



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias
Escuela de Biología Marina

Profesor patrocinante:
DR. CARLOS S. GALLARDO
INSTITUTO DE ZOOLOGIA
FACULTAD DE CIENCIAS

Profesores informantes:
DR. ORLANDO GARRIDO
INSTITUTO DE EMBRIOLOGIA
FACULTAD DE CIENCIAS

M.SC. CARLOS VARELA
DEPTO. DE ACUICULTURA
UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS

EFFECTO DEL SISTEMA DE CULTIVO SOBRE LA CAPACIDAD REPRODUCTIVA DE EJEMPLARES ADULTOS DE *Chorus giganteus* (Gastropoda: Muricidae) MANTENIDOS EN BAHIA METRI (SENO RELONCAVI).

Tesis de grado presentada como parte
los requisitos para optar al grado de
LICENCIADO EN BIOLOGIA MARINA

MARCELO PATRICIO GARCIA JARA
VALDIVIA-CHILE

-2003-

INDICE

INDICE.....	<i>i</i>
AGRADECIMIENTOS.....	<i>ii</i>
RESUMEN.....	<i>iii</i>
ABSTRACT.....	<i>iv</i>
INTRODUCCION.....	<i>1</i>
MATERIALES Y METODOS.....	<i>4</i>
<i>RECOLECCIÓN DE EJEMPLARES</i>	<i>4</i>
<i>MONTAJE DEL EXPERIMENTO</i>	<i>5</i>
<i>TOMA DE DATOS Y PROCESAMIENTO DEL MATERIAL</i>	<i>5</i>
<i>CARACTERIZACION DE ESTADOS DE MADUREZ</i>	<i>6</i>
<i>POSTURA DE OVICAPSULAS</i>	<i>7</i>
RESULTADOS.....	<i>8</i>
<i>ACTIVIDAD DE OVIPOSICION</i>	<i>8</i>
<i>FRECUENCIA DE LOS DIFERENTES ESTADOS DE MADUREZ GONADAL</i>	<i>8</i>
Individuos Hembras.....	<i>8</i>
Individuos Machos.....	<i>10</i>
DISCUSION.....	<i>12</i>
ANEXO.....	<i>18</i>
REFERENCIAS.....	<i>25</i>

AGRADECIMIENTOS

- Agradezco a Dios en quien deposito mi confianza de un futuro menos incierto.
- Agradezco a mis padres por todo su apoyo y comprensión en mis momentos de mayor desaliento. Les agradezco en forma muy especial el haber puesto su confianza en mi.
- Agradezco a don Carlos Gallardo por su valiosa ayuda y apoyo en la realización de esta tesis. Agradezco de manera muy especial sus consejos y las conversaciones que mantuvimos en más de una ocasión, las que traspasaron el ámbito meramente académico acercándonos hacia lo humano.
- Agradezco a don Carlos Bertrán por la amabilidad y paciencia con que siempre me escuchó y su gran disposición a solucionar los problemas que se me presentaron en el camino.
- A don Orlando Garrido por su colaboración y por que en su actitud siempre sentí un gran apoyo.
- Agradezco a don Carlos Varela, quien me dio las palabras de aliento para culminar esta tesis, en momentos de mucha confusión.
- Agradezco a don Valentín por su generosa ayuda en todo lo referente al tratamiento histológico de mis muestras.
- A don León Matamala por su simpatía y buena voluntad que siempre tuvo conmigo en todo momento.
- Esta tesis fue financiada con fondos del proyecto Fondecyt 1960488 sin los cuales hubiera sido imposible su realización.

RESUMEN

El gastrópodo marino, *Chorus giganteus*, ha sido objeto en las últimas décadas de una fuerte actividad extractiva debido a la alta demanda que tiene en los mercados internacionales. Esta situación ha provocado una severa disminución de sus poblaciones naturales. Por esta razón, se está explorando actualmente la posibilidad de generar una tecnología para su cultivo, lo que se vislumbra como una posibilidad muy viable dadas las características ventajosas que ofrece la biológica reproductiva de esta especie. En el presente estudio se mantuvieron ejemplares adultos de *C. giganteus* en sistema suspendido del tipo long-line los que fueron alimentados periódicamente con *Mytilus chilensis*. Se evaluó el efecto de dichas condiciones de cultivo sobre el ciclo de desarrollo gonadal y el desove. Mensualmente se efectuó un análisis histológico de las gónadas y se realizó una prospección de las cajas en suspensión para verificar la ocurrencia de oviposturas.

Se observó que a partir del cuarto mes de experimentación, los animales comienzan a entrar en una clara fase de regresión gonadal sin que se observen señales de recuperación de la misma. Además, se encontraron evidencias de un proceso catabólico severo en el estado de regresión, el que se caracterizó por la presencia de numerosas células amebocíticas (ocupando la totalidad del espacio gonadal). Se hipotetiza que el bajísimo consumo de las presas ofrecidas (*Mytilus chilensis*) sería el factor que tiene una incidencia mayor en el comportamiento gonadal observado. Se presume, en consecuencia, que el proceso catabólico señalado, estaría relacionado a la obtención de energía desde una fuente distinta a la de los alimentos, indicando que los animales se encontraban en un estado fisiológico desventajoso en esta fase de experimentación debido al agotamiento de sus reservas energéticas y al bajo "imput" de energía (bajo consumo de presas). No obstante, llama la atención la capacidad que tienen las hembras de esta especie, las que -aún en bajo consumo de presas- fueron capaces de canalizar reservas energéticas hacia una actividad reproductiva en la etapa inicial de la experiencia (tres primeros meses), lo que se manifestó en un porcentaje significativo de individuos en estado de madurez máxima y la ocurrencia de desoves (producción de oviposturas) en el cultivo.

ABSTRACT

The marine gastropod *Chorus giganteus* has been the object of intensive extractive activity to its high demand in international markets. This situation has produced severe declines in natural populations of this species. In response to the preceding, efforts have been made in recent years to propagate this snail by means of culture technology based on the advantageous characteristics of its reproductive biology. In the present study, adults of *Chorus giganteus* were maintained in cages in a long-line culture system, and periodically fed with the mussel *Mytilus chilensis*. Effects of these culture conditions on the gonadal development cycle and spawning of the snails were evaluated. Monthly histological analyses of the gonads were carried out, as well as inspection of the culture cages in order to record the occurrence of egg capsule deposition.

The results showed that, beginning in the fourth month of the study, the snails began to enter a clear phase of gonadal regression, without observing any signs of recovery. Also, evidence was found of a severe catabolic process in the regressive state, characterized by the presence of numerous amebocytic cells occupying the entirety of the gonadal space. It is hypothesized that the extremely low consumption of prey offered (*M. chilensis*) was probably the most important causative factor for the results observed. It is supposed, as a consequence, that catabolic process observed was related to the organism's obtaining energy from sources other than food, suggesting that they were in a disadvantageous condition in this phase of the experimentation due to their depletion of energy reserves, and due to the low "input" of energy (low rate of prey consumption). The capacity of the females of this species was notable, however, as they –even with low prey consumption- were able to channel energy reserves toward reproductive activity in the initial stages of the experiment (first three months), which showed that a significant percentage of the individuals was in a state of maximal maturity, with the occurrence of spawning (deposition of egg capsules) in the culture.

INTRODUCCION

Chorus giganteus (Lesson, 1829), conocido comercialmente como “*Caracol Trumulco*”, es un gastrópodo marino perteneciente a la familia Muricidae. Este caracol, al igual que el resto de los representantes de la familia, es de hábitos carnívoros y muy probablemente preda sobre bancos de navajuelas (*Tagelus dombeii*) en su medio ambiente natural (Navarro *et al.*, 2002)

C. giganteus es una especie endémica que se distribuye desde Antofagasta (23°40'S; 70°25'W) hasta Valdivia (39°55'S; 73°10'W) (Osorio *et al.*, 1979), viviendo en fondos de arena y fango entre los 8 y 30 m de profundidad (Lépez, 1981). No obstante, en la actualidad, su distribución se ha restringido a unos pocos sitios, debido a la intensa actividad extractiva de que ha sido objeto en las últimas décadas, según lo informado por Gajardo *et al.* (2002). La severa disminución de sus poblaciones naturales se ve claramente reflejada en las estadísticas de desembarque, los que han disminuido dramáticamente desde 2.317 toneladas en 1980, a tan sólo 26 toneladas en 2001 (SERNAP, 1980, 2001). Todo esto pese a existir, desde 1981, una serie de medidas de administración tendientes a proteger a la especie, tales como: veda, talla mínima de extracción y prohibición de extraer ejemplares portadores de cápsulas sobre sus conchas (D.S N°58 & D.S N° 593). Hasta los últimos años la especie se encuentra en estado de plena explotación (SERNAP, 2001).

