



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

CICLO ANUAL DE LA CONDICIÓN NUTRICIONAL
EN LA ALMEJA GENEROSA, *Panopea globosa*, DE
BAHÍA MAGDALENA B. C. S. MÉXICO

TESIS

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
(Orientación biología marina)

Presenta

LAURA MARGARITA CRUZ GÓMEZ

La Paz, Baja California Sur, septiembre de 2012

ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 14:00 horas del día 12 del mes de septiembre del 2012, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

"Ciclo anual de la condición nutricional de la almeja generosa, *Panopea globosa*, de Bahía Magdalena B. C. S. México"


Presentada por el alumno:

Laura Margarita Cruz Gómez

Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN **BIOLOGÍA MARINA**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA


Dr. Salvador E. Lluch Cota
DIRECTOR DE TESIS


Dra. Maria Teresa Sicard González
CO-TUTOR


Dra. Elisa Serviere Zaragoza
CO-TUTOR


DRA. ELISA SERVIERE ZARAGOZA,
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

COMITÉ TUTORIAL

Dr. Salvador E. Lluch Cota

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste
DIRECTOR DE TESIS

Dra. María Teresa Sicard González

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste
CO- TUTOR

Dra. Elisa Serviere Zaragoza

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste
CO- TUTOR

COMITÉ REVISOR

Dr. Salvador E. Lluch Cota

Dra. María Teresa Sicard González

Dra. Elisa Serviere Zaragoza

JURADO DE EXAMEN DE GRADO

Dr. Salvador E. Lluch Cota

Dra. María Teresa Sicard González

Dra. Elisa Serviere Zaragoza

Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota - Suplente

Resumen

La almeja generosa, *Panopea globosa*, es una especie de gran interés pesquero por su alto valor comercial, sin embargo, presenta características biológicas (bajas tasas de reclutamiento, lento crecimiento, y limitada distribución) que representan un reto importante para la correcta administración de su pesquería. Se propone que la información sobre la condición nutricional en esta almeja, puede aportar una referencia más para establecer temporada de veda y sería también información base para el manejo de esta especie en cautiverio. Además, el análisis de las variaciones anuales de dicha condición puede resultar de interés como apoyo al diseño de medidas de manejo de los recursos. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es analizar la condición nutricional de la almeja generosa, *Panopea globosa*, de Bahía Magdalena B. C. S. México, durante un ciclo anual. Para ello, se muestreó la población de Bahía Magdalena B. C. S. México, de noviembre de 2006 a octubre de 2007. Se calcularon índices morfológicos (índice de condición, IC; índice de la glándula digestiva, IGD y rendimiento, R) y se determinó la composición bioquímica de carbohidratos, lípidos y proteínas en manto, sifón, músculo abductor, glándula digestiva y gónada. De manera general, estos parámetros demostraron ser buenos indicadores de la condición nutricional de la almeja generosa, siendo menor durante el periodo de gametogénesis y en la temporada con menor disponibilidad de alimento. Particularmente, el IGD demostró ser un buen indicador de la temporada en que se alimentan las almejas y el R indicó que la mejor temporada para ser capturada es agosto-noviembre. En cuanto a la composición bioquímica por tejido, se encontró que el manto y el sifón son los componentes corporales que aportan mayor energía (glucógeno) en el proceso de gametogénesis, que el sifón transfiere lípidos directamente a la gónada. Así mismo, que tanto el sifón como el manto aportan energía a la glándula digestiva. Por último, se identificó que el manto aporta proteínas a la gónada. Los factores que determinan la condición nutricional directamente son el ciclo reproductivo y la disponibilidad de alimento, e indirectamente es la temperatura.

Palabras clave: *Panopea globosa*, índice de condición, composición bioquímica, Bahía Magdalena

Abstract

The geoduck clam, *Panopea globosa*, is a species of great economic value; however, its biological properties such as low growth rate, low recruitment rate, and limited geographical distribution, makes its management very challenging. It is suggested here that information on the nutritional value of this clam may be relevant in the design of the fishing season, and for the manipulation of the species in laboratory. Also, the analyses of the annual variations of such nutritional condition might prove useful for the design of management strategies. The main goal of this study is the analysis of the annual cycle of the nutritional condition of the geoduck clam, *Panopea globosa*, from Bahía Magdalena B. C. S. Mexico. This population was sampled monthly from November 2006 to October 2007. Morphological indices were computed, including condition index (IC), digestive gland index (IGD), and production yield (R). Biochemical composition (carbohydrates, lipids and proteins) from the body components (mantle, trap, abductor muscle, digestive gland, and gonad). In general, these measurements are good proxies of the nutritional condition of this clam, showing poorer condition during the formation of gametes, and the season with lowest food availability. In particular the IGD was revealed as a good indicator of the energy storage season and R showed that the best time of the year for harvesting is August-November. Regarding the biochemical composition by tissue, the mantle and the trap are the components providing more energy (glycogen) during the formation of gametes. The trap and the mantle provide energy to the digestive gland. The mantle provides proteins to the gonads. The factors influencing the nutritional condition are the reproduction and food availability, and indirectly the temperature.

Keywords: *Panopea globosa*, condition index, biochemical composition, Bahía Magdalena.

Dedicatoria

A Sergio Scarry

y a mis hijos, Angel Scarry y Luis Sergio.

Agradecimientos

Al CIBNOR, particularmente a la Dirección de Estudios de Posgrado por las facilidades y el apoyo otorgado durante mi permanencia como estudiante en esta institución. Al CONACyT por la beca otorgada con número de registro 33751/236228.

Al Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota, por el apoyo a través del proyecto SEP-CONACYT Extinción local, adaptación o compensación en organismos de vida larga ante el calentamiento global; *Panopea abrupta* en el Pacífico Nororiental (FASE 2) para la obtención de muestras y el análisis de las mismas.

A mi comité tutorial por su tiempo y paciencia. Agradezco al Dr. Salvador Lluch-Cota por haberme dado la oportunidad de integrarme a su equipo de trabajo, a la Dra. Ma Teresa Sicard por su valiosa amistad y orientación siempre muy acertada y a la Dra. Elisa Serviere por su asesoría y profesionalismo. Me considero afortunada por la oportunidad de haber trabajado con ustedes y por todo lo que les he aprendido.

Durante la realización de este trabajo fue muy importante la participación de los técnicos: Jesús Bautista Romero, Carlos Pacheco Ayub, Sergio Scarry González Peláez, Horacio Bervera León y Jorge Angulo Calvillo para la recolecta de muestras. Agradezco también a la técnico Rosa Linda Salgado García y a la estudiante Jessica Esmeralda Suárez por su apoyo en el procesamiento de muestras. Al técnico Roberto Hernández Herrera por su participación en el análisis de las muestras.

Agradezco también a Julieta Elorriaga Verplancken por su amistad, apoyo y profesionalismo para cuidar a mis hijos.

Finalmente agradezco a mis padres por lo que cultivaron en mí durante tantos años, por su amor, su dirección y buenos ejemplos. A mis hermanos por estar siempre presentes. Así mismo, a mi esposo Sergio Scarry por todo su apoyo, su cariño, por lo que hemos vivido y aprendido juntos. Éste también es un logro suyo.

