

**Ciclo gonádico y composición bioquímica de hembras de *Thais chocolata* en el norte de Chile:
Implicancias para la reproducción**

**Gonadal cycle and biochemical composition of *Thais chocolata* females in northern Chile: Implications
for reproduction**

Manuel E. Rojo^{1,2,3},

1 Departamento de Ciencias Acuáticas y Ambientales, Universidad de Antofagasta P.O. Box 170,
Antofagasta, Chile

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

3 Universidad de Antofagasta, Asistencia Técnica S.A. E-mail: manuelrojo@rojo.com

Resumen

Entre Abril 2009 y enero 2010, se evaluó el ciclo gonádico, la composición bioquímica (Glucosa, Glicógeno, Lípidos, Proteínas y Energía total) y la relación entre estos, en hembras de *Thais chocolata* recolectadas en dos localidades de la región de Antofagasta, Norte de Chile (Caleta Punta Arena y Reserva Marina de La Rinconada).

Los resultados indican altos porcentajes de hembras maduras en los meses de Agosto 2009 para el caso de Caleta Punta Arenas y Enero 2010 en la Reserva Marina de La Rinconada. En tanto la composición bioquímica reveló un alto predominio de los componentes Lípidos y Proteínas, asociados a el complejo Glándula-gónada y al músculo del pie.

Se observaron correlaciones significativas entre los estados de vitelogénesis y los contenidos de Glucosa y Glicógeno en ambas localidades estudiadas, lo cual sugiere la utilización y almacenaje de estos componentes como parte importante del proceso gametogénico de las hembras de *Thais chocolata* en el norte de Chile y su importancia en generar reservas alimenticias para el desarrollo del proceso de reproducción de este molusco.

Palabras clave: *Thais chocolata*, vitelogénesis, gametogénesis.

Abstract

Between April 2009 and January 2010, we evaluated the gonadal cycle, the biochemical composition (glucose, glycogen, lipids, proteins and total energy) and the relationship between these, in female *Thais chocolata* collected at two locations in the region of Antofagasta, Northern de Chile (Caleta Punta Arena and La Rinconada Marine Reserve).

The results indicate high percentages of mature females in the months of August 2009 in the case of Caleta Punta Arenas and January 2010 in the Marine Reserve of La Rinconada. While the biochemical composition revealed a high prevalence of lipid and protein components associated with the complex gland-gonad and foot muscle.

Significant correlations between the states of vitellogenesis and glucose and glycogen content in both locations were studied, which suggests the use and storage of these components as part of the process of female gametogenic *Thais chocolata* in northern Chile and its importance in generating food reserves for the development of the reproductive process of this mollusk

Keywords: *Thais chocolata*, vitellogenesis, gametogenesis.

Introducción

Las pesquerías bentónicas en Chile, una de las más ricas a nivel mundial, han alcanzado desembarques artesanales de alrededor de 651.252 toneladas, estando conformadas por aproximadamente 65 especies entre moluscos, crustáceos y equinodermos (Sernapesca, 2006). Del total de especies de moluscos con valor comercial, en la actualidad solo se mantiene la explotación de 28 especies, las cuales aportan el 40 % del total de las capturas colectado principalmente mediante buceo. Las altas capturas de especies bentónicas obtenidas a través de esta forma de explotación, se relacionan con los fuertes efectos que sufren los stock naturales, algunos de los cuales han sido decretados como en régimen de plena explotación (Res.1730, 2007), con el consiguiente impacto sobre las actividades extractivas.

Entre estas especies destaca el caracol "Locate" (*Thais chocolata*, Duclos, 1982), gastrópodo carnívoro de la familia Thaididae, el cual se distribuye desde Paita, en el Perú, hasta la Región de Valparaíso en Chile, encontrándose entre los 5 y 40 m. de profundidad, ubicándose la fracción comercial, mayor a 55 mm, accesible a la pesquería entre los 10 y 20 m de profundidad. El hábitat utilizado por este recurso consiste preferentemente en áreas de fondos rocosos, bancos de cholgas, conchuela y arena gruesa (Andrade *et al.*, 1997). Este gastrópodo es una especie gonocórica con fertilización interna, sin

evidencias externas de dimorfismo sexual (Rojas *et al.*, 1986), el cual durante la época reproductiva tiende a formar agregaciones de organismos adultos, conocidos comúnmente como “maicillos”, conducta que también ha sido descrita para *Thais lamellosa* (Bertness, 1977) y *Concholepas concholepas* (Ramorino, 1975, Castilla, 1979).

Esta especie representó un recurso bentónico relevante para el sector pesquero artesanal del norte de Chile (Avendaño *et al.*, 1996). Si bien este molusco presenta una amplia distribución geográfica, en nuestro país actualmente es explotado comercialmente entre la I y II región, ya que para el caso de la III, IV y V región, presenta niveles poblacionales que no permitirían sustentar capturas que pudiesen considerarse como comerciales. (SUBPESCA, 1995).

Esta reducción en las capturas, producto de la disminución significativa de los bancos naturales, llevó a la Subsecretaría de Pesca en el año 1987 a decretar medidas de protección. La estrategia reproductiva de formar agregaciones o maicillos de este gastrópodo ha sido informada previamente para el área de La Rinconada y Caleta Punta Arenas (Avendaño *et al.*, 1997, Avendaño *et al.*, 1998) observándose agregaciones en sectores someros de ambas zonas, lo que estaría asociado a procesos relacionados con la copula, post copula y puesta. Dichas agregaciones reproductivas han sido observadas en los meses de Junio, Diciembre y Mayo para el caso de caleta Punta Arenas y en Enero-Marzo-Abril y Mayo-Julio-Septiembre en el caso de la Reserva Marina de la Rinconada, lo cual coincide con lo observado para la I y IV región, observándose a lo menos 2 periodos reproductivos de importancia durante el año (Avendaño *et al.*, 1996, Andrade *et al.*, 1997, Avendaño *et al.*, 1997), los que varían en su extensión de acuerdo a las localidades estudiadas, siendo la variabilidad local observada en el proceso reproductivo, atribuibles a fluctuaciones en las condiciones oceanográficas, calidad y disponibilidad de la dieta y eventualmente características poblacionales de los organismos presentes en cada uno de los sitios estudiados (Andrade *et al.*, 1997).

Previo a los eventos reproductivos, se han observado procesos de agregaciones alimentarias, los cuales tienen como presa objetivo a dos bivalvos principalmente; en el sector de Caleta Punta Arenas depreda sobre el Mitílido *Aulacomya ater*, en tanto en el caso de la Reserva Marina de la Rinconada se ha observado consumiendo principalmente el bivalvo *Transenella pannosa* (Avendaño *et al.*, 1997, Avendaño *et al.*, 1998) y en menor proporción *Pyura praeputialis*, que se desprende de la zona intermareal rocosa del sector, así como de *Argopecten purpuratus*.

