

MORFOMETRIA Y TASAS DE CRECIMIENTO LARVARIO Y POSTLARVARIO DE LOS BIVALVOS *Venus antiqua* (KING & BRODERIP, 1835) Y *Gari solida* (GRAY, 1828) CULTIVADOS EN LABORATORIO.

ERNESTO OLAVARRIA¹, ANA FARIAS¹ & IKER URIARTE²

ABSTRACT: Olavarría E.; Fariás A. & I. Uriarte. 1996. Larval and postlarval morphometry and growth rates of the bivalves *Venus antiqua* (King & Broderip, 1835) and *Gari solida* (Gray, 1828) reared in the laboratory. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 31(2):107-116

Laboratory cultures of larvae and postlarvae of the clam, *Venus antiqua* (King & Broderip, 1835), and the sweet clam, *Gari solida* (Gray, 1828), were carried out to obtain large amounts of spats. Adult clams were conditioned in the laboratory, D-shape larvae were successfully reared to the pediveliger stage. D-shape larvae of *V. antiqua* showed a length of 113.5 μm (± 1.0), that was significantly higher than *G. solida* with 98.0 μm (± 4.1). The size when metamorphosis occurred was significantly different between species, with a mean length of 312.3 μm (± 1.8) in *V. antiqua* and 266.0 (± 2.4) μm in *G. solida*. Competent pediveliger larvae metamorphosed and only postlarvae of *V. antiqua* were successfully cultured up to 2 mm in length and then transferred to the sea. The rearing of *G. solida* postlarvae was possible up a size of 1 mm length, with only few survivors up to 2 mm. The rate of postlarval shell growth was high with maximum values of 25.6 $\mu\text{m}\cdot\text{day}^{-1}$ for *V. antiqua* and low for *G. solida* with maximum values of 17.2 $\mu\text{m}\cdot\text{day}^{-1}$. Thus, there is a successful culture technology of *V. antiqua* from larvae to spat of 2 mm, but more studies are required on the postlarval development of *G. solida*.

Key words: pediveliger, postlarvae, clam, sweet clam, hatchery, Chile, molluscs.

RESUMEN: Olavarría E.; Fariás A. & I. Uriarte. 1996. Morfometría y tasas de crecimiento larvario y postlarvario de los bivalvos *Venus antiqua* (King & Broderip, 1835) y *Gari solida* (Gray, 1828) cultivados en laboratorio. *Revista de Biología Marina, Valparaíso* 31(2): 107-116.

Se realizaron cultivos experimentales de la almeja, *Venus antiqua* (King & Broderip, 1835), y del culengue o almeja dulce, *Gari solida* (Gray, 1828), con el objetivo de obtener juveniles. Para tal efecto, los reproductores fueron acondicionados e inducidos al desove en el laboratorio. Se llevaron a cabo dos cultivos por cada especie. Las tipo D de *V. antiqua* tuvieron un tamaño promedio de 113,5 μm ($\pm 1,0$), significativamente mayor que el de *G. solida* con 98,0 μm ($\pm 4,1$). El tamaño de las larvas inmediatamente antes de ocurrida la metamorfosis fue significativamente diferente entre ambas especies con una longitud promedio de 312,3 μm en *V. antiqua* y 266,0 μm ($\pm 2,4$) en *G. solida*. El cultivo larvario fue exitoso en ambas especies. En el cultivo postlarvario se llegó hasta postlarvas de 2 mm en *V. antiqua*, las que posteriormente se trasladaron al mar. En *G. solida* se obtuvieron postlarvas de 1 mm, y escasos ejemplares hasta 2 mm de longitud. La máxima tasa de crecimiento postlarvaria fue de 25,6 $\mu\text{m}\cdot\text{día}^{-1}$ para *V. antiqua*, mientras que para *G. solida* fue de 17,2 $\mu\text{m}\cdot\text{día}^{-1}$. Estos resultados muestran que el cultivo de *V. antiqua* es posible para su desarrollo a nivel masivo, mientras que el cultivo de *G. solida* requiere de mayores estudios, especialmente en la fase postlarvaria.

Palabras clave: pediveligera, postlarva, almeja, culengue, hatchery, Chile, moluscos.