Este aumento en el esfuerzo pesquero ha sido motivado por la creciente importancia económica que esta especie ha adquirido en los últimos años. Su importancia económica se basa, fundamentalmente, en la factibilidad que tiene, por las características de su carne y por su tamaño, de acceder a los mercados internacionales, principalmente asiáticos. Estos mercados presentan una alta demanda de gastrópodos marinos debido a las bajas en las pesquerías de especies tradicionalmente consumidas por ellos, déficit que no ha podido ser cubierto por la producción acuícola. Esto ha permitido el ingreso de especies “sustitutas” en dichos mercados. Tal es el caso de lo ocurrido con el "loco" (*Concholepas concholepas*), que entró en el mercado asiático con el nombre de "Abalón" chileno con consecuencias también dramáticas, en cuanto a la disminución de sus poblaciones naturales.

El cultivo de gastrópodos marinos de interés comercial para nuestro país, se vislumbra cada día, como la alternativa más razonable para asegurar una explotación sustentable y evitar la extinción de estos recursos. Actualmente se están realizando en nuestro país cultivos a nivel piloto de especies nativas como, por ejemplo: *Thais chocolata* (Caracol locate), lapa (*Fissurella* spp.), *Concholepas concholepas* (loco), y *Chorus giganteus* (Caracol Trumulco) según fuentes de la Subsecretaría de Pesca (Subpesca, s.f.).

Entre los gastrópodos de importancia comercial en nuestro país, ha sido *C. concholepas* la especie en que se han invertido los mayores esfuerzos en cuanto a lograr industrializar su cultivo. Todos los esfuerzos realizados, sin embargo, aún no arrojan resultados positivos. La principal razón biológica, es que *C. concholepas* presenta una larva veliger que permanece un período largo en el pélagos (DiSalvo 1988), siendo esta etapa muy difícil de manejar en un cultivo. *C. giganteus*, por el contrario, presenta una larva que se metamorfosea después de 2 o 3 días de ocurrida la eclosión (Gallardo, 1981; Gonzáles & Gallardo, 1999) y según lo reportado por Gallardo & Sánchez (2001), esta fase podría reducirse a un par de horas mediante la utilización de inductores metamórficos, lo que representa una enorme ventaja, si se piensa en términos de cultivo. El presente trabajo forma parte de un amplio programa de investigación tendiente a generar las bases para el diseño de una tecnología de cultivo para el Caracol Trumulco.

Toda la información existente para *C. Concholepas* es, sin embargo, un valioso referente, debido a la poca literatura existente sobre cultivo de gastrópodos marinos en nuestro país. López & Varela (1988) y Varela & López (1989) han reportado que reproductores de *C. concholepas* son capaces de sobrevivir, crecer y reproducirse satisfactoriamente en cautiverio, tanto en condiciones de laboratorio como en sistema suspendido. Además se ha observado que ejemplares adultos de *C. concholepas*, mantenidos en sistema suspendido, presentan una alta actividad gametogénica, reproducción continua y un prolongado período de desove (Burgos 1991). En este sentido han surgido una serie de programas de investigación que incluyen el montaje experimental de reproductores del caracol trumulco (*C. giganteus*) dada las ventajas biológicas que posee para el cultivo exitoso de sus embriones y larvas hasta la metamorfosis (Gallardo, 1981; Gutiérrez y Gallardo, 1999; González y Gallardo, 1999). Tales estudios, algunos de los cuales ya han culminado (Merino, 2000; Carrasco, 2001) pretenden reunir antecedentes que

permitan evaluar la factibilidad de manejar reproductores de esta especie en medio de cultivo. Como parte de este mismo programa, la presente tesis se propuso evaluar y discutir el efecto que tiene el cultivo en sistema suspendido, en la capacidad reproductiva de ejemplares adultos de *C. giganteus* colectados desde el medio ambiente natural, particularmente en lo que se refiere al ciclo de desarrollo gonadal y período o actividad de desove.

MATERIALES Y METODOS

RECOLECCIÓN DE EJEMPLARES

Para el desarrollo de los objetivos planteados, se recolectaron mediante buceo de fondo, ejemplares adultos de *Chorus giganteus* desde el banco natural existente en el sector de Chaihuín-Valdivia (39° 53' S; 73° 22' W) y se trasladaron en Abril de 1997, al Centro de Acuicultura y Ciencias del Mar (CEACIMA) de la Universidad de Los Lagos, ubicado en Bahía Metri (41° 36' S; 72° 42' W) (Fig. 1).

Se consideró adultos aquellos ejemplares que sobrepasan el tamaño mínimo de diferenciación gonadal. Dicha talla se determinó mediante el examen macroscópico de las gónadas en un muestreo previo de 200 animales cuyo rango de tamaño fluctuó entre 8 y 10,4 cm de longitud columelar. Se escogieron animales por sobre los 8 cm por cuanto en un informe presentado por López (1981) se establece que el tamaño mínimo de madurez sexual para una población de esta misma especie en Concepción es de 8,3 cm, además, el autor del presente trabajo observó previamente que animales bajo los 8 cm aún no desarrollan gónada. Los caracoles fueron ordenados en clases de tallas de 3 mm de amplitud y se consideró como talla mínima de diferenciación gonadal aquel rango en que la proporción de animales con gónada diferenciada sobrepasa a la de aquellos que aún no la diferencian. Dicho análisis reveló que ello ocurre en el rango de talla de 89-92 mm de longitud columelar, sin embargo, todavía se observa, dentro de este rango, una proporción relativamente alta de individuos que no presentan una gónada diferenciada, razón por la cual se seleccionaron ejemplares con tamaño superior a los 10 cm para asegurar, de esta forma, que la totalidad de animales experimentales presentaran una gónada diferenciada (o sea, animales adultos). La diferenciación gonadal se realizó de acuerdo a la caracterización macroscópica del estado de premadurez reportado por Avilés & Lozada (1975) en *Cocholepas concholepas* y los estados de madurez y regresión descritos para *Ch.giganteus* (Jaramillo & Garrido, 1990). La longitud de los individuos se midió utilizando un pie de metro de precisión 0,1 mm, desde el ápice de la 1^a vuelta de la concha hasta el extremo del canal sifonal (Fig. 2).

MONTAJE DEL EXPERIMENTO

Los ejemplares recolectados fueron mantenidos en sistema suspendido del tipo long-line (Fig. 3). Éste consistió en 8 cuelgas suspendidas desde una línea flotante con 3 bandejas plásticas cada una. Estas bandejas se dispusieron cada 30 cm una de la otra, unidas entre sí mediante cabos de propileno de 6 mm de diámetro. Cada bandeja fue perforada en todas sus caras con el objeto de permitir la circulación del agua. Dentro de cada bandeja se colocaron 20 individuos en una proporción macho - hembra de 1:1. El sexo de los individuos se determinó de acuerdo a Amín *et al.* (1984) y consistió en diferenciar los machos por la presencia del pene, ubicado detrás del tentáculo derecho del caracol.

Para evitar el escape de los caracoles, se colocó sobre las bandejas una red anchovetera de 1 cm de abertura de malla. Los caracoles fueron alimentados periódicamente a saciedad con una dieta monoespecífica a base de choritos (*Mytilus chilensis*) (Hupé, 1954). Los choritos fueron extraídos desde el banco natural de Bahía Metri. Se escogió a esta especie para la alimentación, por ser muy abundante en dicha localidad, y, además, representa un alimento de bajo costo económico, aunque muy probablemente ésta no es la dieta habitual de la especie en su medio ambiente natural.

TOMA DE DATOS Y PROCESAMIENTO DEL MATERIAL

Previamente, los organismos fueron mantenidos por un período de aclimatación de 3 meses en el sistema flotante (Abril- Junio de 1997).

Para la estimación del ciclo de desarrollo gonadal de la población artificial en estudio, se realizaron muestreos mensuales entre julio de 1997 y abril de 1998. Se recolectaron 30 individuos mensualmente (15 machos y 15 hembras), seleccionados aleatoriamente desde las cajas en suspensión.

El procesamiento de las muestras se efectuó en los Institutos de Zoología y Embriología de la Universidad Austral de Chile. A los individuos se les removió cuidadosamente la concha, y

desde la porción media del complejo gónada-glándula digestiva (C.G.D) se extrajo un trozo de aproximadamente 1 cm de longitud. Los trozos de tejido se fijaron en Bouin por 24 hrs. aproximadamente. Luego fueron deshidratados en soluciones de etanol de gradación creciente (70°, 80°, 90°, 96°, Abs.), se incluyeron en Histosec y fueron cortados en secciones de 7-10 µm de espesor por medio de un micrótomo. Posteriormente, las muestras se tiñeron con Hematoxilina – Eosina y fueron montadas en bálsamo de Canadá. Finalmente fueron observadas y analizadas bajo microscopio óptico, siendo además fotografiadas aquellas imágenes representativas de los diferentes estadios gonadales.

