

CRECIMIENTO DE EJEMPLARES POSTMETAMORFICOS Y JUVENILES DE *CONCHOLEPAS CONCHOLEPAS* (BRUGUIERE) EN CONDICIONES DE LABORATORIO. EFECTO DE DENSIDAD, DIETA Y TEMPERATURA

GROWTH OF POSTMETAMORPHIC AND JUVENILE *CONCHOLEPAS CONCHOLEPAS* (BRUGUIERE) IN THE LABORATORY. EFFECT OF DENSITY, DIET AND TEMPERATURE

Marco A. Méndez¹ y Juan M. Cancino^{1,2}

RESUMEN

Se estudiaron los efectos de la densidad (número de ejemplares por acuario), del volumen de agua del recipiente, de la dieta y la temperatura en el crecimiento de ejemplares postmetamórficos y juveniles de *Concholepas concholepas* en condiciones de laboratorio. El efecto de la densidad fue estudiado entre marzo y junio de 1990 en 80 juveniles entre 6 y 12 mm de longitud peristomal, mantenidos a tres densidades (0,005; 0,010 y 0,020 "locos" cm⁻²). El efecto del volumen fue estudiado utilizando 20 animales entre 5 y 9,8 mm de longitud peristomal, mantenidos individualmente en recipientes de distinto tamaño (0,3 a 2,0 l). El efecto de la dieta en el crecimiento fue estudiado en 35 ejemplares de *C. concholepas* entre 6 y 12 mm de longitud peristomal alimentados con dietas mono-específicas y mixtas de tres tipos de presas (*Semimytilus algosus*, *Perumytilus purpuratus* y *Balanus laevis*). El efecto de la temperatura en el crecimiento y en el balance energético fue investigado usando ejemplares recién metamorfoseados obtenidos a partir de larvas competentes recolectadas del plancton y en individuos postmetamórficos (2 a 3 mm) recolectados del intermareal. Individuos de cada grupo fueron mantenidos por 22 semanas a 10°C y a 20°C. Se evaluó el consumo de presas, las tasas metabólicas aclimatadas, la eficiencia de conversión bruta (K1) y el crecimiento a ambas temperaturas.

Los juveniles de *C. concholepas* no mostraron diferencias significativas en las tasas de crecimiento ni en las de supervivencia a las tres densidades estudiadas, aunque sólo a la menor densidad la supervivencia fue del 100%. La tasa de crecimiento fue independiente del volumen del recipiente, pero fue afectada significativamente por la dieta, siendo mayor con la monodieta de *S. algosus*. Los ejemplares postmetamórficos de *C. concholepas* mostraron una baja supervivencia a las dos temperaturas. No se detectaron diferencias significativas en los valores de eficiencia bruta (K1) ni en las tasas de consumo de O₂ entre ejemplares aclimatados a 10°C y a 20°C; pero dado que las tasas de consumo de alimento fueron significativamente mayores a 20°C, se obtuvo una tasa de crecimiento significativamente mayor a esa temperatura.

Palabras claves: Tasa metabólica, tasa de ingestión, tasa de crecimiento, eficiencia de crecimiento, sobrevivencia, manejo en laboratorio.

ABSTRACT

The effects of density, volume of the container, diet and temperature on the growth of juvenile and postmetamorphic individuals of *Concholepas concholepas* under laboratory conditions were studied. The effect of density was studied on 80 individuals of 6 to 12 mm of peristomal length, kept between may and august 1990, at three different densities (0.005; 0.010 and 0.020 individuals cm⁻²). The volume effect was studied on 20 juveniles between 5.0 and 5.8 mm of peristomal length, kept between april and july 1991, in containers of different size (0.3 to 2.0 l). The diet effect was investigated on 35 individuals of *C. concholepas* between 6 and 12 mm of peristomal length fed on 3 monospecific and 4 mixed diets made out off three prey species (*Semimytilus algosus*, *Perumytilus purpuratus* and *Balanus laevis*). The effects of temperature on both growth and energetic balance were investigated on three groups of postmetamorphic individuals. The first one was obtained by natural metamorphosis, the second one by induced metamorphosis and the last one was recolected from the intertidal zone.

¹ Estación Costera de Investigaciones Marinas, Facultad de Ciencias Biológicas. Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D, Santiago.

² Facultad de Ciencias, Universidad Católica de la Sma. Concepción, Casilla 127, Talcahuano, Chile.

Individuals of each group were kept for 22 weeks at 10 and 20°C, determining the growth rate, percentage of survival, metabolic rate and prey consumption rate.

The juvenile *C. concholepas* showed similar rates of growth and survival at the three densities studied, however only at the lower density a 100% survival was obtained. The growth rate was independent of the container's volume, but it was affected by the diet. The higher growth rate was obtained with a diet of *S. algosus*. The postmetamorphic individuals showed a low survival at the two temperatures studied. Significant differences as effect of temperature were not detected in gross growth efficiency (K1), or in oxygen consumption rate. However, food consumption rate was higher at 20°C, generating a significantly higher growth rate at 20°C than at 10°C.

Key words: Metabolic rate, ingestion rate, growth rate, growth efficiency, survival, laboratory management.

INTRODUCCION

El molusco gastrópodo *Concholepas concholepas*, conocido con el nombre vulgar de "loco", constituyó hasta 1989 uno de los recursos más valiosos de la pesquería artesanal en Chile. Desde julio de ese año la especie se encuentra protegida por un período de veda extraordinario tendiente a asegurar su renovabilidad como recurso y la conservación de la especie. Recientemente la Subsecretaría de Pesca por Resolución N° 694 del 24 de julio de 1992 declaró al recurso "loco" en estado de plena explotación en todo el litoral del país. Estas medidas reflejan el reconocimiento oficial de que las poblaciones de "loco" han estado sometidas a una intensa explotación, con el consiguiente riesgo para la especie. Castilla (1988) identifica una serie de medidas que es necesario implementar a distintas escalas temporales y espaciales para solucionar los problemas relativos a las pesquerías del "loco". Entre tales medidas se destaca la necesidad de generar conocimiento biológico de los estadios tempranos del desarrollo, tendientes en el mediano plazo, al acopio de juveniles en el ambiente natural y en el largo plazo, al cultivo de la especie en condiciones controladas. En este contexto nos propusimos generar información sobre las condiciones apropiadas para el manejo en laboratorio de ejemplares juveniles y recién metamorfoseados de *C. concholepas*.