Se ha planteado que los cambios bioquímicos que presentan los moluscos estarían relacionados principalmente con los eventos reproductivos, al almacenar la energía principalmente en tejidos

somáticos y eventualmente en órganos aledaños a los tejidos reproductivos, estando esta energía disponible para las distintas etapas de desarrollo y reproducción. Este almacenamiento de energía ha sido considerado como una respuesta a las fluctuaciones en la disponibilidad de alimento, permitiendo de esta forma disponer de energía utilizable tanto en los procesos de crecimiento como de reproducción (Rosa *et al.*, 2002).

Es así como Morais *et al.*(2003) plantea que la acumulación y utilización de las reservas en los moluscos dependería de factores como el estado del desarrollo gonadal y de factores ambientales que afecten el metabolismo de estos organismos (i.e. Temperatura), así como también de la cantidad y calidad nutricional de la dieta que ingieran estos organismos.

En el caso particular de los gasterópodos *Littorina littorea*, *Nucella (Thais) lapillus*, *Nucella lamellosa* y *Buccinum undatum* se ha observado una reducción en la alimentación de estos durante la época de copula y postura, siendo en este caso, la energía obtenida desde las reservas presentes tanto en la glándula digestiva (lípidos principalmente) como en el músculo del pie (carbohidratos y proteínas) (Brokordt *et al.*, 2006). Esta misma situación se ha observado en el caso de *Thais chocolata*, el cual para su proceso de reproducción se agrega para alimentarse, para posteriormente formar densas agregaciones en las cuales ocurre la copula y la postura de cápsulas de este gastrópodo (Avendaño *et al.*, 1997)

Es así como se plantea que entre los constituyentes presentes en los tejidos de moluscos, el glicógeno sería la mayor fuente de energía en estos organismos (Barber y Blake, 1981), mientras que los lípidos son considerados como fuente de reserva al estar almacenados en la gónada. En el caso de los lípidos se plantea que estos tienen un rol fundamental primero como fuente de energía en los procesos metabólicos, y posteriormente como un componente esencial en la formación de células y tejidos de membranas, cobrando mayor importancia en los procesos reproductivos al ser parte fundamental en la generación del vitelo que es incorporado en los ovocitos, por lo cual, su contenido podrá reflejar las características bioquímicas y ecológicas del medio ambiente en el cual se desarrollan los organismos marinos (Pazos *et al.*, 1997, Brazao *et al.*, 2003). Lo anterior ha sido registrado en diferentes especies de bivalvos y prosobranquios, en donde se ha observado una fuerte relación entre las diferentes fases del ciclo reproductivo y el contenido de lípidos en la gónada (Abad *et al.*, 1995, Pazos *et al.*, 1996, Pazos *et al.*, 1997). Bajo esta perspectiva, las variaciones en los componentes bioquímicos presentes en los diversos tejidos de los invertebrados marinos en diferentes estados de desarrollo gonádico deberían ser considerados al determinar los ciclos reproductivos anuales de estos organismos (Najmudeen, 2007). El

presente trabajo pretende determinar la dinámica mensual de los contenidos de Glucosa, glicógeno, lípidos, proteínas y energía total y su relación con el desarrollo de eventos reproductivos de dos poblaciones de *Thais chocolata* en el norte de Chile.

Materiales y métodos

Colecta de Material y ciclo reproductivo: se colectaron 40 ejemplares de *T. chocolata* en forma mensual entre los meses de abril de 2009 y enero de 2010 sobre los 35 mm de longitud, en las localidades de Caleta Punta Arenas (21°38' S, 70°09' W) y el sector de la reserva marina de La Rinconada (23° 28' S, 70°30' W) (Figura 1) los cuales fueron transportados al laboratorio para tratamiento histológico de la gónada. Paralelamente a la colecta de ejemplares se realizó un recorrido por buceo, barriendo en una extensión de 500 m la franja desde los 8 a 5 m de profundidad, con el objeto de detectar la presencia de agregaciones reproductivas del recurso. Cada vez que estas agregaciones fueron encontradas, una muestra de 25 ejemplares fueron tomadas, y anexadas a la muestra colectada para análisis histológico.



Figura 1: Localidades de colecta de ejemplares 1: Caleta Punta Arenas, 2: Reserva Marina La Rinconada

Figure 1: Localities where samples were obtained in northern Chile 1: Caleta Punta Arenas, 2: Marine Reserve La Rinconada

En el laboratorio, los ejemplares extraídos fueron pesados en una balanza digital (± 0.1 g) y medidos con un vernier digital (± 0.01 mm), siendo posteriormente disectados y extraídas secciones de

la zona media del complejo gónada glándula hepática de la totalidad de las hembras siendo fijadas en Bouin, deshidratadas e incluidas en parafina. Cortes de 6 μm de espesor fueron coloreados con hematoxilina eosina, siendo posteriormente analizados mediante microscopía óptica. Para el análisis microscópico de los cortes histológicos del complejo glándula-gónada se utilizó la siguiente escala propuesta por Cantillanez *et al.* (2011)

Composición bioquímica de hembras: los mismos ejemplares *T. chocolata*, utilizados en los análisis histológicos fueron nuevamente disectados, extrayéndose el complejo glándula-gónada y parte del músculo del pie de cada individuo. Las muestras obtenidas fueron guardadas en contenedores plásticos los cuales fueron rotulados, almacenados y congelados en forma individual para su posterior procesamiento.

Procesamiento de muestras: los tejidos de los organismos seleccionados fueron adecuadamente disgregados en frío mediante un triturador ultra turax modelo S18N-19G.

Una vez realizada la molienda del material, este fue dispuesto en contenedores plásticos tipo eppendorf para la posterior determinación de sus componentes: Glucosa, Glicógeno, Lípidos totales, Proteínas totales y Contenido de Energía.

Determinación bioquímica de constituyentes: dada la biomasa disponible y necesaria para las determinaciones bioquímicas de los tejidos de los ejemplares de *T. chocolata* en los diferentes estados de maduración, las estimaciones fueron realizadas sin réplicas.

Los contenidos de glucosa y glicógeno fueron determinados mediante el método propuesto por Kemp y Van Heijningen, (1954), utilizando una solución patrón de glucosa como estándar y como blanco Acido tricloroacetico al 5%, siendo estimada la concentración en base a la curva de calibración elaborada con la solución estándar de glucosa, tanto para el caso de glucosa como el de glicógeno (como equivalente de glucosa) de acuerdo a lo descrito por Mendel *et al.*, (1954), siendo expresados los resultados como mg/g de peso seco para cada uno de los tejidos analizados.

Los lípidos totales fueron determinados mediante el método de Folch *et al.*, (1957), previa disgregación con un microtriturador de 1 g de tejido húmedo en una solución Cloroformo – Metanol (2:1), la cual contenía 0.01 % de BHT como antioxidante., siendo posteriormente centrifugados a 3500 RPM y 4 °C por 20 minutos en una centrifuga refrigerada Hettich Universal 32 R, evaporados al vacío en un rotavapor Büchi modelo R-114 unido a un Baño termoregulado Büchi B-480 siendo calculado el contenido de lípidos totales de cada muestra en forma gravimétrica.