Contenido

Resumen.....	i
Abstract.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Contenido.....	v
Lista de figuras.....	vii
Lista de tablas.....	viii
Introducción	1
Antecedentes	3
Justificación	8
Objetivos	9
Objetivo general.....	9
Objetivos particulares	9
Hipótesis.....	10
Materiales y métodos	11
Área de recolecta	11
Estimación de variables ambientales.....	12
Temperatura	12
Disponibilidad de alimento	13
Recolecta de organismos	13
Biometrías y disección de los organismos	13
Obtención de las muestras de tejido de los diferentes componentes corporales	14
Obtención del peso de tejido seco.....	15
Selección de muestras para el análisis bioquímico.....	15
Índices morfológicos	15
Análisis bioquímico	16
Preparación de los tejidos para el análisis bioquímico	16
Determinación de Proteínas por BCA (Ácido Bicinconínico).....	17
Determinación de Lípidos Totales.....	18
Determinación de Carbohidratos y Glucógeno.....	18
Contenido total de carbohidratos, proteínas y lípidos en cada componente corporal de la almeja <i>Panopea globosa</i>	20
Porcentaje de humedad.....	21

Análisis Estadísticos.....	21
Resultados.....	22
Variación mensual de la temperatura y disponibilidad de alimento en Bahía Magdalena B. C. S. México durante un ciclo anual	22
Índices morfológicos en la almeja <i>Panopea globosa</i> durante un ciclo anual	23
Composición bioquímica del manto, sifón, músculo abductor y glándula digestiva de la almeja <i>Panopea globosa</i> en comparación con la de otros organismos bivalvos.....	25
Composición del manto, sifón, músculo abductor, glándula digestiva y gónada de la almeja <i>Panopea globosa</i>	27
Transferencia de nutrientes entre diferentes componentes corporales.....	28
Variación mensual de la composición de carbohidratos, glucógeno, proteínas y lípidos en diferentes componentes corporales de la almeja <i>Panopea globosa</i>	28
Discusión	32
Composición bioquímica de la almeja <i>Panopea globosa</i>	32
Variación de la condición nutricional de la almeja <i>Panopea globosa</i>	33
Estrategias para la utilización y almacenamiento de energía en la almeja <i>Panopea globosa</i> para sustentar el evento reproductivo	35
Variación en el valor nutritivo de la almeja <i>Panopea globosa</i>	37
Integración general e implicaciones para el manejo	38
Conclusiones	40
Literatura citada	41
Anexos.....	50

Lista de figuras

Figura		Página
1	Porcentaje de organismos en diferentes estadios reproductivos de la almeja <i>Panopea globosa</i> de Bahía Magdalena B. C. S. México, a lo largo de un año de estudio	4
2	Localización geográfica de la laguna de Bahía Magdalena B. C. S. México	12
3	Almeja <i>Panopea globosa</i> . Corte transversal a lo largo del manto y sifón para visualizar órganos internos	14
4	Variación mensual de la temperatura y clorofila <i>a</i> en Bahía Magdalena B. C. S. México	22
5	Variación mensual del índice de condición en <i>Panopea globosa</i>	23
6	Variación mensual del índice de la glándula digestiva en <i>Panopea globosa</i>	24
7	Variación mensual del rendimiento en <i>Panopea globosa</i>	25
8	Variación mensual de la composición bioquímica en diferentes tejidos de la almeja generosa, <i>Panopea globosa</i>	31

Lista de tablas

Tabla		Página
I	Temperatura <i>in situ</i> y concentración de clorofila <i>a</i> en Bahía Magdalena B. C. S., México.....	23
II	Composición bioquímica de distintos componentes corporales en la almeja <i>Panopea globosa</i> y su comparación con otros bivalvos	26
III	Peso en gramos, porcentaje de humedad, composición bioquímica en gramos y porcentaje de otros componentes no identificados, en diferentes componentes corporales de la almeja <i>Panopea globosa</i>	27
IV	Porcentaje de glucógeno que corresponden a los carbohidratos en diferentes componentes corporales de la almeja <i>Panopea globosa</i>	28
V	Biometrías de la almeja generosa, <i>Panopea globosa</i>	50
VI	Matriz de coeficientes de correlación (n = 161) del contenido bioquímico de carbohidratos (CHO), proteínas (P), lípidos (L) y glucógeno (GCG) en gónada, sifón, manto, músculo abductor y glándula digestiva de la almeja generosa, <i>Panopea globosa</i>	51
VII	Matriz de coeficientes de correlación para el promedio mensual (n = 11) del contenido bioquímico de carbohidratos (CHO), proteínas (P), lípidos (L) y glucógeno (GCG) en gónada, sifón, manto, músculo abductor y glándula digestiva de la almeja generosa, <i>Panopea globosa</i>	52
VIII	Variación mensual en la composición de carbohidratos, glucógeno, proteínas y lípidos (mg/g) en glándula digestiva, gónada, manto, músculo abductor y sifón de la almeja generosa, <i>Panopea globosa</i>	53

Introducción

El estudio de poblaciones sujetas al aprovechamiento comercial está frecuentemente dirigido a apoyar el manejo y la administración del recurso. Con esta intención se evalúan atributos poblacionales que se relacionan con la abundancia (Baqueiro-Cardenas *et al.* 1993), así como aquellos que se asocian con la capacidad de los organismos para almacenar reservas energéticas (condición nutricional; Gabbott 1983; Bayne y Newell 1983). La condición puede definirse como la cantidad de reservas de energía disponibles en un organismo, y el análisis de moléculas que funcionan como reservas de energía es una herramienta muy poderosa para evaluarla (Fathallah *et al.* 2010). Las moléculas energéticas son recibidas a través del alimento y movilizadas para su utilización en movimiento, crecimiento y/o reproducción o bien para su almacenamiento. Las moléculas orgánicas que nos sirven para tener una visión general de cómo se almacena o utiliza la energía en un organismo son los carbohidratos, los lípidos y las proteínas.

Para el análisis de la condición nutricional en los moluscos bivalvos y su relación con el metabolismo se han establecido metodologías que integran índices fisiológicos y parámetros bioquímicos (e.g. depósitos de carbohidratos, lípidos y proteínas). El índice fisiológico que se ha empleado con mayor frecuencia en este grupo se basa en la relación alométrica del peso del tejido seco y el peso de la concha (Walne y Mann 1975; Okumus y Stirling 1998; Aníbal *et al.* 2011) y se denomina comúnmente índice de condición (IC). Por su parte, la composición bioquímica y sus variaciones en los depósitos de reservas energéticas, como son lípidos, glucógeno y proteínas en diferentes componentes corporales, han permitido identificar cómo se lleva a cabo la distribución y transferencia de energía en el organismo (Ruiz *et al.* 1992; Racotta *et al.* 1998; Arellano-Martínez *et al.* 2004; Fernandez-Reiriz *et al.* 2007; Kang *et al.* 2007; Joaquim *et al.* 2008; Liu *et al.* 2008; Zarnoch y Schreibman 2008; Serdar y Lok 2009; Yan *et al.* 2010; Suja y Muthiah 2010; Li *et al.* 2011). Además, el análisis de composición bioquímica de tejidos ha permitido identificar en diversos organismos bivalvos los ciclos de requerimientos energéticos durante la gametogénesis y su relación con las variaciones en la disponibilidad de alimento, temperatura del hábitat, etc. (Newell y Bayne 1980; Ruiz *et al.* 1992; Okumus y Stirling 1998; Arellano-Martínez *et al.* 2004;

Fernández-Reiriz *et al.* 2007; Serdar y Lok 2009; Yan *et al.* 2010; Serdar *et al.* 2010; Li *et al.* 2011), así como la temporalidad de calidad nutritiva del recurso para el consumo humano (Orban *et al.* 2006; Aníbal *et al.* 2011).