En la literatura existen sólo cuatro estudios de *C. concholepas* juveniles en condiciones de laboratorio, dos de ellos (Di Salvo, 1988; y González *et. al.*, 1990) determinan o hacen predicciones sobre las tasas de crecimiento, mientras que los otros dos (Méndez & Cancino, 1990; y Dye, 1991) se refieren a preferencias alimentarias. Di Salvo (1988) registró durante tres meses el crecimiento de 11 ejemplares

postmetamórficos, encontrando una tasa promedio de 4,29 mm mes⁻¹, valor que es superior a lo conocido para esta especie en condiciones de terreno. Sobre la base del estudio de presupuestos energéticos de juveniles aclimatados a dos temperaturas, González *et. al.* (1990) proponen que *C. concholepas* debiera crecer a una mayor tasa a 10°C que a 16°C. Méndez & Cancino (1990) demostraron la existencia de preferencias alimentarias en ejemplares postmetamórficos y juveniles (<30 mm) de esta especie provenientes de Chile central. Las presas preferidas en orden de importancia fueron los mitílidos *Semimytilus algosus* (Gould) y *Perumytilus purpuratus* (Lamarck) y el cirripedio *Balanus laevis* (Bruguière). Dye (1991) encontró que la preferencia por *S. algosus* también se daba tanto en terreno como en laboratorio, en juveniles de *C. concholepas* de 15 a 35 mm de longitud peristomal provenientes de Mehuín, en el sur de Chile.

Por otra parte, cabe destacar que el conocimiento existente en relación a las tasas de crecimiento de *C. concholepas* en condiciones de terreno es también relativamente escaso, existiendo a la fecha sólo 7 trabajos publicados (Tobella, 1975; Lozada *et. al.*, 1976; Acuña & Stuardo, 1979; Gallardo, 1979; Guisado & Castilla, 1983; Bustos *et. al.*, 1986; Reyes & Moreno, 1990). Dado que los estudios citados han sido realizados en distintas localidades a lo largo de la costa de Chile y han empleado métodos y ejemplares de tallas diferentes, no es sorprendente constatar que los valores de tasas de crecimiento publicados para esta especie fluctúan ampliamente desde 0,66 a 3,67 mm mes⁻¹.

La información disponible no permite identificar las condiciones adecuadas para la mantención prolongada de juveniles de esta especie

en condiciones de laboratorio. Por ejemplo, no existe información del efecto del número de ejemplares por acuario (densidad) en el crecimiento. Es sabido que para gastrópodos, la densidad tiene un efecto importante (Shibata & Rollo, 1980) como ha sido demostrado por Sidall (1984) para *Strombus gigas* Linné. Tampoco se conoce cuál es la dieta apropiada para lograr un crecimiento rápido y sostenido a corto plazo, lo cual es prioritario si se desea mantener juveniles de *C. concholepas* en el laboratorio, como paso previo a su acopio en el ambiente natural (Castilla, 1988). El conocimiento de la dieta más apropiada puede contribuir, también, al manejo de reproductores en condiciones de laboratorio o en sistemas de cultivo en balsas (López & Varela, 1988; Varela & López, 1989). El conocimiento del efecto de estas variables, sumado a los de la temperatura en el metabolismo, en la eficiencia bruta de crecimiento (K1) y en la tasa de crecimiento, son requisitos que permitirán a largo plazo la optimización de las condiciones para el manejo de la especie en condiciones de laboratorio.

El objetivo de nuestro estudio fue evaluar el efecto de la densidad, de la dieta y de la temperatura en el crecimiento y en el metabolismo de juveniles de *C. concholepas* en condiciones de laboratorio. En el presente estudio se puso especial énfasis en los individuos postmetamórficos. Como indicadores de crecimiento se han usado el incremento en longitud peristomal de la concha, el aumento en peso y los valores de K(1). Como indicador del metabolismo se usó el consumo de oxígeno, ya que éste es un buen índice de las demandas energéticas mínimas bajo condiciones experimentales. Los resultados obtenidos son discutidos en función de la literatura existente para juveniles de esta especie en condiciones de laboratorio y de terreno.

MATERIALES Y METODOS

Todos los experimentos que se detallan a continuación fueron realizados utilizando ejemplares recolectados en la zona intermareal de Las Cruces (33°31'S; 71°38'W), a excepción de un grupo experimental proveniente de El Quisco (33°23'S; 71°42'W) y al cual se hace referencia en el experimento del punto (d).

a) Efecto de la densidad en el crecimiento:

En el mes de marzo de 1990 se recolectaron 80 juveniles de *C. concholepas* de longitud peristomal entre 6 y 12 mm, los cuales fueron asignados al azar a tres tratamientos consistentes en 6, 12 ó 22 "locos" por acuario, lo que equivale a 0,005; 0,010 y 0,020 "locos" cm⁻², o densidades D1, D2 y D3, respectivamente. Se utilizaron recipientes plásticos rectangulares con una superficie de 1.083 cm², y 2 l de volumen, los cuales fueron perforados para permitir la circulación de agua. Existió una réplica para cada densidad. Estas densidades fueron determinadas en base a los valores registrados para esta zona por Guisado & Castilla (1983) y por determinaciones realizadas durante febrero y marzo de 1990, en 4 sitios del hábitat playa de bolones, con la metodología descrita por Oliva & Castilla (1986). En estos muestreos las mayores densidades encontradas fluctuaron entre 14 y 15 individuos m⁻², en consecuencia la menor densidad experimental utilizada en el laboratorio fue 3,3 veces mayor que la más alta registrada para terreno.