CARACTERIZACION DE ESTADOS DE MADUREZ

Para la tipificación de los estados de madurez gonadal se siguió el esquema utilizado por Jaramillo & Garrido (1990), para una población natural de *C. giganteus* de la Bahía de Corral, Valdivia (Tabla 1).

Tabla 1. Características de los estados del ciclo gonadal de *Chorus giganteus*, según rasgos señalados por Jaramillo & Garrido (1990)

ESTADIO GONADAL	OVARIO	TESTICULO
En proceso de madurez	Gónada color naranja, los ovocitos se encuentran en previtelogénesis, con inclusión de algunas plaquetas vitelinas y adheridos a la pared del folículo a través del pedúnculo.	Gónada color naranja, túbulos seminíferos con lumen reducido en cuyo interior se observan espermatogonias, citos I, citos II, y algunas espermátidas.
Madurez máxima	Gónada de color amarillo y muy desarrollada, ovocitos en estado de vitelogénesis y desprendidos de la pared del folículo.	Gónada de color amarillo, en el lumen del túbulo se encuentran células espermatogénicas, desprendidas, y gran abundancia de espermatozoides.
Regresión	Gónada color café oscuro, los folículos se encuentran reducidos o semi vacíos, con restos de vitelo. Además se observan ovocitos en algunos folículos.	Gónada café oscuro. Los testículos se hayan reducidos con restos de espermátidas y espermatozoides.

POSTURA DE OVICAPSULAS

Se registró la frecuencia de posturas a través de la observación directa, mes a mes, de las bandejas donde se mantenían los ejemplares de *C. giganteus*, haciendo un recuento del número total de ovicápsulas por postura. Para efectos de una mayor claridad en el análisis, cabe señalar que se consideró cada evento de oviposición como una postura poblacional.

RESULTADOS

ACTIVIDAD DE OVIPOSICION

Se observaron oviposturas en los meses de Mayo y Junio de 1997 (período de aclimatación) y durante los meses de Agosto y Septiembre del mismo año, o sea durante los meses invernales. A partir del mes de Septiembre (inicios de primavera) cesa completamente la actividad de oviposición de los animales en cautiverio (Tabla 2). Durante el período de oviposición, el número total de hembras en la población fluctuó entre 240 y 210 ejemplares.

Tabla 2. *C. giganteus*. Fechas de oviposición y número de cápsulas ovíferas en las oviposturas totales, durante el cultivo en sistema flotante.

FECHA	POSTURAS (N° aprox. de ovicápsulas)
10 de mayo 1997 (aclimatación)	1.850
21 de junio 1997 (aclimatación)	1.050
11 de agosto 1997	700
5 de septiembre 1997	1.600

FRECUENCIA DE LOS DIFERENTES ESTADOS DE MADUREZ GONADAL

Individuos Hembras

- **Madurez máxima:** Este estado se caracterizó macroscópicamente por presentar una gónada muy desarrollada de color amarillo-crema y de aspecto granular. Microscópicamente es posible apreciar una gran cantidad de óvulos maduros libres en el lumen folicular, conteniendo numerosas plaquetas vitelinas en su citoplasma (Figs. 4 y 5). En el interior de los folículos es posible encontrar, además, ovocitos previtelogénicos y en

vitelogenesis, los que se encuentran adheridos a las paredes de los mismos por medio de un pedúnculo.

Los porcentajes más altos de hembras en este estado se registraron entre los meses de Julio y Septiembre de 1997 (Fig. 16 A). En Julio y Agosto el 46,7% de las hembras se encontraba este estado, mientras que en el mes de Septiembre el porcentaje de hembras maduras alcanzó su valor máximo correspondiente a un 60% (Tabla 3). En los meses siguientes, la proporción de hembras maduras decrece paulatinamente hasta llegar a valores por debajo del 22% entre Diciembre de 1987 y Abril de 1988 (Fig. 16 A).

- **En proceso de madurez:** Este estado estuvo ausente en cada uno de los meses muestreados.
- **En regresión:** Macroscópicamente este estado se caracterizó por presentar una gónada muy reducida de color pardo. Microscópicamente se observaron dos estados: un estado de regresión inicial (Figs. 6 y 7) caracterizado por presentar folículos vacíos o semivacíos, con paredes rotas, algunos con restos de ovocitos y vitelo en su interior; y un estado de regresión avanzado (Figs. 8 y 9) que se caracterizó por la presencia de numerosas células pequeñas -de forma esférica, con un núcleo que se tiñe intensamente y de posición excéntrica (Fig. 7)- llenando todo el espacio gonadal.

El porcentaje de hembras en estado de Regresión fue, en general, bastante alto. El valor más bajo se registró en el mes de Septiembre de 1997 correspondiente a un 40%. En cada uno de los muestreos restantes, este estado se presentó en más del 50% de la población, y la proporción muestra una clara tendencia creciente hasta alcanzar valores por sobre el 80% entre los meses de Enero y Abril de 1998 (Fig. 16 A), en los cuales predominó el estado de regresión avanzado.

Individuos Machos

- **Máxima madurez:** Este estado se caracterizó macroscópicamente por presentar una gónada muy desarrollada de color amarillo ocre y con gran cantidad de líquido seminal en los colectores espermáticos. Microscópicamente este estado estuvo representado por la presencia de una gran cantidad de espermatozoides en el interior del lumen folicular, aunque también es posible distinguir numerosos espermatocitos y espermátidas en este estado (Figs 10 y 11). Los porcentajes más altos de individuos en este estado se observaron en los meses de Julio, Agosto y Septiembre de 1997, con valores de 33,3 - 42,9 y 40% respectivamente. Luego, en Octubre y Noviembre del mismo año, la proporción de ejemplares maduros decae abruptamente, alcanzando a tan sólo un 13,3% de la población en ambos meses. Esta situación es seguida por un período de 5 meses (Diciembre de 1997 a Abril de 1998) en el cual este estado se presenta en menos del 8% de los individuos, encontrándose la población restante en estado de regresión (Fig. 16 B).
- **En proceso de madurez:** Al igual que en las hembras este estado estuvo ausente en cada uno de los muestreos realizados.
- **Regresión:** Macroscópicamente los testículos en este estado se muestran muy reducidos y de color café oscuro, sin líquido seminal en los conductos espermáticos. Histológicamente este estado se caracteriza por presentar numerosos folículos vacíos o semivacíos, con células sexuales remanentes en distintas fases de maduración (Fig. 12 y 13). De forma similar a lo ocurrido con las hembras, se observó un estado de regresión avanzado con características muy parecidas (Fig. 14 y 15). El porcentaje más bajo de individuos en este estado se registró en el mes de Agosto de 1997 con un valor de 57,1%. Esta proporción aumenta abruptamente hasta alcanzar valores por sobre el 90% entre Diciembre de 1997 y Abril de 1998.

Puede apreciarse un interesante paralelismo entre ambos sexos en cuanto a los cambios de frecuencias respectivos para cada uno de estos estadios gonadales. En ambos casos, la mayor proporción de individuos en madurez máxima se da entre julio a septiembre,

decreciendo hacia primavera y manteniéndose muy bajos durante verano-otoño temprano en que predominan claramente individuos en regresión gonadal (Fig. 16 A y B).

Tabla 3. *C. giganteus*. Frecuencia de los diferentes estados de madurez gonadal en cada uno de los muestreos a lo largo de un período experimental de 10 meses en sistema flotante.

Fecha de obs.	Tamaño de las muestras		Frecuencias de cada estadio gonadal					
	Nº indivs.	Nº indivs. por sexo	En proceso de madurez		Madurez máx.		Regresión	
			Nº	%	Nº	%	Nº	%
11/07/97	30	Hembra 15 Machos 15	0	0	7	46,7	8	53,3
			0	0	5	33,3	9	66,7
11/08/97	29	Hembra 15 Machos 14	0	0	7	46,7	8	53,3
			0	0	6	42,9	8	57,1
13/09/97	30	Hembra 15 Machos 15	0	0	9	60	6	40
			0	0	6	40	9	60
13/10/97	28	Hembra 13 Machos 15	0	0	4	30,8	9	69,2
			0	0	2	13,3	13	86,7
13/11/97	30	Hembra 15 Machos 15	0	0	5	33,3	10	66,7
			0	0	2	13,3	12	86,7
12/12/97	28	Hembra 14 Machos 14	0	0	3	21,4	11	78,6
			0	0	1	7,1	13	92,9
13/01/98	30	Hembra 15 Machos 15	0	0	3	20	12	80
			0	0	1	6,7	14	93,3
14/02/98	27	Hembra 14 Machos 13	0	0	2	14,3	12	85,7
			0	0	1	7,7	12	92,3
13/03/98	28	Hembra 14 Machos 14	0	0	2	14,3	12	85,7
			0	0	1	7,1	13	92,9
14/04/98	27	Hembra 13 Machos 14	0	0	1	7,7	12	92,3
			0	0	1	7,1	13	92,9

DISCUSION

En cada uno de los muestreos efectuados durante diez meses en el presente estudio, siempre se encontró una proporción de individuos (machos y hembras) con gametos maduros, aún cuando se registraron marcadas fluctuaciones en la intensidad de la gametogénesis durante este período. Este hecho pudiera ser significativo, si se piensa en términos de cultivo, ya que eventualmente (si se dan las condiciones óptimas que permitan un normal desarrollo de la actividad gametogénica, que, como se explicará más adelante, no es el caso de lo ocurrido en el presente estudio) se podría disponer, en cualquier época del año, de reproductores para ser acondicionados en laboratorio.

