable que la diversidad larval coincidiera, en general, con la composición malacológica del área, en cuanto a especies con desarrollo larval indirecto. Dado que el número de larvas de gasterópodos fue mayor que el de bivalvos y que el número de especies (en estado adulto) de gasterópodos registrado para la zona también es mayor que el de bivalvos, como lo señala Valdovinos (1999), los resultados obtenidos podrían reflejar la composición malacológica del área; sin embargo, hay que considerar también la posible presencia de larvas de especies propias de otras zonas y que pudieran haber sido transportadas, alcanzando hasta el área estudiada como lo señala Ugalde (2005). También hay que considerar que no todas las especies de moluscos tienen desarrollo indirecto con estados larvales. Los gasterópodos, en particular, presentan muchas especies con desarrollo directo, produciendo directamente estados juveniles bentónicos. Kedra (2004) también encontró que la biodiversidad de los moluscos bentónicos fue mucho más

alta que la diversidad pelágica para este grupo, sugiriendo la necesidad de realizar un estudio comparativo específico acerca de la diversidad a nivel pelágico y bentónico para disponer de un claro panorama acerca del verdadero nivel de diversidad faunística de una zona en particular.

Como resultado de este primer estudio de larvas de moluscos en la zona de fiordos y canales, queda en evidencia la necesidad de realizar estudios integrados de distribución temporal de larvas y postlarvas de este grupo para determinar sus rangos de variación natural de abundancia y detectar, a nivel local, los posibles factores ambientales responsables de la variabilidad en los reclutamientos a las poblaciones adultas. Ello contribuiría a detectar, en una escala espacial menor, si hay zonas particulares de agregación de larvas en las que debieran enfocarse investigaciones específicas. En este sentido, coincidimos con la sugerencia de Marín & Moreno (2002) en el sentido de enfocar conjuntamente los esfuerzos de oceanógrafos y ecólogos para definir las escalas espacio temporales que permitan integrar el conocimiento acerca de dispersión de larvas.

AGRADECIMIENTOS

A Javier Atalah y Franz Goecke, por recolectar las muestras durante las dos etapas del crucero CIMAR 9 Fiordos, respectivamente. A Carolina Salinas, por la separación y cuantificación de las larvas. Al Dr. Mario Cáceres, por facilitar los datos de CTD y por poner a nuestra disposición fotos satelitales y literatura que contribuyeron a la discusión. A Leoncio González, por preparar el material de embarque y colaborar en el procesamiento de muestras. A René Astudillo, por colaborar en la confección de gráficos y figuras. Al personal del AGOR "Vidal Gormaz", por su ayuda en los muestreos y al Comité Oceanográfico Nacional, por financiar este proyecto. A los revisores anónimos que contribuyeron a mejorar esta publicación.