A fin de evaluar el crecimiento, cada ejemplar fue individualizado mediante un sistema de código de colores. Durante 3 meses se registró quincenalmente el peso con una precisión de 0,001 g y la longitud peristomal, utilizando un ocular micrométrico en ejemplares menores que 8 mm o un pie de metro para los de mayor talla. Como alimento se usó el mitílido *Perumytilus purpuratus* ofrecido *ad libitum* en una proporción de 7 presas por "loco". Las presas consumidas fueron contadas y reemplazadas semanalmente. Durante el desarrollo del experimento la temperatura del agua fluctuó entre los 14 y 16°C. Se usó aireación continua y un flujo constante de agua de 6,4 l min⁻¹.

b) Efecto del volumen del recipiente en el crecimiento:

En el mes de mayo de 1990 se recolectaron 20 ejemplares de longitud peristomal entre 9 y 12 mm, los cuales fueron asignados individualmente a cajas de distinto volumen, incluyendo cuatro tratamientos con 5 réplicas cada uno. Se utilizaron recipientes de 0,3 l; 0,5 l; 1,0 l y 2,0 l, referidos en los resultados como volúmenes V1 a V4, respectivamente. Los ejemplares fueron

mantenidos por 3 meses en condiciones similares a las empleadas en el experimento anterior, registrándose cada 15 días los incrementos en peso y en longitud.

c) Efecto de la dieta en el crecimiento:

En abril de 1991 se recolectaron 35 ejemplares de longitud peristomal entre 5 y 9,8 mm, los cuales fueron asignados individualmente a cajas plásticas perforadas de 0,5 l. A estos ejemplares se les ofreció un total de 7 dietas, tanto mono-específicas como mixtas (ver la primera columna de la Tabla 1 para mayor información), con 5 réplicas cada una. Estas dietas fueron elegidas de acuerdo a los resultados publicados por Méndez & Cancino (1990). Las presas fueron ofrecidas *ad libitum* y renovadas semanalmente. Para cada dieta mixta se rotaron las especies presas semanalmente, con la finalidad de evitar que sólo la presa preferida fuera consumida. El rango de tamaño de las presas ofrecidas varió entre 3-10 mm de longitud de la concha en el caso de los mitílidos y entre 1,0-1,5 mm de longitud rostro carinal para los cirripedios. Durante 2,5 meses se controló una vez por semana el peso y la longitud peristomal en forma similar a lo descrito para el experimento (a). Las condiciones de temperatura, flujo y aireación del agua fueron similares a las descritas para los experimentos anteriores.

d) Efecto de la temperatura en el crecimiento y en el metabolismo:

Con la finalidad de trabajar con juveniles del menor tamaño posible, en septiembre de 1992 se recolectaron larvas competentes de *C. concholepas* en un lance de plancton costero superficial en El Quisco. En el laboratorio se separaron aquellos individuos que metamorfosearon espontáneamente y las larvas restantes fueron inducidas a la metamorfosis mediante el uso de K^+ 15 mM, siguiendo la técnica descrita por Inestrosa *et. al.* (1992)¹. Un tercer grupo de individuos postmetamórficos menores a 3 mm

de longitud peristomal fueron recolectados de la zona intermareal de Las Cruces. Individuos de cada grupo fueron colocados individualmente en recipientes plásticos de 1 l, con agua de mar filtrada a 0,45 μ m y tratada con radiación UV, con abundante aireación y colocados a dos temperaturas experimentales, 10 y 20°C. Como alimento se utilizó el mitílido *P. purpuratus*. El agua de mar fue cambiada cada tres días durante los primeros dos meses y luego una vez a la semana. En cada control se evaluó la supervivencia y se midió la longitud peristomal con un ocular micrométrico. Este experimento tuvo una duración de 5,5 meses.

Con la finalidad de conocer la eficiencia bruta de conversión $K(1)$ - o conversión de biomasa consumida en biomasa de *C. concholepas* - se calculó semanalmente, a cada temperatura, el peso seco de las partes blandas de las presas consumidas y el incremento en peso seco de las partes blandas de los juveniles de *C. concholepas*. Para este cálculo se utilizaron los datos aportados por 3 ejemplares a cada temperatura de aclimatación. Se calcularon los valores de $K(1)$ para cada individuo, luego de 22 semanas de aclimatación. El valor promedio de $K(1)$ por individuo fue promediado con los valores obtenidos para los otros ejemplares aclimatados a esa temperatura.

Con la finalidad de obtener la biomasa consumida y el aumento en peso de las partes blandas de *C. concholepas*, se determinó la relación entre peso seco de las partes blandas (y) en función de la longitud (x), tanto para la presa *P. purpuratus* como para *C. concholepas*, obteniéndose las siguientes ecuaciones: *P. purpuratus*: $Y = 3,315X - 0,7127$; $r^2 = 0,88$, $p < 0,001$, $N = 18$; *C. concholepas*: $Y = 0,924 + 2,80X$; $r^2 = 0,94$; $p < 0,001$, $N = 21$ donde $Y = \ln$ Peso Seco (mg) y $X = \ln$ longitud (mm).

Para obtener información del metabolismo de *C. concholepas* en función de la temperatura se realizaron mediciones de consumo de oxígeno en los juveniles aclimatados, durante 21 días a las dos temperaturas experimentales. Los ejemplares utilizados para estas mediciones oscilaron entre 2,5 y 5 mm de longitud peristomal. Se realizaron a los menos 2 determinaciones por cada ejemplar. Se utilizó una cámara metabólica de 30 cc y un electrodo de oxígeno conectado a un oxigenómetro modelo 781b de Strathkelvin Instruments.

¹Inestrosa, N. C., M. González & E. O. Campos. 1992. Metamorphosis of *Concholepas concholepas* (Mollusca; Gastropoda; Muricidae) induced by excess Potassium. Enviado a Marine Biology.

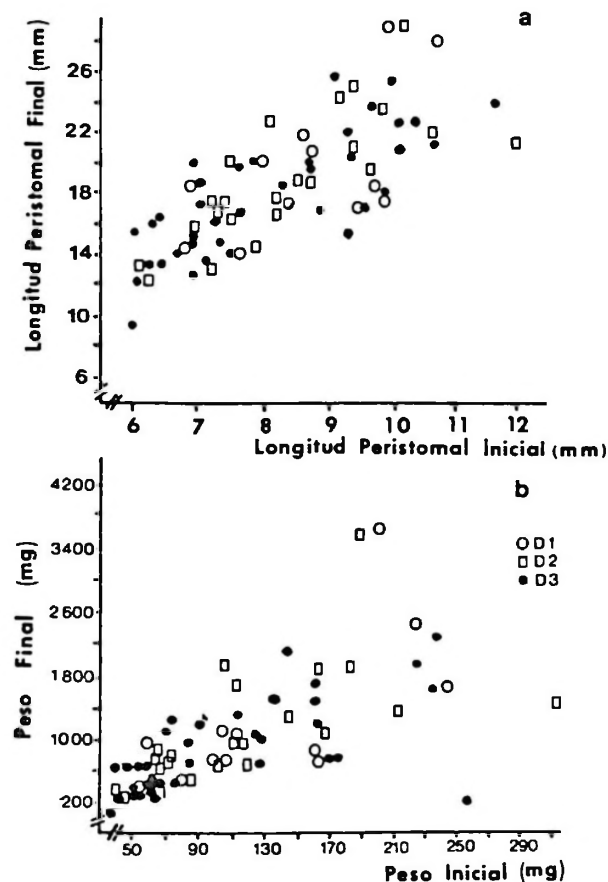


Figura 1: Efecto de la densidad en el crecimiento de *C. concholepas* en condiciones de laboratorio (D1: 0,005 "locos" cm^{-2} ; D2: 0,010 "locos" cm^{-2} ; D3: 0,020 "locos" cm^{-2}).

