

Research Article

Parámetros reproductivos y poblacionales de *Thais chocolata* (Duclos, 1832) (Gastropoda, Thaididae), en la reserva marina La Rinconada, Antofagasta, Chile

Marcela Cantillán¹, Miguel Avendaño¹, Manuel Rojo² & Alberto Olivares¹

¹Departamento de Acuicultura, Universidad de Antofagasta
P.O. Box 170, Antofagasta, Chile

²Programa Doctorado en Ciencias Aplicadas, mención Sistemas Marinos Costeros
Universidad de Antofagasta

RESUMEN. Para obtener antecedentes reproductivos y poblacionales de *Thais chocolata* que contribuyan a validar su actual normativa pesquera, se realizó un estudio en el área protegida de la reserva marina La Rinconada, Antofagasta, Chile, entre diciembre 2008 y enero 2010. Los resultados obtenidos indicaron a nivel reproductivo, que el desarrollo gonadal de la población es asincrónico, encontrándose ejemplares en diferentes etapas de maduración durante el año. Los individuos maduros se estratificaron entre 5 y 13 m de profundidad, y gran parte del año formaron agregaciones a 5 m de profundidad. Se determinaron periodos de mayor madurez en julio-agosto, y en noviembre-enero, manifestándose las agregaciones más importantes al final de ellos. Una relación se observó entre meses de mayor madurez y registro de agregaciones, con aquellos de mayor variación intradiaria de temperatura. A nivel poblacional los resultados permitieron estimar una población de $2,3 \cdot 10^6$ ejemplares, donde el 39% se encontró sobre la talla mínima legal (TML = 55 mm). Los parámetros de crecimiento mostraron crecimiento relativamente lento, que podría estar influenciado por la alta variabilidad que presenta la temperatura de fondo en este sector. Mientras que su talla crítica, y la talla de primera madurez sexual poblacional, resultaron ser mayores a la TML. Se determinó la necesidad de revisar la normativa pesquera actual de esta especie, y se demostró la efectividad de las reservas marinas propiciadas por el Estado en la conservación de los recursos marinos.

Palabras clave: caracol locate, agregación reproductiva, biología pesquera, área marina protegida, norte de Chile.

Reproductive and population parameters of *Thais chocolata* (Duclos, 1832) (Gastropoda, Thaididae) in La Rinconada marine reserve, Antofagasta, Chile

ABSTRACT. Reproductive and population parameters of *Thais chocolata* that would contribute to the validation of the current extraction standards were obtained by performing a study in the protected area of La Rinconada Marine Reserve, Antofagasta, Chile, from December 2008 to January 2010. In terms of reproduction, the results revealed asynchronic gonad development in the population, with specimens in different stages of maturity throughout the year. Mature individuals were distributed between 5 and 13 m depth, forming aggregations at 5 m depth during much of the year. Periods of greater maturity were observed from July to August and November to January, with the most important aggregations at the end of both periods. A relationship was observed between the months with the greatest maturity and aggregations and the months with the highest daily temperature fluctuations. At the population level, the results allowed us to estimate $2.3 \cdot 10^6$ individuals, with 39% of this population over the minimum legal size (55 mm). The relatively slow growth estimated for this population was probably influenced by the high variability of the bottom temperature in this area. The critical size and size at first maturity of the population were higher than the minimal legal size, making it is necessary to review the current fishing regulation for this species. The effectiveness of the State marine reserves in the conservation of this marine resource was demonstrated.

Keywords: snail locate, reproductive aggregation, fisheries biology, marine protected area, northern Chile.

INTRODUCCIÓN

El ecosistema marino de la reserva marina La Rinconada, Antofagasta, representa uno de los sectores litorales de mayor importancia ecológica en Chile, puesto que allí se encuentra uno de los mayores bancos de *Argopecten purpuratus* en el país, lo que permitió, que en 1997 mediante D.S. N°522 fuese declarada como la primera reserva marina (Avendaño & Cantillán, 1997, 2008; Cantillán, 2000). Si bien su creación fue establecida para proteger a *A. purpuratus* de la sobrepesca a la que era sometida, esta medida también ha contribuido a reducir la explotación de otras especies de interés comercial que viven en ella, tales como *Aulacomya ater*, *Tagelus dombeii*, y el caracol carnívoro *Thais chocolata* (Ortiz *et al.*, 2009a).

Estudios recientes han demostrado que el área de la reserva marina que ocupa una superficie de 350 há, está sujeta a flujos alternados de corriente que resultan en una corriente predominante dirigida hacia el norte, pero que se encuentra con la barrera impuesta por la playa, reflejándose en forma cíclica en escalas diarias de tiempo. Esto permite buenas posibilidades de intercambio y mezcla de masas de aguas, y a su vez una alta capacidad de retención de material particulado en un área de 5 km de radio, favoreciendo la mantención y asentamiento larval a lo largo del año, con alta variabilidad estacional e interanual (Cantillán, 2000; Avendaño & Cantillán, 2008). Su biodiversidad, representa una rica y compleja asociación de diferentes agregaciones de especies comerciales y no comerciales, siendo una de las más relevantes aquella entre *A. purpuratus* y *T. chocolata* (Ortiz *et al.*, 2009a, 2009b).

T. chocolata (locote) es un molusco que se distribuye desde Paíta, Perú, hasta Valparaíso, Chile (Osorio, 2002). Históricamente ha constituido un recurso bentónico de importancia económica para la pesquería artesanal del norte de Chile; sin embargo, debido a los altos niveles de explotación ejercidos desde los inicios de su extracción en 1978, y luego de haber alcanzado el máximo desembarque en 1986 con 8.244 ton (Avendaño *et al.*, 1998), la fracción vulnerable de la zona somera se redujo fuertemente. Actualmente, su pesquería está restringida a las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta, donde el 2006 se extrajeron solo 364 ton (SERNAPESCA, 2007), siendo el registro más bajo desde el inicio de su explotación.

Batimétricamente este caracol se distribuye entre 5 y 40 m de profundidad, sobre sustratos rocosos o conchuela y arena gruesa (Andrade *et al.*, 1997; Avendaño *et al.*, 1997, 1998), es una especie gono-

córica con fertilización interna, sin evidencias externas de dimorfismo sexual (Rojas *et al.*, 1986). Durante la época de reproducción, los adultos se concentran formando agregaciones conocidas como "maicillo" (Retamales & González, 1982; Avendaño *et al.*, 1997, 1998), al igual que otras especies de este género (Bertness, 1977; Palmer, 1983). Este tipo de estrategia, en que ejemplares adultos se agregan en aguas someras durante los procesos reproductivos, tendría serias consecuencias para su supervivencia debido a que los pescadores recurren principalmente a estas agregaciones para su extracción (Andrade *et al.*, 1997; Avendaño *et al.*, 1997, 1998). Por otro lado, la especie presenta una larva planctotrófica teleplánica, que logra su competencia después de cuatro meses (Romero *et al.*, 2004). Ambas situaciones podrían ser una de las principales causas de la incertidumbre en el proceso de reclutamiento y su relación con los procesos reproductivos locales, que han inducido al desequilibrio en la dinámica de los ecosistemas donde se desarrolla esta especie.

La normativa vigente en Chile para este recurso, define un régimen de pesquería basado en una talla mínima de extracción de 55 mm durante dos periodos del año, uno en verano (enero y febrero) y otro en invierno (julio y agosto), encontrándose el resto del año con veda biológica sustentada en su ciclo reproductivo. Sin embargo, los pocos estudios realizados, indican que la especie no presenta un ciclo bien definido, encontrándose animales maduros durante todo el año con algunos máximos en algunos meses. Consecuentemente, se observan posturas durante la mayor parte del año.