La determinación de proteínas totales se realizó mediante un kit para proteínas totales Sigma - Aldrich TP0100 el cual se basa en los métodos descritos por Bradford, (1976) y Sedmak y Grossberg, (1977). Para la determinación de este componente bioquímico se disgregaron aproximadamente 100 mg de tejido húmedo con un microtritador en 5 ml de Acido tricloroacetico al 20%, siendo incubadas por 30 minutos a -20 °C, posterior a lo cual fueron centrifugadas a 1000 RPM por 10 minutos en una centrifuga refrigerada Hettich Universal 32 R, recuperando el pellet resultante del proceso de el cual disgregado en 2 ml de NaOH 2 N e incubado por 10 minutos a 100 °C, para posteriormente hacer reaccionar una alícuota de 50 µl con el kit comercial, de acuerdo a lo indicado por el fabricante. Para la confección de la curva de calibración se utilizó albumina humana como estándar y como blanco una solución de NaCl al 0.85%, siendo expresados los valores resultantes como mg/g de peso seco de tejido para cada una de las muestras analizadas.

Para la estimación del valor energético de los tejidos analizados los valores observados de cada uno de los constituyentes bioquímicos fueron multiplicados por los factores de conversión de 24 KJ para proteínas, 39.5 KJ para lípidos y 17.5 KJ para carbohidratos de acuerdo a lo indicado por Gnaiger, (1983)

Análisis estadísticos: los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico Minitab v15, siendo previamente transformados los valores de porcentaje mediante la función Arcoseno.

Resultados

Ciclo reproductivo: el análisis histológico realizado a las gónadas de las hembras de *T. chocolata* indicó que la población de Caleta Punta Arenas presenta a lo largo del año organismos en diferentes estados de maduración en dicha localidad. En el caso de las hembras inmaduras, estas estuvieron presentes en todo el periodo de estudio con valores que fluctuaron entre el 21 y 50%, siendo los menores valores observados en el mes de octubre 2009 y los máximos en agosto 2009. En tanto los organismos maduros presentaron aportes inferiores al 40% en la mayor parte del ciclo, observándose los mayores aportes de este estado de desarrollo gonádico en los meses de Agosto y Octubre 2009 con un 37% y en el mes de enero 2010 con un 59% (Figura 2).

En tanto en el caso de la Reserva Marina, los resultados evidenciaron la presencia de ejemplares maduros e inmaduros a lo largo de todo el periodo de estudio. Es así como los ejemplares colectados en esta localidad correspondieron principalmente a organismos inmaduros, con aportes que fluctuaron entre 16 y 79%. En tanto los organismos maduros presentaron sus mayores aportes en los meses entre los meses de Noviembre y Diciembre 2009, con valores de 50% y 48% respectivamente (Figura 3).

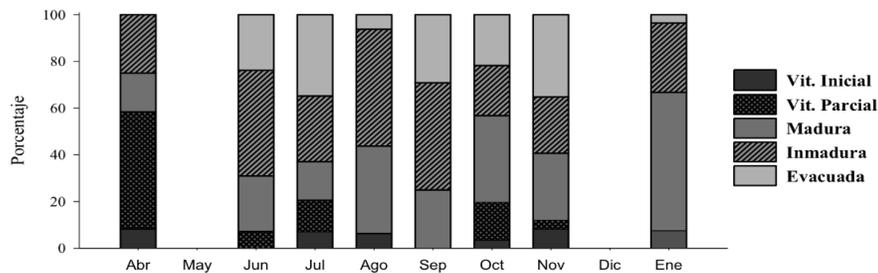


Figura 2: Frecuencia relativa de estados de madurez gonadal de hembras en la población de *Thais chocolata* en Caleta Punta Arenas entre Abril 2009 y Enero 2010

Figure 2: Relative frequency of gonadal maturity stages of females in the population of *Thais chocolata* in Caleta Punta Arenas between April 2009 and January 2010

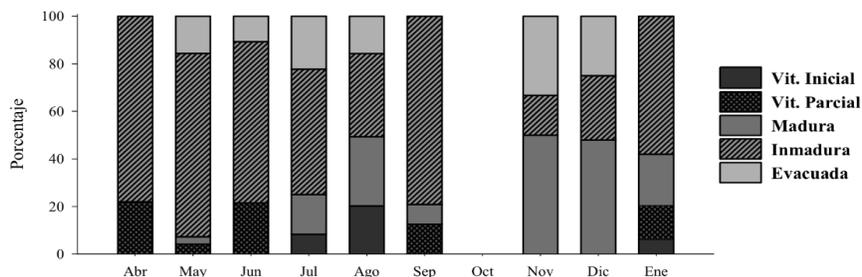


Figura 3: Frecuencia relativa de estados de madurez gonadal de hembras en la población de *Thais chocolata* en la Reserva Marina La Rinconada, entre Abril 2009 y Enero 2010

Figure 3: Relative frequency of gonadal maturity stages of females in the population of *Thais chocolata* in Reserva Marina La Rinconada between April 2009 and January 2010

Composición bioquímica de hembras de *Thais chocolata*:

Contenido de glucosa y glicógeno: los valores de glucosa en la glándula de los ejemplares colectados en Caleta Punta Arenas presentaron un rango que fluctuó entre 5,21 y 374,04 mg/g de tejido seco y un valor medio de 67,72 DS=69,91 mg/g de tejido seco.

Para el caso del pie, presentaron un rango que fluctuó entre 0,71 y 254,89 mg/g de tejido seco y una media de 28,94 DS= 45,22 mg/g de tejido seco. (Figura 4)

En el caso de la Reserva Marina de la Rinconada, los valores de glucosa determinados en la glándula de hembras de *Thais chocolata* mostraron valores que fluctuaron entre 2,99 y 938,74 mg/g de

tejido seco, con una media de 115,61 DS=143,86 mg/g de tejido seco. En tanto, los valores de glucosa estimados en el músculo del pie de este gastrópodo fluctuaron entre 1,01 y 216,34 mg/g de tejido seco, con un valor promedio de 33,62 DS= 43,98 mg/g de tejido seco (Figura 4).

El contenido de glicógeno en la glándula de los ejemplares colectados en Caleta Punta Arenas presentaron un rango de variación de entre 5,05 y 147,22 mg/g de tejido seco, observándose un valor medio para este componente de 47,34 DS=33,40 mg/g de tejido seco. Para el caso del pie, se observaron valores entre 5,44 y 174,61 mg/g de tejido seco, con una media de 46,75 DS=33,14 mg/g de tejido seco. (Figura 4)

En tanto en las hembras colectadas en la Reserva Marina de la Rinconada, los valores de glicógeno determinados en la glándula de las ejemplares de *Thais chocolata* presentaron un rango de variación entre 2,12 y 318,40 mg/g de tejido seco, con un valor medio de 43,86 DS=40,95 mg/g de tejido seco.

