

Research Article

**Distribución temporal de larvas de *Mytilus chilensis* (Hupé, 1954)
(Mollusca: Mytilidae), en el mar interior de Chiloé, sur de Chile**

Miguel Avendaño¹, Marcela Cantillán¹, Marcel Le Pennec², Carlos Varela³ & Carlos Garcías³

¹Laboratorio de Cultivo y Manejo de Moluscos, Facultad de Recursos del Mar
Universidad de Antofagasta. P.O. Box 170, Antofagasta, Chile

²Equipe de Biologie Marine, Laboratoire BIOTEM, Université de la Polynésie Française

³Departamento de Acuicultura, Universidad de Los Lagos, Chile

RESUMEN. Entre septiembre 2007 y marzo 2008, en Quillaípe, Metri, Sotomo, Canutillar y Pichicolo (mar interior de Chiloé), se determinó mensualmente la presencia larval de *M. chilensis*, mediante arrastres verticales de plancton, en una columna de 0-7,5 m y paralelamente se determinó histológicamente el estado reproductivo de ejemplares adultos. Se detectó permanentemente la presencia de larvas en los cinco sitios estudiados, con un significativo incremento entre octubre y diciembre, superando en Canutillar 49 mil larvas por m⁻³, sitio que junto a Sotomo registraron las mayores densidades. El análisis de cohortes mostró una similitud de los grupos larvales presentes en los diferentes sitios a partir de septiembre, acentuándose durante noviembre y diciembre, así como una permanente aparición de cohortes en estadios iniciales. En contraste con estos resultados, el proceso reproductivo de *M. chilensis* en estos sitios, se manifestó de enero a marzo. Se discute que los desoves registrados en estos sitios, no serían responsables de la presencia de las larvas, actuando en consecuencia como áreas receptoras, y de retención de larvas provenientes de otros sitios. Estos resultados sugieren la necesidad de profundizar conocimientos biológicos y ecológicos en áreas de distribución de la especie, así como de dinámica larval y post-larval para identificar áreas exportadoras y de retención, para contribuir a un manejo eficiente y optimizar la captación de semilla.

Palabras clave: larvas, *Mytilus chilensis*, distribución, bivalvo, aguas interiores, sur de Chile.

**Temporal distribution of larvae of *Mytilus chilensis* (Hupé, 1854)
(Mollusca: Mytilidae), in the interior sea of Chiloé, southern Chile**

ABSTRACT. The larval presence of *M. chilensis* was determined monthly from September 2007 to March 2008, in Quillaípe, Metri, Sotomo, Canutillar, and Pichicolo (interior sea of Chiloé) using vertical plankton trawls through a water column from 0 to 7.5 m. At the same time, the reproductive stage of adult individuals was determined histologically. Larvae were detected continuously at the five study sites, with a significant increase from October to December, exceeding 49 thousand per m⁻³ at Canutillar where, along with Sotomo, the greatest densities were recorded during the study. Cohort analysis showed a similarity in the larval cohorts present at the different sites from September onwards; this was accentuated in November and December, as was the constant appearance of cohorts in the initial stages. In contrast with these results, the reproductive process of *M. chilensis* at these sites occurred from January to March. Whether or not the spawning recorded at these sites is responsible for the observed larvae is a matter of debate, as the sites may receive and retain larvae exported from other sites. These results suggest a need to compile further biological and ecological knowledge on the areas where this species is distributed and its larval and post-larval dynamics in order to identify exporting and retention areas and thereby contribute to efficient management and the optimization of spat collection.

Keywords: larvae, *Mytilus chilensis*, distribution, bivalve, interior waters, southern Chile.

INTRODUCCIÓN

En Chile en los últimos años, se ha producido un acelerado crecimiento del cultivo de *Mytilus chilensis*, pasando de una producción de 30 mil ton en 2003 a 187 mil en 2008, con planes de expansión hasta las 300 mil ton el 2010 (Ruiz *et al.*, 2008; SERNAPESCA, 2003, 2008). Este cultivo cuyo 99,9% de la producción se concentra en aguas interiores de Chiloé, se sustenta exclusivamente con captación de larvas pediveliger desde el medio natural, tal como se hace tradicionalmente con los cultivos de mitílidos, donde la captación natural es considerada el segmento más importante de esta actividad (LeBlanc *et al.*, 2003). Sin embargo, a pesar de la importancia que reviste la captación para sustentar el crecimiento del cultivo de *M. chilensis* en Chile, existen pocos estudios enfocados a comprender la dinámica de la distribución temporal de larvas en los sitios utilizados por los cultivadores como lugares de captación (López *et al.*, 1980; Campos & Díaz, 2007), considerando además, que la producción máxima alcanzada el 2008 se redujo al año siguiente en un 6% (SERNAPESCA, 2009).

El patrón de abundancia larval de los mitílidos se ha relacionado con el desove de la población adulta local (Bayne, 1976), donde se ve afectado por variaciones interanuales en los procesos reproductivos (Ekman, 1996). El asentamiento de larvas pediveliger tanto en sustratos naturales como artificiales (colectores), considerado como una etapa crítica en el ciclo de vida de los bivalvos, se ve afectado por factores de tipo climático e hidrográficos que ocurren a escala regional (Thouzeau, 1991). Sin embargo, en Chile la información es escasa sobre la interacción de la captación de semillas de *M. chilensis* desde el medio natural, con la dinámica de los bancos como fuente de abastecimiento de larvas, y de su dispersión. Solo se dispone de información que señala que su reproducción ocurre entre septiembre y febrero (Lozada, 1968; Stotz, 1981; CORFO, 2003), con un período larval de alrededor de 40 a 45 días (Toro *et al.*, 2006), en que se alcanza una talla mínima de fijación primaria definida a un rango de longitud de 262,5-341,2 μm (Ruiz *et al.*, 2008). Los estudios disponibles sobre captación de semilla (López *et al.*, 1980; Winter *et al.*, 1984), están circunscritos a la localidad de Yaldad, principal semillero de mitílidos en los años 80 (Leiva *et al.*, 2007). Sin embargo, en los últimos años este centro productor de semilla, junto a Putemún (ambos ubicados en la isla Grande de Chiloé), han sufrido una disminución considerable en los niveles de captación.