1) Laboratorio Biológico Pesquero de Putemún, IFOP-División de Acuicultura. Casilla 74-Castro, Chile.

2) Universidad Austral, Casilla 1327, Puerto Montt, Chile.

INTRODUCCION

La gran importancia económica que la explotación de los recursos marinos, y en particular de moluscos, representa para la X Región de Chile (40° 50' 00" lat. S. a 43° 44' 17" lat. S), y la necesidad de desarrollar y sustentar este tipo de explotación, llevó al sector extractor a la realización de un proyecto FONTEC cuyo objetivo principal fue el desarrollo de la tecnología de cultivo de la almeja, *Venus antiqua* (Broderip & King, 1835), y el estudio de factibilidad del cultivo del "culengue" o almeja dulce, *Gari solida* (Gray, 1828).

Las especies con las que se trabajó, *Venus antiqua* y *Gari solida*, constituyen el mayor desembarque de moluscos en Chile con 14.366 ton. y 11.651 ton., respectivamente (SERNAP, 1994). De estas cantidades, el 88,4% de almejas y el 90,3% de "culengue" se desembarca en la X Región. La producción artificial de semilla de almeja y culengue, a pesar de su discutible rentabilidad económica, podría plantearse como un medio para la recuperación de los bancos explotados cuya renovabilidad se ve peligrosamente comprometida a mediano plazo (Ponce & Canales 1995) ó, como en el caso de este proyecto, para sembrar y asegurar la sustentabilidad del recurso en el futuro.

En el curso de este proyecto FONTEC se desarrollaron estudios básicos, en condiciones de laboratorio, de la biología del desarrollo de *V. antiqua* y de *G. solida* que se dan a conocer en este trabajo¹.

MATERIAL Y METODOS

Los adultos reproductores fueron recolectados por la empresa AGROMAR en sus áreas de extracción (Chiloé X Región) y fueron mantenidos en acondicionamiento reproduc-

tivo hasta su desove. En el caso de *V. antiqua* también se utilizaron reproductores de 24 meses (F1) producidos en el Laboratorio Biológico Pesquero de Putemún (Olavarría 1994). En el caso del primer cultivo de *G. solida* hubo emisión gamética espontánea al segundo día de aclimatación en el laboratorio, por lo tanto, no se realizó un estudio riguroso del acondicionamiento, limitándose a suministrar a los ejemplares una cantidad constante de alimento y a mantenerlos a temperaturas coincidentes con las del agua en la época de reproducción (Pérez *et al.* 1977). La metodología seguida para la emisión gamética, fertilización e incubación de los huevos fue la de Pérez *et al.* (1977). Cada cultivo se inició luego de 48 horas de incubación, tamizando las larvas eclosionadas y resuspendiéndolas a concentraciones iguales promedio de 2 larvas·ml⁻¹ en 4 estanques de fibra de vidrio de 500 litros. Se realizaron dos cultivos de almeja en febrero de 1994 y en octubre de 1994 y dos de culengue en noviembre de 1994 y de 1995. Los cultivos larvarios fueron realizados básicamente de acuerdo a las técnicas descritas por Loosanoff & Davis (1963), utilizando *Isochrysis aff. galbana* (clon T-Iso) y *Chaetoceros gracilis* como alimento. Se realizaron cambios de agua cada dos días reteniendo a las larvas en tamices con malla de poliéster acordes con su tamaño. Una vez tamizadas, las larvas se trasladaron a un volumen conocido de agua de mar donde se homogeneizaron y se tomaron muestras de 1 ml en la cámara de Sedgwick Rafter para su conteo y medición con microscopio. Las mediciones de crecimiento larval se realizaron cada dos días con ocular micrométrico a un aumento total de 100x, usándose como criterio las variaciones de la longitud (L) y altura (A) de las larvas que corresponden a la mayor amplitud de la concha en un eje paralelo a la línea de la charnela y a la mayor distancia entre el ex-

¹ Ponce, F. & C. Canales. 1985. Evaluación de stock del recurso culengue (*Gari solida*) en la X Región. XV Jornadas de Ciencias del Mar. Resumen 180. Pág. 107.