Por otra parte, los valores de glucosa estimados en el músculo del pie de este gastrópodo presentaron valores entre 0,84 y 283,51 mg/g de tejido seco, con una media de 64,11 DS=51,33 mg/g de tejido seco (Figura 4).

Contenido de lípidos totales: las estimaciones del contenido de lípidos totales en la glándula de los ejemplares colectados en Caleta Punta Arenas indicaron valores que fluctuaron entre 24,23 y 956,66 mg/g de tejido seco, con un valor medio de 115,07 DS=79,81 mg/g de tejido seco. Para el caso del pie, se observaron valores que fluctuaron en un rango entre 1,52 y 748,49 mg/g de tejido seco (Figura 4).

En el caso de la Reserva Marina de la Rinconada, los valores de lípidos totales estimados en la glándula de hembras de *Thais chocolata* presentaron valores que variaron entre 52,55 y 569,97 mg/g de tejido seco, con un valor medio de 159,31 DS=73,61 mg/g de tejido seco.

Por otra parte, los valores de lípidos totales estimados en el músculo del pie de este gastrópodo, variaron entre 2,88 y 433,06 mg/g de tejido seco, con una media de 27,94 DS=54,45 mg/g de tejido. (Figura 4).

Contenido de proteínas totales: la determinación de proteínas totales en la glándula de los ejemplares colectados en Caleta Punta Arenas indicó un rango de variación entre 17,92 y 283,87 mg/g de tejido seco, con un valor medio de 129,06 DS=54,17 mg/g de tejido seco. Para el caso del pie, se presentaron valores entre 13,77 y 436,39 mg/g de tejido seco, con un valor medio de 164,96 DS=66,21 mg/g de tejido seco. (Figura 4).

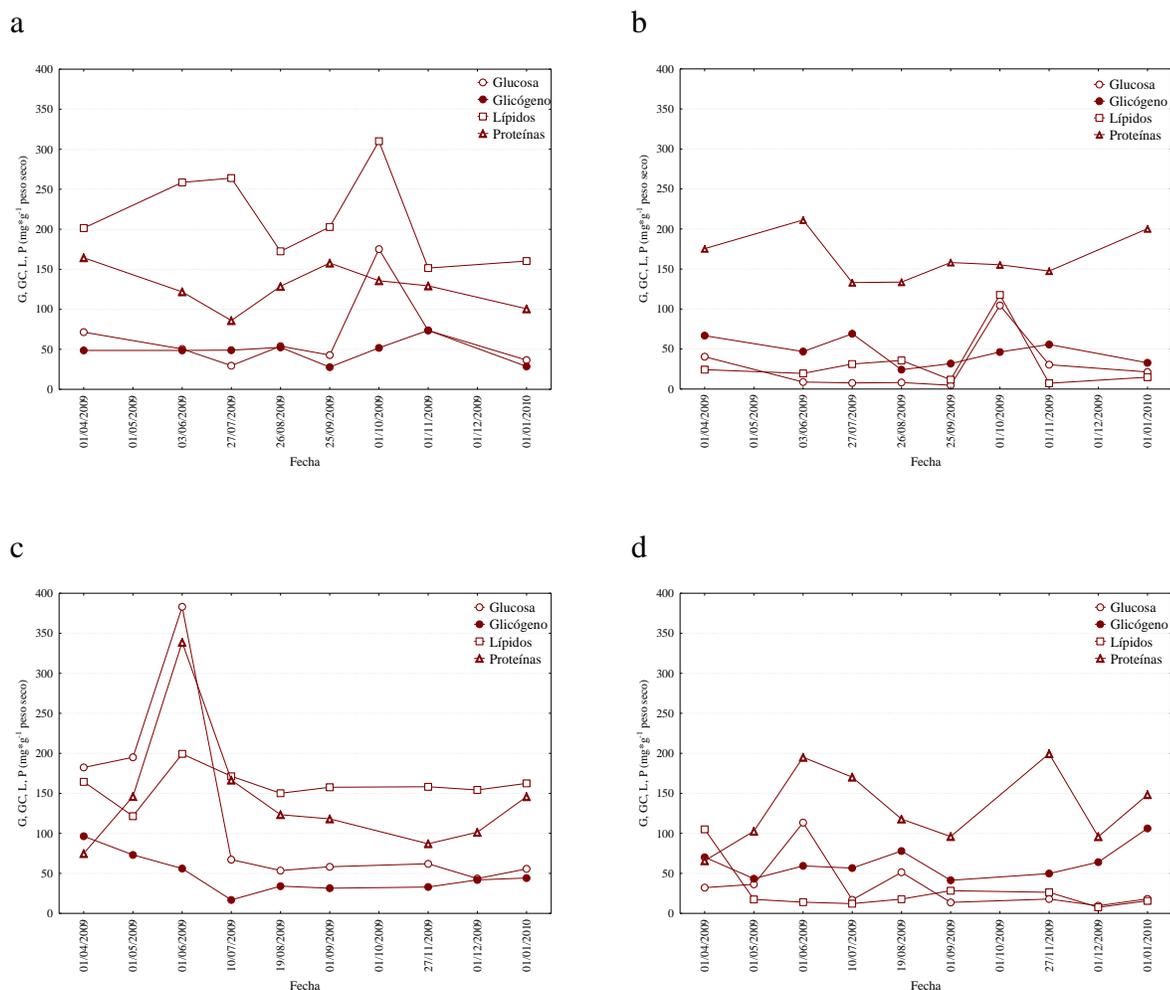


Figura 4: Variación de los contenidos de Glucosa (G), Glicógeno (GC), Lípidos (L) y Proteínas (P) en a) Glándula Caleta Punta Arenas, b) Pie Caleta Punta Arenas, c) Glándula Reserva Marina La Rinconada, d) Pie Reserva Marina La Rinconada.

Figure 4: Change in the content of glucose (G), Glycogen (GC), lipids (L) and Protein (P) in a) Gland Caleta Punta Arenas, b) foot muscle Caleta Punta Arenas, c) The Marine Reserve Gland Rinconada, d) foot muscle La Rinconada Marine Reserve.

En el caso de la Reserva Marina de la Rinconada, los valores de proteínas totales estimados en la glándula de hembras de *Thais chocolata* fluctuaron entre 9,57 y 921,16 mg/g de tejido seco y una media de 140,91 DS=106,01 mg/g de tejido seco. Por otra parte, los valores de proteínas totales determinados

en el músculo del pie de este gastrópodo, mostraron valores entre 27,63 y 586,53 mg/g de tejido seco, con una media de 130,85 DS= 27,63 mg/g de tejido seco (Figura 4).