En los últimos años, el abastecimiento de semilla se realiza principalmente en localidades ubicadas en el

seno y fiordo de Reloncaví. No obstante, en ellas se desconoce la abundancia y comportamiento de las larvas durante los períodos reproductivos de *M. chilensis* que allí ocurren. En el presente trabajo realizado durante el período reproductivo que señala la bibliografía para esta especie, se evalúa en localidades ubicadas dentro de esta zona, los desoves, abundancia y composición de larvas, con el objeto de establecer su grado de relación, de manera de contribuir a llenar estos vacíos de conocimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Áreas de estudio

Las áreas de estudio se encuentran localizadas en el mar interior de Chiloé (Fig. 1), en las localidades de Quillaípe (41°31'44"S, 72°44'43,5"W), Metri (41°34'21,5"S, 72°43'31,3"W) dentro del seno de Reloncaví, Sotomo (41°40'29,6"S, 71°25'48,2"W) y Canutillar (41°30'46,9"S, 72°20'15,6"W) en el fiordo Reloncaví y Pichicolo (42°00'25"S, 72°35'41,2"W). Metri, Sotomo y Pichicolo se caracterizan por presentar en sus inmediaciones bancos naturales de *M. chilensis*, mientras que en Quillaípe se realizan actividades de cultivo. Canutillar no tiene cultivos ni bancos naturales, pero se encuentra en la ribera opuesta a la localidad de Cochamó, la cual presenta ambas situaciones (Leiva *et al.*, 2007). En los bancos naturales, la mayor parte de la biomasa estimada está compuesta por individuos con una talla igual o superior a los 50 mm, considerada como talla reproductiva. Estas áreas se caracterizan oceánicamente, por presentar una estructura de dos capas moduladas principalmente por una fuerte haloclina en los primeros 20 m de profundidad (Iriarte *et al.*, 2007), la cual está influenciada por fuertes precipitaciones de 2-5 m año⁻¹ (Strub *et al.*, 1998), y entradas de agua dulce de los ríos que escurren desde la cordillera de los Andes, produciendo un circulación de tipo estuarina en el océano costero (Silva *et al.*, 1998; Dávila *et al.*, 2002; Bustos *et al.*, 2008). En el estuario de Reloncaví propiamente tal, Valle-Levinson *et al.* (2007) han señalado la existencia de un patrón de corrientes de tres capas, formadas por una delgada capa superficial no mayor de 8 m de profundidad, que se desplaza desde la cabeza a la boca del estuario, permitiendo la retención de partículas en su interior, por períodos de 12 a 13 días; una capa intermedia aportando agua de entrada, que alcanzaría los 70 m de profundidad, y bajo ésta una tercera capa de salida bajo los 80 m de profundidad. La producción primaria y clorofila-*a*, aumenta en estos lugares durante las estaciones de primavera y otoño (Iriarte *et al.*, 2007), observándose en los sectores del seno del Reloncaví,

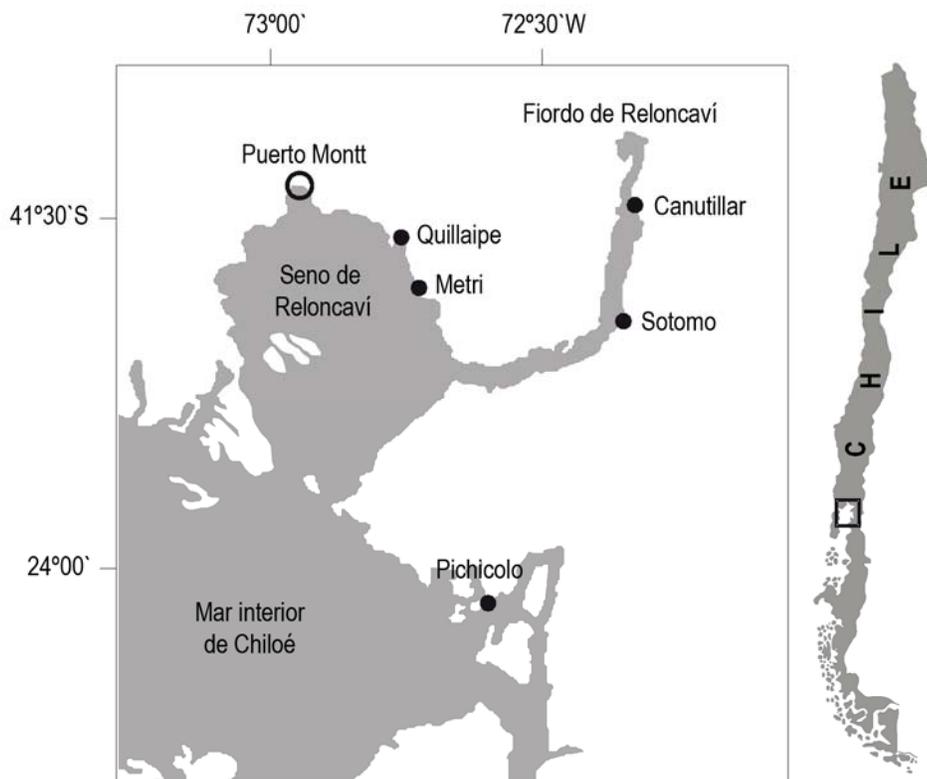


Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo, localizados en el mar interior de Chiloé.

Figure 1. Geographical location of the sampling sites in Inland Sea of Chiloé.

así como Calbuco y Chiloé norte, una sucesión de fitoplancton, debido a floraciones intensas de *Gymnodinium aff. chlorophorum* (dinoflagelado verde), que supone una oferta de alimento de características nutricionales distintas y probablemente mejores para *M. chilensis*, por su alto contenido en PUFA's (A. Aguilera, *com. pers.*).

Períodos reproductivos

Considerando el período reproductivo de *M. chilensis* (Lozada, 1968; Stotz, 1981; CORFO, 2003), entre septiembre 2007 y marzo 2008, se obtuvo mensualmente muestras de 30 reproductores mayores a 50 mm de eje antero-posterior, extraídos de los bancos de Metri, Sotomo y Pichicolo, y desde cuerdas de cultivo en Quillaípe. Posteriormente, los ejemplares se sometieron a análisis histológico de gónada. Para ello trozos de la sección media de gónadas de hembras, fueron fijadas en Bouin alcohólico e incluidas en parafina. Cortes de 5 μ m de espesor se colorearon con tricromo de Mason (Gabe, 1968), para su posterior análisis microscópico.

Se realizó una clasificación cualitativa de los estados de desarrollo del tejido gonadal, de acuerdo a la escala dada para esta especie por Stotz (1981), quién distinguió cuatro estados convencionales para

las hembras: (1) en maduración, (2) maduros, (3) en desove y (4) en regresión. En el presente trabajo el estado (2) fue discriminado en maduración avanzada (2a), para diferenciar ejemplares en que los folículos están ocupados por igual proporción de gametos maduros e inmaduros, de aquellos que presentaron folículos dilatados conteniendo principalmente ovocitos maduros, con forma poligonal como resultado de su compactación en el folículo, que se reconocieron como en madurez total (2b).

Estados larvales

En forma paralela a la obtención de reproductores, se procedió mensualmente en cada sitio seleccionado a realizar tres muestreos verticales de plancton, utilizando una red de 53 μ m de malla. Las muestras fueron tomadas en la columna de agua en el estrato de 0 a 7,5 m de profundidad y luego preservadas en alcohol de 70°, siendo posteriormente analizadas en el laboratorio bajo estereomicroscopio y microscopio con ocular graduado.