Sobre la base de los antecedentes señalados se evidencia la necesidad de revisar y actualizar la información biológico-pesquera básica de este recurso. En virtud de esto, el presente trabajo realizado en el área protegida de la reserva marina La Rinconada, pretende aportar nuevos antecedentes respecto a aspectos reproductivos y poblacionales, con objeto de contribuir al manejo eficiente de esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio está localizada en la bahía de Antofagasta, en el sector de la reserva marina La Rinconada (23°28'S, 70°30'W), a 20 km al norte de la ciudad de Antofagasta, Chile (Fig. 1). Esta área se caracteriza también por la ocurrencia de procesos de surgencia intermitentes a lo largo del año, con una frecuencia de 0,2 a 0,4 ciclos por día durante el periodo de mayor intensidad. La presencia irregular de

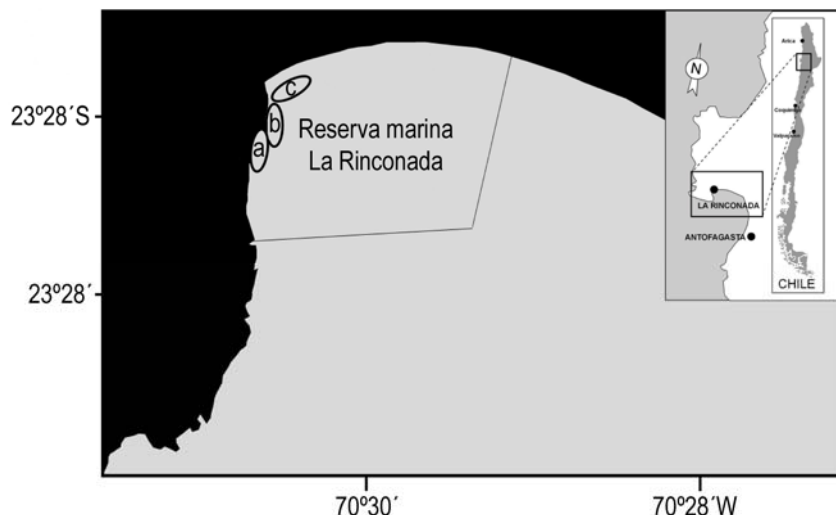


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio. Reserva marina La Rinconada, Antofagasta, Chile. a) Estrato de muestreo de 15 a 20 m de profundidad, b) estrato de muestreo de 5 a 13 m de profundidad, c) área de muestreo de agregaciones.

Figure 1. Geographic location of the study area. La Rinconada marine reserve, Antofagasta, Chile. Position of sampling stations, a) 15 to 20 m depth, b) 5 to 13 m depth, c) sampling area aggregations.

este fenómeno en este sector, puede a menudo quebrar el ciclo estacional, lo que explicaría la gran variabilidad diaria e interanual que presenta la temperatura en este lugar que alcanza hasta 6,5°C en un lapso de 24 h (Guillén, 1983; Rodríguez *et al.*, 1991; Marín *et al.*, 1993; Escribano *et al.*, 1995; Cantillán, 2000).

A objeto de tener antecedentes de la temperatura de fondo, en el área en que se distribuyó *T. chocolata*, se instaló a 16 m de profundidad un data loggers (modelo Tid Bit, onset), programado para registrar mediciones cada una hora. Sin embargo, las lecturas realizadas por este instrumento durante los seis primeros meses, fue errática, de manera que solo se contó con información válida a partir de julio de 2009.

Ciclo reproductivo

Entre diciembre 2008 y enero 2010, se extrajo mensualmente por medio de buceo 20 ejemplares de *T. chocolata* por sobre 35 mm de longitud máxima, desde el estrato profundo (15 a 20 m de profundidad), y otros 20 del estrato somero (5 a 13 m de profundidad), los cuales fueron transportados al laboratorio para someter su gónada a tratamiento histológico. Estos estratos se ubicaron paralelos a la costa rocosa de esta reserva (Figs. 1a-1b), zona donde se detecta su presencia durante todo el año, considerando su capacidad de enterrarse en la arena y desaparecer de un área. Paralelamente y para detectar la presencia de agregaciones reproductivas del recurso, se realizó un recorrido por buceo, barriendo una extensión de 500 m la franja de 5 a 8 m de

profundidad (Fig. 1c). Cada vez que se encontraron estas agregaciones, se tomó una muestra de 25 ejemplares y se anexó a las provenientes del estrato somero, para su análisis histológico.

Considerando que los procesos reproductivos son mejor representados por la gametogénesis de las hembras (Avendaño *et al.*, 1997), los ejemplares extraídos fueron disectados en el laboratorio y secciones de la zona media del complejo gónada glándula hepática, del 100% de éstas se fijaron en Bouin y se incluyeron en parafina. Cortes de 6 µm de espesor se colorearon con hematoxilina eosina (Gabe, 1968), para su análisis microscópico y se clasificaron según la siguiente escala:

Inmaduras: gónada que presenta un predominio de ovocitos que poseen un núcleo central con finos gránulos de cromatina, su citoplasma es basófilo y no se distingue ningún tipo de inclusiones vitelinas.

Vitelogénesis inicial: gónada con predominio de ovocitos adheridos a las paredes del folículo que tienen el núcleo con un nucléolo, y en el citoplasma se distinguen sectores hialinos y finas granulaciones eosinófilas correspondientes a gránulos de vitelo.

Vitelogénesis parcial: gónada con predominio de ovocitos adheridos a las paredes de los folículos, que presentan un núcleo en posición excéntrica y en el citoplasma es frecuente la presencia de plaquetas de vitelo de forma ovoide, que ocupan hasta el 75% del espacio citoplasmático.

Maduras: gónada con ovocitos que presentan el citoplasma completamente lleno de plaquetas de vitelo

y el núcleo está desplazado de su centro. Los ovocitos desprendidos de sus paredes se ubican en sectores próximos al lumen del folículo.

Evacuadas: hembras con folículos que presentan restos de vitelo y en ocasiones algunos ovocitos residuales en su lumen, en las paredes se puede observar ovocitos no vitelados o parcialmente vitelados.

Adicionalmente se estableció, la talla de primera madurez sexual poblacional ($T_{50\%}$), en el rango de tamaño entre la hembra madura más pequeña y la inmadura más grande usando la proporción de ejemplares maduros según intervalos de 3 a 4 mm, definiendo $T_{50\%}$ como el tamaño mínimo en el cual el 50% de los ejemplares presenta gónadas maduras. Esta estimación se realizó a través de una regresión no lineal para estimar la bondad de ajuste del modelo logístico:

$$P(T) = \frac{1}{1 + \exp^{(\beta_1 - \beta_2 * talla)}}$$

donde $P(T)$ es la proporción sexualmente madura a la talla T , y β_1 y β_2 son parámetros de posición y pendiente respectivamente. En este modelo la variable madurez sexual, se considera que se comporta dicotómicamente (ejemplares maduros e inmaduros) como función de una variable continua (talla), por ello la base de datos de todos los ejemplares analizados histológicamente, fue reestablecida bajo la condición de ejemplares maduros e inmaduros. El criterio utilizado para esta discriminación, consideró a todos los individuos que mostraron algún grado de actividad gametogénica, incluyendo ejemplares evacuados, como maduros (Cerna & Oyarzún, 1998). Los errores de este modelo pueden presentar una distribución binomial (Hosmer & Lemeshow, 1989).

Distribución y estructura de talla

Para estimar la distribución, abundancia y estructura de talla de *T. chocolata* dentro del área de la reserva donde se distribuye el recurso principal (*A. purpuratus*), se realizó en mayo de 2009, una evaluación directa, utilizando la metodología empleada por Avendaño & Cantillán (2005). De esta forma se muestrearon mediante buceo, 137 estaciones entre 5 y 24 m de profundidad, a lo largo de 2 km de costa. En cada estación se determinó la densidad de *T. chocolata*, mediante un cuadrante metálico de 1 m², que se dejó caer al azar 10 veces. Los ejemplares de cada cuadrante, fueron subidos a la embarcación y medidos en su longitud máxima, con un pie de metro de 0,1 mm de precisión, posteriormente devueltos al mar. Además se registró, la profundidad promedio de cada estación, con un ordenador submarino Beuchat

CX 2000 Comex, y su posición satelital utilizando un GPS map 76CSx Garmin. Con los datos obtenidos se construyeron histogramas de frecuencia de talla, en intervalos de 5 mm, para conocer la representación de los distintos grupos de talla dentro del área de distribución.