tremo del umbo y el borde ventral, respectivamente (Rees, 1950). El tamaño promedio de las larvas y postlarvas fue determinado sobre 40 larvas obtenidas midiendo para cada muestra de cada tamizado de estanque las 10 primeras larvas encontradas en un barrido de la cámara de Sedgwick Rafter. Se consideraron como individuos metamorfoseados a aquellos con la disoconcha claramente distinguible de la concha larval o prodisoconcha II, por su diferente pigmentación. El proceso de metamorfosis se reconoció previamente por la formación de septos branquiales, reabsorción del velo, gran desarrollo del pié y locomoción exclusivamente pedal.

Las tasas de crecimiento, expresadas como el aumento de la longitud de la concha por unidad de tiempo, y las relaciones morfométricas entre la longitud y altura de la concha, fueron calculadas por regresión mediante el programa STATGRAF.

En el primer cultivo postlarvario, después de la metamorfosis, las postlarvas se mantuvieron en condiciones similares a las del cultivo larval durante tres semanas, luego fueron traspasadas a tubos de PVC, en sistema de flujo ascendente (upwelling), hasta alcanzar la talla de 2 mm. En el segundo cultivo, luego de la metamorfosis, las postlarvas se cultivaron en contenedores suspendidos en estanques de 500 l con recirculación de agua, traspasándose después de dos semanas al sistema de tubos de PVC con flujo ascendente.

Para el cultivo del culengue, después de la metamorfosis, las postlarvas se mantuvieron en contenedores suspendidos con recirculación de agua, durante todo el proceso. En todos los casos anteriores el agua de mar utilizada fue filtrada a 1 μm y esterilizada por radiación UV.

RESULTADOS

La figura 1a y 1b muestran los estados de pediveligera y postlarva, respectivamente, de la almeja *V. antiqua* cultivada en el laboratorio. La figura 1a muestra pediveligeras de 25 días de cultivo, próximas a la metamorfosis de un tamaño de 309,8 μm * 283,2 μm (L * A); la figura 1 b muestra postlarvas de 15 días con una talla promedio de 578 μm * 535 μm (L * A). La disoconcha puede ser observada por la diferencia de color respecto a la concha larvaria.

La figura 2 muestra los estados de pediveligera y postlarva respectivamente, del culengue *G. solida* cultivado en el laboratorio. La figura 2a muestra una pediveligera de 31 días, de un tamaño de 279 μm * 265 μm (L * A); la figura 2b muestra una postlarva de 10 días con dimensiones de 367 μm * 324 μm (L * A). La disoconcha puede ser observada por la clara delimitación con la prodisoconcha II.

Al comparar los tamaños de las larvas D, eclosionadas luego de las 48 horas de incubación embrionaria (Tabla 1), se encontraron diferencias significativas entre especies ($F=141,5$; g.l.= 1, 51; $p < 0,00001$) y entre cultivos ($F=138,1$; g.l.= 1, 51; $p < 0,00001$). En *V. antiqua* se observó que el tamaño mínimo que alcanzaron las veligeras más tempranas y con desarrollo normal fue de 101.4 μm x 85,8 μm (L x A) en el cultivo de febrero de 1994, mientras que en el cultivo de octubre de 1994 fue de 109,2 μm x 85,8 μm (L x A). Al comparar ambos cultivos de *G. solida* se observó que el tamaño mínimo que alcanzaron las veligeras más tempranas y con desarrollo normal fue de 70,2 μm x 54,6 μm (L x A) en el cultivo de noviembre de 1994, mientras que en el cultivo de noviembre de 1995 los tamaños mínimos fueron los mismos observados para el segundo cultivo de *V. antiqua* (109,2 x 85,8).

El tamaño al que las larvas pedivelígeras alcanzaron la metamorfosis (Tabla 1) fue significativamente diferente entre especies ($F=251,8$; g.l.= 1, 75; $p < 0.00001$) y similar entre ambos cultivos realizados. En *V. antiqua* la talla de metamorfosis varió entre

288,6 μm y 51 μm de longitud, con un promedio de 312.34 ($\pm 1,76$) μm . En *G. solida* el tamaño al que las larvas alcanzaron la metamorfosis varió entre 234,0 y 294,6 μm de longitud, con un promedio de 266,04 ($\pm 2,37$) μm .