La identificación de larvas de *M. chilensis*, dada su interacción aunque en mucho menor proporción, con otros mitílidos tales como *Aulacomya ater* (Molina, 1782) y *Choromytilus chorus* (Molina, 1782), se realizó mediante un análisis morfológico y

morfométrico (Le Pennec, 1978; Uribe *et al.*, 1982; Ramorino & Campos, 1983). Las diferencias morfológicas generales que permitieron separar larvas de *M. chilensis*, de *Ch. chorus*, están en que las primeras presentan en sus primeros estadios una concha larval menos convexa que *Ch. chorus*, con un provínculum casi recto. En estados más avanzados, el borde anterior es levemente más agudo que el posterior y el borde dorsal del umbo se curva. Larvas más desarrolladas de *Ch. chorus*, poseen un borde anterior y posterior casi de similar redondez, con un umbo conspicuo. *A. ater* por su parte, presenta un borde dorsoanterior más largo, y de mayor pendiente que el posterior, su margen ventral forma una semicircunferencia, y en estados más avanzados, el borde posterior se hace más angular presentando un anillo oscuro en el margen de la concha típico de la especie (Ramorino & Campos, 1983).

Las larvas de *M. chilensis* fueron contadas en su totalidad, pero cuando fueron muy abundantes, se homogenizaron en un muestreador de plancton de diez divisiones, contándose dos submuestras de 1/10 de cada una de ellas (Avendaño *et al.*, 2007). El número total de larvas por muestra, fue calculado con el promedio obtenido en las dos submuestras multiplicado por diez, y el total de larvas por m³, se determinó mediante el volumen filtrado por la red. Se calculó un promedio mensual por sitio con las tres muestras obtenidas en ellos.

La totalidad de las larvas contadas en las submuestras fue medida en su longitud antero-posterior. La estructura de talla poblacional de cada una de ellas, fue sometida a un análisis de discriminación de cohortes (Cantillán *et al.*, 2007), para identificar su número, talla media y representatividad por sitio, utilizando el programa MIX 3.1a (MacDonald & Pitcher, 1979). Los histogramas de frecuencia de talla fueron graficados considerando una distribución normal (nivel de significancia = 0,05).

Medición de parámetros físicos y químicos en las áreas

Paralelo a los muestreos de plancton, en cada sitio se registró con un CTD Ysi 6600, la temperatura y salinidad del agua a 5 m de profundidad.

RESULTADOS

Período reproductivo y abundancia larval

El análisis histológico de la gónada de *M. chilensis*, mostró que el 33,4% de los individuos obtenidos desde cuerdas de cultivo en Quillaípe, comenzaron a desovar en noviembre de 2007, manteniéndose en este

proceso hasta marzo de 2008, donde entre el 80 y 100% de los ejemplares muestreados en ese período se encontraron desovados (Fig. 2). En contraste con ello, el desove de los ejemplares proveniente de los bancos naturales de Metri, Sotomo y Pichicolo, se manifestó a partir de enero extendiéndose al igual que lo acontecido en Quillaípe hasta marzo 2008. Durante este período, según la localidad entre el 50 y el 100% de los individuos muestreados se encontraron desovados (Fig. 2).

Los resultados de los muestreos verticales de plancton realizados en los cinco sitios, señalaron la presencia permanente de larvas de *M. chilensis*, dominando significativamente sobre las larvas de otros bivalvos, entre los que se identificaron los mitílidos *A. ater* y *Ch. chorus*, junto a *Bankia martensi* (Stempell, 1899). La abundancia larval promedio de *M. chilensis* en septiembre 2007 (Tabla 1), alcanzó las cifras más altas en Pichicolo ubicado fuera del seno Reloncaví con cerca de 1.900 larvas m⁻³, seguido dentro del fiordo de Reloncaví, por Sotomo cerca de 1.300 larvas m⁻³; mientras que en Quillaípe y Metri la abundancia no superó las 50 larvas m⁻³. Durante octubre, noviembre y diciembre, el número de larvas se incrementó considerablemente en todos los sitios, siendo Canutillar el que presentó los promedios más altos, alcanzando cifras de 49.038 larvas m⁻³ en octubre y 10.449 larvas m⁻³ en noviembre. En diciembre, en Canutillar y Sotomo sobrepasaron las 8.500 larvas m⁻³ (Tabla 1).

A partir de enero 2008, la abundancia de larvas disminuyó considerablemente, registrándose en marzo, un leve incremento en los sitios localizados en el fiordo Reloncaví, presentando Sotomo, el promedio más alto con cerca de 600 larvas m⁻³.

Cohortes larvales

La aplicación del programa MIX, a los histogramas de tallas de las larvas, permitió identificar cada mes la presencia de diferentes cohortes larvales de *M. chilensis* (Tabla 2). Durante septiembre, en Canutillar y Sotomo se identificaron tres cohortes similares entre sí, cuyas tallas medias oscilaron alrededor de 120 µm para la cohorte más pequeña, y cerca de 190 µm la mayor. Estos mismos grupos larvales estuvieron presentes en Pichicolo, donde además se identificó una cuarta cohorte con una talla media de 258,2 µm, representando cerca del 13% de la muestra. En contraste, la baja cantidad de larvas en las localidades de Quillaípe y Metri, solo correspondieron a una cohorte (Tabla 2).

En octubre, las cohortes larvales predominantes en Quillaípe, Metri y Sotomo, correspondieron a estadios iniciales de desarrollo y alcanzaron entre el 95 y 100%