Con base en lo anterior, se hace evidente que la generación de la información sobre la condición nutricional puede tener importantes implicaciones en el ajuste de planes de manejo de las poblacionales, por ejemplo, en el establecimiento de la temporada de veda (Searcy-Bernal 1984; Castillo-Durán *et al.* 2010; Aníbal *et al.* 2011) y de los procesos destinados a la producción en cautiverio (Gabbott y Walker 1971; Okumus y Stirling 1998; Racotta *et al.* 1998; Fernández-Reiriz *et al.* 2007).

Las almejas del género *Panopea*, comúnmente conocidas en México como almeja generosa, son comercialmente importantes debido a que es un recurso de alta demanda comercial, principalmente en el mercado asiático. El comercio se centra en dos especies, *Panopea generosa*, que se distribuye desde Alaska hasta Isla Cedros en Baja California y *Panopea globosa*, distribuida desde el interior del Golfo de California hasta Bahía Magdalena, en la costa Pacífico de la península de Baja California Sur (González-Peláez *et al.* en prensa). La explotación de estas almejas inició en el año 2002 en Baja California, y a medida que se han ido descubriendo nuevos bancos la pesquería se ha extendido hacia los estados de Sonora y Baja California Sur (Botello *et al.* 2010). En 2006 se registró en la Carta Nacional Pesquera (DOF 15.03.2004). A la fecha se han realizado estudios de prospección y evaluación de poblaciones en algunos de los bancos identificados, pero falta una gran cantidad de información biológica básica como apoyo al manejo, particularmente por tratarse de un recurso particularmente vulnerable debido a sus bajas tasas de reclutamiento, lento crecimiento y limitada distribución (Botello *et al.* 2010).

En el caso de la población de *Panopea globosa* de Bahía Magdalena, en Baja California Sur, se ha logrado caracterizar variaciones mensuales en peso de organismos capturados, pero se requiere aún entender qué factores son los que afectan las fluctuaciones en las reservas energéticas de los organismos de la población.

Antecedentes

Las almejas del género *Panopea*, son de los bivalvos de mayor talla y longevidad (i. e. *P. abrupta* 146 años, Bureau *et al.* 2002). Habitan en sustratos limoso-arenoso y conchalina, enterradas a profundidades que van de la zona intermareal (Goodwin y Pease 1987) hasta profundidades de 110 m (Straus *et al.* 2008). Presentan un sifón mucho más desarrollado que el pie musculoso o los músculos abductores. El pie musculoso sólo lo utilizan en el primer periodo de vida para enterrarse en el sustrato donde permanecen enterradas la mayor parte de su vida utilizando el sifón. Éste es el componente corporal de mayor tamaño y se encuentra fusionado al manto en el interior de las conchas (Goodwin y Pease 1989). Tiene la función de la captura de alimento, expulsión de desechos y gametos (Goodwin 1976). El resto de los órganos como las branquias, palpos labiales, riñón y la masa visceral (gónada, hepatopáncreas e intestino), se observan al retirar el manto (Arámbula-Pujol 2006).

La almeja generosa es un organismo dioico y los machos maduran un año antes que las hembras (Arámbula-Pujol *et al.* 2006). En condiciones ideales de alimento y temperatura (12 – 14°C) su crecimiento es rápido y pueden alcanzar su madurez sexual a los tres años de vida (Goodwin 1976). Marshall *et al.* (2012) proponen que la temperatura tiene un efecto directo sobre el desarrollo gonadal. Su alimentación se basa casi exclusivamente en diatomeas, dinoflagelados y material orgánico particulado y disuelto (Goodwin y Pease 1989). Bradbury *et al.* (2000), señalan que el número de almejas y su distribución está influenciado por factores como el tipo de sustrato, la disponibilidad de alimento, la turbidez y las corrientes.

Por otra parte, las almejas del género *Panopea* son de gran interés comercial a nivel mundial, en British Columbia, Canadá y en Puget Sound, Washington, EUA habita *P. generosa*, en Nueva Zelanda se localiza *P. zelandica*, en Argentina habita *P. abbreviata*, en Japón habita *P. japónica* y en México habitan dos especies, *P. generosa* y *P. globosa*. Este recurso ha adquirido un alto valor comercial en el mercado, especialmente el asiático, donde se puede vender entre 10 a 13 dólares por kilo. El color de su carne es blanco, su sabor es parecido al de la almeja blanca y su consistencia muy similar al

caracol de mar. El precio está relacionado con la calidad, cuanto más largo es el sifón y más blanca la carne mayor es el valor comercial, y tiene un aprovechamiento del 70 al 90 % del organismo. *P. globosa* fue reportada por Keen (1971) en la Bahía de San Felipe y la Isla San Marcos a 60 m de la playa. Debido a que no se encontraron ejemplares vivos, su determinación se basó en conchas vacías que fueron recolectadas por una embarcación pesquera (Hendrickx *et al.* 2007). Sin embargo, la pesca comercial inició en el 2004 con la especie de *P. generosa* en la costa del Pacífico de la península de Baja California y con *P. globosa*, en las costas del Golfo de California (según reportes de la Carta Nacional Pesquera DOF 15.03.2004).

Recientemente se re-definieron los límites de distribución de *P. globosa*, siendo la costa occidental de Baja California Sur, específicamente el complejo Lagunar Bahía Magdalena su límite más templado (González-Peláez, en prensa). En esta zona, se ha determinado que el inicio del ciclo reproductivo es en noviembre, con picos de maduración en enero-febrero y el periodo de desove en marzo-abril y presentan cinco estadios reproductivos que son: previtelogénesis, vitelogénesis, postvitelogénesis, desove y postdesove (Figura 1; González-Peláez en preparación), coincidentemente a lo reportado en *P. globosa* en el Golfo de California (Arambula-Pujol 2006), y en otras especies del mismo género como *P. generosa* en Puget Sound, Washington (Goodwin y Pease 1989) y en *P. zelandica* en Nueva Zelanda (Gribben *et al.* 2004).

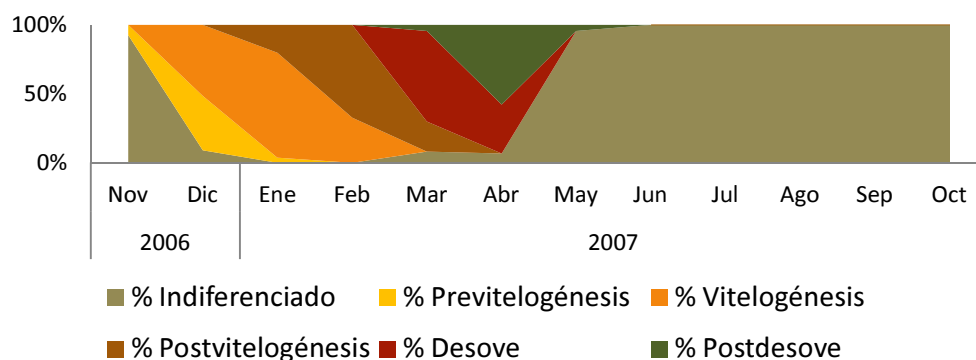


Figura 1. Porcentaje de organismos en diferentes estadios reproductivos de la almeja *Panopea globosa* de Bahía Magdalena B. C. S. México, a lo largo de un año de estudio. La información se obtuvo de González-Peláez (en proceso). n = ± 30 organismos mensuales.