La estructura demográfica que presentó la población de *T. chocolata* en mayo 2009, fue sometida posteriormente a análisis para la identificación de grupos de tallas, siguiendo una distribución normal, a través del programa MIX 3.1.a. (Mac Donald & Pitcher, 1979).

Parámetros de crecimiento

Los parámetros de crecimiento de la población de *T. chocolata* en esta reserva se estimaron mediante el análisis de las frecuencias modales de la estructura de talla obtenidas a partir de la realización de un protocolo de muestreo mensual semi-aleatorio, en el cual se extrajeron desde los tres estratos de muestreo utilizados para los fines reproductivos, al menos 100 ejemplares de todas las tallas detectadas durante el recorrido submarino. Estos ejemplares fueron medidos en su longitud máxima total, pesados y posteriormente devueltos al mar. Los datos obtenidos fueron agrupados en intervalos de 2 mm, y analizados en forma separada utilizando la metodología actualizada propuesta por Gayanilo *et al.*, (2005), mediante la aplicación de la subrutina Elefan I del programa Fisat II.

Adicionalmente, en enero de 2009 se montó una experiencia para estimar los parámetros de crecimiento, a través del marcaje de 528 ejemplares que se distribuyeron manualmente por medio de buceo, dentro del área de estudio. Estos individuos, cuyo rango de talla varió entre 30 y 95 mm fueron marcaron con una etiqueta plástica que se fijó a la concha mediante masilla epóxica. La estimación se realizó sobre la talla de los ejemplares recuperados a lo largo del estudio, mediante métodos gráficos de acuerdo a Gulland & Holt (1959).

Con los parámetros de crecimiento obtenidos, se estimó posteriormente la edad de cada grupo de talla que presentó la población en mayo de 2009. Para conocer aspectos de su biomasa, se estableció la relación talla-peso mediante el ajuste a la función potencial con el método de mínimos cuadrados, utilizando la longitud (L_T) en mm y el peso total (W_T) en g, de todos los ejemplares muestreados.

$$W_T = a L_T^b$$

Se determinó además su talla crítica (L_{mb}), a partir de los parámetros de crecimiento y mortalidad natural

considerando la expresión propuesta por Alverson & Carney (1975):

$$tmb = t_0 + \frac{1}{K} \ln \left(\frac{bK}{M} + 1 \right)$$

donde *tmb* representa la edad crítica, *t₀* y *K* son los parámetros de crecimiento en longitud del modelo de von Bertalanffy, *M* es la mortalidad natural y *b* la pendiente de la relación talla-peso. La ecuación permite estimar la edad en la que se expresa la máxima biomasa de una cohorte en ausencia de explotación pesquera como lo señala Ricker (1975).

La talla crítica (*L_{mb}*) se estimó reemplazando la edad crítica (*tmb*) en la función de crecimiento en longitud.

$$L_{mb} = L_{oo} (1 - e^{-k(tmb - t_0)})$$

La mortalidad natural (*M*) se obtuvo mediante la relación de Ursin (1967) en Berg & Olsen, (1989), que considera que ésta es constante para todas las edades. Su estimación se basa en observaciones donde este parámetro, se aproxima a una relación directa entre el peso individual en gramos y su raíz cúbica negativa. En el presente estudio, la mortalidad *M* se estimó para la talla media del total de ejemplares de *T. chocolata* analizados.

RESULTADOS

Ciclo reproductivo

El análisis histológico realizado a las gónadas de las hembras de *T. chocolata*, indicó que las provenientes del estrato profundo (15 a 20 m), se encontraron principalmente inmaduras en porcentajes que variaron entre 37,5 y 100%. Sólo durante diciembre de 2009 se registraron ejemplares maduros en este estrato, con 37,5% (Fig. 2). Los estados de hembras maduras fueron habituales en el estrato somero (5 a 13 m de profundidad), en porcentajes que variaron entre 8,3 y 80,3%, con excepción de abril y junio donde no se registró ejemplares en este estado gametogénico (Fig. 2). El mayor porcentaje de ejemplares maduros en este estrato de profundidad, ocurrió en diciembre 2008 (80,3%); entre julio y agosto de 2009 (33,3 y 72,0% respectivamente), y entre noviembre y enero 2010 donde el porcentaje varió entre 50,0 y 38,9% respectivamente. Hembras evacuadas en porcentajes que variaron entre 4,0 y 40,7% se registraron en enero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, noviembre y diciembre 2009 y enero 2010.

Los recorridos submarinos efectuados para observar la presencia de agregaciones de ejemplares en proceso de cópula y postura, permitieron encontrar a 5 m de profundidad en diciembre de 2008, una

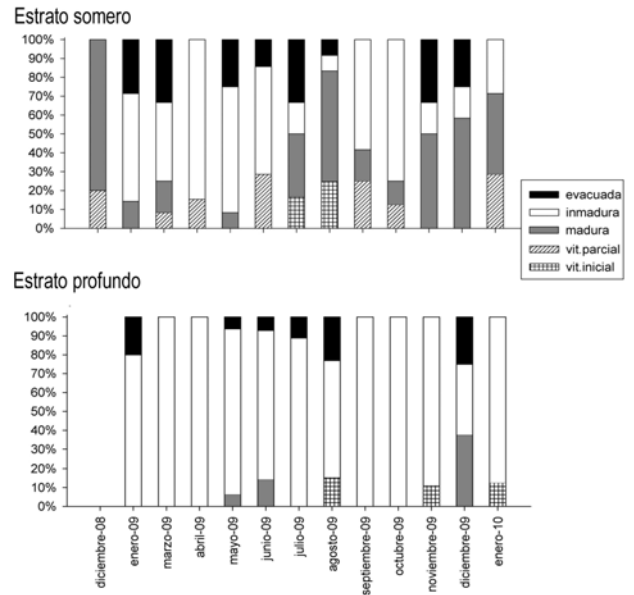


Figura 2. Frecuencia relativa de estados de madurez gonadal en la población de *Thais chocolata* en el estratos profundo (20-15 m) y somero (13-5 m), en la reserva marina de La Rinconada.

Figure 2. Relative frequency of gonad maturity stages in the *Thais chocolata* population, in the deep (20-15 m) and shallow layers (13-5 m) in La Rinconada marine reserve.

agregación significativa (> 1000 individuos) que se mantuvo hasta mediados de enero 2009. En marzo, pequeñas agregaciones (< 100 ejemplares) se registraron a 6 m de profundidad, culminado sus posturas en abril. En mayo se observaron nuevamente pequeñas agregaciones, y la presencia solo de posturas en junio. En agosto se constató el inicio de una agregación de mediana magnitud (> 200 individuos) que culminó su postura a fines de septiembre. En diciembre 2009 se volvió a registrar una agregación de grandes dimensiones (Fig. 3a), la cual inició el proceso de cópula y postura en enero 2010 (Fig. 3b).

La estimación de la talla de primera madurez sexual poblacional (*T_{50%}*), para las hembras fue de 66,03 mm (*r²* = 0,804; $\beta_1 = 6,51$ y $\beta_2 = 0,01$).