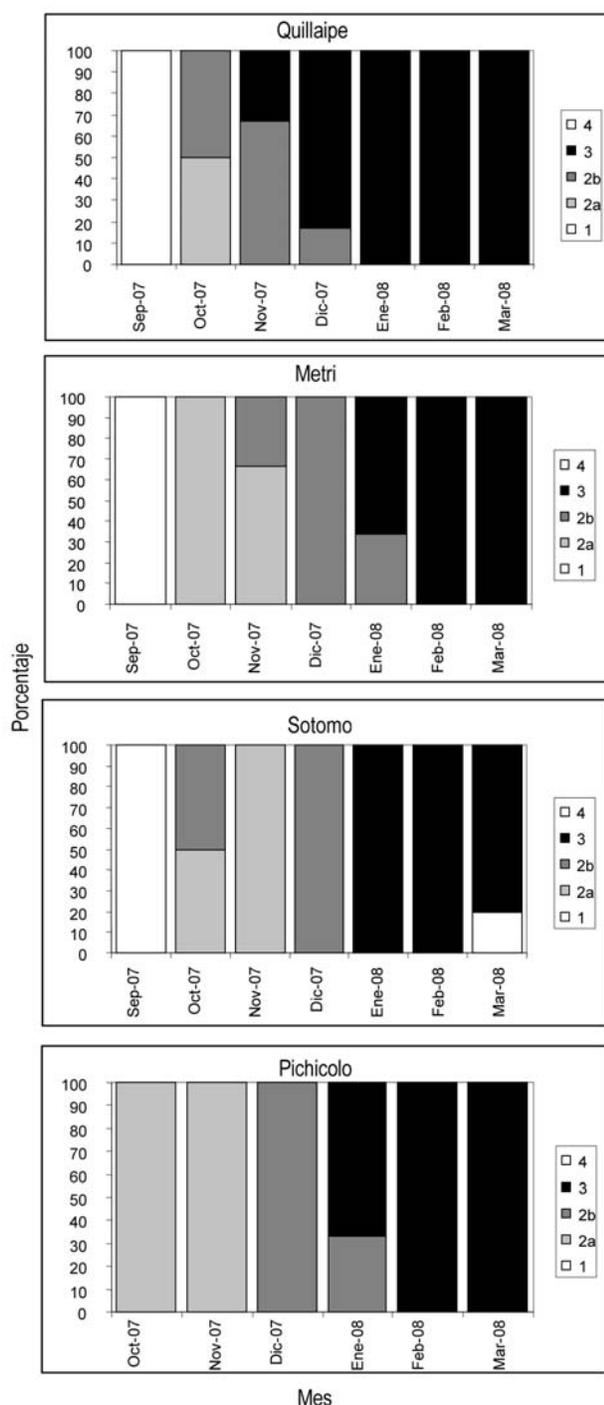


Figura 2. Estados reproductivos de hembras de *M. chilensis*, en cuatro de las localidades estudiadas, desde septiembre de 2007 a marzo de 2008 (1: en maduración, 2a: maduración avanzada, 2b: madurez total, 3: en desove y 4: en regresión)

Figure 2. Reproductive states of *M. chilensis* females at four of the localities studied, September 2007 to March 2008 (1: in maturation, 2a: advanced maturation; 2b: full maturation, 3: spawning, and 4: in regression).

de las muestras. En Canutillar, pese a presentar el mismo número de cohortes que Sotomo, sus tallas medias fueron mayores, alcanzando las dos más grandes 299,5 μm y 177,2 μm , que representaron el 65% de las más de 49.000 larvas cuantificadas ese mes (Tabla 2).

Durante noviembre y diciembre, en todos los sitios muestreados se registraron cuatro y cinco cohortes larvales respectivamente, cada una con tallas medias muy similares entre sí (Tabla 2). En noviembre la cohorte de mayor talla varió entre 263,9 y 279,4 μm , en proporciones que fluctuaron entre 33,5 y 68,2%, mientras que la cohorte más pequeña lo hizo entre 110,3 y 125,9 μm , y representó entre el 5,8 y 38,2%. En diciembre la talla media de la cohorte mayor, varió entre 317,2 y 339,4 μm , en proporciones que fluctuaron entre 10,9 y 31,3%, mientras que la más pequeña alcanzó entre 148,7 y 155,9 μm , y representó entre 5,3 y 12,8% (Tabla 2).

En enero 2008, entre una y cuatro cohortes fueron identificadas en los sitios estudiados, cuatro de las cuales estuvieron presentes tanto en Pichicolo como en Metri. De éstas, las dos más pequeñas registradas en Pichicolo, se relacionaron con las dos de mayores tallas, encontradas en Metri, mientras que las dos mayores, lo hicieron con las únicas dos cohortes encontradas en Canutillar (Tabla 2).

En febrero, el bajo número de larvas en las muestras, solo permitió discriminar cohortes en Quillaipe y Pichicolo. En el primero se registró una cohorte, con una talla media de 300,3 μm , mientras que en el segundo, se identificaron tres cohortes presentando la mayor una media de 260,1 μm y la menor 147,2 μm . Esta misma situación se repitió en marzo, donde el análisis, solo discriminó cohortes larvales en las muestras de Sotomo, Canutillar y Pichicolo. Las tallas medias de las cohortes de Sotomo y Canutillar variaron entre 126 y 273,1 μm , mientras que en Pichicolo la cohorte menor alcanzó una talla media de 192,4 μm y la mayor de 317,5 μm (Tabla 2).

Parámetros ambientales

La temperatura registrada en las diferentes localidades mostró un marcado incremento durante el período de estudio, entre 10,9 y 18,8°C en los sitios ubicados en el fiordo Reloncaví (Sotomo y Canutillar), y entre 10,7 y 16,8°C en los del seno de Reloncaví (Quillaipe y Metri), los cuales resultaron similares a los registros en Pichicolo donde se incrementaron entre 10,2 y 16,2°C (Fig. 3).

La salinidad en Canutillar y Sotomo varió entre 11,3 y 31,5 psu, mostrando un descenso en los meses estivales, mientras que en Quillaipe, Metri y Pichicolo, fluctuó entre 27,3 y 32,1 psu (Fig. 4).

Tabla 1. Promedio mensual de larvas de *M. chilensis* m⁻³ en la columna de agua (7,5 m), en muestreos realizados en las localidades de Quillaípe y Metri (seno Reloncaví); Sotomo y Canutillar (fiordo Reloncaví) y Pichicolo, desde septiembre 2007 a marzo 2008.

Table 1. Monthly average of *M. chilensis* larvae m⁻³ in the water column (7.5 m) in samples conducted in the localities of Quillaípe and Metri (Seno Reloncaví), Sotomo and Canutillar (Reloncaví Fjord) and Pichicolo, from September 2007 to March 2008.

| Mes / Año | Localidad | | | | |
|---------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Canutillar | Pichicolo | Quillaípe | Metri | Sotomo |
| Septiembre 07 | 271 ± 55 | 1.919 ± 984 | 44 ± 11 | 19 ± 8 | 1.290 ± 265 |
| Octubre 07 | 49.038 ± 11.582 | 468 ± 397 | 1.536 ± 1.348 | 6.525 ± 2.638 | 6.039 ± 2.502 |
| Noviembre 07 | 10.449 ± 3.648 | 8.666 ± 3.574 | 2.718 ± 800 | 3.586 ± 762 | 3.384 ± 1.248 |
| Diciembre 07 | 8.749 ± 1.808 | 3.602 ± 1.025 | 6.117 ± 552 | 3.058 ± 748 | 9.420 ± 4.037 |
| Enero 08 | 39 ± 14 | 54 ± 21 | 28 ± 7 | 105 ± 59 | 20 ± 7 |
| Febrero 08 | 4 ± 4 | 61 ± 19 | 41 ± 5 | 38 ± 9 | 12 ± 4 |
| Marzo 08 | 149 ± 55 | 17 ± 10 | 19 ± 5 | 25 ± 9 | 589 ± 186 |