Tabla 1.- Valores promedios de talla de larvas velígeras y pedivelígeras registrados para diferentes especies de almejas. L= longitud de la concha. A= altura de la concha.

ESPECIE	ESTADIOS LARVARIOS		FUENTE
	VELIGERA	PEDIVELIGERA	
<i>Venus antiqua</i>	113 x 88 μm	312 x 287 μm	4
<i>Gari solida</i>	98 x 76 μm	266 x 251 μm	4
<i>Venus striatula</i>	90 x 72 μm	270 x 240 μm	1
<i>Venus fasciata</i>	110 x 86 μm	276 x 251 μm	1
<i>Venus verrucosa</i>	100 x 78 μm	280 x 250 μm	1
<i>Venerupis aurea</i>	100 x 82 μm	280 x 252 μm	1
<i>Venerupis pullastra</i>	90 x 70 μm	280 x 259 μm	1
<i>Mercenaria mercenaria</i>	110 x 90 μm	225 x 210 μm	2
<i>Mercenaria mercenaria</i>	105 x 80 μm	215 x 200 μm	3
<i>Tapes semidecussata</i>	95 x 70 μm	215 x 195 μm	3

(1) Le Pennec & Lucas (1970); (2) Chanley & Andrews (1971); (3) Loosanoff & Davis (1963); (4) Presente estudio.

Los crecimientos postlarvarios en los cultivos masivos se observan en la figura 4, fueron 24,3 $\mu\text{m}\cdot\text{día}^{-1}$ y 25,6 $\mu\text{m}\cdot\text{día}^{-1}$, para el cultivo 1 y 2 de almeja, respectivamente y de 17,2 y 13,0 $\mu\text{m}\cdot\text{día}^{-1}$ para el cultivo 1 y 2 de culengue, respectivamente.

La relación A/L de la concha durante la fase larvaria de las almejas y culengues (Fig.5) permaneció lineal durante todo el desarrollo con pendientes muy similares entre ambas especies, siendo de 0,98 ($n= 490$; $R^2=98,2\%$) para *V. antiqua* y de 0,97 ($n= 214$; $R^2=99,3\%$) para *G. solida*.

La relación A/L de la concha durante la fase postlarvaria de almejas y culengues (Fig.6) permaneció lineal durante el período estudiado con pendientes claramente diferenciadas entre especies. *V. antiqua* se caracterizó por presentar un leve aumento de la lon-

gitud respecto de la altura de la concha en esta etapa postmetamórfica, mostrando una pendiente de 0,90 ($n= 148$; $R^2=99,7\%$), mientras que en *G. solida* aumentó fuertemente el crecimiento de la longitud respecto de la altura (1,35 veces) lo que produjo una relación A/L de 0,76 ($n= 131$; $R^2=99,4\%$) después de la metamorfosis.

DISCUSION

Los cultivos realizados en febrero y octubre de 1994 de *Venus antiqua* y en noviembre de 1994 y noviembre de 1995 de *Gari solida* correspondieron a las épocas de desove natural de ambas especies (Bustos *et al.*, 1981; Urban & Campos 1994), por lo que el período de acondicionamiento fue de sólo una a tres semanas para finalizar la maduración de los gametos. Durante los cultivos fue posible obtener el desarrollo larvario completo de *Venus antiqua* y de *Gari solida* en 30 días de