No obstante, la baja actividad gametogénica registrada principalmente en los últimos 5 meses de experimentación (Fig 16 A y B), se podría interpretar como un largo período de reposo gonadal en la población, invalidando lo expresado anteriormente. Sin embargo, es la opinión del autor del presente estudio, que este período no corresponde a una fase de “reposo gonadal” propiamente tal, ya que este concepto se utiliza para señalar un estado transitorio, determinado muy probablemente por fluctuaciones estacionales en las condiciones medioambientales (Webber 1977), y que supone una posterior recuperación y maduración gonadal, cuando se restablecen las condiciones que “gatillan” la actividad gametogénica, para reiniciar un nuevo ciclo.

Por el contrario, en el presente estudio se encontraron claras evidencias que hacen suponer que este período de baja actividad gametogénica no sería un estado transitorio, sino una “fase permanente” (tal vez progresiva), la que correspondería muy probablemente a un estado catabólico severo del tejido gonadal, relacionado más bien a problemas de presupuesto energético generados por condiciones de baja ingestión de alimento y no a fluctuaciones en las condiciones medioambientales, y por lo tanto, sin la posibilidad de una posterior recuperación gonadal, a menos que dichas condiciones en el cultivo se optimicen.

La primera evidencia que hace suponer esto es que la caída en la actividad gametogénica se registró a partir del mes de Octubre (primavera), lo que contrasta con lo informado por

Jaramillo & Garrido (1990) en una población natural de *C. giganteus* en la provincia de Valdivia, quien registró los porcentajes más altos de machos y hembras en estado de madurez máxima entre los meses de Octubre- Diciembre (primavera-inicio del verano), con valores cercanos al 100%. Cabe señalar, sin embargo, que estos autores encontraron un segundo “pick” de madurez máxima en el mes de Agosto (final del invierno), aunque éste fue de mucha menor intensidad. En segundo lugar, está el hecho de no encontrar individuos en el estado de “en madurez”, lo que indica que los animales en ningún momento mostraron señales de una recuperación gonadal. Es habitual que, dentro de un ciclo reproductivo anual se observen uno o más períodos de recuperación gonadal antes de iniciar una nueva etapa de gametogénesis activa (Ramorino 1975, Avilés & Lozada 1975, Jaramillo & Garrido 1990). En tercer lugar, la baja actividad gametogénica observada en la población de machos a través del presente estudio (durante los últimos 7 meses menos del 13% de los individuos se encontraba en estado de madurez máxima), contrasta claramente con lo reportado por Jaramillo & Garrido (*op. cit*), quien encontró durante casi todo el año altos porcentajes de machos en estado de madurez máxima (durante 7 meses más del 90% de los individuos se encontraban en este estado). Observaciones similares a las de estos autores fueron realizadas por Avilés & Lozada (1975) en la especie afín *Concholepas concholepas*.

Y por último, al analizar lo ocurrido en los estados de regresión de ejemplares machos y hembras, se encuentran evidencias de un proceso catabólico severo del tejido gonadal. En un estado prematuro, que se podría denominar regresión inicial (Figs. 6, 7, 12 y 13,), este estado no difiere mucho de lo reportado por Jaramillo & Garrido (*op. cit*), pero en una fase más avanzada (Fig. 8, 9, 14 y 15), la cual fue predominante en los últimos meses de experimentación. Se puede observar que el espacio gonadal es colonizado por pequeñas células esféricas hasta llenarlo completamente. Las características de estas células concuerdan con aquellas descritas por Avilés y Lozada (1975), para las células amebocíticas encontradas en el estado de regresión de las gónadas masculinas de *C. concholepas*, las que tendrían como función reabsorber las células sexuales remanentes.

A todo esto, cabe agregar que Burgos (1991) reportó, para una población de *C. Concholepas* mantenida bajo condiciones de cultivo artificial similares a las del presente

estudio (cultivo suspendido) en bahía Yaldad, una alta actividad gametogénica durante todo el ciclo reproductivo, tanto en la población de machos como de hembras. Sin embargo, en la experiencia realizada por este autor, a diferencia de lo ocurrido en la población artificial de *C. giganteus* estudiada aquí, los animales fueron alimentados con su dieta habitual en la naturaleza.

Todos estos hechos estarían indicando que, en el presente estudio uno o más factores (o la acción combinada de éstos) afectó negativamente las capacidades reproductivas de los organismos. Sin embargo, puesto que la energía que los animales requieren para desarrollar su actividad reproductiva proviene directamente de los alimentos ingeridos, es muy probable que el fenómeno de baja actividad gametogénica observado en los últimos meses de experimentación se deba, por sobre cualquier otro factor, al bajo consumo de las presas ofrecidas (*Mytilus chilensis*). En el presente estudio no hubo un registro sistemático cuantitativo de la tasa de consumo; sin embargo, observaciones realizadas durante el desarrollo experimental, evidenciaron claramente un muy bajo consumo de las presas ofrecidas. En el mes de mayo (durante la aclimatación), se observó que en más de la mitad de las cajas en que fueron puestos los caracoles, no hubo consumo, mientras que en las cajas restantes, el número de mytilidos consumidos no superó los 10 por caja (en cada caja había 20 ejemplares). Esta situación no varió mucho en los meses siguientes. Si bien es cierto, estas observaciones no están respaldadas por registros cuantitativos estrictos a lo largo de la experiencia, existen registros en literatura bajo condiciones de cultivo bastante similares a las desarrolladas en el presente estudio (Tiznado, 1996; Merino, 2000; Carrasco, 2001), que confirman una tendencia similar en el comportamiento de bajo o nulo consumo de choritos por parte de caracoles trumulco en cautiverio.

Navarro et al., (2002), quien experimentó con dos dietas (*Mytilus chilensis* y *Tagelus dombeii*) a tres diferentes temperaturas durante el acondicionamiento reproductivo de *C. giganteus*, observó que los ejemplares al ser alimentados con *Mytilus*, registraron en cada mes muestreado y para cada combinación de temperatura, siempre un SFG negativo (energía disponible para el crecimiento y la reproducción), hecho que asoció a las bajas tasas de ingestión con esta dieta, y establece claramente que animales en estas condiciones (con un

SFG negativo) no destinan energía para la reproducción y el crecimiento. Además, este autor señala que animales que presentan un SFG negativo por un período prolongado de tiempo podrían catabolizar sus tejidos y finalmente morir. En consecuencia, el proceso catabólico observado en los estados de regresión hacia la fase final del presente estudio, podría estar asociado a la obtención de reservas energéticas desde una fuente distinta a la de los alimentos, sugiriendo que los animales se encontraban en un estado fisiológico muy desmejorado debido al bajo consumo de las presas ofrecidas. Cabe señalar, además, que esta experiencia estaba inicialmente proyectada para realizarse en un período de 12 meses, lo que no se pudo concretar debido a la masiva mortalidad de individuos al final del experimento. Esta masiva mortalidad de individuos, se pudo deber a diversos errores de manejo difíciles de precisar, sin embargo, no se descarta la posibilidad de que el mal estado fisiológico de los animales, debido al bajo consumo de presas, sea una de las causas de mayor peso.

Los porcentajes más altos de individuos en estado de madurez máxima se registraron al inicio del experimento (Julio-Septiembre), período en el cual, hubo abundante postura de ovicápsulas, sugiriendo que al momento de ingresar los animales al sistema flotante contaban con suficientes reservas energéticas acumuladas durante su estancia en el medio ambiente natural como para desarrollar una actividad reproductiva relativamente prolongada. Además, se registró una abundante oviposición en los meses de Mayo y Junio (durante la aclimatación), indicando que los animales ya presentaban sus gónadas maduras en los meses previos al inicio de esta experiencia. La ocurrencia de un período reproductivo entre Mayo-Septiembre (final del otoño-invierno) concuerda con lo reportado por Gallardo (1981) para poblaciones naturales, encontrando numerosas oviposturas depositadas sobre las playas de Mehuín durante los meses de invierno (Junio-Septiembre).