DISCUSIÓN

Los resultados de los procesos reproductivos registrados en los diferentes sitios estudiados, mostraron que los desoves de los ejemplares en los bancos naturales ocurrieron a partir de enero, al incrementarse la temperatura del agua por sobre 14°C, con excepción de lo ocurrido en Quillaípe, donde el desove de los ejemplares en cultivo, se manifestó a partir de noviembre en aguas con temperaturas de 12,5°C, extendiéndose al igual que en los otros sitios hasta marzo 2008. Las variaciones en los tiempos de desove de diferentes poblaciones de mitílidos, también han sido relacionadas con cambios estacionales de temperatura (Bayne, 1976), mientras que Bautista (1988), señala como responsables de la evacuación de gametos para *M. chilensis*, los cambios de temperatura y salinidad en el medio. Desoves de *M. chilensis* ocurridos en enero, también han sido reportados para el banco de Pichicolo por Leiva *et al.* (2007), sin embargo, otros antecedentes sobre períodos reproductivos de esta especie, señalan para la población del estuario del Río Lingue (Chile), un período de desove que se extiende durante primavera y verano (fines de septiembre a fines de marzo), concordando con lo señalado para otras poblaciones ubicadas en Chiloé y Aysén, incluyendo Puerto Deseado, Argentina (Stotz, 1981).

En contraste con la actividad reproductiva que exhibió *M. chilensis* en las áreas estudiadas, los muestreos de larvas realizados entre septiembre 2007 y marzo 2008, mostraron su presencia permanente, incrementándose su densidad fuertemente entre octubre y diciembre, para decaer drásticamente de

enero a marzo, durante el período en que ocurrieron los desoves de las poblaciones locales. En el período de mayor abundancia larval, las mayores densidades se registraron en Canutillar, obteniéndose en octubre y noviembre, promedios superiores a 49.000 y 10.000 larvas m⁻³ respectivamente. Diferencias en la abundancia larval en una misma estación entre dos períodos de muestreo, es común y coincidente con los patrones temporales de abundancia larval de numerosos invertebrados marinos, como ocurre por ejemplo con el pectínido *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819), y como se ha señalado para larvas de bivalvos en la región de fiordos y canales del sur de Chile (Cantillán *et al.*, 2007; Campos & Díaz, 2007).

La presencia de las mismas cohortes larvales de *M. chilensis* en los sitios estudiados, durante octubre, noviembre y diciembre, junto a las mayores concentraciones de larvas encontradas en las localidades del fiordo de Reloncaví (Canutillar y Sotomo), donde además, se registraron variaciones marcadas de salinidad, permiten señalar que este factor no influiría en su distribución larval. Esto avalaría lo señalado por Baker & Mann (2003), que sugieren que larvas pre-competentes de algunas especies de bivalvos, tienden a ser retenidas en los estuarios.

La existencia durante el período de mayor abundancia larval de *M. chilensis*, de cierta similitud en las tallas medias de las cohortes presentes en los diferentes sitios estudiados, se manifestó a partir de septiembre, donde se encontraron tres cohortes muy similares en Pichicolo, Sotomo y Canutillar, presen-

Table 2. Cohortes larvales de *M. chilensis* en muestras de plancton procedentes de cinco localidades del mar interior de Chiloé durante septiembre 2007 a marzo 2008, obtenidos desde el estrato de 7,5 m. Talla x: talla media (μm), DS: desviación estándar; %: porcentaje de representación de la cohorte en la muestra.

Table 2. Larval cohorts of *M. chilensis* in samples of plankton from five localities in interior sea of Chiloé, from September 2007 to March 2008, obtained from the 7.5 m stratum. Size x: average size (μm), DS: standard deviation, %: percentage of representation of the cohort in the sample.

| Localidad | Cohorte | Septiembre | | Octubre | | Noviembre | | Diciembre | | Enero | | Febrero | | Marzo | |
|------------|---------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|
| | | Talla x \pm DS | % |
| Quillaípe | 1 | 137,5 \pm 16,4 | 100 | 191,4 \pm 12,2 | 5,4 | 274,7 \pm 28,1 | 33,5 | 323,2 \pm 15,0 | 12,3 | 256,2 \pm 19,0 | 100 | 300,3 \pm 40,4 | 100 | 148,4 \pm 16,7 | 100 |
| | 2 | | | 150,6 \pm 8,4 | 35,9 | 201,0 \pm 15,3 | 12,1 | 277,8 \pm 12,4 | 46,9 | | | | | | |
| | 3 | | | 121,2 \pm 6,5 | 58,7 | 154,8 \pm 13,5 | 16,2 | 232,3 \pm 8,5 | 16,2 | | | | | | |
| | 4 | | | | | 123,4 \pm 6,8 | 38,2 | 193,4 \pm 8,0 | 19,3 | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | 148,7 \pm 8,1 | 5,3 | | | | | | |
| Metri | 1 | 146,3 \pm 9,4 | 100 | 151,8 \pm 11,4 | 83,2 | 279,4 \pm 23,5 | 37,4 | 339,4 \pm 25,8 | 22,2 | 274,8 \pm 12,0 | 16,3 | 276,1 \pm 11,4 | 100 | 229,5 \pm 52,8 | 100 |
| | 2 | | | 121,5 \pm 5,7 | 16,8 | 195,7 \pm 9,5 | 12,1 | 279,5 \pm 11,7 | 39,8 | 194,3 \pm 8,9 | 11,6 | | | | |
| | 3 | | | | | 150,1 \pm 9,3 | 16,7 | 229,2 \pm 6,8 | 9,2 | 153,9 \pm 8,5 | 53,1 | | | | |
| | 4 | | | | | 125,9 \pm 4,0 | 33,8 | 196,6 \pm 5,7 | 16,1 | 126,8 \pm 6,8 | 19,0 | | | | |
| | 5 | | | | | | | 155,9 \pm 4,4 | 12,8 | | | | | | |
| Sotomo | 1 | 191,4 \pm 9,7 | 9,6 | 254,3 \pm 28,5 | 4,7 | 279,2 \pm 17,4 | 68,2 | 336,7 \pm 21,2 | 10,9 | 271,5 \pm 83,6 | 100 | 133,7 \pm 12,2 | 100 | 273,1 \pm 12,8 | 8,3 |
| | 2 | 152,8 \pm 6,6 | 73,9 | 155,8 \pm 14,5 | 71,6 | 208,4 \pm 15,9 | 17,3 | 280,3 \pm 12,7 | 42,1 | | | | | 154,9 \pm 10,2 | 37,6 |
| | 3 | 121,3 \pm 5,8 | 16,5 | 127,0 \pm 7,5 | 23,6 | 151,1 \pm 13,5 | 8,7 | 231,6 \pm 12,5 | 14,2 | | | | | 126,7 \pm 6,3 | 54,0 |
| | 4 | | | | | 110,3 \pm 11,5 | 5,8 | 198,0 \pm 7,2 | 26,8 | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | 156,0 \pm 11,1 | 6,0 | | | | | | |
| Canutillar | 1 | 178,0 \pm 8,2 | 13,7 | 299,5 \pm 25,6 | 22,0 | 263,9 \pm 20,5 | 42,6 | 317,2 \pm 13,3 | 31,3 | 338,9 \pm 21,5 | 81,4 | 310,7 \pm 52,3 | 100 | 272,5 \pm 12,8 | 7,3 |
| | 2 | 151,1 \pm 7,2 | 65,6 | 177,2 \pm 18,4 | 43,3 | 201,4 \pm 9,9 | 26,8 | 259,2 \pm 11,2 | 19,7 | 287,9 \pm 10,5 | 18,6 | | | 157,5 \pm 11,5 | 70,8 |
| | 3 | 120,1 \pm 5,9 | 20,7 | 139,9 \pm 13,5 | 34,7 | 158,1 \pm 9,6 | 6,4 | 229,7 \pm 9,8 | 16,4 | | | | | 126,0 \pm 5,2 | 21,9 |
| | 4 | | | | | 120,6 \pm 6,5 | 24,2 | 195,6 \pm 9,0 | 25,3 | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | 154,6 \pm 8,7 | 7,3 | | | | | | |
| Pichicolo | 1 | 258,2 \pm 14,2 | 12,8 | 181,4 \pm 15,5 | 30,6 | 276,0 \pm 17,5 | 49,8 | 329,3 \pm 16,2 | 17,8 | 313,2 \pm 19,0 | 34,8 | 260,1 \pm 21,5 | 12,5 | 317,5 \pm 12,5 | 9,1 |
| | 2 | 195,8 \pm 9,2 | 12,9 | 125,6 \pm 7,5 | 69,4 | 205,2 \pm 15,9 | 9,6 | 276,3 \pm 13,9 | 31,1 | 275,2 \pm 12,5 | 18,8 | 188,2 \pm 14,0 | 26,8 | 241,3 \pm 10,0 | 56,8 |
| | 3 | 150,7 \pm 8,5 | 42,3 | | | 157,1 \pm 7,2 | 15,6 | 236,3 \pm 10,8 | 12,2 | 241,2 \pm 10,0 | 22,6 | 147,2 \pm 13,2 | 60,7 | 192,4 \pm 9,2 | 34,1 |
| | 4 | 125,4 \pm 7,1 | 32,0 | | | 124,5 \pm 7,1 | 25,3 | 199,0 \pm 9,5 | 30,5 | 192,9 \pm 10,0 | 23,7 | | | | |
| | 5 | | | | | | | 154,6 \pm 8,9 | 8,5 | | | | | | |