Contenido de Energía: los valores de energía estimados a través de los factores de conversión indicados por Gnaiger (1983) para los tejidos de la glándula de los ejemplares en Caleta Punta Arenas indicaron valores que variaron entre 1,73 y 45,16 KJ/g de tejido seco, con una media de 13,67 DS=6,60 KJ/g de tejido seco. Para el caso del músculo del pie, se observaron valores entre 1,36 y 35,76 KJ/g de tejido seco, con un valor medio de 6,60 DS=4,27 KJ/g de tejido (Figura 5).

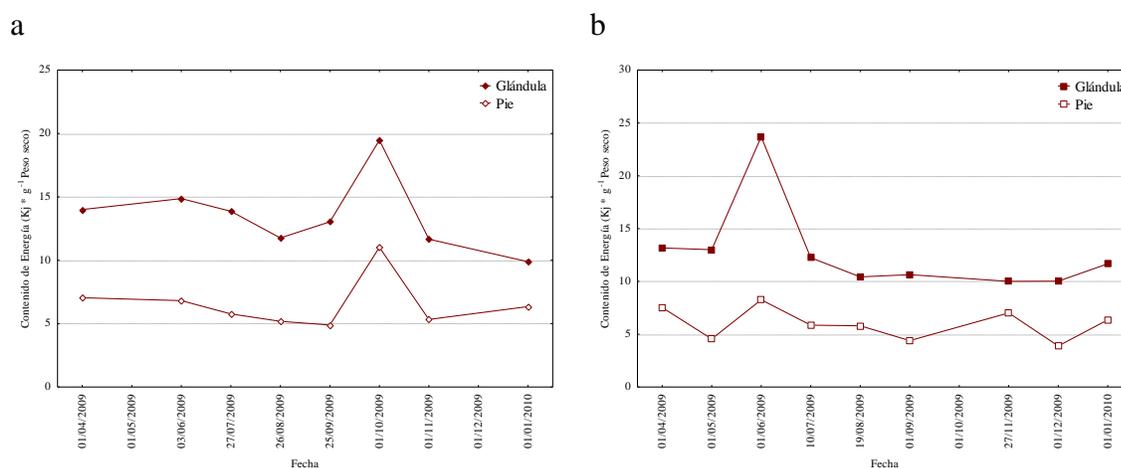


Figura 5: Variación de los contenidos de Energía (KJ/g) a) Glándula y Pie de hembras Caleta Punta Arenas, b) Glándula y Pie de hembras Reserva Marina La Rinconada.

Figure 5: Variation in Energy content (kJ / g) a) Gland and Foot of females Caleta Punta Arenas, b) Gland and Foot of females La Rinconada Marine Reserve.

En tanto, en el caso de la Reserva Marina de la Rinconada, los valores de Energía estimados en los tejidos de la glándula de hembras presentaron valores entre 5,07 y 63,10 KJ/g de tejido seco, con un valor medio de 12,51 DS=6,71 KJ/g de tejido seco.

Por otra parte, los valores de Energía estimados en el músculo del pie de este molusco mostraron valores que fluctuaron entre 1,46 y 21,74 KJ/g de tejido seco, con una media de 5,95 DS=3,19 KJ/g de tejido seco (Figura 5).

Relación entre componentes bioquímicos y ciclo reproductivo: al realizar un análisis de correlación entre las variables analizadas para el caso de las hembras de Caleta Punta Arenas, los resultados indicaron que en el caso de la glándula solo existían correlaciones significativas entre el porcentaje de hembras en Vitelogénesis parcial y el contenido de glicógeno (Tabla 1). En tanto en el caso del pie se observaron valores de correlación significativos entre las hembras en Vitelogénesis parcial y los valores de energía total, glucosa y glicógeno, así como también el caso de las hembras en Vitelogénesis parcial y los valores de glicógeno registrados. (Tabla 2).

Tabla 1: Matriz de correlación entre estados de desarrollo y componentes bioquímicos de la glándula de hembras en Caleta Punta Arenas

Table 1: Correlation matrix between states for development and biochemical components of the gland of females in Caleta Punta Arenas

	Maduras	Evacuadas	V. Inicial	V. Parcial	Proteínas	Energía	Glucosa	Glicógeno	Lípidos
Maduras	1,0000	-0,0880	-0,2746*	-0,2364	0,0079	0,0074	0,1367	-0,0274	-0,0168
Evacuadas	-0,0880	1,0000	-0,0898	-0,4586*	-0,0753	0,1368	0,0504	0,1309	0,1502
V. Inicial	-0,2746*	-0,0898	1,0000	0,4130*	0,0636	0,0796	0,1857	0,3132*	0,0096
V. Parcial	-0,2364	-0,4586*	0,4130*	1,0000	0,1106	0,1773	0,2143	0,0833	0,1276
Proteínas	0,0079	-0,0753	0,0636	0,1106	1,0000	0,3560*	0,0739	0,1186	0,1531
Energía	0,0074	0,1368	0,0796	0,1773	0,3560*	1,0000	0,3042*	0,4422*	0,9561*
Glucosa	0,1367	0,0504	0,1857	0,2143	0,0739	0,3042*	1,0000	0,2562*	0,1128
Glicógeno	-0,0274	0,1309	0,3132*	0,0833	0,1186	0,4422*	0,2562	1,0000	0,3284*
Lípidos	-0,0168	0,1502	0,0096	0,1276	0,1531	0,9561*	0,1128	0,3284*	1,0000

* Correlación significativa con un $P < 0,05$

Al aplicar el análisis anterior para el caso de la glándula de los ejemplares de la Reserva Marina de la Rinconada, se observan valores de correlación negativos pero significativos para la relación entre el porcentaje de hembras en estado maduro y los componentes bioquímicos glucosa, glicógeno, proteínas y por consiguiente con los valores de energía. Situación similar se observa entre los aportes porcentuales de hembras evacuadas y el contenido de glicógeno, así como también en el caso de las hembras en vitelogénesis inicial y los contenidos de glucosa y glicógeno. Finalmente se observan correlaciones positivas significativas para el caso de las hembras en vitelogénesis parcial y los componentes bioquímicos glucosa, glicógeno y energía. (Tabla 3).

Finalmente al evaluar la matriz de correlación para el caso del músculo del pie de los ejemplares colectados en La Reserva Marina de la Rinconada, se observaron correlaciones significativas y negativas

para la relación entre porcentaje de hembras maduras y los contenidos de glucosa y lípidos en este tejido. En tanto para el caso de la relación entre hembras evacuadas y los constituyentes bioquímicos analizados, se observa una relación significativa positiva con el contenido de proteínas y otra negativa pero significativa para el caso del contenido de lípidos en el músculo de este gastrópodo. En tanto al evaluar los resultados para el caso de las hembras en vitelogenesis parcial se observa una correlación significativa y positiva entre este estado y el contenido de lípidos. (Tabla 4).

Tabla 2: Matriz de correlación entre estados de desarrollo y componentes bioquímicos del músculo del pie de hembras en Caleta Punta Arenas.