Distribución y estructura de talla

T. chocolata estuvo presente en 98 de las 137 estaciones muestreadas, cubriendo una superficie de 206 há distribuidas entre 5 y 22 m de profundidad (Fig. 4). En esta área el recurso presentó una densidad promedio de 1,106 ind m⁻² (DS = 1,18), lo que permitió estimar una abundancia de 2.277.254 ejemplares (DS = 244.926), en mayo 2009. La estructura de talla que presentó esta población en la

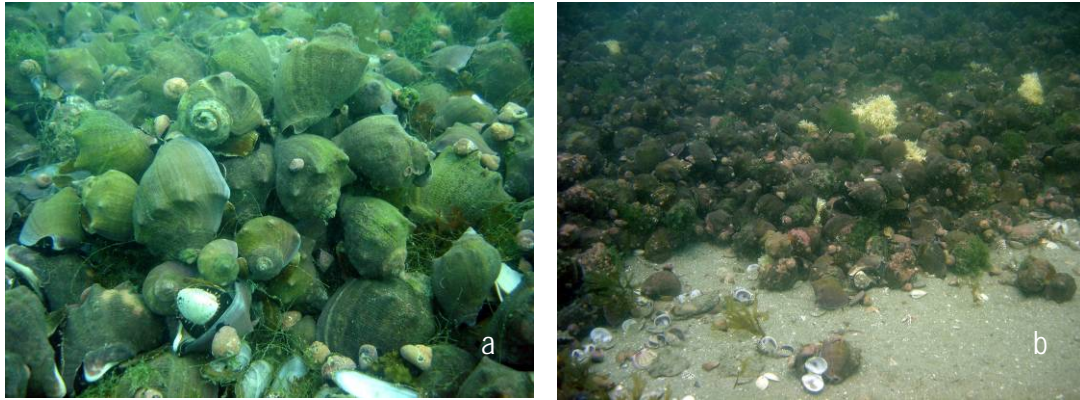


Figura 3. Agregación reproductiva de *Thais chocolata* en la reserva marina La Rinconada. a) diciembre 2009, b) inicio de la postura en enero 2010.

Figure 3. Reproductive aggregation of *Thais chocolata* at La Rinconada marine reserve. a) December 2009, b) starting laying of eggs in January 2010.

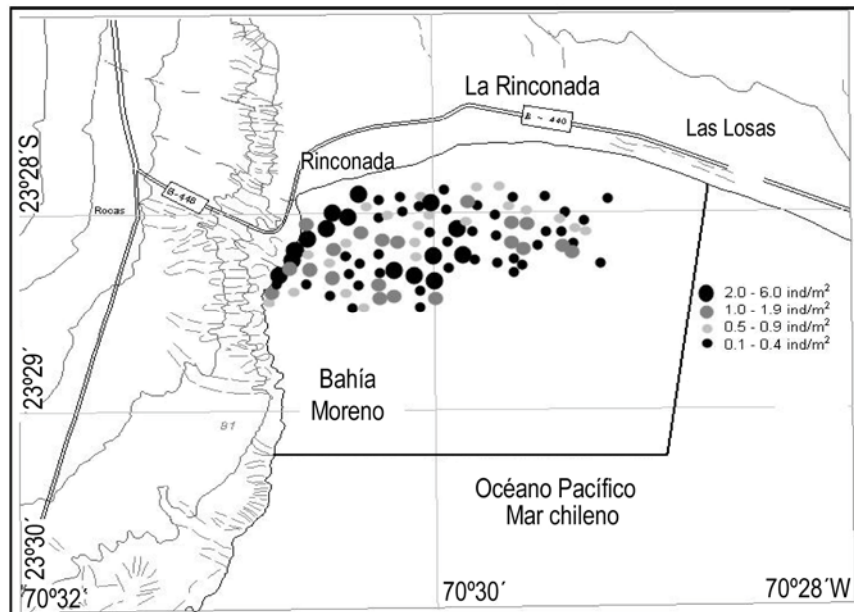


Figura 4. Distribución y densidad (ind m^{-2}) de *Thais chocolata* en la reserva marina La Rinconada en mayo 2009.

Figure 4. Distribution and density (ind m^{-2}) of *Thais chocolata* in the La Rinconada marine reserve in May 2009.

reserva varió entre 4,7 y 104,98 mm, con una talla promedio de 48,9 mm ($DS = \pm 20,99$), el 39,1% de los ejemplares se encontró sobre la talla mínima legal (Fig. 5). El análisis del histograma de talla de *T. chocolata*, indicó la existencia de tres grupos, el primero presentó una talla media de 12,7 mm ($DS = 3,13$) y representó el 13,1%; el segundo con una talla media de 40,6 mm ($DS = 8,03$) constituyó el 41,8%; y el tercero con una talla media de 67,1 mm ($DS = 11,92$) representó el 45,1% de la población.

Parámetros de crecimiento

Los resultados obtenidos mediante FISAT II sobre la estructura de talla mensual que presentó este recurso, indican para esta población una longitud infinita $L_{\infty} = 108,15$ mm con un coeficiente de crecimiento $K = 0,22$ (Fig. 6). La estructura de talla mostró que desde marzo 2009 a enero 2010 existió presencia de pre-reclutas inferiores a 14 mm. Los resultados obtenidos a través de la recuperación a lo largo del estudio de 45 de los ejemplares marcados, indicó una longitud

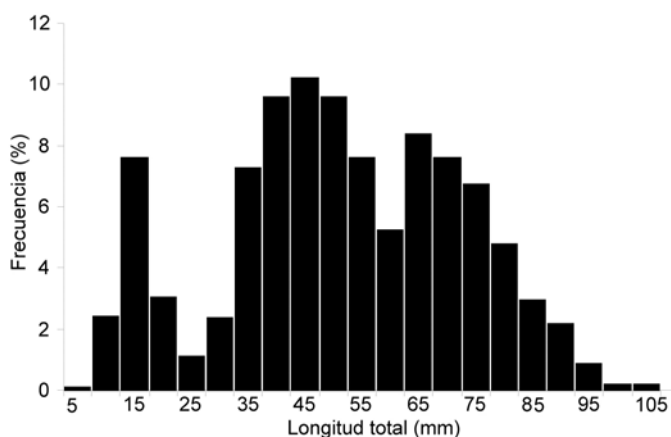


Figura 5. Estructura de tallas de la población de *Thais chocolata*, en la reserva marina La Rinconada en mayo 2009.

Figure 5. Size structure of the population of *Thais chocolata* at La Rinconada marine reserve in May 2009.

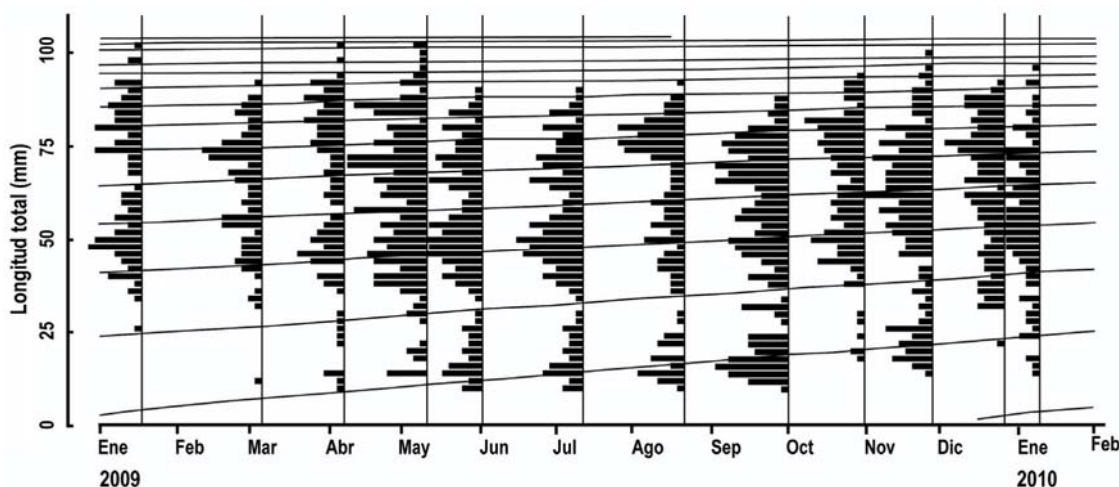


Figura 6. Distribución de la frecuencia mensual de *Thais chocolata*, sometidas a análisis de FISAT II, para obtener parámetros de crecimiento.