a) Relación entre el tamaño (mm) de los ejemplares de *C. concholepas* al inicio del experimento y el tamaño al final del experimento para las tres densidades estudiadas.

b) Relación entre el peso (mg) de los ejemplares de *C. concholepas* al inicio del experimento y el peso al final del experimento para las tres densidades estudiadas.

RESULTADOS

a) Efecto de la densidad en el crecimiento:

Para todas las densidades la mortalidad observada al cabo de 3 meses de experimentación fue inferior al 10%, sin embargo, sólo a la densidad menor no existió mortalidad. La densidad no tuvo un efecto significativo en la tasa de crecimiento ya que no existieron diferencias significativas entre las pendientes de las rectas que relacionan el tamaño alcanzado por los ejemplares al final del experimento en función del tamaño inicial (Fig 1a) (ANCOVA: $p > 0,05$). Tampoco se observaron diferencias significativas al evaluar el crecimiento en términos de

biomasa (Fig 1b) (ANCOVA: $p > 0,05$). Al evaluar el crecimiento como tasa de incremento mensual promedio de longitud peristomal, no existieron diferencias significativas en función de la densidad. Los valores obtenidos en mm mes^{-1} fueron: $1,65 \pm 0,59$ a la menor densidad; $1,59 \pm 0,48$ a la densidad intermedia y $1,46 \pm 0,44$ a la densidad mayor.

b) Efecto del volumen del recipiente en el crecimiento:

El crecimiento de los ejemplares no fue afectado por el volumen del recipiente (Fig 2). Esto se observa tanto para la variable longitud (Fig 2a) como para el peso (Fig 2b). Un análisis de varianza mostró que no existieron diferencias significativas entre tratamientos en el tamaño ni al inicio ni al final del experimento (inicio: $p = 0,60$; $F = 0,067$; g.l. = 3,16; final: $p = 0,197$; $F = 1,78$; g.l. = 3,16). Tampoco hubo diferencias en el peso (inicio: $p = 0,55$; $F = 0,72$; g.l. = 3, 16; final: $p = 0,50$; $F = 0,81$; g.l. = 3, 16). Esta misma información presentada, ahora, como tasas de incremento mensual, en mm mes^{-1} , mostró valores semejantes para todos los volúmenes, siendo de 1,00 en V1; 1,13 en V2; 1,33 mm en V3 y 1,16 mm en V4.

c) Efecto de la dieta en el crecimiento:

Durante el período experimental, no existió mortalidad con ninguna de las dietas. El análisis de varianza mostró que el tipo de dieta tiene un efecto significativo en el crecimiento expresado como ganancia en peso (mg día^{-1}) (Fig 3a) (ANOVA: $F = 4,99$; $p = 0,001$, g.l. = 6,28). El crecimiento fue significativamente mayor en aquellos ejemplares alimentados con la monodieta de *S. algosus* (Prueba de Tukey: $p < 0,005$). No hubo diferencias significativas entre las otras dietas. Al evaluar el crecimiento como porcentaje de incremento en longitud (mm día^{-1}) (Fig 3b) se obtuvo diferencias marginales atribuibles a los tratamientos (ANOVA: $F = 2,44$; $p = 0,05$; g.l. = 6,28). Sólo existieron diferencias significativas entre las dietas monoespecíficas de *S. algosus* y *P. purpuratus* (Prueba de Tukey: $p < 0,05$). La Tabla 1 da los valores promedio y sus desviaciones para la tasa de crecimiento en longitud peristomal con las diferentes dietas. Nótese que la tasa obtenida con la monodieta de