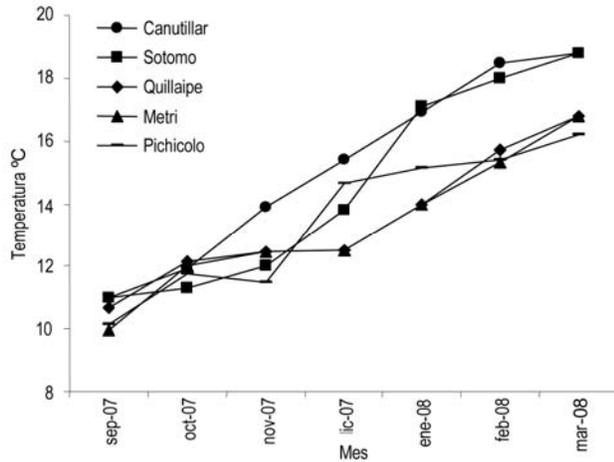


Figura 3. Temperatura registrada mensualmente en los sitios de estudio a 5 m de profundidad, desde septiembre 2007 a marzo 2008.

Figure 3. Monthly recorded temperature at the study sites at 5 m depths from September 2007 to March 2008.

tando los dos primeros las mayores abundancias. El análisis de las tallas medias de estas cohortes en todos los sitios estudiados, permite observar incrementos de talla en los grupos mayores y también la aparición de nuevas cohortes larvales en estadios iniciales. Los grupos mayores a 250 μm de talla media (cerca de 30 días de vida (Toro *et al.*, 2006)) y que alcanzaron sobre el 30% de las muestras en noviembre, serían producto de las cohortes de tallas iniciales registradas en los muestreos previos, las que habrían permanecido en estos sitios como producto del modelo de circulación general del sistema estuarino, permitiendo la retención de cuerpos de agua en los sitios estudiados (Silva *et al.*, 1998). Estos resultados, hacen posible proponer que estos lugares actuarían como áreas de retención de larvas, siendo los dos sitios ubicados al interior del fiordo Reloncaví (Canutillar y Sotomo), los más importantes tanto por la abundancia de larvas, como por la talla que presentaron las cohortes mayores. El efecto del hidrodinamismo contribuyendo a retener larvas en áreas determinadas, ha sido señalado para *Mytilus edulis* (Linnaeus, 1758), y también para pectínidos como *Pecten maximus* (Linnaeus, 1758) y *A. purpuratus* (Bayne, 1976; Thouzeau, 1995; Cantillán, 2000; Avendaño *et al.*, 2008).

Sin embargo, independiente que los sitios estudiados permiten señalarlos como áreas de retención larval, queda claro a través de los eventos reproductivos mostrados por *M. chilensis*, que los desoves registrados en estos lugares, no serían los responsables de la presencia de larvas, principalmente

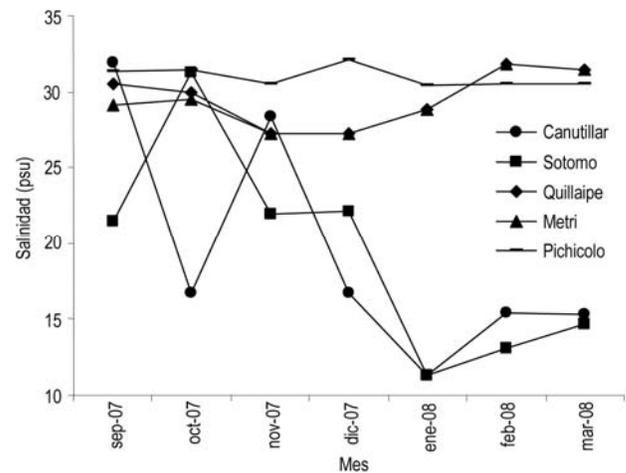


Figura 4. Salinidad registrada mensualmente en los sitios de estudio a 5 m de profundidad, desde septiembre 2007 a marzo 2008.