Entre poblaciones de almeja generosa en México, se han observado diferencias en el tamaño entre especies y entre organismos de la misma especie. Por ejemplo, *P. generosa* que habita en la costa Pacífico de Baja California en la Bahía de San Quintín e Islas Coronado, alcanza una longitud de la concha de 134 mm y peso vivo de 76 g incluyendo la concha (Calderon-Aguilera *et al.* 2010). La *P. globosa* que habita dentro del Golfo de California en la Bahía de Guaymas-Empalme, alcanza una longitud de la concha de 148 mm y peso vivo de 81 g con concha (Aragón-Noriega *et al.* 2007). La *P. globosa* que habita en el complejo Lagunar Bahía Magdalena, alcanza una longitud de la concha de 158 mm y peso vivo de 151 g con concha (González-Peláez en proceso). Cortez-Lucero *et al.* (2011), mencionan que estas diferencias se deben al efecto de factores externos, como temperatura y alimento, que determinan sus tallas máximas.

La condición nutricional ha sido utilizada como una herramienta para asociar diferentes efectos sobre los organismos y entender las estrategias que éstos siguen bajo ciertos cambios. La mayoría de los estudios han sido enfocados a describir los cambios bioquímicos en relación a los eventos reproductivos (Thompson 1977; Newell y Bayne 1980; Bayne *et al.* 1982; Searcy-Bernal 1984; Ruiz *et al.* 1992; Galvao *et al.* 2000; Acosta-Galindo 2004; Arellano-Martínez *et al.* 2004; Ojea *et al.* 2005; Vite-García y Saucedo 2007; Mladineo *et al.* 2007; Liu *et al.* 2008; Joaquim *et al.* 2008; Yan *et al.* 2010; Hongwei *et al.* 2010; Suja y Muthiah 2010; Serdar *et al.* 2010; Li *et al.* 2011), por mencionar algunos. En estos estudios se describe no sólo cómo se da el uso de la energía a lo largo del ciclo gonádico, si no también se hace referencia sobre las transferencias que suceden entre los distintos tejidos por los eventos reproductivos o por efecto de los factores ambientales. Lo anterior ha permitido asociar la relevancia de alguna reserva a un evento reproductivo dado.

Por otra parte existen trabajos que han usado la condición para dar seguimiento a evaluación de cultivos o criaderos, o para determinar la estación del año en que una población de almeja presenta mejor rendimiento (Gabbott y Walker 1971; Ruiz-Verdugo *et al.* 2001; Aníbal *et al.* 2011), o bien evaluar el efecto de la dieta bajo condiciones controladas (Racotta *et al.* 1998; Zarnoch y Schreiber 2008; Hernández-López 2012) y observar también el efecto de los cambios estacionales de poblaciones naturales (Ruiz *et al.* 1969; Taylor y Venn 1979; Nascimento y Pereira 1980; Okumus y

Stirling 1998; Prieto *et al.* 1999; Villalejo-Fuerte *et al.* 2005). El valor nutricional y su efecto sobre la calidad del producto ha sido poco estudiado (Orban *et al.* 2006, Aníbal *et al.* 2011).

Típicamente el uso de reservas metabólicas comienza con la combustión de los carbohidratos. En bivalvos, el glucógeno se acumula en grandes cantidades durante la temporada de crecimiento y es utilizado para gametogénesis (Beukema 1997). Los lípidos, especialmente los neutros, representan una importante reserva de energía gracias a su alto valor calórico, y se utilizan en mayor medida en condiciones de estrés crónico (Gabbott 1976). Por su parte las proteínas, son el componente bioquímico más abundante en tejidos y es sujeto a mayor transformación metabólica, aun cuando estos componentes no son sujetos al proceso de acumulación como los lípidos y carbohidratos, pueden ser una alternativa de reserva de energía durante la gametogénesis o bajo estrés prolongado. La especificidad de cada sustrato y la sincronización de su consumo se relacionan a la gametogénesis y varía entre especies y poblaciones.

Por otro lado los organismos siguen diferentes estrategias en cuanto al uso de la energía durante los eventos reproductivos. Se llaman especies oportunistas a aquellas que utilizan la energía recién ingerida del seston para actividades reproductivas, como es el caso de *Tellina tenuis* y la almeja *Abra alba* (Bayne 1976), mientras que las especies conservadoras almacenan reservas de energía en varios órganos antes del periodo gametogénico, como ocurre en la almeja reina, *Chamys opercularis* (Taylor y Venn 1979). Entre estos dos tipos extremos existe un gradiente de estrategias de metabolismo combinado, como es el caso de *Placopecten magellanicus*, que utiliza energía de reserva almacenada como de los alimentos recién ingeridos (Thompson 1977).

Para la población de la almeja generosa (*P. globosa*) del Golfo de California, han sido descritos los eventos reproductivos (Arambula-Pujol 2006; Aragón-Noriega *et al.* 2007) y estos han sido asociados a variables como la temperatura y el alimento (Calderón-Aguilera *et al.* 2010). Así mismo el ciclo gametogénico de la población de *P. globosa* del Pacífico (ubicada en Bahía Magdalena), ha sido establecido (González-Peláez, sin publicar). Sin embargo, los cambios relacionados en cuanto al uso y transferencia de energía entre los diferentes tejidos aun no se han descrito.

En el presente trabajo se determinaron los cambios de contenido energético de las principales reservas (carbohidratos, lípidos y proteínas) en los tejidos (manto, sifón, músculo abductor, glándula digestiva y gónada) de organismos de la almeja generosa, *Panopea globosa*, de la población del Pacífico (Bahía Magdalena). Estos cambios se relacionaron con un estudio paralelo del ciclo gonádico, con los cambios térmicos y la cantidad de alimento.

Justificación

La almeja generosa, *Panopea globosa*, que habita en el Pacífico mexicano, es un recurso que ha tomado importancia en los últimos años. Existen pocos estudios sobre estas poblaciones y resulta de interés identificar los factores que afectan su condición nutricional, para proponer los periodos de cosecha o veda del recurso y para contar con información base que pudiera ser de utilidad en el establecimiento de una futura producción acuícola. Finalmente, debido a que no existen trabajos sobre la condición nutricional de la almeja generosa, este trabajo ayudará a incluir indicadores biológicos que incorporen nuevos puntos de referencia en el análisis de alternativas para su manejo.

Objetivos

Objetivo general

Establecer los cambios en la condición nutricional en la almeja generosa, *Panopea globosa*, de Bahía Magdalena B. C. S. México durante un ciclo anual.

Objetivos particulares

- 1.- Estimar la composición bioquímica de diferentes tejidos corporales de *Panopea globosa*.
- 2.- Describir la variación anual de la condición nutricional de *Panopea globosa* y los factores que la afectan.
- 3.- Describir la estrategia de *Panopea globosa* en el almacenamiento y utilización de energía durante los eventos gametogénicos. Revisión

Hipótesis

Se espera que la condición nutricional de la almeja generosa, *Panopea globosa*, estimada a través de índices fisiológicos y composición de carbohidratos, proteínas y lípidos en sus diferentes componentes corporales, sea menor durante el periodo de reproducción (gametogénesis y desove), debido al alto gasto energético, y mayor durante la temporada con mayor disponibilidad de alimento.