El hecho de que las hembras en el presente estudio ovipositaran activamente, desde mayo hasta septiembre, en forma casi ininterrumpida, estaría indicando que esta especie tiene un prolongado período de desove, en concordancia con lo informado por Ramorino (1975) para la especie afín *C. concholepas*, quien señala que las hembras no desocupan sus gónadas de una sola vez, sino que el fenómeno de ovipostura se mantiene durante un tiempo no determinado. Jaramillo & Garrido (1990) por su parte, sugieren que el desove de un ejemplar

hembra de *C. giganteus* sería prolongado, ya que dentro de un mismo ovario es posible encontrar folículos en diferentes estados de madurez, indicando así que la gónada no madura uniformemente, sino que lo hace por zonas.

Durante este prolongado período de oviposiciones en cautiverio, los animales habrían agotado sus reservas energéticas, ya que la producción de embriones encapsulados supone un alto costo de energía para las hembras (Navarro et al., 2002), mientras que en los machos, es muy probable que un evento reproductivo implique una acumulación de reservas energéticas mucho menor. Esto explicaría, en consecuencia, el paralelismo o sincronismo observado entre ambos sexos en cuanto a las frecuencias de los estados gonadales.

Merino (2000), manteniendo adultos de la misma especie en condiciones muy parecidas en Metri (sistema flotante, y alimentación con *Mytilus chilensis* en que también el consumo de presas fue muy bajo) mostró resultados un tanto diferentes pero que, en términos generales, siguen una tendencia similar a lo informado en el presente estudio (al menos para el período de 5 meses que duró la experiencia reportada por dicho autor; es decir entre Junio-Octubre). Ambas experiencias estarían demostrando que, llevados a condiciones de cautiverio (con consumo muy bajo de alimento), los adultos de *C. giganteus* son capaces de canalizar reservas energéticas hacia una rápida madurez gonadal (especialmente las hembras) incluso con actividad de oviposición - al menos durante los primeros meses de experimentación - para entrar después a una clara fase de regresión gonadal, probablemente determinada por una caída de dichas reservas y la persistencia de un bajo consumo de presas en el sistema. De hecho, en una experiencia paralela realizada por Merino (op.cit.), en que los caracoles adultos se alimentaron activamente de la presa *Tagelus dombeii*, tanto hembras como machos mostraron una persistente y mayoritaria fracción de individuos con sus gónadas en madurez máxima a lo largo del período de estudio, acompañado de actividad de oviposición de huevos en las paredes de las cajas en suspensión. El mayor aporte energético que obtuvieron los caracoles que se alimentaron activamente en la experiencia de Metri (Merino, 2000), fue puesto de manifiesto por Carrasco (2001) mediante un muestreo paralelo de los adultos, destinado para tales fines. Este autor encontró que cuando los caracoles se alimentaron activamente con la presa *Tagelus dombeii*, el peso seco y los

componentes bioquímicos de todos los tejidos aumentaron, mientras que con *Mytilus chilensis* sucedió lo contrario debido a que dicha presa fue muy poco consumida.

De todo lo dicho anteriormente, se puede concluir que: la alimentación de ejemplares adultos de *C. giganteus* con *Mytilus chilensis* pareciera no ser adecuada, al menos para animales que proceden directamente de bancos naturales y por lo tanto están condicionados al consumo de otro tipo de presas (*Tagelus dombeii* por ej.). En consecuencia, se sugiere, para futuras investigaciones, realizar nuevos estudios sobre ciclo de desarrollo gonadal en individuos adultos de segunda generación, nacidos y criados bajo condiciones de cultivo, los cuales deberían ser condicionados, desde estadios tempranos de desarrollo, al consumo de mitílidos o algún otro tipo de dieta que resulte ser económica en términos de cultivo. Si esta dieta es aceptada por esta segunda generación de individuos de *C. giganteus*, llegando, en los estados adultos, a tasas de consumo muchos mayores a las registradas actualmente por parte de las generaciones provenientes de los bancos naturales, podría esperarse un ciclo gametogénico con características muy diferentes a las observadas en el presente estudio. Vale reiterar aquí, que el comportamiento gametogénico observado en la población artificial de *C. giganteus* del presente estudio, pareciera no corresponder a un comportamiento cíclico propiamente tal, o sea, un fenómeno que se repite periódicamente y, por lo tanto, predecible en el tiempo, sino más bien correspondería a un fenómeno excepcional derivado de un bajo consumo de las presas ofrecidas. Por lo tanto, aún persiste la duda de cual es o son los períodos de mayor actividad gametogénica para una población artificial de *C. giganteus* bajo condiciones óptimas de cultivo, un dato que resulta ser importante para elaborar estrategias de acondicionamiento reproductivo, tomando en cuenta que en *C. concholepas* se ha observado que la producción de cápsulas es mucho mayor en estanques de laboratorio que en sistemas suspendido, al contrario de lo que ocurre con el crecimiento, y, por lo tanto, debería existir claridad respecto de las fechas en que es conveniente mantener a los especímenes en uno u otro sistema.

ANEXO

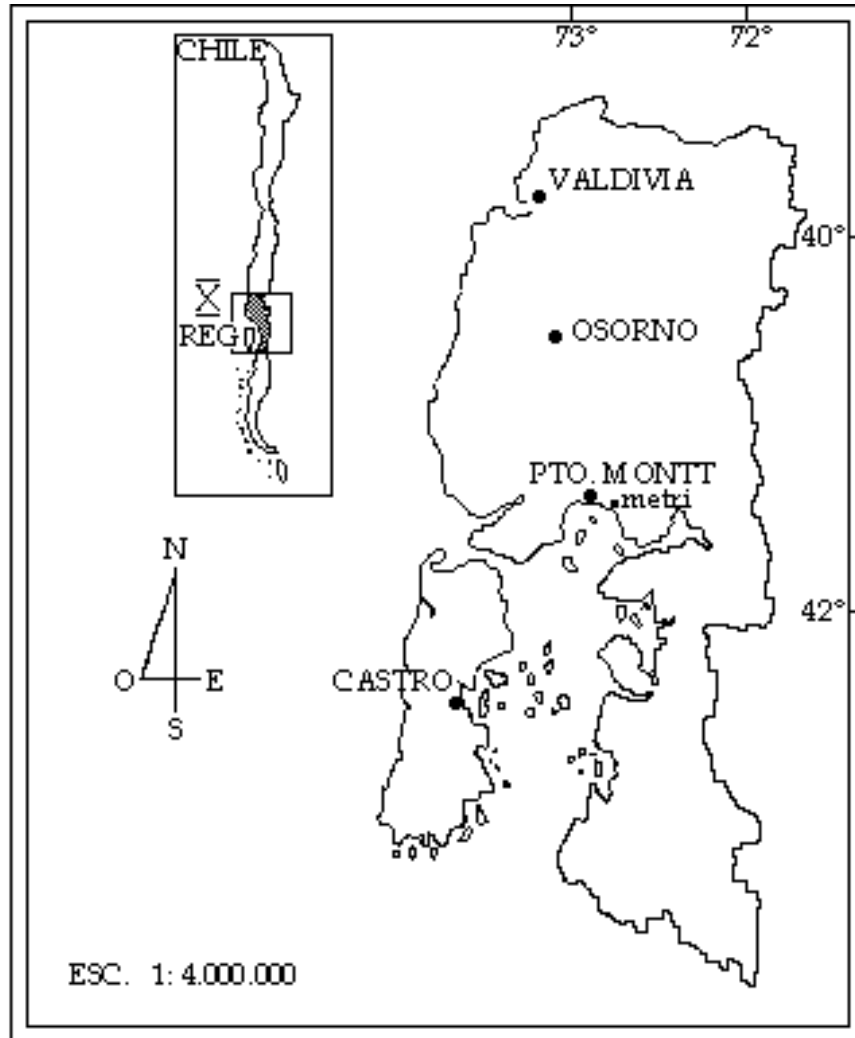


Figura 1. Mapa ubicación de la localidad de Metri en la X Región.