Table 2: Correlation matrix between states for development and biochemical components of the foot muscle of females in Caleta Punta Arenas. * Correlación significativa con un $P < 0,05$

	Maduras	Evacuadas	V. Inicial	V. Parcial	Proteínas	Energía	Glucosa	Glicógeno	Lípidos
Maduras	1,0000	-0,0880	-0,2746*	-0,2364	0,2122	0,1429	0,1504	-0,2059	0,0729
Evacuadas	-0,0880	1,0000	-0,0898	-0,4586*	-0,0554	0,0033	-0,0410	0,0629	0,0275
V. Inicial	-0,2746*	-0,0898	1,0000	0,4130*	-0,2232	0,0551	0,1987	0,2795*	0,0777
V. Parcial	-0,2364	-0,4586*	0,4130*	1,0000	0,1372	0,2386*	0,3296*	0,3689*	0,0890
Proteínas	0,2122	-0,0554	-0,2232	0,1372	1,0000	0,3402*	-0,0317	-0,0079	-0,0413
Energía	0,1429	0,0033	0,0551	0,2386*	0,3402*	1,0000	0,4492*	0,1887	0,8939*
Glucosa	0,1504	-0,0410	0,1987	0,3296*	-0,0317	0,4492*	1,0000	0,2008	0,2947*
Glicógeno	-0,2059	0,0629	0,2795*	0,3689*	-0,0079	0,1887	0,2008	1,0000	0,0227
Lípidos	0,0729	0,0275	0,0777	0,0890	-0,0413	0,8939*	0,2947*	0,0227	1,0000

Tabla 3: Matriz de correlación entre estados de desarrollo y componentes bioquímicos de la glándula de hembras de la Reserva Marina de La Rinconada.

Table 3: Correlation matrix between states for development and biochemical components of the gland of females of La Rinconada Marine Reserve.

	Maduras	Evacuadas	V. Inicial	V. Parcial	Proteínas	Energía	Glucosa	Glicógeno	Lípidos
Maduras	1,0000	0,5528*	0,3280*	-0,7963*	-0,2733*	-0,3723*	-0,5390*	-0,3841*	-0,0597
Evacuadas	0,5528*	1,0000	0,1185	-0,8353*	0,0548	-0,0383	-0,0539	-0,2348*	-0,0318
V. Inicial	0,3280*	0,1185	1,0000	-0,4354*	-0,0079	-0,1471	-0,2980*	-0,2712*	-0,0081
V. Parcial	-0,7963*	-0,8353*	-0,4354*	1,0000	0,1932	0,3018*	0,4079*	0,3619*	0,0860
Proteínas	-0,2733*	0,0548	-0,0079	0,1932	1,0000	0,8819*	0,6933*	0,0340	0,5541*
Energía	-0,3723*	-0,0383	-0,1471	0,3018*	0,8819*	1,0000	0,8217*	0,2244*	0,7721*
Glucosa	-0,5390*	-0,0539	-0,2980*	0,4079*	0,6933*	0,8217*	1,0000	0,3035*	0,3514*
Glicógeno	-0,3841*	-0,2348*	-0,2712*	0,3619*	0,0340	0,2244*	0,3035*	1,0000	-0,0204
Lípidos	-0,0597	-0,0318	-0,0081	0,0860	0,5541*	0,7721*	0,3514*	-0,0204	1,0000

* Correlación significativa con un $P < 0,05$

Tabla 4: Matriz de correlación entre estados de desarrollo y componentes bioquímicos del músculo del pie de hembras de la Reserva Marina de La Rinconada.

Table 4: Correlation matrix between states for development and biochemical components of the female foot muscle of La Rinconada Marine Reserve. * Correlación significativa con un $P < 0,05$

	Maduras	Evacuadas	V. Inicial	V. Parcial	Proteínas	Energía	Glucosa	Glicógeno	Lípidos
Maduras	1,0000	0,5528*	0,3280*	-0,7963*	0,1534	-0,1544	-0,3269	0,0583	-0,2758*
Evacuadas	0,5528*	1,0000	0,1185	-0,8353*	0,2670*	-0,0472	0,0453	-0,1322	-0,2733*
V. Inicial	0,3280*	0,1185	1,0000	-0,4354*	0,0697	-0,0036	0,0192	0,2116	-0,1639*
V. Parcial	-0,7963*	-0,8353*	-0,4354*	1,0000	-0,1336	0,1718	0,2115	0,0616	0,2750*
Proteínas	0,1534	0,2670*	0,0697	-0,1336	1,0000	0,6005*	0,1668	0,0565	-0,0991
Energía	-0,1544	-0,0472	-0,0036	0,1718	0,6005*	1,0000	0,3966*	0,3745*	0,6415*
Glucosa	-0,3269*	0,0453	0,0192	0,2115	0,1668	0,3966*	1,0000	0,0752	0,0482
Glicógeno	0,0583	-0,1322	0,2116	0,0616	0,0565	0,3745*	0,0752	1,0000	0,0601
Lípidos	-0,2758*	-0,2733*	-0,1639	0,2750*	-0,0991	0,6415*	0,0482	0,0601	1,0000

Discusión

Los muestreos mensuales en Caleta Punta Arenas evidenciaron un alto porcentaje de hembras maduras en los meses de Agosto 2009, Octubre 2009 y Enero 2010, lo cual difiere con lo reportado por Avendaño *et al.*, (1998) el cual registró máximos valores de madurez en los meses de Julio y Octubre en dicho sector. En tanto en el caso de la Reserva Marina de La Rinconada, los resultados de la evaluación gonádica indicaron predominio de hembras maduras en los meses de Noviembre y Diciembre 2009, en contraposición de lo observado por Avendaño *et al.*, (1997) el cual en dicho sector observó altos porcentajes de hembras maduras en varios meses del año (Marzo, Junio, Julio, Octubre, Noviembre, Enero). Las diferencias observadas en los periodos reproductivos de este gastrópodo en las zonas de estudio han sido atribuidas a fluctuaciones en las condiciones oceanográficas, calidad y disponibilidad de la dieta y eventualmente características poblacionales de los organismos presentes en cada uno de los sitios estudiados (Andrade *et al.*, 1997).

Al analizar los aportes de los constituyentes analizado en este trabajo es clara la contribución mayoritaria de los lípidos en el complejo glándula - gónada, en donde alcanza valores medios de 216,76 mg/g tejido seco (21,6%) para el caso de la Caleta Punta Arenas y de 159,31 mg/g tejido seco (15,9%) para la Reserva Marina de La Rinconada, mientras que en el músculo del pie es notorio el mayoritario

aporte de las proteínas con valores de 164,96 mg/g tejido seco (16,4%) para el caso de la Caleta Punta Arenas y de 130,85 (13,1 %) para la Reserva Marina de La Rinconada.