Materiales y métodos

Área de recolecta

La población de estudio, *Panopea globosa*, se localiza en Bahía Magdalena B. C. S. México. Ésta bahía se localiza en la costa occidental de la Península de Baja California entre los 24° 15' y los 24° 20' de latitud norte y los 111° 30' y 112° 15' de longitud oeste (Figura 2). Comprende un total de 114,600 hectáreas y se encuentra protegida por una serie de islas y barras de arena paralelas a la costa (Alvarez-Borrego *et al.* 1975). Pertenece a un sistema lagunar dividido en tres áreas perfectamente diferenciadas: I. Zona noroeste (zona de canales), con una morfología irregular compuesta por una gran cantidad de esteros, lagunas y canales con profundidad promedio de tres metros. II. Zona central (Bahía Magdalena), comunicada con mar abierto por una boca más o menos pronunciada y un canal con profundidades de cerca de cuarenta metros. III. Zona sureste (Bahía Almejas), comunicada con mar abierto por una boca un tanto somera, y con la zona anterior, por un canal de dos a tres kilómetros de ancho, con profundidades que alcanzan los treinta metros (Cruz-Argüero *et al.* 1994). La mayor parte de los fondos del área de Bahía Magdalena-Almejas están constituidos por sedimentos arenosos y limosos (Chávez y Schmitter 1991). Los estudios hidrológicos en ésta Bahía, han mostrado que la temperatura superficial presenta un pronunciado cambio estacional (Lluch-Belda *et al.* 2000). De manera particular en esta zona, las altas temperaturas están asociadas a la influencia anual de la zona subtropical durante los meses en que se desarrolla más intensamente la contracorriente costera, mientras que las temperaturas fría pueden asociarse alternativamente a la advección de la Corriente de California o las intensas surgencias (Parrish *et al.* 1981). Así mismo, La dinámica fitoplanctónica también presenta dos temporadas a través del año que se relacionan con las variaciones anuales de temperatura, eventos de surgencia y corrientes de marea (Martínez-López 1993). El complejo lagunar es muy productivo, con altas densidades de microfitoplancton prevaleciendo durante la mayor parte del ciclo anual (Gárate-Lizárraga y Siqueiros-Beltrones 1998).

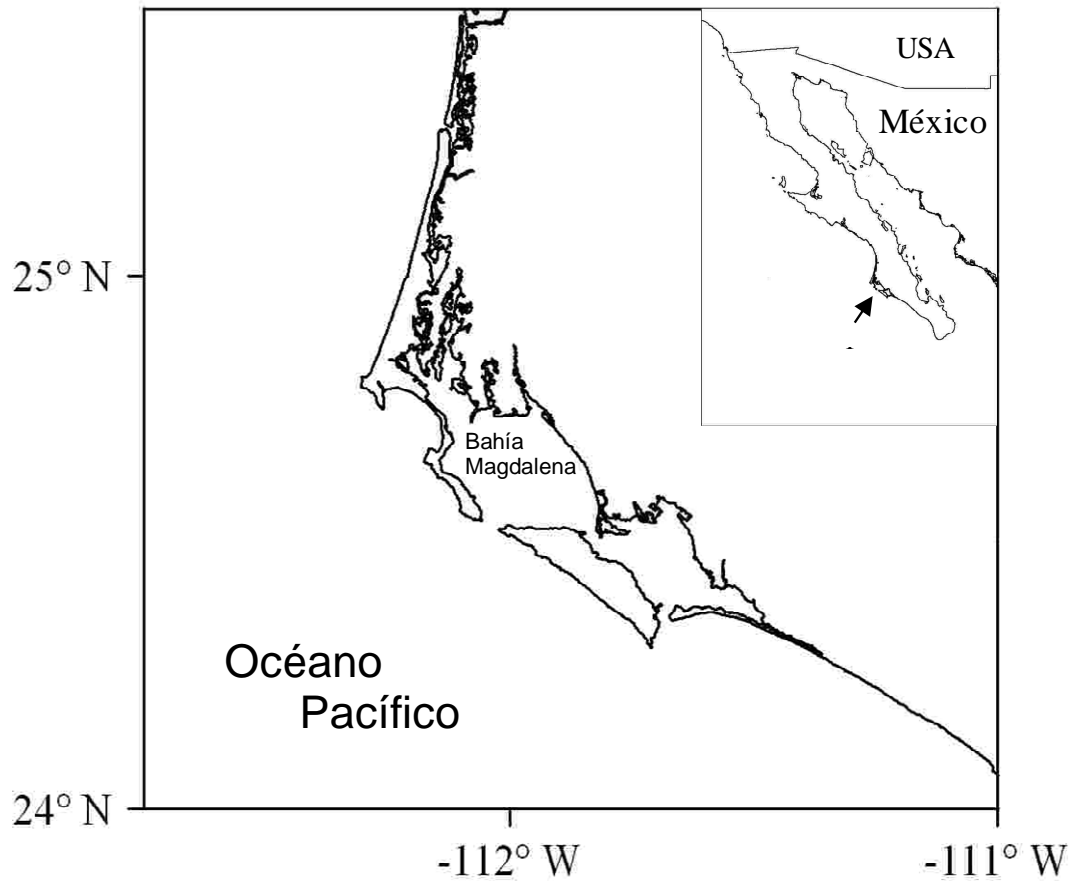


Figura 2. Localización geográfica de la laguna de Bahía Magdalena B. C. S. México.

Estimación de variables ambientales

Temperatura

El registro de la temperatura se realizó *in situ* durante un año por medio de termógrafos sumergibles marca ONSET modelo HOBO en tres puntos dentro de la laguna (norte, medio y sur) (Sicard *et al.* 2012). Los sensores fueron programados para registrar la temperatura cada 30 minutos a fin de conocer las variaciones de alta frecuencia y caracterizar los cambios térmicos a las que está sometida la población de *Panopea globosa* (Sicard *et al.* 2006).

Disponibilidad de alimento

La concentración de clorofila *a* se determinó a partir de datos satelitales del SeaWiFS level-3 (<http://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/SeaWiFS/>) como una aproximación de la disponibilidad de fitoplancton utilizable (medido en miligramos por metro cubico) como alimento para las almejas. Para ello se consideró un cuadrante de 9 Km² ubicado en N 24.605333° y W-111.995°.

Recolecta de organismos

Un total de 350 almejas de la especie *Panopea globosa* fueron recolectadas entre noviembre del 2006 y octubre del 2007 (aprox. 30 organismos mensuales), con la finalidad de realizar diversos estudios en esta población. Para realizar la recolecta se empleó equipo de buceo tipo Hooka, asistido por una motobomba que impulsa agua desde la superficie a través de una manguera a fin de generar un chorro que permite remover el sustrato donde se hayan enterradas las almejas. Una vez extraídos los organismos se colocaron en bolsas de recolecta y se llevaron a superficie en una embarcación donde se colocaron en una hielera con agua de mar. Posteriormente se transportaron en una hielera con hielo para la toma de biometrías y disección de los organismos.

Biometrías y disección de los organismos

Cada organismo se pesó vivo mediante una balanza electrónica (± 1 g) y posteriormente, se realizó un corte a lo largo del manto y sifón para drenar el agua y obtener el peso total. Enseguida, se separó la concha del tejido para obtener el peso del tejido húmedo y el de la concha. Por último, se separó la masa visceral y el sifón para obtener los respectivos pesos (Figura 3). Posteriormente, se trasladaron las muestras de tejido al laboratorio de Ecofisiología de Organismos Acuáticos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) para su conservación en un ultracongelador (Ultra-Low) a una temperatura de -80°C.