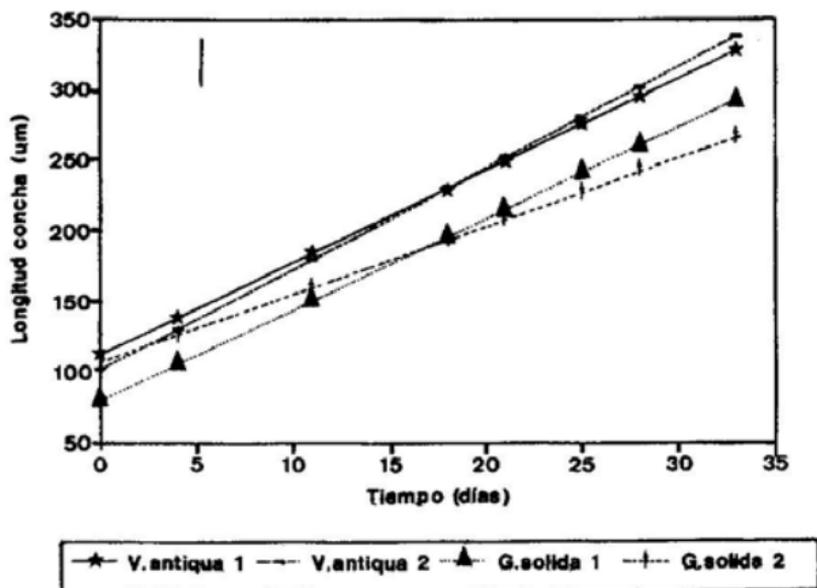


Figura 3. Crecimiento larvario de la almeja, *V. antiqua*, y del culengue, *G. solida*, en cultivo masivo. Las líneas corresponden a las tasas de crecimiento calculadas por regresión lineal. La barra indica la máxima desviación estándar de los promedios.

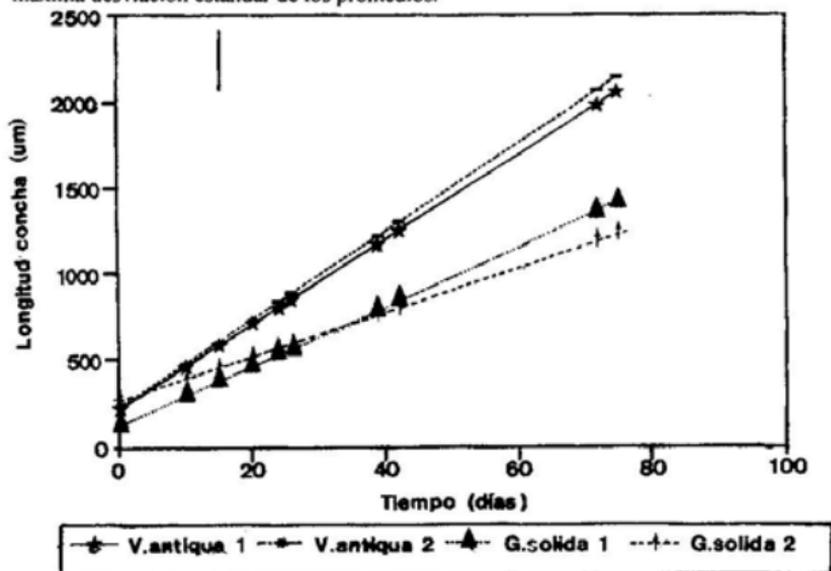


Figura 4. Crecimiento postlarvario hasta los 2 mm de la almeja, *V. antiqua*, y del culengue, *G. solida*, en cultivo masivo. Las líneas corresponden a las tasas de crecimiento calculadas por regresión lineal. La barra indica la máxima desviación estándar de los promedios.