Figura 2. Medición de la longitud total de *Ch. giganteus*

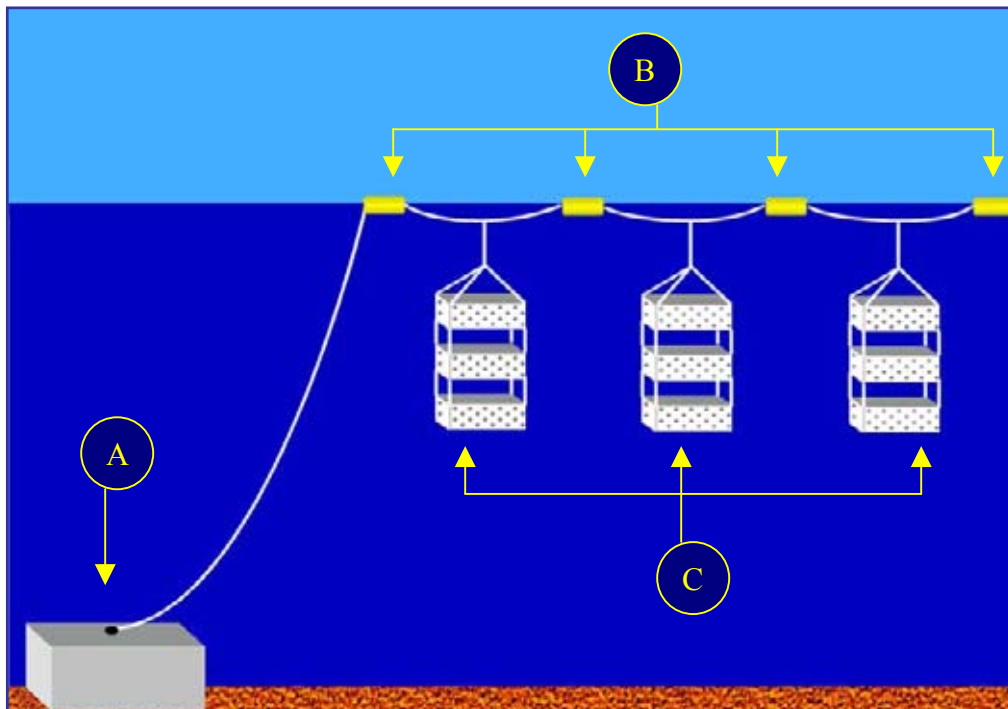


Figura 3. Esquema del sistema suspendido tipo long-line. A: Sistema de anclaje; B: Flotadores; C: cuelgas (3 cajas en cada una)

ESTADOS DE MADUREZ GONADAL EN HEMBRAS

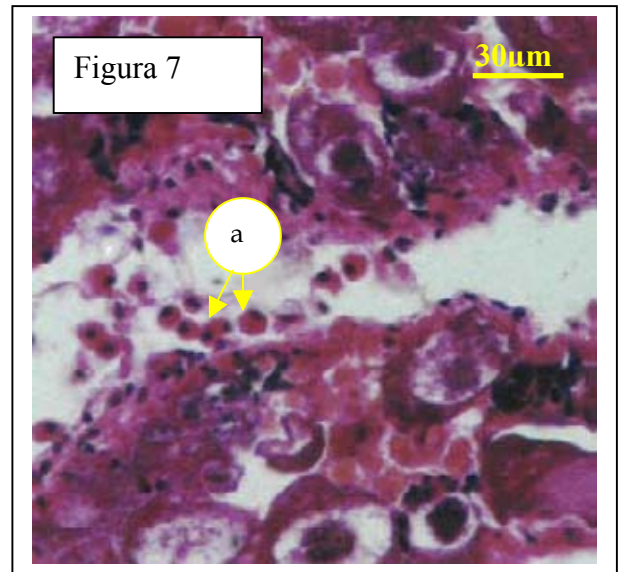
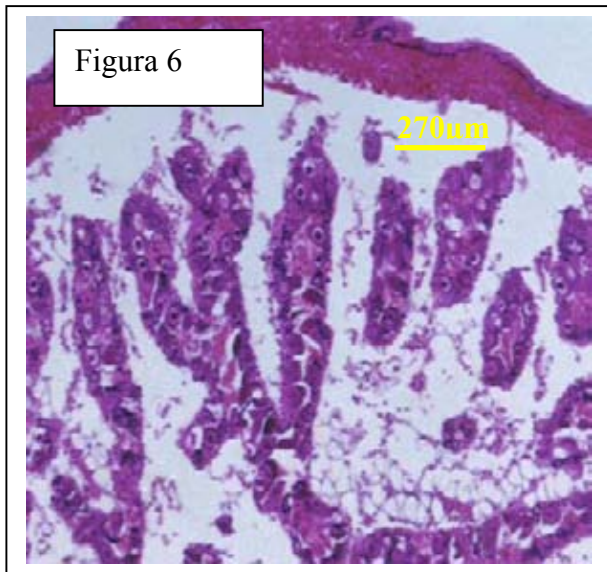
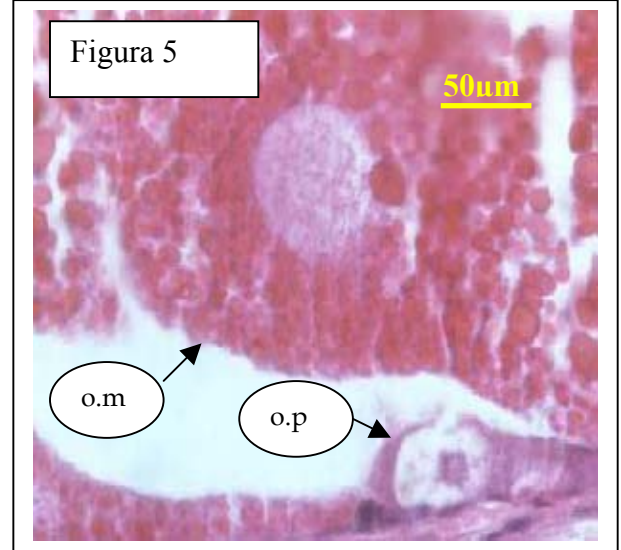
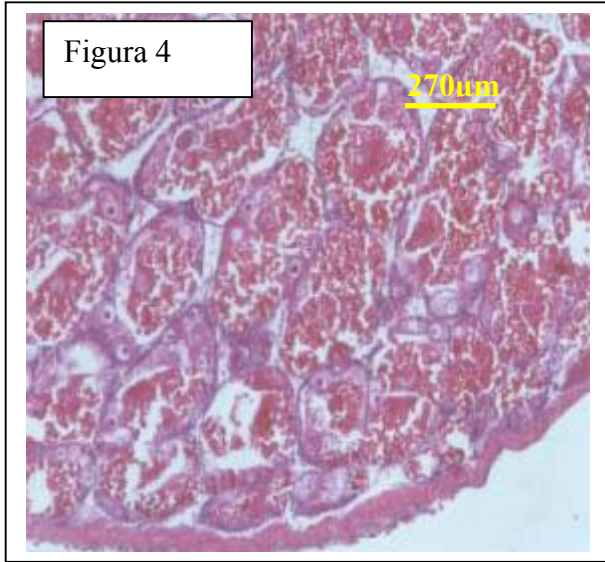
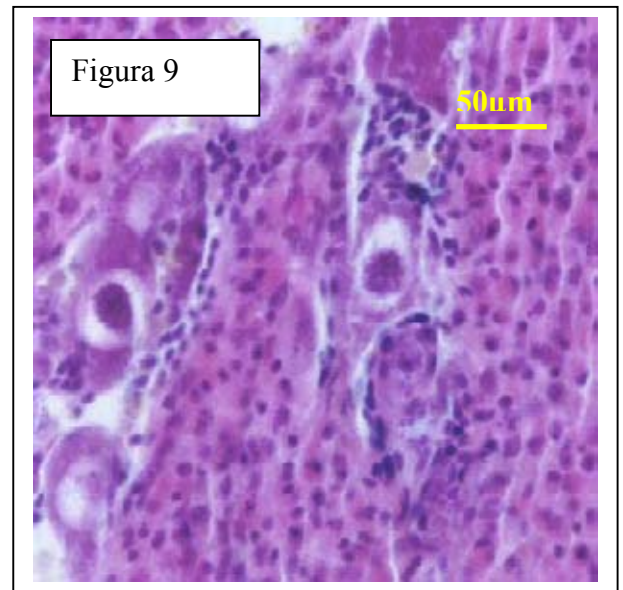
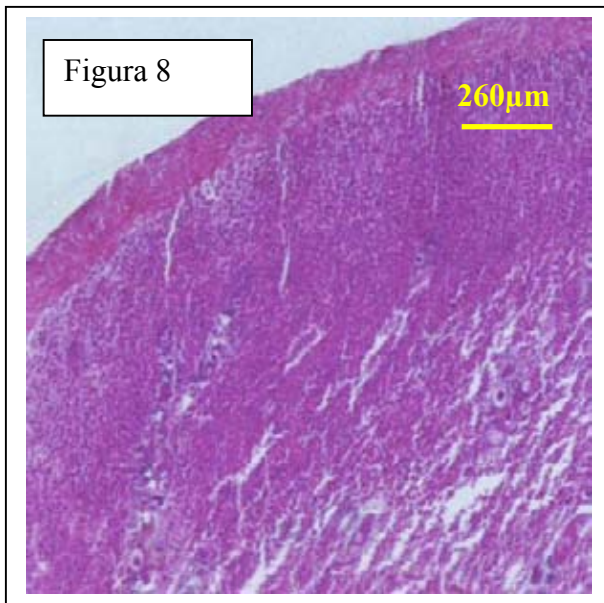
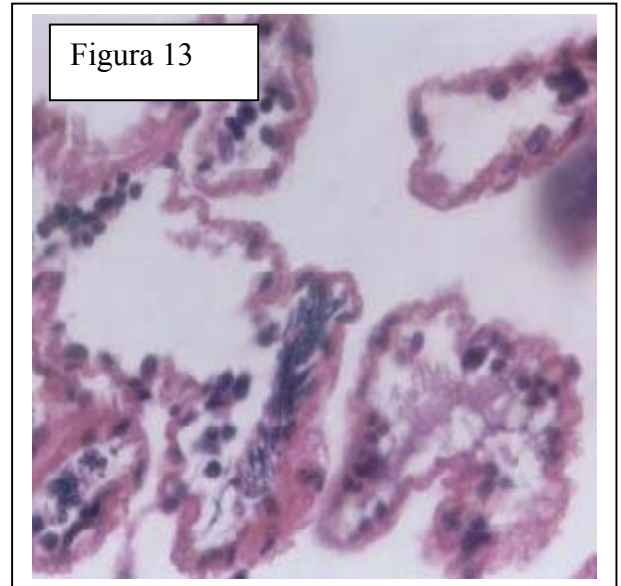
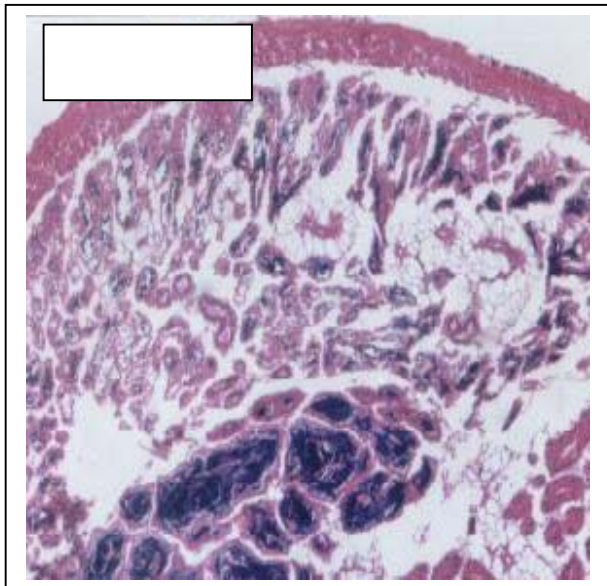
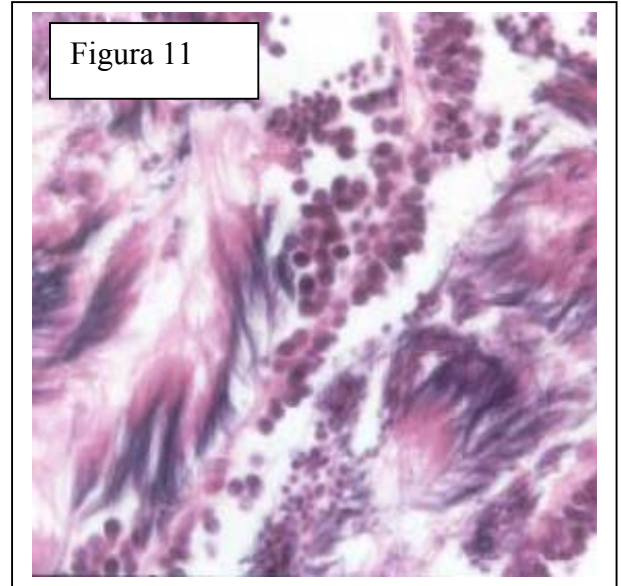
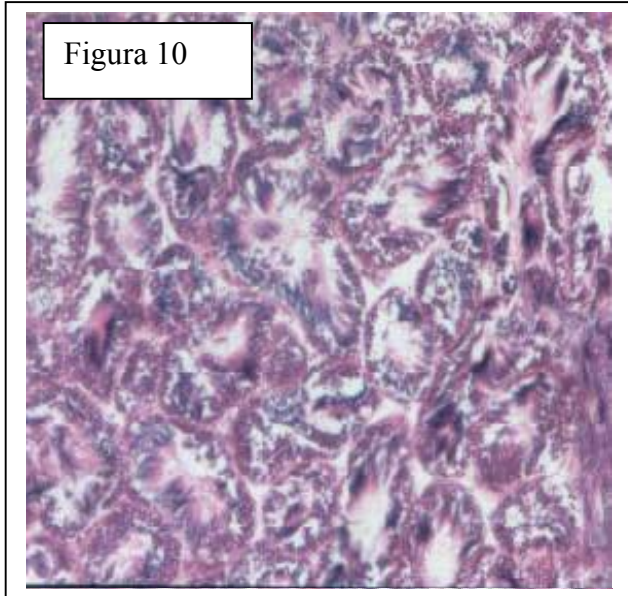