Obtención de las muestras de tejido de los diferentes componentes corporales

En el laboratorio se realizaron las disecciones de los organismos y se obtuvieron los pesos (± 1 g) del manto, músculo abductor y los dos componentes corporales asociados a la masa visceral (glándula digestiva y gónada). A continuación, se obtuvieron muestras de ± 0.15 g de cada tejido y se colocaron en tubos eppendorf de 1.5 mL previamente etiquetados y pesados. Posteriormente, los tejidos fueron liofilizados en una liofilizadora (VirTis Lyo-Center) en sesiones de seis horas hasta extraer toda la humedad. Los tejidos de glándula digestiva requirieron dos sesiones de liofilización, y el resto de los tejidos una sola sesión. Finalmente, se conservaron las muestras en un ultracongelador (Ultra-Low) a una temperatura de -80°C , para su posterior análisis bioquímico.

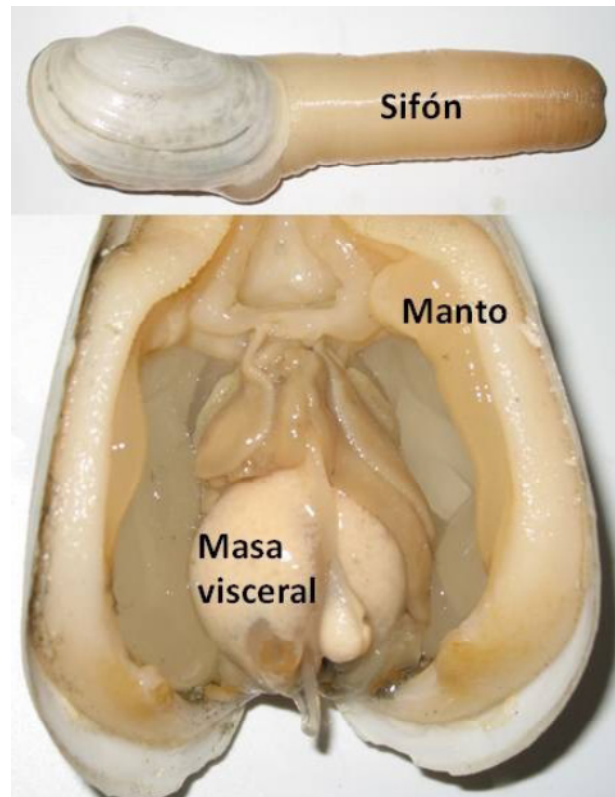


Figura 3. Almeja *Panopea globosa*. Corte transversal a lo largo del manto y sifón para visualizar órganos internos.

Obtención del peso de tejido seco

Para obtener el peso de tejido seco, se etiquetaron todos los tejidos por individuo y se colocaron en charolas de aluminio, posteriormente se mantuvieron en una estufa a 50°C durante ocho días. A continuación, se pesaron en una balanza analítica (± 0.01 g) cada 24 hrs hasta obtener peso constante. Para obtener el peso seco total de cada organismo al peso seco constante, se sumaron los pesos secos de los tejidos extraídos.

Selección de muestras para el análisis bioquímico

En un estudio paralelo reproductivo se determinó el sexo de cada organismo mediante técnicas histológicas convencionales (H-E) (González-Paláez, sin publicar). A partir de estos resultados, se seleccionaron ocho hembras y siete machos por mes de enero a abril de 2007, 11 organismos indiferenciados de noviembre 2006 y 15 organismos indiferenciados de mayo a octubre de 2007, teniendo un total de 161 organismos.

Índices morfológicos

Con la finalidad de evaluar de forma indirecta la condición nutricional de la almeja *Panopea globosa* en diferentes temporadas del año, se utilizó el índice de condición (IC) calculado mediante la relación del peso de tejido seco (Wtseco) entre el peso de la concha (Wc) por cien (fórmula modificada de lo propuesto por Walne 1976 y Ruiz *et al.* 1992).

$$(1) IC = Wtseco / Wc * 100$$

Para éste análisis, se utilizaron 10 organismos del mes de enero, 14 organismos de marzo, 14 organismos de abril, 11 organismos de mayo, 8 organismos de junio, 12 organismos de julio, 9 organismos de agosto, 8 organismos de septiembre y 14 organismos de octubre.

Posteriormente, para evaluar en qué temporadas se alimentan los organismos, se utilizó el índice de glándula digestiva (IGD), que se calculó mediante la relación del peso de la

glándula digestiva (Wgd) y el peso total (Wt), según lo propuesto por Gabr *et al.* (1999).

$$(2) \text{IGD} = \text{Wgd} / \text{Wt} * 100$$

Por último, se evaluó el rendimiento (R), mediante un índice que comúnmente se utiliza en la evaluación de organismos bivalvos para su comercialización (Okumus y Stirling 1998; Aníbal *et al.* 2011).

$$(3) \text{R} = \text{Wthúmedo} / \text{Wt} * 100$$

Para los cálculos de IGD y R se utilizaron los mismos organismos que se analizaron para la composición bioquímica correspondientes a los muestreos de enero a octubre de 2007.

Análisis bioquímico

Preparación de los tejidos para el análisis bioquímico

Para la preparación del extracto crudo que se requiere para los análisis bioquímicos se utilizaron aproximadamente 0.03 g de cada uno de los tejidos seleccionados, y se colocó el tejido pesado en viales con perlas de homogenizado. Posteriormente, los viales se acomodaron en un homogeneizador (MPI FastPrep-24) y se puso a trabajar en sesiones de 40 segundos. Para pulverizar los tejidos de músculo y sifón, se requirieron tres sesiones, y para pulverizar el resto de los tejidos, una sola sesión. A continuación, se hidrató los tejidos con 1.0 mL de solución salina (NaCl 35%) y se homogenizaron. Por último, se almacenó el extracto crudo a -80°C para los análisis bioquímicos correspondientes.

Determinación de Proteínas por BCA (Ácido Bicinconínico)

La determinación de proteínas se realizó por el método del ácido bicinconínico o BCA (Fijumoto *et al.*, 1985). Se basa en el principio de que las proteínas reducen los iones cúpricos a iones cuprosos bajo condiciones alcalinas. Éstos reaccionan con el ácido bicinconínico, para formar un color púrpura. El color formado es proporcional al contenido proteico de la muestra (Smith *et al.* 1985).

Para preparar el reactivo de BCA, se utilizó una solución reactiva comercial de Sigma (solución de ácido bicinconínico B9643 y solución de sulfato de cobre II C2284). Posteriormente, se tomó una alícuota de 10 μ L del extracto crudo preparado previamente y se puso a digerir en 100 μ L de hidróxido de sodio (NaOH) 0.1N durante dos horas. A continuación, se tomó 10 μ L del digerido, se colocó en el fondo de una microplaca y se le agregó el reactivo preparado de BCA. Se incubó a 60°C durante 15 minutos, y la lectura de su absorbancia, se realizó en un espectrofotómetro de placas (Termo Multiskan spectrum) a 595 nm.

Para la lectura de la concentración absoluta de proteínas (mg/g), se calculó la pendiente de una curva tipo a partir de un estándar con concentraciones conocidas. La solución estándar se preparó con una concentración de 2 mg/ml de albúmina bovina (Sigma-A3733), la cual se diluyó en proporción 1:2 en solución salina hasta tener concentraciones de 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, .0625 y 0.03125 mg/ml de proteína, y solución salina como blanco. Posteriormente, se realizó la lectura de sus absorbancias en el espectrofotómetro de placas. Por último, los resultados se compararon con las lecturas obtenidas de la curva tipo. El cálculo se realizó con la siguiente fórmula:

$$(4) \text{ Conc. de Proteínas (mg/g)} = (\text{Abs. Sol. Prob.} \times \text{FD}) / (m \times \text{peso muestra})$$

Donde:

FD = factor de dilución,

m = pendiente en la curva tipo

Determinación de Lípidos Totales

Los lípidos totales se determinaron por el método de sulfosfovanillina (Barnes y Blackstock 1973). Éste método se basa en la reacción de los lípidos con el reactivo fosfovanillina (EM-VX0045-1) en medio ácido, para dar un complejo de color rosa que tiene su máxima absorbancia a 540 nm. La muestra debe ser sometida previamente a una solución de ácido sulfúrico concentrado para provocar precipitación de las proteínas.