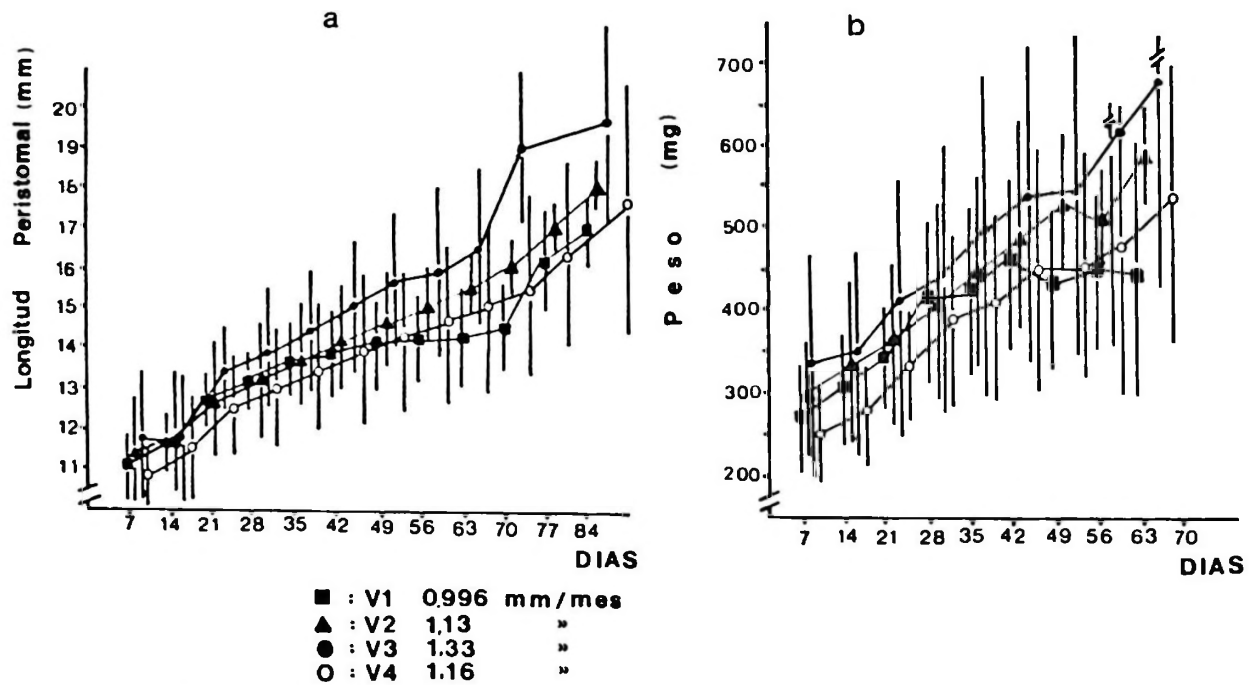


Figura 2: Efecto del tamaño del recipiente en el crecimiento de *C. concholepas* tanto en longitud (a) como en peso (b). Cada punto representa la media de 5 individuos (± 1 D. S.) mantenidos en recipientes de 4 volúmenes diferentes: 0,3 l (cuadrados); 0,5 l (triángulos); 1,0 l (círculos negros) y 2,0 l (círculos blancos).

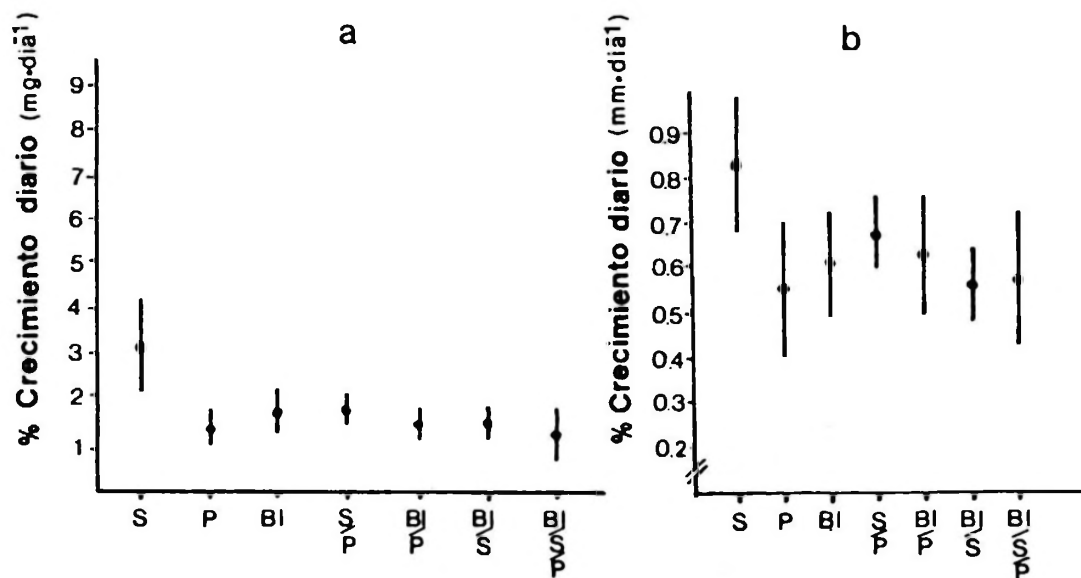


Figura 3: Efecto de distintas dietas en el crecimiento de juveniles de *C. concholepas*. (S: *Semimytilus algosus*; P: *Perumytilus purpuratus*; BI: *Balanus laevis*; S/P: *S. algosus* y *P. purpuratus*; S/BI: *S. algosus* y *B. laevis*; P/BI: *P. purpuratus* y *B. laevis*; S/P/BI: *S. algosus* - *P. purpuratus* - *B. laevis*).

a) Porcentaje de incremento en peso ($\text{mg}\cdot\text{día}^{-1}$). Cada punto representa el promedio de 5 individuos (± 1 D. E.).
 b) Porcentaje de incremento en longitud peristomal ($\text{mm}\cdot\text{día}^{-1}$). Cada punto representa el promedio de 5 individuos (± 1 D. E.).

S. algosus es seguida por la obtenida con una dieta mixta de *S. algosus* - *P. purpuratus*.

Tabla 1: Tasas de crecimiento mensual obtenidas con distintas dietas en juveniles de *C. concholepas*. Los valores representan la tasa promedio mensual (± 1 D. E.) de los individuos de cada tratamiento ($n=5$). El rango de tamaño de las presas utilizadas fue de 3-10 mm de longitud de la concha para los mitilidos y de 1-1,5 mm de longitud rostrorcarinal para *B. laevis*.

DIETA	TASA DE CRECIMIENTO (mm mes ⁻¹)
<i>Semimytilus algosus</i>	2,27 \pm 0,448
<i>Perunmytilus purpuratus</i>	1,39 \pm 0,337
<i>Balanus laevis</i>	1,52 \pm 0,206
<i>S. algosus</i> - <i>P. purpuratus</i>	2,07 \pm 0,434
<i>B. laevis</i> - <i>P. purpuratus</i>	1,70 \pm 0,337
<i>S. algosus</i> - <i>B. laevis</i>	1,60 \pm 0,199
<i>S. algosus</i> - <i>P. purpuratus</i> - <i>B. laevis</i>	1,47 \pm 0,388

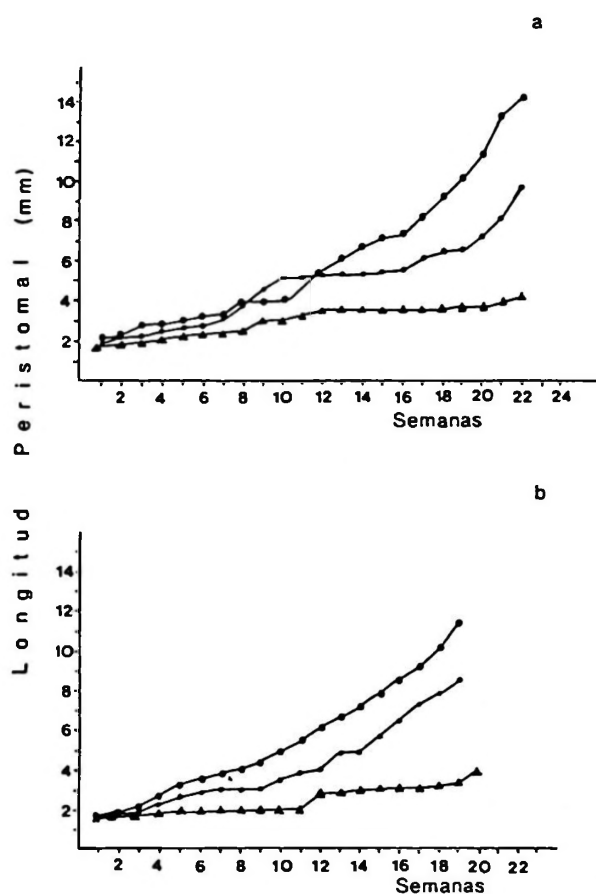


Figura 4: Curvas de crecimiento de individuos de *C. Concholepas* obtenidas por metamorfosis larval espontánea (a) y mediante metamorfosis larval inducida con Potasio (b) y mantenidos a 10°C (triángulos) y a 20°C (círculos). Cada curva representa un individuo.