REFERENCIAS

- ACEVEDO, C. 1995. Caracterización morfológica de larvas de moluscos gasterópodos obtenidas frente a Quintero, V Región. Tesis de Biología Marina, Inst. Oceanología, Universidad de Valparaíso, Chile, 115 pp.
- ANTEZANA, T., A. GIRALDO & M. HAMAMÉ. 1999. Distribución de taxa y fracciones de tamaño del zooplancton y clorofila en primavera en canales magallánicos y fueguinos. Resultados Crucero CIMAR 3 Fiordos. Resúmenes Ampliados: 87-94.
- BAKER, P. & R. MANN. 2003. Late stage bivalve larvae in a well-mixed estuary are not inert particles. *Estuaries* 26(4): 837-845.
- BELLOLIO, G., P. TOLEDO & B. CAMPOS. 1994. Morfología de la concha larval y postlarval del ostión *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) (Bivalvia: Pectinidae) en Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 67: 229-237.
- BOSTFORD, L. W., A. HASTINGS & S. D. GAINES. 2001. Dependence of sustainability on the configuration of marine reserves and larval dispersal distance. *Ecol. Letters* 4: 144-150.
- BRINK, L. 2001. Mollusca: Bivalvia. En: *An Identification Guide to the Larval Marine Invertebrates of the Pacific Northwest*. A. Shanks (ed.). Oregon State Univ. Press, pp. 131-149.
- BUCKLAND-NICKS, J., G. GIBSON & R. KOSS. 2002. Phylum Mollusca: Gastropoda. En: Young C.M. (ed.). *Atlas of Marine Invertebrate Larvae*. Academic Press, California, cap. 14: 261-287.
- BUTMAN, C. A. 1987. Larval settlement of soft-sediment invertebrates: The spatial scales of patterns explained by active habitat selection and the emerging role of hydrodynamical processes. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 25: 113-165.
- 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.
- CAMPOS, B. & L. RAMORINO. 1984. Vigilancia de variaciones climatológicas y bioceanográficas en la zona de Quintero, Chile (32° 45' S), en relación al fenómeno "El Niño". Informe final, pp. 73-83. Inst. Oceanología, Universidad de Valparaíso.
- CAMPOS, B. & L. RAMORINO. 1990. Larvas y postlarvas de Pholadacea de Chile (Mollusca: Bivalvia). *Rev. Biol. Mar.* 25 (1): 15-63.
- CAMPOS, B., S. GUTIÉRREZ & B. MALET. 1993. Caracterización espacio-temporal de moluscos de fondos blandos sublitorales del puerto de Papudo, V Región. Informe final. Proyecto DIUV 07-93, Dirección de Investigación, Universidad de Valparaíso.
- CLASING, E., H. CARRILLO & L. ARRATIA. 1999. Estado de desarrollo gonadal de cuatro especies de bivalvos de la infauna, recolectadas en canales adyacentes a Campos de Hielo Sur durante una primavera austral. *Cienc. Tecnol. Mar.* 22: 155-164.
- DEIBEL, D. 2005. Marine biodiversity monitoring. Monitoring protocol for zooplankton. 16 pp. www.eman-rese.ca/eman/ecotools/protocols/marine/zooplankton (consulta: 211205)
- DÍAZ, P. 2005. Ontogenia de la concha larval y postlarval de *Venus antiqua*, *Mulinia edulis*, *Ensis macha*, *Hiatella solida* y *Hiatella* sp. (Mollusca: Bivalvia) de la costa de Chile. Tesis de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales, Universidad de Valparaíso, Chile, 147 pp.