Figura 4. *C. giganteus*. Estado de Máxima madurez; **Figura 5.** Folículo maduro (o.m: óvulo maduro, o.p: ovocito previtelogénico); **Figura 6 y 7.** Estado de Regresión inicial (a: amebocitos)

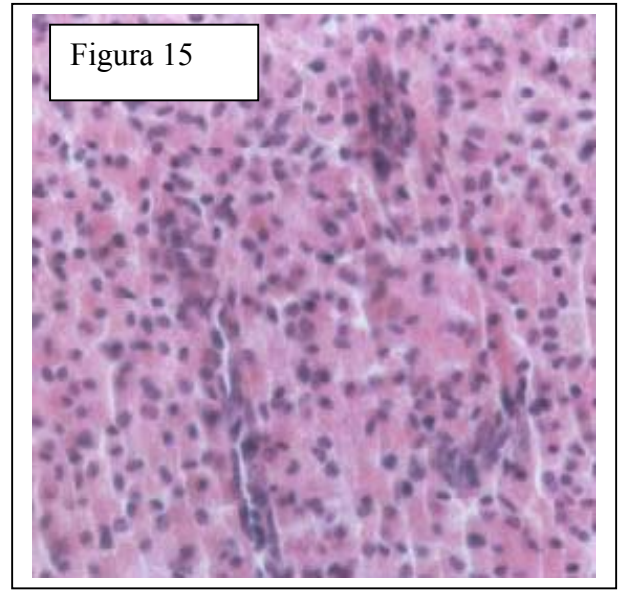
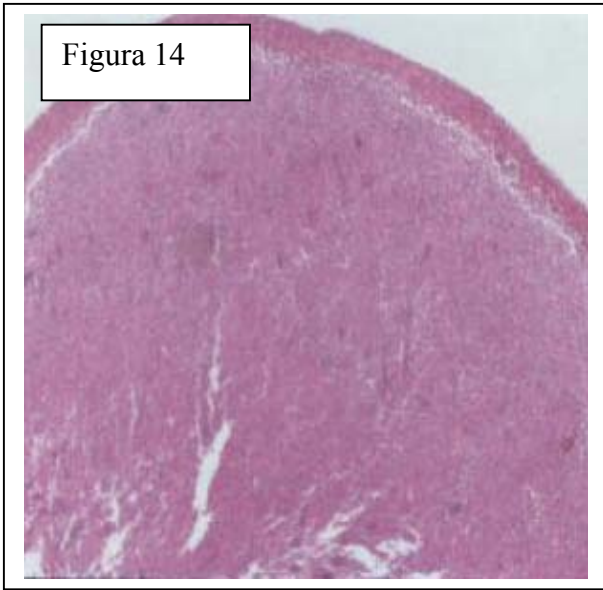


Figuras 8 y 9. *C. giganteus*. Estado de Regresión avanzado. Espacio gonadal repleto de amebositos (o.r: ovocitos remanentes)

ESTADOS DE MADUREZ GONADAL EN MACHOS



Figuras 10 y 11. *C. giganteus*. Estado de máxima madurez; **Figuras 12 y 13.** Estado de Regresión inicial.



Figuras 14 y 15. *C. giganteus*. Estado de Regresión avanzado. Espacio gonadal repleto de amebositos.