Figure 6. Monthly frequency distributions of *Thais chocolata*, subject to analysis FISAT II, to obtain growth parameters.

infinita $L_{\infty} = 120,85$ mm con un coeficiente $K = 0,2179$ (Fig. 7).

Los resultados de la relación talla-peso permiten indicar que para una talla de 55 mm, los ejemplares de esta población presentan peso promedio de 40,02 g (Fig. 8). Mientras que la estimación de la mortalidad natural (M) indicó un valor de 0,277, lo que permitió, utilizando los parámetros obtenidos a través de FISAT estimar una talla crítica de 77,7 mm, mientras que con los obtenidos a través de Gulland & Holt (1959) la talla sería de 86,6 mm. Ambas tallas se alcanzarían a una edad crítica de 5,76 y 5,78 años respectivamente.

Las temperaturas promedio diarias registradas a 16 m de profundidad entre julio 2009 y enero 2010 (Fig. 9), indicaron que los promedios diarios variaron entre 13 y 18°C, registrándose una mínima de 12,7°C y una máxima de 20,7°C. La variabilidad intradiaria de temperatura alrededor de la media, fue significativamente diferente durante el período de estudio (ANOVA; $F_{6,199} = 9,198$; $P < 0,001$). En particular, los

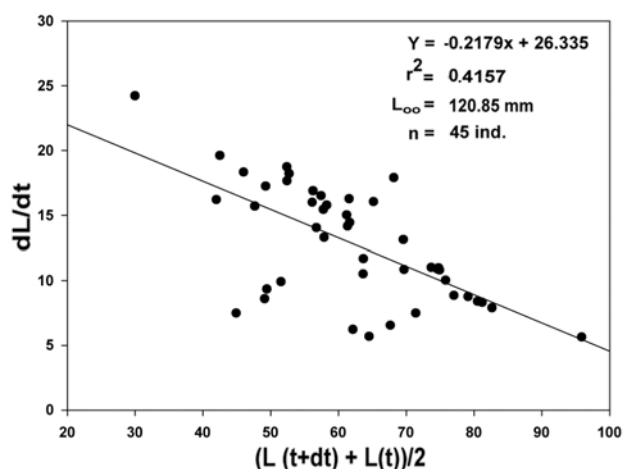


Figura 7. Estimación de los parámetros de crecimiento (L_{∞} y k) de *Thais chocolata*, mediante el método gráfico de Gulland & Holt (1959).

Figure 7. Estimates of growth parameters (L_{∞} and k) of *Thais chocolata*, through the graphical method of Gulland & Holt (1959).

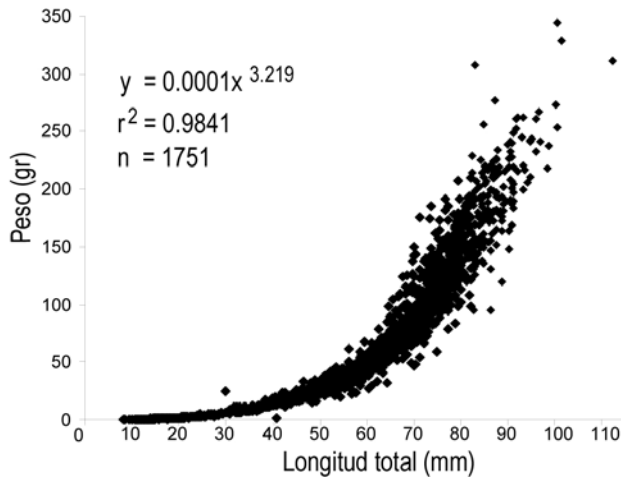


Figura 8. Relación talla-peso de *Thais chocolata* en la reserva marina de La Rinconada, Antofagasta.

Figure 8. Weight-height ratio of *Thais chocolata* at La Rinconada marine reserve, Antofagasta.

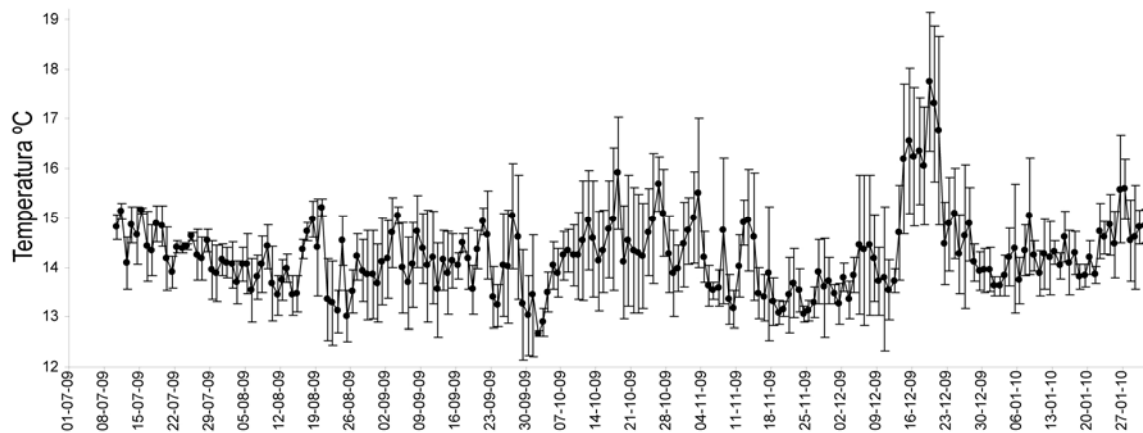


Figura 9. Promedios diarios de temperatura del agua (\pm DS), obtenidos a 16 m de profundidad en la reserva marina de La Rinconada, Antofagasta, entre julio 2009 y enero 2010.

Figure 9. Average daily water temperature (\pm SD), obtained at 16 m depth at the La Rinconada marine reserve, Antofagasta, between July 2009 and January 2010.

períodos de agosto-septiembre y noviembre-enero exhibieron la más alta dispersión de los valores de temperatura en torno a la media (Fig. 10), alcanzando valores máximos de variación de 3,29°C en el primero y 6,08°C en el segundo. Estos períodos de alta variación diaria de temperatura coincidieron con las agregaciones reproductivas y las mayores proporciones de ejemplares maduros encontradas en agosto-septiembre y diciembre-enero.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos mediante el análisis histológico, mostraron que el desarrollo gonadal de la población de *T. chocolata* en la reserva marina La Rinconada, no es un proceso sincrónico, encontrándose ejemplares en diferentes fases de desarrollo gametogénico durante todo el año. Las hembras maduras y en vitelogénesis parcial se hallaron

estratificadas entre 5 y 13 m de profundidad, concordando con observaciones realizadas por Avendaño *et al.* (1998), para la población de Caleta Punta Arenas (Tocopilla). La presencia de ejemplares maduros de este recurso, en diferentes meses del año, han sido señalados en otros estudios realizados (Rojas *et al.*, 1986; Andrade *et al.*, 1997; Avendaño *et al.*, 1997), y también con otras especies de esta familia, como *Morula marginalba*, *Thais emarginata* y *T. canaliculata* (Rojas *et al.*, 1986). Un proceso reproductivo asincrónico, con períodos significativos de madurez durante algunos meses del año, ha sido también indicado para el Muricidae *Concholepas concholepas* por Avilés & Lozada (1975) y Ramorino (1975).