- DOBRETISOV, S. & G. MIRON. 2001. Larval and post-larval vertical distribution of the mussel *Mytilus edulis* in the White Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 218: 179-187.
- FETZER, I. 2005. Reproduction strategies and distribution of larvae and juvenile of benthic soft-bottom invertebrates in the Kara Sea (Russian Arctic). Rept. Polar Mar. Res. 496, 200 pp.
- GUERRA, D. & N. SILVA. 2004. Distribución de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes entre la boca del Guafo y el fiordo Aysén. Crucero CIMAR 9 Fiordos, Informes preliminares: 15-24.
- GUTT, J., W. ARNTZ, E. BALGUERIAS, A. BRANDT, D. GERDES, M. GORNY & B. SIRENKO. 2003. Diverse approaches to questions of biodiversity: German contributions to studies of marine benthos around South America and Antarctica. Gayana 67 (2): 177-189.
- GUZMÁN, D. & N. SILVA. 2002. Caracterización física y química y masas de agua en los canales australes de Chile entre boca del Guafo y golfo Elefantes (Crucero CIMAR 4 Fiordos). Cienc. Tecnol. Mar. 25(2): 45-76.
- KEDRA, M. 2004. An exercise in comparison of pelagic and benthic macrofauna species diversity from Arctic, Antarctic and Baltic site, based on taxonomic distinctness index. MarBEF Newsletter 1: 18-19.
- KINLAN, B., S. D. GAINES & S. E. LESTER. 2005. Propagule dispersal and the scales of marine community process. Diversity Distrib. 11: 139-148.
- MANN, R., B. CAMPOS & M. LUCKENBACH. 1990. Swimming rate and responses of larvae of three mactrid bivalves to salinity discontinuities. Mar. Ecol. Prog. Ser. 68: 257-269.
- MARÍN, V. H. & C. A. MORENO. 2002. Wind driven circulation and larval dispersal: a review of its consequences in coastal benthic recruitment. En: J. C. Castilla & J. L. Largier (eds.). The oceanography and ecology of the nearshore and bays in Chile. Proceedings of the International Symposium on linkage and dynamics of coastal systems: open coasts and embayments. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, pp. 47-63.
- MOLINET, C., A. ARÉVALO, M. T. GONZÁLEZ, C. A. MORENO, J. ARATA & E. NIKLISCHEK. 2005. Patterns of larval distribution and settlement of *Concholepas concholepas* (Bruguiere, 1789) (Gastropoda: Muricidae) in fjords and channels of southern Chile. Rev. Chil. Hist. Nat. 78: 409-423.
- MOLINET, C., A. VALLE-LEVINSON, C. MORENO, M. CÁCERES, M. BELLO & M. CASTILLO. 2006. Effects of sill processes on the distribution of epineustonic competent larvae in a stratified system of Southern Chile. Mar. Ecol. Prog. Ser. 324: 95-104.
- MONTECINO, V., A. PAREDES, C. VARGAS, P. URIBE, S. GIGLIO, M. MANLEY & G. PIZARRO. 2004. Características bio-ópticas asociadas con productividad biológica en la Región de Aysén: Absorción *in vivo* y abundancia de las fracciones de tamaños del fitoplancton en agosto y noviembre 2003. Resúmenes del crucero CIMAR 9 Fiordos. Informes preliminares: 89-101.
- OSORIO, C., R. PEÑA, L. RAMAJO & N. GARCELON. 2003. Estudio de la diversidad de moluscos bentónicos en los fiordos del sur de Chile. Resúmenes del crucero CIMAR 8 Fiordos. Informes preliminares: 95-100.
- OSORIO, C. & D. REID. 2004. Moluscos marinos intermareales y submareales entre la