Inicialmente, se tomó una alícuota de 25 μL del extracto crudo. A continuación, se le agregó 250 μL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado, se agitaron y se incubaron en baño maría (VWR 1235-CP) a 90°C por 10 minutos. Posteriormente se enfriaron los tubos en baño de hielo, se tomaron 20 μL de cada tubo y se colocaron en el fondo del pozo de una microplaca (placa elisa) de 96 pozos. Finalmente se le agregó solución reactiva para lípidos (fosfovanillina al 0.2% en ácido sulfúrico al 80%), se dejó incubar la placa por 40 min a temperatura ambiente y se tomó la lectura de la placa en un espectrofotómetro de placas (Termo Multiskan spectrum) a 540nm.

Para la lectura de la concentración absoluta de lípidos (mg/g), también se calculó la pendiente de una curva tipo, a partir de un estándar con concentraciones conocidas. La solución estándar de lípidos (Lin-Trol Sigma L2648) se preparó con una concentración de 20mg/ml, de ésta se preparó diluciones en proporción 1:2, en 1 mL de solución salina, quedando concentraciones de 10, 5, 2.5, 1.25, 0.625, 0.3125 y 0.15625, mg/ml de lípidos, y se utilizó solución salina como blanco. Posteriormente, se realizó la lectura de sus absorbancias en el espectrofotómetro de placas. Por último, los resultados se compararon con las lecturas obtenidas de la curva tipo. El cálculo se realizó con la misma fórmula que se utilizó para proteínas.

Determinación de Carbohidratos y Glucógeno

La determinación de carbohidratos totales se realizó utilizando el método Van-Handel (1965). Este método se basa en hidrolizar los enlaces glucosídicos de los polisacáridos y disacáridos para convertirlos en monosacáridos por medio de ácido sulfúrico. Estos

reaccionan con el compuesto de antrona (9,10-Dihydro-9-Oxoanthracene) que se une al C₁ de cada monosacárido. El resultado es un derivado del furano de color verde que puede variar hasta negro dependiendo de la cantidad de carbohidratos presentes en la muestra.

Inicialmente se tomó 50 µL del sustrato crudo de cada muestra y se mezclaron con 50 µL de Ácido Tricloro Acético (TCA) al 20% en tubos eppendorf de 0.65 mL, esto con la finalidad de precipitar proteínas que interfieren en la medición de carbohidratos. Los tubos se colocaron en una centrifugadora refrigerada (Eppendorf 5810R) a 3600 rpm (1376 g) por 10 minutos a 5°C. Posteriormente se recuperó 25 µL del sobrenadante por duplicado en minitubos para continuar con el análisis de glucógeno y carbohidratos totales por separado.

Para la medición de carbohidratos totales se utilizó un duplicado de los tubos con 25 µL del sobrenadante que se recuperó, y se les agregó 250 µL de solución antrona 0.1% diluida en H₂SO₄ al 96%. Posteriormente, se calentaron a baño maría a 85 °C durante 4 min y se enfriaron en baño de hielo. A continuación, se colocan 0.2 mL de cada tubo en una microplaca y se leyó su absorbencia en un espectrofotómetro de placas (Termo Multiskan spectrum) a 630 nm.

Para la determinación del contenido de glucógeno se utilizó el método Antrona de Roe *et al.* (1961). La diferencia de éste método en comparación al método Van-Handel (1965), es que el glucógeno presente en la muestra debe ser previamente precipitado con etanol por medio de centrifugación. Por ello, al otro duplicado de tubos con 25 µL del sobrenadante previamente preparado, se les agregó 500 µL de alcohol frío. Posteriormente, se centrifugaron los tubos en una centrifuga refrigerada (Eppendorf 5810R) a 3600 rpm durante 10 minutos a 4°C. A continuación, se retiró el alcohol y se dejó evaporar los restos. Finalmente se agregó 25 µL de agua destilada y se continuó el procedimiento aplicando el método antes mencionado para la determinación de carbohidratos.

La concentración de carbohidratos y glucógeno se calculó con la misma fórmula con que se calculó proteínas y lípidos. La pendiente de la curva tipo que se utilizó en la

fórmula, se realizó utilizando una solución estándar de carbohidratos con una concentración de 5 mg/ml. Posteriormente, se prepararon diluciones en proporción 1:2, en 500µl de TCA con concentraciones de 5, 2.5, 1.25, 0.625, 0.3125, 0.15625, 0.078125 mg/ml de carbohidratos. Finalmente, se realizó la lectura de sus absorbancias en el espectrofotómetro de placas y se compararon con los resultados.

Para comparar la composición bioquímica de diferentes componentes corporales de *P. globosa* con la de otros organismos bivalvos se utilizó los datos de composición bioquímica en mg/g. Por otra parte, para comparar entre la composición bioquímica de diferentes componentes corporales de *P. globosa* se calculó el contenido total en gramos de carbohidratos, proteínas y lípidos en cada componente corporal, y el porcentaje de humedad.

Contenido total de carbohidratos, proteínas y lípidos en cada componente corporal de la almeja *Panopea globosa*

Para comparar la cantidad de carbohidratos, proteínas y lípidos entre los diferentes componentes corporales, se realizó una transformación de los datos de composición bioquímica de mg/g a gramo, así mismo, se consideró el tamaño de cada uno de los componentes corporales, mediante las siguientes formulas:

$$(5) \text{ Tejido seco de cada componente corporal (g) = } \\ \frac{\% \text{ tejido seco de la muestra} * \text{Tejido húmedo de cada componente corporal (g)}}{100}$$

$$(6) \text{ Composición bioquímica (g) = Composición bioquímica (mg/g) / 1000}$$

$$(7) \text{ Contenido total de carbohidratos, proteínas y lípidos en cada componente } \\ \text{corporal = Tejido seco de cada componente corporal (g) * Composición} \\ \text{bioquímica (g)}$$

Porcentaje de humedad

Por su parte, se determinó el porcentaje de humedad (% hum) en los tejidos de la almeja *Panopea globosa*, mediante la siguiente fórmula:

$$(8) \% \text{ hum} = \frac{W_{\text{húmedo}} - W_{\text{seco}}}{W_{\text{húmedo}}} * 100$$

Para éste análisis se utilizaron los mismos organismos del cálculo del IC.

Análisis Estadísticos

A los valores de concentración de cada una de las biomoléculas se les aplicó un análisis de Kolmogorov-Smirnov para corroborar que las muestras tuvieran una distribución normal. Posteriormente se realizaron análisis para verificar que sus varianzas fueran homogéneas mediante la prueba de Cochran, al 95% de significancia. Después se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para observar diferencias entre los meses en los índices morfológicos y en la composición de carbohidratos, glucógeno, lípidos y proteínas en los tejidos analizados. Para aquellos tratamientos donde se presentaron diferencias significativas, se aplicó una prueba *a posteriori* de Tukey al 95% de confianza con la finalidad de identificar los tratamientos diferentes. Por otra parte, se realizó correlaciones de la composición de carbohidratos, glucógeno, lípidos y proteínas de los tejidos analizados para identificar la transferencia de nutrientes entre los diferentes componentes corporales. Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa STATISTICA (versión 7).