La existencia en proporciones variables de hembras maduras y evacuadas, y la presencia en aguas someras (5 m) de agregaciones reproductivas, en que

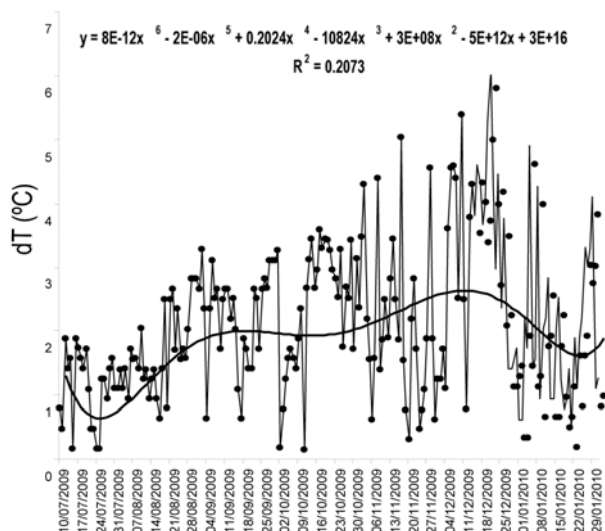


Figura 10. Diferencias entre la temperatura mínima y máxima registradas diariamente a 16 m de profundidad, entre el 10 de julio 2009 y 29 de enero 2010 en la reserva marina de La Rinconada.

Figure 10. Differences between the minimum and maximum temperature recorded daily at 16 m depth between 10 July 2009 and 29 January 2010 in the La Rinconada marine reserve.

ejemplares principalmente adultos se concentran en altas densidades a realizar la cópula y postura de cápsulas con huevos, permite señalar que el proceso reproductivo de *T. chocolata* en el estrato somero de esta reserva, tiene lugar con mayor o menor intensidad a lo largo de todo el año. Sin embargo, la proporción de ejemplares maduros registrados mensualmente, hace posible discriminar dos períodos de mayor madurez que ocurrieron entre julio-agosto y noviembre-enero, encontrándose al final de ellos importantes agregaciones de ejemplares en cópula y posturas de cápsulas con huevos, como las registradas en diciembre 2008, agosto-septiembre 2009, y enero 2010. Otras investigaciones realizadas sobre esta especie, también señalan que previo a la constitución de agregaciones en postura, se detecta la presencia de un alto porcentaje de ejemplares maduros (Retamales & González, 1982; Avendaño *et al.*, 1997). Sin embargo, como las mayores agregaciones reproductivas, se registraron en diciembre 2008 y enero 2010, permite indicar que los períodos en que ocurren estos eventos, sufren variaciones entre un año y otro. Agregaciones de gran magnitud han sido señaladas en junio para este lugar en años anteriores (Avendaño *et al.*, 1997). Estos autores también han señalado períodos de posturas intensas en marzo-julio y octubre-enero para este sector, mientras que para poblaciones de la zona de Iquique, han sido detectadas

en junio-septiembre y febrero-marzo (Retamales & González, 1982). Por su parte, Rojas *et al.* (1986) indicaron para la zona de Pisco (Perú), períodos intensos en octubre 1974 y agosto 1975.

La asincronía que mostró el ciclo reproductivo de *T. chocolata* en la reserva marina La Rinconada, también ha sido señalada para el pectínido *A. purpuratus* en este mismo lugar, que puede evacuar gametos a lo largo de todo el año con ausencia de períodos prolongados de reposo sexual (Cantillán *et al.*, 2005; Avendaño *et al.*, 2008). La asincronía observada en este bivalvo forma parte de su estrategia reproductiva, en respuesta al ambiente altamente variable en que se encuentra, donde las altas variaciones intra-diarias de temperatura del agua, actúan además como factor desencadenante de sus desoves (Avendaño & Le Penec, 1997; Cantillán *et al.*, 2005, 2007; Avendaño *et al.*, 2008). El alto estrés térmico al cual los organismos bentónicos están expuestos, ha sido también señalado para explicar los largos períodos reproductivos que exhiben algunas poblaciones de *Pecten maximus* (Paulet, 1990). Mientras que en gasterópodos como *Haliotis discus hannai*, *H. tuberculata*, *H. midae*, *Concholepas concholepas* y *Strombus luhuanus*, las variaciones de temperatura han sido señaladas como uno de los principales factores que influyen en la maduración gonadal (Peña, 1987). En el presente estudio, al relacionar la temperatura con la condición reproductiva de *T. chocolata*, se observó relación entre los meses en que se detectaron agregaciones y la mayor proporción de individuos maduros, con los meses en que se registraron las mayores variaciones intradiarias de temperatura. Durante este período, diciembre fue el mes en que se registró la agregación de mayor magnitud, y también el que presentó las mayores variaciones que alcanzaron hasta 6,08°C en un día. Estos antecedentes permiten postular la hipótesis que el proceso reproductivo de *T. chocolata* estaría fuertemente influenciado por las variaciones de temperatura.

Los resultados obtenidos a nivel poblacional permitieron estimar que 39% de los cerca de $2,3 \cdot 10^6$ ejemplares presentes en mayo de 2009, se encontraba sobre la talla mínima legal (55 mm), que representaba cerca de 35 ton de biomasa húmeda. La alta proporción de estos ejemplares que formaba parte del 45% que constituía el tercer grupo de talla de esta población (edad estimada de 53 meses), podría explicarse por la reducción de la actividad extractiva que se estaría ejerciendo sobre *T. chocolata* en esta reserva marina. Ello, concordaría con los resultados obtenidos por Ortiz *et al.*, (2009a), que indicaron para esta población, disminución de su mortalidad total y

aumento de su biomasa en los últimos años. Por otra parte, la existencia del primer grupo de talla (talla media 12,7 mm, edad estimada de 7 meses), representando cerca del 13% de la población en mayo y la presencia de pre-reclutas durante gran parte del año, posiblemente asociados al largo período reproductivo de esta especie en este lugar, permitiría confirmar al área de la reserva marina, como área de retención larval y posterior asentamiento béntico de post larvas (Cantillánez, 2000; Cantillánez *et al.*, 2007; Avendaño *et al.*, 2007). Ambos hechos estarían demostrando que la creación de esta reserva marina destinada a proteger al pectínido *A. purpuratus* (Avendaño & Cantillánez, 2008), está efectivamente generando beneficios sobre otras especies como *T. chocolata*. Pomeroy *et al.* (2006), indican que entre los factores de importancia que influyen en la distribución de talla y edad dentro de una población en un Área Marina Protegida (AMP), se encuentra la regularidad de los eventos reproductivos, su variabilidad temporal, y la cantidad y localización de los asentamientos larvales y eventos de reclutamiento así como su grado de supervivencia, y por ello, estos fenómenos son vistos como algunos de los beneficios más importantes que se derivan de las AMP.

Lo señalado anteriormente bajo una visión conservacionista, constituirían indicadores de efectividad para evaluar el desempeño de AMP, a través de la “composición y estructura de la comunidad” y “éxito de reclutamiento dentro de la comunidad” (Pomeroy *et al.*, 2006). Según estos autores el primero de estos indicadores es de gran importancia en la gestión de las AMP, donde comprender los cambios, alcances y orígenes (perturbaciones tanto naturales como antropogénicas), que se presentan en la composición y estructura de cada comunidad de un AMP, es considerado un prerrequisito para diagnosticar y tratar ecosistemas enfermos. Entender qué especies conforman una comunidad de organismos, y cómo éstos están estructurados en su entorno natural, permite a los administradores de las AMP asignar prioridades y monitorear las áreas costeras que requieran acciones de gestión. Por su parte, el segundo de estos indicadores es entendido como el grado de asentamiento de larvas, reclutamiento y supervivencia de juveniles que experimentan las diversas poblaciones de organismos que existen dentro de una comunidad y sirve como un sustituto de la capacidad de la comunidad de persistir en el tiempo y ser viable.

Los valores de los parámetros de crecimiento obtenidos con ambos métodos empleados en este estudio, no mostraron variaciones significativas

respecto del coeficiente de crecimiento K , encontrándose además, dentro de los rangos dados para poblaciones de *T. chocolata* distribuidas entre Iquique y Pan de Azúcar (Andrade *et al.*, 1997). Estos autores también señalan para este recurso, que junto con presentar un crecimiento relativamente lento, presentaría un aumento en la longitud asintótica de norte a sur que fluctuaría entre 96,5 y 114,95 mm, que iría acompañado de una disminución del coeficiente de crecimiento K entre 0,27 y 0,20 respectivamente. Estas diferencias entre localidades se presentarían en ejemplares de 4 años de edad hacia adelante; sin embargo, en los primeros años de vida las disparidades no serían importantes, alcanzándose la talla de 55 mm entre 3,2 y 3,5 años en Pan de Azúcar e Iquique, respectivamente.