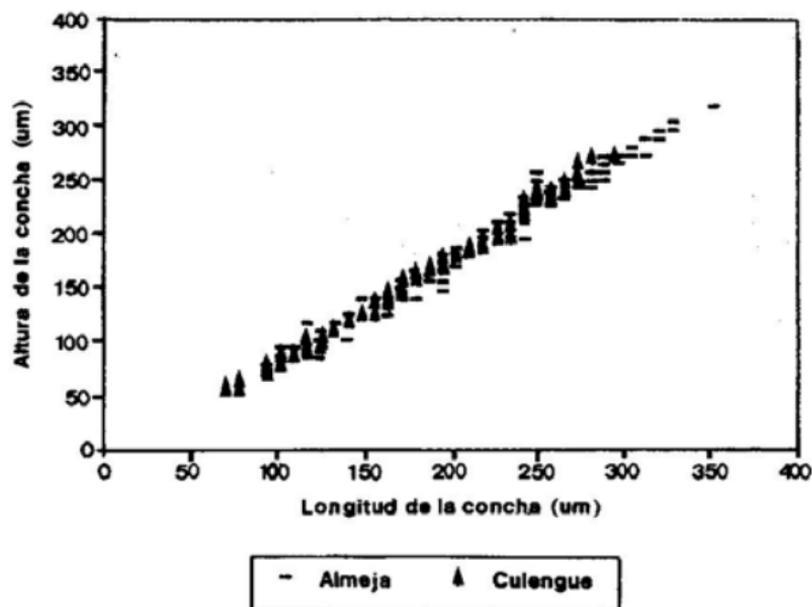


Figura 5. Relación morfométrica entre la longitud y altura de la concha en *V. antiqua* y *G. solida* durante la fase larvaria. Cada punto es un individuo, $n = 490$ para *V. antiqua* y $n = 214$ para *Gari solida*.

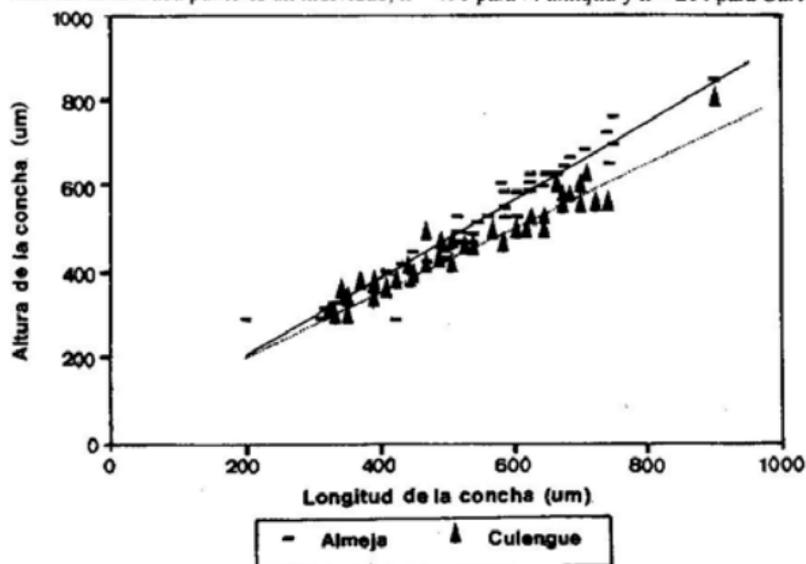


Figura 6. Relación morfométrica entre la longitud y altura de la concha en *V. antiqua* y *G. solida* durante la fase postlarvaria. Cada punto es un individuo, $n = 148$ para *V. antiqua* y $n = 131$ para *Gari solida*.

cultivo, lo que es comparable a lo obtenido para *V. antiqua* por Olavarría (1994), pero es la primera vez que se obtiene para *G. solida*.

La dispersión de los tamaños de las larvas recién eclosionadas y de las larvas en el momento de la metamorfosis ha sido documentada para *Mercenaria mercenaria* y *Tapes semidecussatus* por Loosanoff & Davis (1963); tales diferencias pueden ser de hasta 19 μm en larvas D y de 65 μm en pediveligeras premetamórficas según estos autores, y podría estar relacionada con la temperatura del cultivo. En el caso de *V. antiqua* y *G. solida* no hubo diferencias de temperatura entre ambos cultivos realizados para cada especie. Sin embargo, en el primer cultivo de *G. solida* no hubo acondicionamiento y el desove fue espontáneo, lo que podría explicar en parte el pequeño tamaño observado en las larvas D de este cultivo.

Durante el desarrollo larvario las relaciones morfométricas de las conchas fueron comparables a las observadas por Le Pennec & Lucas (1970) en otras especies de almeja, encontrándose que en *V. antiqua* y *G. solida* la relación longitud-altura permanece casi lineal desde la eclosión hasta la metamorfosis con una relación longitud-altura cercana a 1 (o cercana a 45° según Le Pennec & Lucas, 1970), lo que mostró que antes de la metamorfosis no existieron diferencias morfométricas detectables entre las dos especies.