d) Efecto de la temperatura en el crecimiento:

La supervivencia de los "locos" recién metamorfoseados resultó ser baja y similar para todos los tratamientos y para ambas temperaturas, oscilando entre 20% y 30%. Los animales recolectados en terreno mostraron la mayor mortalidad, ésta se produjo tempranamente a ambas temperaturas. No se evidenciaron diferencias en la supervivencia entre los ejemplares obtenidos por metamorfosis espontánea e inducida. La principal causal de mortalidad fue la desecación, producto de la conducta geotáctica negativa que presentan los individuos recién metamorfoseados (Di Salvo, 1988).

Las tasas de crecimiento obtenidas para los individuos provenientes de metamorfosis espontánea (Fig 4a) como para los provenientes de metamorfosis inducida con K⁺ (Fig 4b) fueron similares. Sin embargo, se observan diferencias significativas en las tasas de crecimiento para las dos temperaturas estudiadas, siendo más alta a 20°C que a 10°C (Figs. 4a y 4b). Los valores de la tasa de crecimiento a 20°C oscilaron entre 1,4 y 2,2 mm mes⁻¹, mientras que a 10°C éstos estuvieron cercanos a 0,45 mm mes⁻¹.

Al comparar los valores de K(1) de los animales aclimatados por dos meses a las dos temperaturas (Fig 5a) no se observaron diferencias significativas en los promedios entre grupos ($t = 0,221$; g.l. = 4), sin embargo, el valor promedio fue levemente más alto a 20°C. La tasa de ingestión de alimento (Fig 5b) fue significativamente más alta a 20°C que a 10°C ($t = 20,60$; g.l. = 4; $p < 0,01$).

Los valores de consumo de oxígeno, estandarizados por biomasa (Fig 5c), oscilaron entre 1 y 1,2 $\mu\text{lO mg}^{-1}\text{h}^{-1}$, no existiendo diferencias significativas entre los animales aclimatados a ambas temperaturas ($t = 0,0018$; g.l. = 32).

DISCUSION

a) Efecto de la densidad en el crecimiento:

El experimento de densidad muestra que es posible mantener juveniles de esta especie en condiciones de laboratorio a densidades más altas que las registradas en terreno (ver Tabla 1 de Guisado & Castilla, 1983), sin que el crecimiento, ni la sobrevivencia se vean afectados negativamente. El hecho de que no se haya

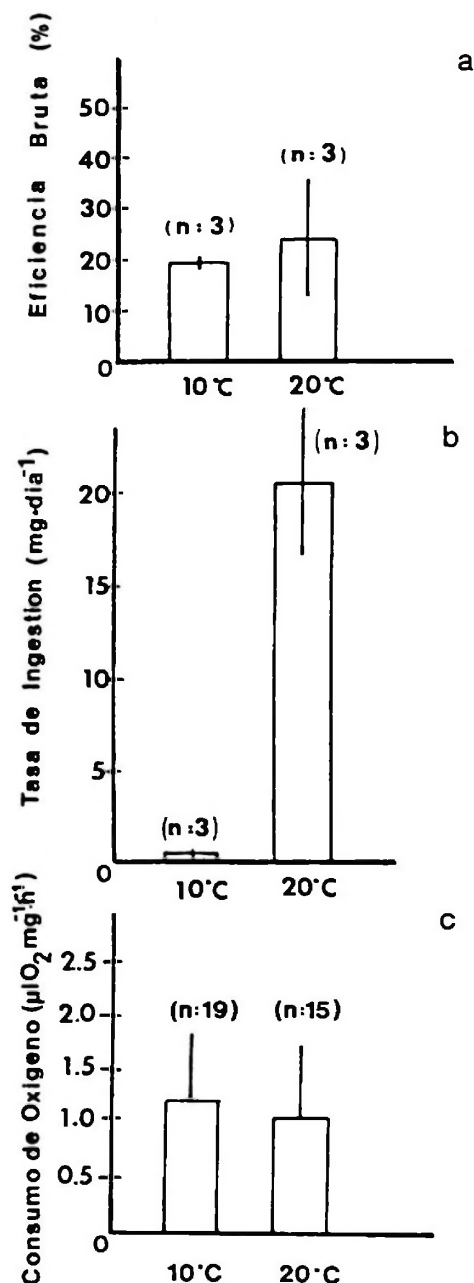


Figura 5: Efecto de dos temperaturas de aclimatación (10°C y 20°C) en parámetros fisiológicos de ejemplares postmetamórficos de *C. concholepas*.

- a) Valores de eficiencia bruta de crecimiento (K1).
 b) Tasas de ingestión (mg peso seco día⁻¹).
 c) Consumo de oxígeno (μlO₂ mg⁻¹ h⁻¹).

encontrado diferencias en la supervivencia a las distintas densidades puede deberse a que el alimento en estos experimentos fue ofrecido *ad libitum*, evitándose situaciones de hambruna y la conducta de canibalismo conocida para este gastrópodo (Castilla *et al.*, 1979; Di Salvo, 1989).

b) Efecto del volumen del recipiente en el crecimiento:

Dado que no existieron diferencias significativas en las tasas de crecimiento en función del volumen de agua, podemos concluir que es factible mantener juveniles recién metamorfoseados de *C. concholepas* a nivel masivo en recipientes de pequeño tamaño sin efectos negativos en el crecimiento.

c) Efecto de la dieta en el crecimiento:

Con todas las dietas utilizadas se obtuvo una supervivencia de los juveniles de un 100%, lo cual sugiere que las siete combinaciones de dietas utilizadas serían adecuadas para la mantención de juveniles en condiciones de laboratorio. Existieron, sin embargo, diferencias significativas en el crecimiento de los juveniles de *C. concholepas* en función de la dieta, obteniéndose el mejor resultado con la dieta monoespecífica de *S. algosus*. La menor tasa de crecimiento obtenida con las otras dietas podría explicarse por dos mecanismos a saber: a) la calidad intrínseca de cada tipo de presa como alimento y b) el efecto producido por la rotación semanal de las presas, lo cual podría afectar la eficiencia con que éstas son manipuladas. Para otros gastrópodos se ha descrito que el aprendizaje puede reducir el tiempo de manipulación, aumentando el retorno energético con un mismo tipo de presa (Dunkin & Hughes, 1984; Hughes & Dunkin, 1984; Garton, 1986; Hughes, 1988; Hughes *et al.*, 1992; Palmer, 1983, 1990).