En el presente estudio realizado en una zona intermedia a la de los sitios señalados, la edad en que los ejemplares adquieren su talla mínima legal variaría entre 3,3 y 3,4 años dependiendo del coeficiente utilizado, tiempo que se ajustaría al indicado por los autores citados. El lento crecimiento de esta especie como lo muestra su coeficiente de crecimiento, podría al igual como se ha señalado para su proceso reproductivo, también estar influenciado por la alta variabilidad de la temperatura del fondo en este sector. Numerosos son los autores que han señalado que la temperatura, junto a la cantidad y calidad del alimento, son los principales factores que regulan el crecimiento de moluscos (Bayne & Newell, 1983; Griffiths & Griffiths, 1987; Bricelj & Shumway, 1991; Thouzeau, 1991; Sicard *et al.*, 1999; Lodeiros & Himmelman, 2000; Lodeiros *et al.*, 2001; Freitas *et al.*, 2003). Experimentos que permitan evaluar los crecimientos diarios de estos organismos asociados a la temperatura, deben ser realizados para contrastar la hipótesis antes señalada.

Por su parte, la talla crítica estimada para esta población de *T. chocolata*, junto a la talla de primera madurez reproductiva obtenida para los ejemplares hembras, muestran claramente que son mayores a la mínima legal que rige como medida de administración. Estos resultados estarían señalando que la explotación de tallas inferiores a la crítica y de primera madurez poblacional, podría ocasionar en el mediano plazo una situación de sobreexplotación por crecimiento (Rivas & Canales, 1994; Andrade *et al.*, 1997). La talla de primera madurez sexual de 66,6 mm para hembras de esta especie, ha sido señalada para poblaciones sobreexplotadas de Moquegua y Tacna en Perú (Quiroz & Barriga, 1996), donde la talla mínima de extracción ha sido fijada en 60 mm. Las tallas críticas obtenidas en el presente estudio por su parte, resultan superior a la media dada por Andrade *et al.*

(1997), para poblaciones de Arica (61 mm) y Pan de Azúcar (75,6 mm), quienes concluyen que independiente del método de estimación utilizado, existe un claro aumento de la talla crítica de norte a sur. Sin embargo, este supuesto no se cumpliría en el presente estudio donde el valor obtenido fue superior a los 69,6 mm dados para la región de Antofagasta por estos autores. Estas diferencias sin embargo, podrían estar influenciadas por el rango de talla que presentaron las muestras obtenidas en la reserva marina, permitiendo encontrar grupos de ejemplares con tallas mayores a las que se encuentran en poblaciones explotadas.

Para concluir, los resultados obtenidos en este estudio sobre la población de *T. chocolata* de la reserva marina La Rinconada, hacen posible señalar desde una perspectiva biológico-pesquera, que la actual normativa que rige para la pesquería de este recurso, permitiendo su extracción sobre la talla crítica y de primera madurez sexual estimadas, y a la vez durante los meses de julio-agosto, y enero-febrero, debería ser revisada. Ya se ha señalado que actualmente los pescadores recurren principalmente a las agregaciones para su extracción (Andrade *et al.*, 1997; Avendaño *et al.*, 1997, 1998), sin embargo, debido a la variabilidad temporal que se puede presentar en la manifestación de las agregaciones, no sería posible establecer un período fijo de veda reproductiva. Por ello, es necesario establecer otras estrategias de protección, entre ellas, educar apropiadamente a los pescadores para que no extraigan el recurso mientras éste se encuentre agregado en aguas someras. Por otro lado, será necesario reconsiderar la actual talla mínima de extracción que rige para esta especie en Chile. Desde la perspectiva de la conservación, se puede indicar que el cierre de las actividades extractivas para proteger al recurso *A. purpuratus* dentro de esta reserva marina, ha beneficiado la recuperación de *T. chocolata* como especie secundaria de ella, demostrando que las medidas propiciadas por el Estado para establecer áreas marinas protegidas, pueden generar resultados positivos que deben ser potenciados.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue realizado con los proyectos FIP 2008-54 y FIP 2008-27.

REFERENCIAS

Alverson, D. & M. Carney. 1975. A graphic review of the growth and decay of population cohorts. *J. Cons. Ins. Explor. Mer.*, 36(2): 133-134.

- Andrade, C., J. González, J. Oliva, V. Barros, A. Olguín, C. León, M. Romero, M. Cortes & C. Cortes. 1997. Estudio del ciclo vital del recurso locote (*Thais chocolata*), en las Regiones I a IV. Informe Final, Proyecto FIP 94-34: 90.
- Avendaño, M. & M. Cantillán. 1997. Necesidad de crear una reserva marina en el banco de ostiones de La Rinconada. II Región. *Estud. Oceanol.*, 16: 109-113.
- Avendaño, M. & M. Le Pennec. 1997. Intraspecific variation in gametogenesis in two populations of the Chilean mollusc bivalve, *Argopecten purpuratus* (Lamarck). *Aquacult. Res.*, 28: 175-183.
- Avendaño, M., M. Cantillán, A. Olivares & M. Oliva. 1997. Conducta reproductiva de *Thais chocolata* (Duclos, 1832) (Gasteropoda: Thaididae) en la Rinconada, Antofagasta, Chile: causal de vulnerabilidad por pesca. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 32(2): 177-187.
- Avendaño, M., M. Cantillán, A. Olivares & M. Oliva. 1998. Indicadores de agregación reproductiva de *Thais chocolata* (Duclos, 1832) (Gasteropoda, Thaididae) en Caleta Punta Arenas (21°38'S-70°09'W). *Invest. Mar.*, Valparaíso, 26:15-20.
- Avendaño, M. & M. Cantillán. 2005. Growth and population structure of *Argopecten purpuratus* at La Rinconada marine reserve, Antofagasta, Chile. *Cienc. Mar.*, 31(3): 491-503.
- Avendaño, M., M. Cantillán, G. Thouzeau & J. Peña. 2007. Artificial collection and early growth of spat of the scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819), in La Rinconada Marine Reserve, Antofagasta, Chile. *Sci. Mar.*, 71(1): 197-205.
- Avendaño, M., M. Cantillán, M. Le Pennec & G. Thouzeau. 2008. Reproductive and larval cycle of the scallop *Argopecten purpuratus* (Ostreoida: Pectinidae), during El Niño-La Niña events and normal weather conditions in Antofagasta, Chile. *Rev. Biol. Trop.*, 56(1): 121-132.
- Avendaño, M. & M. Cantillán. 2008. Aspectos biológicos y poblacionales de *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) en la reserva marina La Rinconada: contribución para su manejo. In: A. Lovatelli, A. Fariás & I. Uriarte (eds.). Taller Regional de la FAO sobre el Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. *Actas de Pesca de la FAO, Roma*, N°12, pp. 249-266.
- Avilés, A.S. & L. Lozada. 1975. Estudio histológico del ciclo reproductivo de *Concholepas concholepas* (Brugière, 1789) en Punta Saliente, Coquimbo. *Bol. Soc. Biol. Concepción*, 44: 207-218.
- Bayne, B.L. & R.C. Newell. 1983. Physiological energetics of marine mollusks. In: A.S.M. Saleuddin &