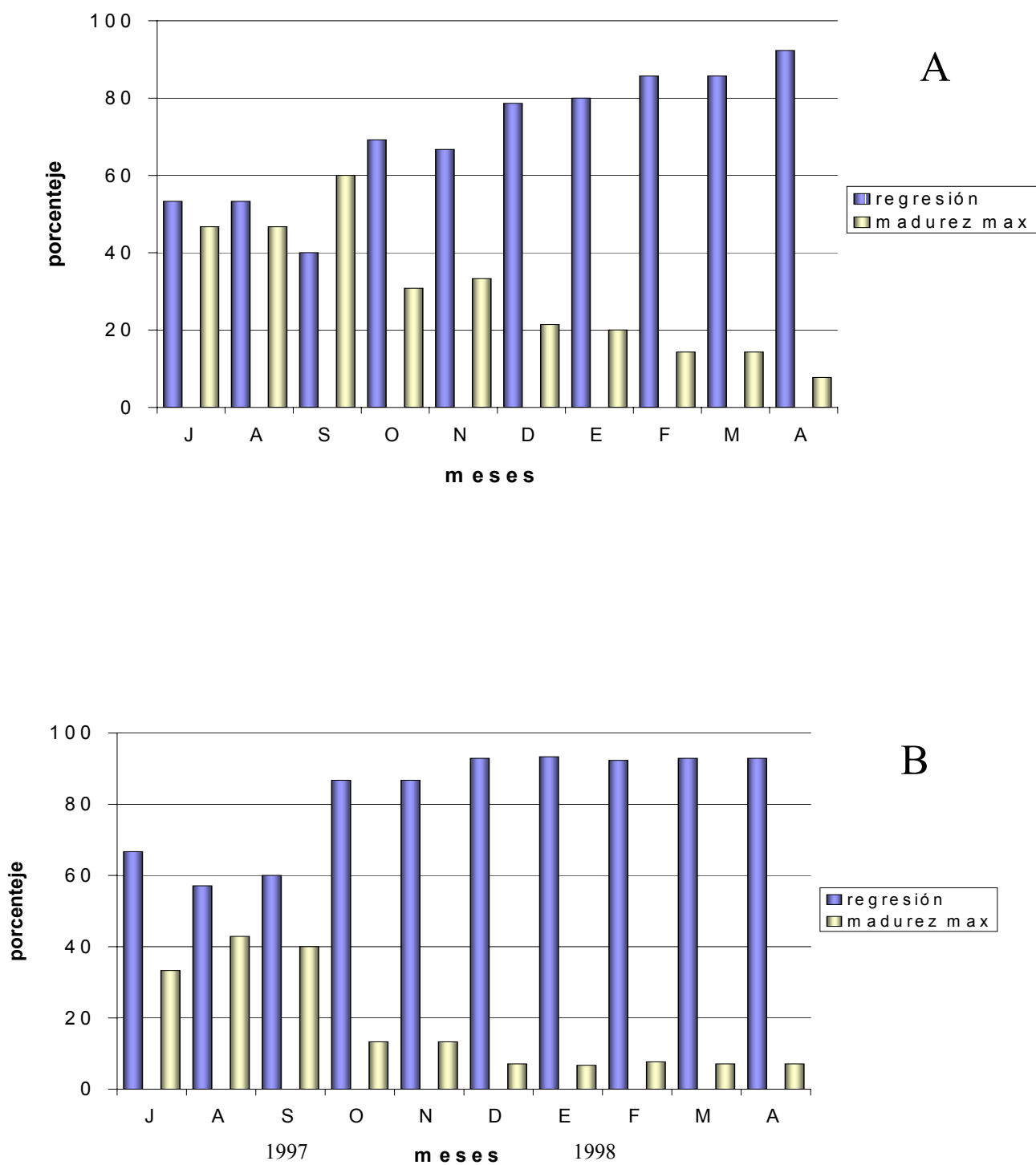


Figura 16. *C. giganteus*. Frecuencias de los estados de madurez gonadal en 10 meses de muestreo en el sistema de cultivo. **A:** hembras; **B:** machos.

REFERENCIAS

- Amín, M.; Lépez, I.; Marín, O.; Delfín, A. (1984). Male Reproductive System of *Chorus giganteus* (Lesson, 1829) (Muricidae: Prosobranchia): Anatomical and Histological Description. *The Veliger* 26(4): 320-326
- Avilés, S; Lozada, E. (1975). Estudio histológico del ciclo reproductivo de *Concholepas concholepas* (Brugière, 1789) en Punta Saliente, Coquimbo. *Boletín Sociedad de Biología de Concepción* 44: 207-218
- Burgos, C. (1991). Ciclo gonadal de *Concholepas concholepas* en cautiverio .Estudio de la población artificial de Bahía Yaldad. Tesis. Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 38 pp
- Carrasco, C.A. (2001). Composición bioquímica y peso seco de los tejidos blandos de *Chorus giganteus* (Gastropoda: Muricidae) sometido a diferentes dietas y temperaturas durante el acondicionamiento reproductivo. Tesis. Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 58 pp.
- DiSalvo, L.H. (1988). Observations on the larval and post-metamorphic life of *Concholepas concholepas* (Brugière,1789) in laboratory culture. *The Veliger* 30(4): 358-368.
- D.S N° 58. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 5 de marzo de 1981.
- D.S N°593 . Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 21 de enero de 1982.
- Gajardo, G.; Cancino, J.M.; Navarro, J.M. (2002). Genetic variation and population structure in the marine snail *Chorus giganteus* (Gastropod: Muricidae), an overexploited endemic resource from Chile. *Fisheries Research* 55(1-3): 329-333
- Gallardo, C. (1981). Postura y estadios de eclosión del gastrópodo muricidae *Chorus giganteus* (Lesson, 1829). *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 16: 35-44.
- Gallardo, C.S & Sánchez, K. (2001). Induction of metamorphosis and its effect on the growth and survival of postmetamorphic juveniles of *Chorus giganteus* (Gastropoda: Muricidae). *Aquaculture* 201(3-4): 241-250
- González K.A & Gallardo, C.S. (1999). Embryonic and larval development of the muricid snail *Chorus giganteus* (Lesson, 1829) with an assessment of the developmental nutrition source. *Ophelia* 51 (2): 77-92.
- Gutiérrez, R.M. & Gallardo, C.S. (1999). Prey attack, food preference and growth in juveniles of the edible muricid snail, *Chorus giganteus*. *Aquaculture* 174; 69-79.

Jaramillo, R & Garrido, O. (1990). Ciclo reproductivo de *Chorus giganteus* en la bahía de Corral, Valdivia. *Biología Pesquera* 19: 49-53

López, I. (1981). Ciclo reproductivo y fecundidad del caracol *Chorus giganteus* (Lesson, 1829). Informe Final Proyecto N° 30807. Convenio Universidad de Concepción-Subsecretaría de Pesca.

López, D & Varela, C. (1988). Manejo de reproductores y posturas de cápsulas en *Concholepas concholepas*: Una revisión de problemas y requerimientos de investigación. *Biología Pesquera* 17: 21-30

Merino, C.R. (2000). Acondicionamiento y manejo reproductivo de *Chorus giganteus* (Gastropoda: Muricidae) en condiciones de cultivo a escala experimental. Tesis. Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 63 pp.

Navarro, J ; Leiva, G ; Gallardo, C & Varela, C. (2002) Influence of diet and temperature on physiological energetics of *Chorus giganteus* (Gastropoda: Muricidae) during reproductive conditioning. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 36: 321-332.

Osorio, C ; Atria, J & Mann, S (1979). Moluscos marinos de importancia económica en Chile. *Biología Pesquera* 11: 3-47

Ramorino, L. (1975). Ciclo reproductivo de *Concholepas concholepas* en la zona de Valparaíso. *Revista de Biología Marina, Valparaíso* 15: 149-177

SERNAP (1980) Anuario Estadístico de Pesca. Servicio Nacional de Pesca, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Santiago de Chile. 96 pp.

SERNAP (2001) Anuario Estadístico de Pesca. Servicio Nacional de Pesca, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Santiago de Chile. 140 pp.

Subsecretaría de pesca, (s.f). Unidad de informática de la subsecretaría de pesca. *Acuicultura*. Disponible en: <http://www.subpesca.cl/acuicultura.htm>
Consultado el: 7 de Enero de 2003

Tiznado, X. (1996). Efecto del sistema de cultivo sobre la tasa de consumo y selección de talla del alimento en *Chorus giganteus* (Lesson, 1829), en el sur de Chile. Seminario de título para optar al título de Ingeniero en Ejecución en Acuicultura. Universidad De Los Lagos. 60 pp

Varela, C & López, D. (1989). Manejo de los reproductores de *Concholepas concholepas* en el diseño de una estrategia de repoblación. *Medio Ambiente* 10(1): 3-12

Webber, H. (1977). Gastropoda: Prosobranchia. En Guiese, A. C and Pearse, Y.S (eds.) *Reproduction of Marine Invertebrate*. Vol. IV., Academic Press, N. York. p. 1-97