Figure 4. Monthly recorded salinity at the study sites at 5 m depths, from September 2007 to March 2008.

durante el período de mayor abundancia. Una posible relación entre desoves y presencia de larvas en estos sitios, se puede inferir en enero 2008 tanto en Quillaípe como Metri, donde solo en estos dos lugares, se detectó la presencia de cohortes larvales en estadios iniciales (125 μm promedio). En Pichicolo, a partir de enero, pese a los desoves detectados en este lugar, no aparecen estadios larvales iniciales para establecer este tipo de relación, mientras que en Canutillar y Sotomo, cohortes en estadios iniciales y competentes, se continuaron registrando durante marzo de 2008. En consecuencia, la presencia durante septiembre en Pichicolo, Sotomo y Canutillar de tres cohortes larvales similares, adicionándose a Pichicolo (el más austral), una cuarta con una talla media de 258,2 μm , y la detección en ellos de desoves a partir de enero, permiten sugerir, que estos lugares actúan como áreas receptoras de larvas exportadas desde zonas donde los desoves ocurrieron antes de septiembre 2007. Los desoves de los ejemplares cultivados registrados en Quillaípe, comenzaron a detectarse a partir de noviembre, lo que no explicaría la presencia de larvas durante septiembre y octubre en las áreas estudiadas. Estos resultados avalan observaciones realizadas por Leiva *et al.* (2007), quienes detectaron pulsos de asentamiento de semillas de *M. chilensis* sobre colectores, en primavera y principios del verano, en Pichicolo, Metri y Cochamó (éste último ubicado frente a Canutillar), no relacionados con desoves detectados en ellos. Toro *et al.* (2006), junto con señalar que larvas de *M. chilensis* presentan una vida pelágica de 40 a 45 días, indicaron su potencial capacidad de dispersión a grandes

distancias, pudiendo alcanzar una escala de cientos de kilómetros a lo largo de la costa chilena, tal como lo señala Bayne (1976), al encontrar altas concentraciones de larvas de *M. edulis* en medio del mar del Norte, producto de una dispersión de algunos cientos de kilómetros desde la costa. Así también, distribuciones importantes de larvas de *P. maximus* en tamaño y densidad, en áreas desprovistas de progenitores, han sido explicadas para el mar de la Mancha, por un transporte horizontal que generan las mareas y vientos desde otros sitios de desove (Boucher & Dao, 1990).

Sobre la base de los resultados obtenidos, a través del reconocimiento de las larvas de *M. chilensis* en el plancton, y su variabilidad durante el período de estudio en los cinco sitios estudiados, se fortalece la hipótesis que su proceso de transporte y asentamiento, ocurre dentro de un rango de distribución de meta población (Toro *et al.*, 2006; Leiva *et al.*, 2007), donde diferentes poblaciones de reproductores, aportarían a la conformación de un pool larval (de máxima conexión) que se comporta como una sola unidad. Narvarte (2001) señala para el caso de los pectínidos, que la disponibilidad larvaria en un sitio particular, depende de las interconexiones que existan entre los diferentes bancos que conforman la metapoblación. Los patrones de conexión entre los componentes de la metapoblación constituyen la idea central de la dinámica entre bancos generadores de larvas y aquellos receptores de las mismas.

Es necesario señalar que en el modelo de circulación propuesto por Silva *et al.* (1998), los sitios del presente estudio están influenciados por masas de aguas subantárticas que se desplazan desde el sur, y que penetran hacia el interior de los canales por debajo de la capa superficial estuarina, llenando el seno Reloncaví. En consecuencia, según este modelo de circulación, las mayores abundancias larvales de *M. chilensis* encontradas en septiembre en los sitios más australes (Pichicolo y Sotomo), y la existencia de desoves entre septiembre y marzo en poblaciones de Chiloé (López, *et al.*, 1975; Winter *et al.*, 1980; Stotz, 1981), permiten considerar que la procedencia de estas larvas se generaría de desoves ocurridos tanto en poblaciones naturales, como en cultivo ubicados al sur de los sitios estudiados. En el presente estudio, los reproductores procedentes de cultivo, comenzaron su desove en noviembre, dos meses antes que ocurriera en los bancos naturales, de manera que si las poblaciones naturales en Chiloé desovan a partir de septiembre, debiera considerarse el aporte larval que está generando el cultivo de esta especie que allí se realiza, el cual concentra el 73% de las 2.500 há concesionadas el 2004 para el cultivo de esta especie

(Plaza *et al.*, 2005). Ello explicaría además, la continua presencia de cohortes larvales en estados iniciales encontrados en los sitios de estudio; sin embargo, es necesario precisar los desoves que ocurren en estos cultivos para contrastar la hipótesis antes señalada.

Para concluir, se puede señalar que el reconocimiento de zonas de retención larval como ha sido demostrado principalmente en el fiordo Reloncaví, pueden contribuir efectivamente al estudio de la dinámica larval y post-larval de este mitílido, generando importante información sobre patrones espaciales, temporales e intensidad del asentamiento larval, y del crecimiento y sobrevivencia de la semilla fijada, como se ha realizado con otros bivalvos entre ellos el pectínido *A. purpuratus* en la reserva marina de La Rinconada, Antofagasta (Cantillánez, 2000; Cantillánez *et al.*, 2001, 2007; Avendaño *et al.*, 2006).

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue realizado en el marco del proyecto FONDEF D051-10357.

REFERENCIAS

- Avendaño, M., M. Cantillánez & J. Peña. 2006. Effect of immersion time of cultch on spatfall of the scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) in the Marine Reserve at La Rinconada, Antofagasta. *Aquacult. Int.*, 14: 267-283.
- Avendaño, M., M. Cantillánez, G. Thouzeau & J.B. Peña. 2007. Artificial collection and early growth of spat of the scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) in the La Rinconada Marine Reserve, Antofagasta. *Sci. Mar.*, 71(1): 197-205.
- Avendaño, M., M. Cantillánez & G. Thouzeau. 2008. Effects of water depth on the survival and growth of *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) spat in northern Chile. *Aquacult. Int.*, 16: 377-391.
- Baker, P. & R. Mann. 2003. Late stage bivalve larvae in a well-mixed estuary are not inert particles. *Estuaries*, 26(4): 837-845.
- Bautista, C.P. 1998. Moluscos: tecnología de cultivo. Editorial Mundi Prensa, Madrid, pp. 25-37.
- Bayne, B.L. 1976. The biology of mussel larvae. In: B.L. Bayne (ed.). *Marine mussels: their ecology and physiology*. Cambridge University Press, London, pp. 81-120.
- Boucher, J. & J.C. Dao. 1990. Repeuplement et forçage du recrutement de la coquille Saint-Jacques (*Pecten maximus*). In: J.P. Troadec (ed.). *L'homme et les*