- K.M. Wilbur (eds.). The Mollusca, Academic Press, New York, pp. 407-515.
- Berg, C.J. & D.A. Olsen. 1989. Conservation and management of Queen Conch (*Strombus gigas*) fisheries in the Caribbean. In: J.F. Caddy (ed.). Marine invertebrate fisheries; their assessment and management. FAO, pp. 421-442.
- Bertness, M.D. 1977. Behavioral and ecological aspects of shore-level size gradients in *Thais lamellosa* and *Thais emarginata*. Ecology, 58: 86-97.
- Bricelj, V.M. & S. Shumway. 1991. Physiology: energy acquisition and utilization. In: S. Shumway (ed.). Scallops: biology, ecology and aquaculture. Elsevier Science Publishers, New York, pp. 305-346.
- Cantillán, M. 2000. Reproduction, vie larvaire et pré-recrutement du Pectinidae *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) dans la baie d'Antofagasta (Chili). Thèse Doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 168 pp.
- Cantillán, M., M. Avendaño, G. Thouzeau & M. Le Pennec. 2005. Reproductive cycle of *Argopecten purpuratus* (Bivalvia: Pectinidae) in La Rinconada marine reserve. Antofagasta, Chile: response to environmental effects of El Niño and La Niña. Aquaculture, 246: 181-195.
- Cantillán, M., G. Thouzeau & M. Avendaño. 2007. Improving *Argopecten purpuratus* culture in northern Chile: results from the study of larval and post-larval stages in relation to environmental forcing. Aquaculture, 272: 423-443.
- Cerna, J. & C. Oyarzún. 1998. Talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial en merluza común, *Merluccius gayi* (Guichenot, 1848) del área de la pesquería industrial de la zona de Talcahuano, Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 26: 31-40.
- Escribano, R., L. Rodríguez & C. Iribaren. 1995. Temporal variability of sea temperature in Bay of Antofagasta, northern Chile (1991-1995). Estud. Oceanol., 14: 39-47.
- Freites L., C.J. Lodeiros, N. Narvaez, G. Estrella & J.M. Babarro. 2003. Growth and survival of scallop *Lyropecten (=Nodipecten) nodosus* (L. 1758) in suspended culture in the Cariaco Gulf. Venezuela during a non-upwelling period. Aquacult. Res., 34: 709-718.
- Gabe, M. 1968. Techniques histologiques. Masson et Cie, Paris, 1133 pp.
- Gayanilo, F.C.Jr., P. Sparre & D. Pauly. 2005. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (Fisat II). Revised version. User's guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries). Rome, N°8: 168 pp.
- Griffiths, C.L. & R.J. Griffiths. 1987. Bivalvia. In: J.H. Pandian & F.J. Vernberg (eds.). Animal energetics, Academic Press, New York, pp. 1-88.
- Guillén, O. 1983. Condiciones oceanográficas y sus fluctuaciones en el Pacífico sur-oriental. In: G.D. Sharp & J. Csirke (eds.). Actas de la consulta de expertos para examinar cambios en la abundancia y composición por especies de recursos de peces neríticos, San José, Costa Rica, 1983. FAO Inf. Pesca, (291)3: 607-658.
- Gulland, J.A. & S.J. Holt. 1959. Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. J. Cons. CIEM, 25(1): 47-49.
- Hosmer, D.W. & S. Lemeshow. 1989. Applied logistic regression. John Wiley & Sons, New York, 307 pp.
- Lodeiros, C.J. & J.H. Himmelman. 2000. Identification of factors affecting growth and survival of the tropical scallop *Euvola (Pecten) zic-zac* in the Golfo de Cariaco, Venezuela. Aquaculture, 182: 91-114.
- Lodeiros, C.J., A. Maeda-Martínez, L. Freites, E. Uribe, D. LLuch-Cota & M.T. Sicard. 2001. Ecofisiología de pectínidos iberoamericanos. In: A.N. Maeda-Martínez (ed.). Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: ciencia y acuicultura. Limusa, México, pp. 77-88.
- MacDonald, P.D.M. & T.J. Pitcher. 1979. Age-groups from size-frequency data: a versatile and efficient method of analyzing distribution mixtures. J. Fish. Res. Bd. Can., 36: 987-1001.
- Marín, V., L. Rodríguez, L. Vallejo, J. Fuenteseca & E. Oyarce. 1993. Efectos de la surgencia costera sobre la productividad primaria primaveral de bahía Mejillones del Sur, Antofagasta, Chile. Rev. Chile. Hist. Nat., 66: 479-491.
- Osorio, R. 2002. Moluscos marinos en Chile. Especies de importancia económica. Facultad de Ciencias Universidad de Chile. Imprenta Salesianos, Santiago, 211 pp.
- Ortiz, M., M. Avendaño, M. Cantillán, F. Berríos & L. Campos. 2009a. Trophic mass balanced models and dynamic simulations of benthic communities from La Rinconada marine reserve off northern Chile: network properties and multispecies harvest scenario assessments. (On line) Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst., DOI: 10.1002/aqc.
- Ortiz, M., M. Avendaño, L. Campos & F. Berríos. 2009b. Spatial and mass balanced trophic models of La Rinconada Marine Reserve (SE Pacific coast), a protected benthic ecosystem: management strategy assessment. Ecol. Model., 220: 3413-3423.
- Palmer, R.A. 1983. Growth rate as a measure of food value in thaidid gastropods: assumptions and implications for prey morphology and distribution. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 73: 95-124.

- Paulet, Y.M. 1990. Rôle de la reproduction dans le déterminisme du recrutement chez *Pecten maximus* (L) de la baie de Saint-Brieuc. Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Brest, France, 194 pp.
- Peña, J.B. 1987. Reproducción de gasterópodos proso-branquios. In: J. Espinosa & U. Lubarta (eds.). Reproducción en acuicultura. CAYCIT, Madrid, pp. 217-249.
- Pomeroy, R.S., J.E. Parks & L.M. Watson. 2006. Cómo evaluar una AMP. Manual de indicadores naturales y sociales para evaluar la efectividad de la gestión de áreas marinas protegidas. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido, 216 pp.
- Quiroz-Ruiz, M. & E. Barriga-Rivera. 1996. Prospección del caracol *Thais chocolata* en el litoral de Moquegua y Tacna, Julio 1996. Informe Progresivo-Instituto del Mar del Perú, 58: 3-16.
- Ramorino, M. 1975. Ciclo reproductivo de *Concholepas concholepas* en la zona de Valparaíso. Rev. Biol. Mar. Valparaíso, 15(2): 149-177.
- Retamales, R. & L. González. 1982. Prospección, evaluación y reproducción del erizo, ostión y locote. Informe SERPLAC-IFOP, 75 pp.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Bd. Can., 191: 382 pp.
- Rodríguez, L., V. Marín, M. Fariás & E. Oyarce. 1991. Identification of an upwelling zone by remote sensing and in situ measurements. Mejillones del Sur Bay. Antofagasta-Chile. Sci. Mar., 55(3): 467-473.
- Rojas, N., J. Tarazona & V. Ishiyama. 1986. Ciclo de reproducción y escala de madurez gonadal en el "caracol" *Thais (Stramonita) chocolata* (Duclos, 1832). Rev. Cien. U.N.M.S.M., 74(1): 117-129.
- Romero, M.S., C.S. Gallardo & G. Bellolio. 2004. Egg laying and embryonic-larval development in the snail *Thais (Stramonita) chocolata* (Duclos, 1832) with observations on its evolutionary relationships within the Muricidae. Mar. Biol., 145(4): 681-692.
- Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA). 2007. Anuario estadístico de pesca. http://www.serna.pesca.cl/paginas/publicaciones/anuarios/anuarios_todos.php.
- Sicard, M.T., A.N. Maeda-Martínez, P. Ormart, T. Reinoso-Granados & L. Carvalho. 1999. Optimum temperature for growth in the catarina scallop (*Argopecten ventricosus-circularis*, Sowerby II, 1842). J. Shellfish Res., 18: 385-392.
- Thouzeau, G. 1991. Experimental collection of post-larvae of *Pecten maximus* (L.) and other benthic macrofaunal species in the Bay of Saint-Brieuc, France. II. Reproduction patterns and postlarval growth of five mollusk species. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 148: 181-200.

Received: 8 September 2010; Accepted: 5 October 2011