En un trabajo reciente Méndez & Cancino (1990) propusieron que el patrón de preferencia de *C. concholepas* por el mitílido *S. algosus* podría involucrar una selección por aquel tipo de alimento que optimiza el crecimiento. En el presente estudio se confirma que la preferencia de los juveniles de *C. concholepas* por *S. algosus* efectivamente implica un mayor crecimiento que con otras dietas.

d) Efecto de la temperatura en el crecimiento:

El hecho de que la tasa de crecimiento sea mayor a 20°C que a 10°C se explicaría por la mayor tasa de ingestión de alimento a 20°C acompañada por un valor de eficiencia de conversión y una tasa de gasto energético inalterada por la temperatura de aclimatación. Es impor-

tante destacar que la similitud en los valores de eficiencia bruta de crecimiento (K1) obtenida a ambas temperaturas sugiere que la tasa de asimilación y los costos de capturar y manipular las presas se mantienen inalterados al aclimatar a los animales a estas temperaturas. Adicionalmente, la similitud en las tasas aclimatadas de consumo de oxígeno permite sugerir que los costos metabólicos son similares a ambas temperaturas. En consecuencia, el mayor consumo de alimento permite un mayor crecimiento.

Nuestros resultados en relación al efecto de la temperatura en el metabolismo de *C. concholepas* discrepan de los obtenidos por González *et al.* (1990) quienes encontraron un mayor remanente de energía potencial para crecimiento a 10°C en comparación a 16°C para ejemplares juveniles provenientes de las cercanías de Puerto Montt. Estos autores interpretaron sus resultados como un patrón de compensación supraóptima (Precht, 1973 *fide* González *et al.* 1990). Las discrepancias de resultados entre nuestro estudio y el de González *et al.* (1990) podrían ser explicadas por dos vías: a) Tiempo de aclimatación: 12 días en el estudio de González *et al.* (1990), 14 a 90 días en nuestro estudio. b) Zona de origen de los ejemplares: Puerto Montt en González *et al.* (1990) y Las Cruces en nuestro estudio. Las discrepancias entre los resultados de ambos estudios generan predicciones distintas con respecto al crecimiento de *C. concholepas*; González *et al.* (1990) postulan una mayor tasa de crecimiento a medida que la temperatura disminuye mientras que nuestros resultados muestran un crecimiento mayor a 20°C que a 10°C.

Los valores de eficiencia bruta de crecimiento K(1) obtenidos en el presente estudio (Fig. 5a) son similares a los valores encontrados para el murícido *Nucella lapillus* (L) (Hughes 1972, *fide* Hughes 1986). Sin embargo, las tasas de crecimiento obtenidas por nosotros, son por lo general bastante más bajas (aun con *S. algosus*, como presa; Tabla 1) que las calculadas sobre la base de desplazamientos modales para una población de juveniles de *C. concholepas* en la misma localidad (Guisado & Castilla, 1983). La tasa de crecimiento obtenida en el laboratorio con una monodieta de *S. algosus* fue similar a la obtenida en individuos marcados y recapturados en terreno en el verano de 1991, en la zona intermareal de Las Cruces, época en la que es esperable se

produzca el mayor crecimiento dado que asociado a un aumento en la temperatura del agua se produce una mayor disponibilidad de alimento. Las tasas de crecimiento, obtenidas para "locos" postmetamórficos en nuestros experimentos son más bajas que las obtenidas por Di Salvo (1988) en condiciones de laboratorio. Las tasas de crecimiento obtenidas a 20°C son similares a las observadas en época de verano en la zona intermareal (datos no publicados, M. Méndez, 1990).

La alta mortalidad de los ejemplares postmetamórficos de *C. concholepas* fue producto de que estos ejemplares ascienden a los sitios más altos de cada recipiente, como resultado de una conducta geotáctica negativa, con la posterior muerte por desecación (Di Salvo, 1988). Las razones de esta conducta son desconocidas, sin embargo, es esperable que esta no cause mortalidad de ejemplares en el intermareal dada la alta humedad de los sitios en que se encuentran los juveniles y a la acción del oleaje y los cambios en el nivel de marea; procesos que estuvieron ausentes en los experimentos de laboratorio. Esta conducta ha sido descrita en la literatura para *Crepidula dilatata* por Pechenik (1989) quien la denominó conducta suicida.

Lo anterior nos lleva a concluir que entre las temperaturas estudiadas, la más apropiada para el crecimiento de ejemplares de *C. concholepas* provenientes de Chile central es de 20°C y que este gastrópodo es capaz de ajustar su tasa metabólica a un nivel constante dentro del rango de temperaturas estudiadas por nosotros. Un patrón similar ha sido descrito para *Mytilus edulis* (Widdows & Bayne, 1971) y para *Crepidula fornicata* (Newell & Kofoed, 1977, *fide* Hughes, 1986). Los antecedentes aportados por el presente estudio ayudan a identificar las mejores condiciones para la mantención de juveniles en el laboratorio y para el eventual cultivo de ejemplares postmetamórficos y juveniles de *C. concholepas* en Chile central.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a María Cristina Orellana, Patricio Manríquez y Cecilia Häsner por su ayuda en distintas etapas de este trabajo. Agradecemos en forma especial al profesor Juan C. Castilla por las facilidades dadas en su calidad de En-

cargado de la Estación Costera (ECIM), donde se llevó a cabo el estudio y como Encargado del Proyecto de Investigación del cual este trabajo forma parte. Se contó con el Financiamiento del Proyecto Sectorial "loco", FONDECYT 3503/89.