- ressource halieutiques. SDP. IFREMER, France, pp. 313-357.
- Bustos, C., M. Landaeta & F. Balbontín. 2008. Spawning and early nursery areas of anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 in fjords of southern Chile. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 43(2): 381-389.
- Campos, B. & P. Díaz. 2007. Distribución y abundancia de larvas de moluscos gasterópodos y bivalvos en fiordos y canales del sur de Chile. *Cienc. Tecnol. Mar.* 30(1): 115-132.
- Cantillán, M. 2000. Reproduction, vie larvaire et pré-recrutement du Pectinidae *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) dans la baie d'Antofagasta. Ph. D. Thèse Université de Brest, 168 pp.
- Cantillán, M., G. Thouzeau & M. Avendaño. 2001. Reproductive cycle in *Argopecten purpuratus* during El Niño and La Niña Conditions: a case study in the Rinconada Bay (Chile). 13th International Pectinid Workshop, Coquimbo, pp.18-24.
- Cantillán, M., G. Thouzeau & M. Avendaño. 2007. Improving *Argopecten purpuratus* culture in northern Chile: results from the study of larval and post-larval stages in relation to environmental forcing. *Aquaculture*, 272: 423-443.
- Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). 2003. Bases para un programa de diversificación de la acuicultura regional. Informe final, 68 pp.
- Dávila, P.M., D. Figueroa & E. Müller. 2002. Freshwater input into the coastal ocean and its relation with the salinity distribution off austral Chile (35-55°S). *Con. Shelf Res.*, 22: 521-534.
- Ekman, J.E. 1996. Closing the larval loop: linking larval ecology to the population dynamics of marine invertebrates. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 200: 207-237.
- Gabe, M. 1968. Techniques histologiques. Masson et Cie, Paris, 1133 pp.
- Hjort, J. 1914. Fluctuations in the great fisheries of Northern Europe. *Rapp. Cons. Expl. Mer.*, 20: 1-228.
- Iriarte, J.L., H.E. González, K.K. Liu, C. Rivas & C. Valenzuela. 2007. Spatial and temporal variability of chlorophyll and primary productivity in surface waters of southern Chile (41.5-43°S). *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 74: 471-480.
- LeBlanc, A., T. Landry & G. Miron. 2003. Fouling organisms of the blue mussel *Mytilus edulis*: their effect on nutrient uptake and release. *J. Shellfish Res.*, 22(3): 633-638.
- Leiva, G., C. Santibañez, J. Bartheld, C. Molinet & J. Navarro. 2007. Definición de criterios biológicos, ambientales, sanitarios y operativos para la instalación de colectores de moluscos bivalvos en la X Región. Informe final proyecto FIP 2005-18: 197 pp.
- Le Pennec, M. 1978. Genèse de la coquille larvaire et post larvaire chez divers bivalves marins. Thèse d'Etat, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 229 pp.
- López, M.T., I. Rollieri, O. Aracena & E. Lozada. 1975. Captación y crecimiento de *Mytilus chilensis* en Putemún, Estero de Castro (Moll. Biv. Mytilidae). *Bol. Soc. Biol. Concepción*, 49: 87-97.
- López, M., T. Von Plessing, G. Navarrete, G. Lara, E. Ruiz, G. Villarroel & M. Donoso. 1980. Presencia de larvas de mitílidos en el plancton y organismos adherentes en colectores de Yaldad Chiloé - X Región. Informe final convenio Intendencia X Región - Universidad de Concepción, Concepción, 54 pp.
- Lozada, E. 1968. Contribución al estudio de la cholga *Aulacomya ater*, en Putemún (Mollusca, Bivalva, Mytilidae). *Biol. Pesq.*, 3: 3-39.
- Mac Donald, P.D.M. & T.J. Pitcher. 1979. Age-groups from size-frequency data: a versatile and efficient method of analyzing distribution mixtures. *J. Fish. Res. Board Can.*, 36: 987-1001.
- Narvarte, M., E. Félix-Pico & L. Ysla-Chee. 2001. Asentamiento larvario de pectínidos, en colectores artificiales. In: A.N. Maeda-Martínez (ed.). Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: ciencia y acuicultura. Editorial Limusa, México, pp. 173-192.
- Plaza, H., Y. Ortúzar, M. González & J. Aros. 2005. Estado de situación y perspectivas de la industria del chorito. Informe Fish. Partn. Ltda., 67 pp.
- Ramorino, L. & B. Campos. 1983. Larvas y postlarvas de Mytilidae de Chile. *Rev. Biol. Mar. Valparaíso*, 19(2): 143-192.
- Ruiz, M., E. Tarifeño, A. Llanos-Rivera, C. Padget & B. Campos. 2008. Efecto de la temperatura en el desarrollo embrionario y larval del mejillón, *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819). *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 43(1): 51-61.
- Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA). 2003. Anuario Estadístico de Pesca 2003. www.sernapesca.cl
- Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA). 2008. Anuario Estadístico de Pesca 2008. www.sernapesca.cl
- Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA). 2009. Anuario Estadístico de Pesca 2009. www.sernapesca.cl
- 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.
- Stotz, W. 1981. Aspectos ecológicos de *Mytilus edulis chilensis* (Hupé, 1854) en el estuario del Río Lingue

- (Valdivia, Chile). *Rev. Biol. Mar. Valparaíso*, 17(3): 335-377.
- Strub, P.T., J.M. Mesías, V. Montecino, J. Rutllant & S. Salinas. 1998. Coastal ocean circulation off western South America. In: A.R. Robinson & K.H. Brink (eds.). *The Sea* John Wiley & Sons, New York, 11: 273-313.
- Thouzeau, G. 1991. Déterminisme du pré-recrutement de *Pecten maximus* (L.), en baie de Saint-Brieuc: processus régulateurs de l'abondance, de la survie et de la croissance des post-larves et juvéniles. *Aquat. Living Resour.*, 4(2): 77-99.
- Thouzeau, G. 1995. Aspects de la dynamic spatio-temporelle du pré-recrutement de *Pecten maximus* L., en baie de Saint-Brieuc. *ICES Mar. Sci. Symp.*, 199: 31-39.
- Toro, J., G. Castro, J. Ojeda & A. Vergara. 2006. Allozymic variation and differentiation in Chilean blue mussel, *Mytilus chilensis*, along in natural distribution. *Genet. Mol. Biol.*, 29(1): 174-179.
- Uribe, J.C., D. López & M. González. 1982. Descripción de algunos estados larvarios y post-larvarios de bivalvos chilenos. *Mus. Nac. Hist. Nat., Chile, Not. Mens.*, 26(303-304): 4-10.
- Valle-Levinson, A., N. Sarkar, R. Sanay, D. Soto & J. León. 2007. Spatial structure of hydrography and flow in a Chilean fjord, Estuario Reloncaví. *Estuar. Coasts*, 30(1): 113-126.
- Winter, J., J. Navarro, C. Román & O. Chaparro. 1980. Estudios biológicos en tres Mitiliculturas de Chiloé (Tubildad, Huildad y Yaldad). Análisis experimental de la alimentación de *Mytilus chilensis*. Informe final. Convenio UACH-CORFO, X Región, Chile, 280 pp.
- Winter, J., J.E. Toro, J. Navarro, G.S. Valenzuela & O. Chaparro. 1984. Recent development, status and prospects of molluscan aquaculture on the Pacific coast of South America. *Aquaculture*, 39: 95-134.

Received: 12 January 2010; Accepted: 4 August 2011