Los altos contenidos de lípidos en el complejo glándula - gónada han sido reportados en diversos trabajos (Belisle y Stickle, 1978, Barber y Blake, 1981, Najmudeen, 2007), correspondiendo su variabilidad a efectos tanto ambientales como a aquellos inducidos por el estado de alimentación del organismo (Brazao *et al.*, 2003), mientras que el alto contenido de proteínas presente en el músculo del pie es una condición normal en este tipo de tejidos al ser el principal componente del músculo, lo cual ha sido reportado tanto para gastrópodos como para bivalvos, siendo eventualmente utilizado este constituyente en la formación de otras macromoléculas de importancia biológica. (Darriba *et al.*, 2005, Li *et al.*, 2006, Palpandi *et al.*, 2010), correspondiendo esto a un patrón característico en los prosobranquios (Carrasco *et al.*, 2006).

Los valores de glucosa en la glándula de los ejemplares de Caleta Punta Arenas reportaron aportes entre el 0,5 y 37 % del tejido analizado, estando asociados los máximos valores observados al mayor número de hembras maduras observadas durante octubre 2009. En tanto en el caso del pie en esta misma localidad se observan valores que fluctúan entre el 0,07 y 25,4%.

En el caso de las hembras de La Reserva Marina de la Rinconada, los valores observados fueron superiores a los registrados en Caleta Punta Arenas, con valores entre 0,2 y 93,87 % para el caso de la glándula y entre 0,1 y 21,6% en el caso del músculo del pie, estando asociados los máximos valores reportados en el caso del pie con hembras principalmente en vitelogénesis parcial. Los valores observados estarían en directa relación con los procesos metabólicos que estos ejemplares realizan, es así como se ha reportado que gran parte de los carbohidratos (glucosa-glicógeno) son transformados a lípidos durante el proceso gametogénico (Najmudeen, 2007).

La situación anterior estaría corroborada por una correlación significativa existente entre las hembras en estado de vitelogénesis inicial y los valores de glucosa y glicógeno observados en el caso del pie de las hembras de Caleta Punta Arenas (Tabla 2) y por la correlación significativa para las hembras en vitelogénesis parcial y los valores de glucosa y glicógeno en la glándula de las hembras colectadas en la Reserva Marina de la Rinconada (Tabla 3).

El glicógeno presentó un claro predominio en el músculo del pie en las localidades estudiadas, pero con un comportamiento diferente en ambas, es así como en Caleta Punta Arenas se observa una

reducción en los meses con mayor predominio de hembras maduras, en el caso de la Reserva Marina de La Rinconada tiende a incrementar sus valores hacia los meses de mayor actividad reproductiva.

Li et al., (2006) plantea que el contenido de glicógeno en el músculo tiende a decrecer durante la gametogénesis al participar en la biosíntesis de lípidos necesarios para la formación de gametos, lo cual es coincidente con los valores de correlación observados entre los estados de desarrollo de vitelogénesis inicial y vitelogénesis parcial para el caso del glicógeno en Caleta Punta Arenas (Tabla 2)

Si bien es posible observar incrementos en los valores de lípidos posteriores a las reducciones de glicógeno, el patrón no es muy claro; sin embargo, debe considerarse que la glándula no solo cumple la función de almacenamiento de nutrientes, sino también es una estructura encargada de metabolizar y distribuir los elementos necesarios para una serie de procesos fisiológicos del organismo (Darriba *et al.*, 2005), lo cual puede ser corroborado por los valores de correlación de esta variable con las hembras en estado de vitelogénesis parcial (Tabla 4)

Las proteínas tanto de la glándula como del músculo del pie en ambas localidades no presentaron un patrón claro en relación a los eventos reproductivos en las localidades en estudio. Para el caso de la Reserva Marina de la Rinconada se pudo observar una correlación negativa entre este componente y las hembras en estado maduro en el caso del complejo glándula-gónada (Tabla 3) y una relación positiva en el caso del músculo del pie en relación a las hembras evaluadas (Tabla 4). Se ha demostrado que las proteínas tendrían un rol en la formación del vitelo en algunos bivalvos y sería el segundo mayor componente de los ovocitos de los moluscos (Holland *et al.*, 1975, Darriba *et al.*, 2005, Li *et al.*, 2006).

Los valores de Energía para cada uno de los tejidos analizados en ambas localidades muestran la misma tendencia de los constituyentes analizados coincidiendo en cada localidad con a lo menos uno de los mayores aportes de hembras en estado de madurez avanzada. Sin embargo, varios autores han discutido respecto a la real importancia de la energía almacenada presente en los organismos de manera de satisfacer los requerimientos energéticos tanto para la producción de descendencia como para suplir sus demandas (Newell y Bayne, 1980, Racotta *et al.*, 1998), especialmente durante la agregación, periodo en el cual las hembras de este gastrópodo utilizan gran parte de la energía que han almacenado durante la alimentación previa a la copula y puesta. Brokordt *et al.*, 2003 plantea que durante la puesta se puede llegar a perder hasta el 80% de las proteínas del organismo (masa visceral), 10% de lípidos y 5 % de carbohidratos.

Los resultados de este trabajo ponen de manifiesto la alta importancia de los componentes analizados para el éxito de la reproducción de *Thais chocolata*, especialmente en lo referido a la importancia de la adecuada acumulación de energía para el desarrollo del proceso reproductivo, el cual no solo será determinado por la dinámica energética propia de los organismos, sino que además por los aportes exógenos a partir de la dieta y eventualmente de la variabilidad ambiental, la que sin duda tendrá efectos tanto directos como indirectos en el proceso reproductivo de este gastrópodo.

Referencias

- Abad, M., C. Ruiz, D. Martínez, G. Mosquera, y J. L. Sánchez. 1995. Seasonal-Variations of Lipid Classes and Fatty-Acids in Flat Oyster, *Ostrea-Edulis*, from San-Cibrán (Galicia, Spain). *Comparative Biochemistry and Physiology C* 110: 109-118.
- Andrade, C., J. González, J. Oliva, V. Baros, A. Olgún, C. León, M. Romero, M. Cortes, y C. Cortes. 1997. Estudio del ciclo vital del recurso locote (*Thais chocolata*), en las Regiones I a IV. *FIP* 94-34:90.
- Avendaño, M., M. Cantillán, H. Baeza, y M. Oliva. 1996. Estructura de talla de *Thais chocolata* (Duclos, 1832) (Gastropoda:Thaididae) en desembarques de la región de Antofagasta-Chile. *Estudios Oceanológicos* 15:11-15.
- Avendaño, M., M. Cantillán, A. Olivares, y M. Oliva. 1997. Conducta reproductiva de *Thais chocolata* (Duclos, 1832) (Gastropoda:Thaididae), en La Rinconada, Antofagasta-Chile: Causal de vulnerabilidad a la pesca. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 32:177-187.
- Avendaño, M., M. Cantillán, A. Olivares, y M. Oliva. 1998. Indicadores de agregación reproductiva de *Thais chocolata* (Duclos, 1832) (Gastropoda, Thaididae) en Caleta Punta Arenas (21°38'S-70°09'W). *Investigaciones Marinas, Valparaíso* 26:15-20.
- Barber, B. J., y N. B. Blake. 1981. Energy storage and utilization in relation to gametogenesis in *Argopecten irradians concentricus* (Say). *Journal Experimental Marine Biology Ecology* 52: 121–134.
- Belisle, B. W., y W. B. Stickle. 1978. Seasonal patterns in the biochemical constituents and body component indexes of the muricid gastropod, *Thais Haemastoma*. *Biological Bulletin* 155: 259-272.
- Bertness, M. D. 1977. Behavioral and ecological aspects of shore-level size gradients in *Thais lamellosa* and *Thais emarginata*. *Ecology* 58: 86-97.
- Bradford, M. M. 1976. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248-254.
- Brazao, S., S. Morais, D. Boaventura, P. Re, L. Narciso, y S. J. Hawkins. 2003. Spatial and temporal variation of the fatty acid composition of *Patella* spp. (Gastropoda : Prosobranchia) soft bodies and gonads. *Comparative Biochemistry and Physiology B* 136: 425-441.