LITERATURA CITADA

- ACUÑA, E. & J. STUARDO. 1979. Una estimación de clases anuales y crecimiento relativo en muestras de poblaciones de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789). *Biología Pesquera*, 12: 131-142.
- BUSTOS, E., E. ROBOTHAM & E. PACHECO. 1986. Edad y crecimiento de *Concholepas concholepas* y consideraciones a la aplicación de la ecuación de Von Bertalanffy (Gastropoda, Muricidae). *Investigación Pesquera (Chile)*, 33: 33-45.
- CASTILLA, J. C. 1988. Una revisión bibliográfica (1980-1988) sobre *Concholepas concholepas* (Gastropoda, Muricidae): Problemas pesqueros y experiencia de repoblación. *Biología Pesquera*, 17: 9-19.
- CASTILLA, J. C., CH. GUIADO & J. CANCINO. 1979. Aspectos ecológicos y conductuales relacionados con la alimentación de *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). *Biología Pesquera*, 12: 99-114.
- DI SALVO, L. 1988. Observations on the larval and postmetamorphic life of *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) in the laboratory. *The Veliger*, 30 (4): 358-367.
- DI SALVO, L. 1989. Captación, alimentación y desarrollo de larvas del recurso "loco" (*Concholepas concholepas*). En: Estudio repoblamiento de recursos bentónicos área piloto IV Región. II Investigaciones específicas: 69-102. CORFO, IFOP (Ed.).
- DUNKIN, S. DE B. & R. N. HUGHES. 1984. Behavioral components of prey selection by dogwhelks, *Nucella lapillus* (L.), feeding on barnacles, *Semibalanus balanoides* (L.), in the laboratory. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 79: 91-103.
- DYE, A. H. 1991. Food preferences of *Nucella crassilabrum* and juveniles of *Concholepas concholepas* (Gastropoda: Muricidae) from a rocky shore in southern Chile. *Journal of Molluscan Studies*, 57: 301-307.1
- GALLARDO, C. 1979. El ciclo vital del Muricidae *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) in Laboratory Culture. *Biología Pesquera*, 12: 79-89.
- GARTON, D. W. 1986. Effect of prey selection on the energy budget of a predatory gastropod, *Thais haemastosa caniculata* (Gray). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 98: 21-33.
- GONZALEZ, M. M. C. PÉREZ, D. A. LÓPEZ & M. S. BUITANO. 1990. Efecto de la temperatura en la disponibilidad de energía para crecimiento de *Concholepas concholepas* (Bruguière). *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 25 (2): 71-81.
- GUIADO, CH. & J. C. CASTILLA. 1983. Aspects of the ecology and growth of an intertidal juvenile population of *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae) at Las Cruces, Chile. *Marine Biology*, 78: 99-103.
- HUGHES, R. N. 1986. A functional biology of marine gastropods. The Johns Hopkins University Press. 245 pp.
- HUGHES, R. N. 1988. Optimal foraging in the intertidal environment: evidence and constraints. En: Chelazzi G. & M. Vannini (Eds.). *Behavioral adaptation to Intertidal Life*. Vol. 151. Plenum Press. New York, pp: 265-282.
- HUGHES, R. N. & S. DE B. DUNKIN. 1984. Behavioral components of prey selection by dogwhelks, *Nucella lapillus* (L.), feeding on mussels, *Mytilus edulis* L., in the laboratory. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 77: 45-68.
- HUGHES, R. N., M. T. BURROWS & S. E. B. ROGERS. 1992. Ontogenetic changes in foraging behaviour of dogwhelks. *Nucella lapillus* (L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 115: 199-212.
- LÓPEZ, D. A. & C. E. VARELA. 1988. Manejo de reproductores y posturas de cápsulas en *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae): Una revisión de problemas y requerimientos de investigación. *Biología Pesquera*, 17: 21-30.
- LOZADA, E., M. T. LÓPEZ & R. DESQUEYROUX. 1976. Aspectos ecológicos y conductuales de poblaciones chilenas de "loco", *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). *Biología Pesquera*, 8: 5-29.
- MÉNDEZ M. A. & J. M. CANCINO. 1990. Preferencias alimentarias de ejemplares postmetamórficos y juveniles de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789). *Revista de Biología Marina, Valparaíso* 25 (2): 109-120.
- OLIVA, D. & J. CASTILLA. 1986. The effects of human exclusion on the population structure of key-hole limpets *Fisurella crassa* and *F. limbata* on the coast of Central Chile. *P.S.Z.N.I.: Marine Ecology*, 7(3): 201-217.
- PALMER, A. R. 1983. Growth rate as measure of food value in thaidid gastropods: assumptions and implications for prey morphology and distributions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 73: 95-124.
- PALMER, A. R. 1990. Predator size, prey size and the scaling of vulnerability: hatchling gastropods v/s barnacles. *Ecology*, 71 (2): 759-775.
- PECHENIK, J. A. & L. S. EYSTER. 1989. Influence of delayed metamorphosis on the growth and metabolism of young *Crepidula fornicata* (Gastropoda) juveniles. *Biological Bulletin of the Marine Biology Laboratory, Woods Hole*, 176: 14-24.
- REYES, A. & C. MORENO. 1990. Asentamiento y crecimiento de los primeros estadios bentónicos de *Concholepas concholepas* (Mollusca: Muricidae) en el intermareal rocoso de Mehuin, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 63: 157-163.
- SHIBATA, D. & C. D. ROLLO. 1988. Intraespecific variation in the growth rate on gastropods: Five hypothesis. *Mem. Ent. Soc. Can.*, 146: 199-213.
- SIDALL, S. 1984. Density-dependent levels of activity of juveniles of queen conch *Strombus gigas* Linné. *Journal of Shellfish Research*, 4 (1): 67-74.
- TOBELLA, G. 1975. Crecimiento de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Moll. Gast. Muricidae). *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción, Tomo XLIV*, pp: 185-189.
- VARELA, C. E. & D. A. LÓPEZ. 1989. Manejo de reproductores de *Concholepas concholepas* (Bruguière) en el diseño de una estrategia de repoblación. *Medio Ambiente*, 10 (1): 3-12.
- WIDDOWS, J. & B. L. BAYNE. 1971. Temperature acclimation of *Mytilus edulis* with reference to its energy budget. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 51: 827-843.