Las relaciones morfométricas postlarvarias muestran que inmediatamente después de la metamorfosis ya se observan diferencias en las formas de las conchas entre ambas especies, caracterizándose la almeja por un crecimiento similar en longitud y al-

tura (Fig. 1b), mientras que en el culengue se observa un marcado mayor crecimiento en la longitud de la concha, lo que da por resultado una forma peculiarmente alargada en los individuos (Fig. 2b).

De las características morfológicas que indican que las larvas están competentes para la metamorfosis, tales como pié funcional, tamaño de la concha y/o presencia de mancha ocular, se observó que ninguna de las dos especies presentó la mancha ocular, lo que es similar a lo observado en otras especies de almeja como *Mercenaria mercenaria* y *Pitar morrhua* (Chanley & Andrews 1971).

Los crecimientos postlarvarios de los dos cultivos masivos de la almeja y del culengue no fueron comparables puesto que se realizaron en sistemas diferentes. La tasa de crecimiento postlarval fue más alta para la almeja en el segundo cultivo ($25,6 \mu\text{m}\cdot\text{día}^{-1}$) indicando que este sistema fue el más adecuado para la especie en su fase de "nursery". La menor tasa de crecimiento observada para el culengue en el segundo cultivo ($13,0 \mu\text{m}\cdot\text{día}^{-1}$) indica que hasta ahora los sistemas utilizados han sido poco adecuados para esta especie y que la tecnología de cultivo para *G. solida* necesita un mayor estudio y difiere de la de *V. antiqua*.

Este estudio muestra que tanto los desarrollos larvales como postmetamórficos de *V. antiqua* y *G. solida* pueden obtenerse en laboratorio. En la actualidad se siguen realizando investigaciones sobre el efecto de la dieta y de los sistemas de cultivo en el desarrollo larvario y postlarvario de ambas especies para obtener una tecnología eficiente de cultivo masivo de estas especies.

AGRADECIMIENTOS

Estos resultados fueron obtenidos durante el desarrollo de un proyecto CORFO-FONTEC con la empresa AGROMAR, agradecemos especialmente a su Gerente Sr. Héctor Vera por el constante apoyo e interés demostrado en el transcurso de las investigaciones. Como también al Sr. Renato Yañez, contraparte de la empresa, por su gestión que permitió la interacción entre IFOP y la empresa AGROMAR.

También agradecemos la colaboración técnica del Sr. Tito Nuñez durante todo el transcurso del proyecto.

LITERATURA CITADA

- Bustos, E.; Guarda, M.; Osorio, C.; Lozada, E.; Solís, I.; Díaz, M. & E. Valenzuela. 1981. Estudio biológico pesquero del recurso almeja en la bahía de Ancud. II.-Investigaciones específicas. 150 p. IFOP. Informe SERPLAC X región.
- Chanley, P. & J. Andrews. 1971. Aids for identification of bivalve larvae of Virginia. *Malacologia* 11(1): 45-119.
- Le Pennec, M. & A. Lucas. 1970. Comparative growth and morphology of some venerid larvae (Bivalvia, Veneridae). *Malacological Review* 3: 175 - 183.
- Loosanoff, V. & H. Davis. 1963. Rearing of bivalve molluscs. In: *Advances in Marine Biology*, F. Russel (eds.). 136 p.
- Olavarria, E. 1994. Estudios en almeja. In: *Investigación Repoblamiento de Recursos Bentónicos. Area piloto IV región. Etapa VI. Informe CORFO- IFOP*. En prensa.
- Pérez, A.; Román, G. & M. Torre. 1977. Experiencias en cultivo de larvas de tres especies de moluscos bivalvos: *Venerupis pullastra* (Montagu), *Venerupis decussata* (Linnaeus) y *Ostrea edulis* (Linnaeus). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 235: 7-62.
- Rees, C. 1950. The identification and classification of lamellibranch larvae. *Hull. Bulletin of Marine Ecology* 3 (19): 73-104.
- SERNAP. 1994. Anuario estadístico de pesca. Servicio Nacional de Pesca
- Urban, H.I. & B. Campos. 1994. Population dynamics of the bivalves *Gari solida*, *Semele solida* and *Protothaca thaca* from a small bay in Chile at 36 degrees. *Marine Ecology Progress Series* 115(1-2): 93-102.