Brokordt, K. B., M. Fernandez, y C. F. Gaymer. 2006. Domestication reduces the capacity to escape from predators. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 329: 11-19.

Brokordt, K. B., H. E. Guderley, M. Guay, C. F. Gaymer, y J. H. Himmelman. 2003. Sex differences in reproductive investment: maternal care reduces escape response capacity in the whelk *Buccinum undatum*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 291: 161-180.

Cantillán, M., M. Avendaño, M. Rojo, y A. Olivares. 2011. Parámetros reproductivos y poblacionales de *Thais chocolata* (Duclos, 1832) (Gastropoda, Thaididae), en la reserva marina La Rinconada, Antofagasta, Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research* 39: 499-511.

Carrasco, C. A., J. Navarro, y G. Leiva. 2006. Biochemical composition and tissue weight of *Chorus giganteus* (Gastropoda: Muricidae) exposed to different diets and temperatures during reproductive conditioning. *Interciencia* 31: 376-381.

Castilla, J. C. 1979. *Concholepas concholepas* (Mollusca, Gastropoda, Muricidae): Postura de cápsulas en el laboratorio y en la naturaleza. *Biología Pesquera, Chile* 12: 91-97.

Darriba, S., F. S. Juan, y A. Guerra. 2005. Energy storage and utilization in relation to the reproductive cycle in the razor clam *Ensis arcuatus* (Jeffreys, 1865). *ICES Journal of Marine Sciences* 62: 886-896.

Folch, J., M. Lees, y S. S. G.H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal Biological Chemistry* 226: 497-509.

Gnaiger, E. 1983. Calculations of energetic and biochemical equivalents for respiratory oxygen consumption. In: *Polarographic oxygen sensor* Gnaiger, E y Forstner, H. (Eds). 337-345.

Holland, D. L., R. Tantanawong, y P. J. Hannant. 1975. Biochemical composition and energy reserves in the larvae and adults of the four british periwinkles *Littorina littorea*, *L. littoralis*, *L. saxatilis* and *L. neritoides*. *Marine Biology* 33: 235-239.

Kemp, A., y A. Van Heijningen. 1954. A Colorimetric Micro-method for the Determination of Glycogen in Tissues. *Biochemical Journal* 56: 646-648.

Li, Q., W. Liu, K. Shirasu, W. Chen, y S. Jiang. 2006. Reproductive cycle and biochemical composition of the Zhe oyster *Crassostrea plicatula* Gmelin in an eastern coastal bay of China. *Aquaculture* 261: 752-759.

Mendel, B., A. Kemp, y D. K. Myers. 1954. A colorimetric micro-method for the determination of glucose. *Biochemical Journal* 56: 639-646.

Morais, S., D. Boaventura, L. Narciso, P. Ré, y S. J. Hawkins. 2003. Gonad development and fatty acid composition of *Patella depressa* Pennant (Gastropoda: Prosobranchia) populations with different patterns of spatial distribution, in exposed and sheltered sites. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 294: 61-80.

Najmudeen, T. M. 2007. Variation in biochemical composition during gonad maturation of the tropical abalone *Haliotis varia* Linnaeus 1758 (Vetigastropoda: Haliotidae). *Marine Biology Research* 3: 454-461.

Newell, R. I. E., y B. L. Bayne. 1980. Seasonal changes in the physiology, reproductive condition and carbohydrate content of the cockle *Cardium (=Cerastoderma) edule* (Bivalvia: Cardiidae). *Marine Biology* 56: 11-19.

Palpandi, C., S. Vairamani, y A. Shanmugam. 2010. Proximate composition and fatty acid profile of different tissues of the marine neogastropod *Cymbium melo* (Solander, 1786). *Indian Journal of Fisheries* 57: 35-39.

Pazos, A. J., G. Roman, C. P. Acosta, J. L. Sanchez, y M. Abad. 1997. Lipid classes and fatty acid composition in the female gonad of *Pecten maximus* in relation to reproductive cycle and environmental variables. *Comparative Biochemistry and Physiology B* 117: 393-402.

Pazos, A. J., C. Ruiz, O. GarciaMartin, M. Abad, y J. L. Sanchez. 1996. Seasonal variations of the lipid content and fatty acid composition of *Crassostrea gigas* cultured in El Grove, Galicia, NW Spain. *Comparative Biochemistry and Physiology B* 114: 171-179.

Racotta, I. S., J. L. Ramirez, S. Avila, y A. M. Ibarra. 1998. Biochemical composition of gonad and muscle in the catarina scallop, *Argopecten ventricosus*, after reproductive conditioning under two feeding systems. *Aquaculture* 163: 111-122.

Ramorino, L. 1975. Ciclo reproductivo de *Concholepas concholepas* en la zona de Valparaíso. *Rev. Biol. Mar.* 15: 149- 177.

Res.1730. 2007. Diario Oficial de la Republica de Chile 2007 Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Subsecretaria de Pesca.

Rojas, N., T. J., y V. Ishiyama. 1986. Ciclo de reproducción y escala de madurez gonadal en el "caracol" *Thais (Stramonita) chocolata* (Duclos, 1832). *Revista Científica Universidad Naacional Mayor San Marcos* 74:117-129.

Rosa, R., L. Nunes, y C. Sousa Reiz. 2002. Seasonal changes in the biochemicla composition of *Octopus vulgaris* Cuvier , 1797, from three areas of the portuguese coast. *Bulletin of Marine Science* 71:739-751.

Sedmak, J. J., y S. E. Grossberg. 1977. A rapid, sensitive, and versatile assay for protein using Coomassie brilliant blue G250. *Analytical Biochemistry* 79:544-552.

Sernapesca. 2006. Anuario estadístico de pesca.

http://www.sernapesca.cl/paginas/publicaciones/anuarios/anuarios_todos.php. Sernapesca.

SUBPESCA. 1995. Regulación del acceso a la pesquería del caracol locate. *Inf. Téc. Subsecretaría de Pesca, Chile*:16 pp.