- boca del Guafo y el estero Elefantes, sur de Chile. *Invest. Mar.*, Valparaíso 32(2): 71-89.
- OSORIO, C., D. REID & L. RAMAJO. 2005. Moluscos en los canales del sur de Chile entre boca del Guafo y estero Elefantes (CIMAR 7 Fiordos). *Cienc. Tecnol. Mar* 28: 91-98.
- PALMA, S., P. APABLAZA & D. SOTO. 2005. Hidromedusas y sifonóforos colectados en aguas de la X Región (CIMAR 10 Fiordos). Resúmenes del crucero CIMAR 10 Fiordos. Informes preliminares: 85-92.
- PEÑA, G., P. HUEPE, I. LÉPEZ, O. ARACENA, O. OLIVARES & C. SANTOS. 1994. Registro de larvas de *Concholepas concholepas* en el plancton costero de bahía San Vicente y Coliumo, VIII Región. *Bol. Soc. Biol. Concepción* 65: 81-87.
- POULIN, E. A. T. PALMA, G. LEIVA, E. HERNÁNDEZ, P. MARTÍNEZ, S. A. NAVARRETE & J. C. CASTILLA. 2002a. Temporal and spatial variation in the distribution of epineustonic competent larvae of *Concholepas concholepas* along the central coast of Chile. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 229: 95-104.
- POULIN, E., A. T. PALMA, G. LEIVA, D. NARVÁEZ, R. PACHECO, S. A. NAVARRETE & J. C. CASTILLA. 2002b. Avoiding offshore transport of competent larvae during upwelling events: the case of the gastropod *Concholepas concholepas* in central Chile. *Limnol. Oceanog.* 47(4): 1.248-1.255.
- 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.
- RAMORINO, L. & B. CAMPOS. 1983. Larvas y postlarvas de Mytilidae de Chile. *Rev. Biol. Mar.* 19 (2): 143-192.
- RAMORINO, L. & B. CAMPOS. 1984. Vigilancia de variaciones climatológicas y bio-oceanográficas en la zona de Quintero, Chile (32° 45' S), en relación al fenómeno "El Niño". Informe final, pp. 73-83. Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso, Chile.
- ROMERO, M. S. & E. VALDEBENITO. 2002. Larvas veliger de gastrópodos Prosobranchia provenientes de punta de Lobos, Cuarta Región, Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 75: 491-514.
- SCHELTEMA, R. 1986. On dispersal and planktonic larvae of marine invertebrates: an eclectic overview and summary of problems. *Bull. Mar. Sci.* 39: 290-322.
- SHANKS, A. 1998. Abundance and post-larval *Callinectes sapidus*, *Penaeus* spp., *Uca* spp., *Libinia* spp. collected at an outer coastal site and their cross-shelf transport. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 168: 57-69.
- SHANKS, A. 2001. An Identification Guide to the Larval Marine Invertebrates of the Pacific Northwest. Oregon State Univ. Press, 314 pp.
- SHANKS, A. & L. BRINK. 2005. Upwelling, downwelling, and cross shelf transport of bivalve larvae: test of a hypothesis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 302: 1-12.
- SIEGEL, D. A., B. P. KINLAN, B. GAYLOR & S. D. GAINES. 2003. Lagrangian description of marine larval dispersion. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 260: 83-96.
- SILVA, N., H. SIEVERS & R. PRADO. 1995. Características oceanográficas y una proposición de circulación para algunos canales australes de Chile entre 41° 20' S y 46° 40' S. *Rev. Biol. Mar.*, Valparaíso 30(2): 207-254.
- 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.
- STRATHMANN, M. 1987. Reproduction and development of marine invertebrates of the northern Pacific coast. University of Washington Press, Seattle, 670 pp.
- TRAKHTITENBROT, A., R. NATHAN, G. PERRY & D. M. RICHARDSON. 2005. The importance of long-distance dispersal in biodiversity conservation. *Diversity Distrib.* 11: 173-181.
- UGALDE, K. 2005. Distribución vertical de larvas de moluscos en relación con la circulación estuarina y parámetros oceanográficos, entre el canal Darwin y el seno Aysén, XI Región, Chile. Tesis de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales, Universidad de Valparaíso, 137 pp.
- VALDOVINOS, C. 1999. Biodiversidad de moluscos chilenos: base de datos taxonómica y distribucional. *Gayana* 63(2): 111-164.
- VALLE-LEVINSON, A. & J. BLANCO. 2004. Observations of wind influence on exchange flows in a strait of the Chilean inland sea. *J. Mar. Res.* 62: 721-741.
- VEGA, M., F. ROCHA & C. OSORIO. 2000. Variaciones espaciales y temporales de paralarvas de cefalópodos en el canal Moraleda (43° S), sur de Chile. *Cienc. Tecnol. Mar.* 23: 69-82.
- VILICIC, D., D. MUSIN & N. JASPRICA. 1994. Interrelations between hydrographic conditions, nanoplankton and bivalve larvae in the Mali Ston bay (Southern Adriatic) *Acta Adriatica* 34(1/2): 55-64.
- YOUNG, C. M. 2002. A brief history and some fundamentals. En: Young C.M. (ed.). *Atlas of Marine Invertebrate Larvae*. Academic Press, California, cap. 1: 1-19.
- YOUNG, C. M. & F.-S. CHIA. 1987. Abundance and distribution of pelagic larvae as influenced by predation, behavior, and hydrographic factors. En: A. Giese, J. Pearse y V. Pearse (eds.). *Reproduction of Marine Invertebrates IX*. Blackwell Scient. Publ. & The Boxwood Press, California, cap. 6: 385-463.
- ZAR, J. H. 1984. *Biostatistical analysis*. 2a ed. Prentice Hall, N. Jersey, 718 pp.
- ZARDUS, J. & A. MARTEL. 2002. Phylum Mollusca: Bivalvia. En: Young C. M. (ed.). *Atlas of Marine Invertebrate Larvae*. Academic Press, California, cap. 15: 289-325.