Resultados

Variación mensual de la temperatura y disponibilidad de alimento en Bahía Magdalena B. C. S. México durante un ciclo anual

Durante el estudio se observaron los valores máximos de temperatura en los meses de otoño, noviembre de 2006 (25°C) y octubre de 2007 (22°C), mientras que los mínimos fueron a finales de primavera e inicio de verano (mayo y junio; 14°C). Por su parte, la concentración de Clorofila *a* presentó un máximo en el mes de julio, con valores de 12 mg m⁻³, y un pequeño pico en el mes de abril con valores de 6 mg m⁻³ (Figura 4 y Tabla I).

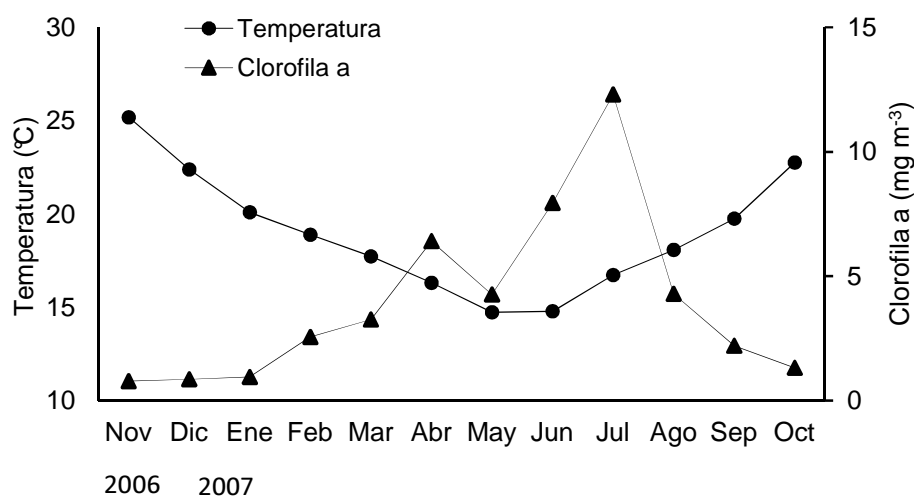


Figura 4. Variación mensual de la temperatura y clorofila *a* en Bahía Magdalena B. C. S. México.

Tabla I. Temperatura *in situ* y concentración de clorofila *a* en Bahía Magdalena B. C. S. México. Los datos corresponden al promedio mensual.

Mes-Año	Temperatura (°C)	Clorofila <i>a</i> (mg/m ³)
Noviembre-06	25.18	0.78
Diciembre-06	22.39	0.86
Enero-07	20.10	0.95
Febrero-07	18.89	2.56
Marzo-07	17.73	3.26
Abril-07	16.32	6.41
Mayo-07	14.74	4.27
Junio-07	14.79	7.95
Julio-07	16.73	12.31
Agosto-07	18.08	4.29
Septiembre-07	19.76	2.20
Octubre-07	22.76	1.32

Índices morfológicos en la almeja *Panopea globosa* durante un ciclo anual

En la almeja generosa, *P. globosa*, se observaron los valores mínimos del índice de condición (IC) en enero con un 42%, en marzo con 43%, en abril con 50% y en septiembre con 51%. Cabe destacar que en el mes de mayo se obtuvo una desviación estándar muy alta. Por su parte, los valores más altos del IC se observaron en julio con 68% (Figura 5). Por último, mediante el análisis de varianza no se observaron diferencias significativas entre los meses ($P > 0.05$).

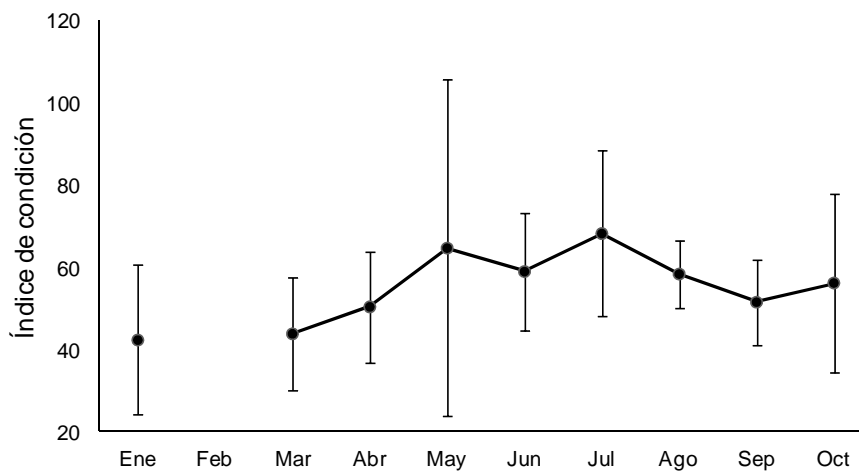


Figura 5. Variación mensual del índice de condición en *Panopea globosa*. Cada valor representa la relación del peso de la concha con el peso de tejido seco. Las barras representan la desviación estándar.

Por su parte, el índice de glándula digestiva (IGD) que se utilizó para evaluar en qué temporada se alimentaron los organismos, presentó los valores más altos en agosto con 4%, en septiembre con 4.6% y en julio con 5.3% (Figura 6). Así mismo, se obtuvieron diferencias significativas en el mes de enero en relación a los meses de abril, julio, agosto y septiembre ($P < 0.05$).

Por otra parte, se obtuvo una correlación positiva ($r=0.64$) entre los datos mensuales del IGD y la concentración de clorofila *a* en Bahía Magdalena.

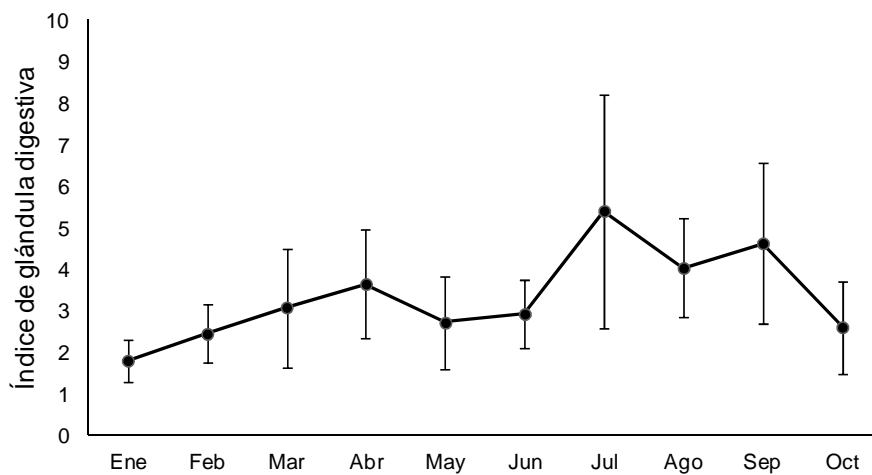


Figura 6. Variación mensual del índice de la glándula digestiva en *Panopea globosa*. Cada valor representa la relación del peso de la glándula digestiva con respecto al peso de tejido húmedo. Las barras representan la desviación estándar.

Respecto al rendimiento (R) en *P. globosa*, se observaron valores más altos en octubre con 66%, en septiembre con 64%, en mayo con 63% y en abril y agosto con 60% (Figura 7), sin diferencias significativas entre meses ($P > 0.05$).

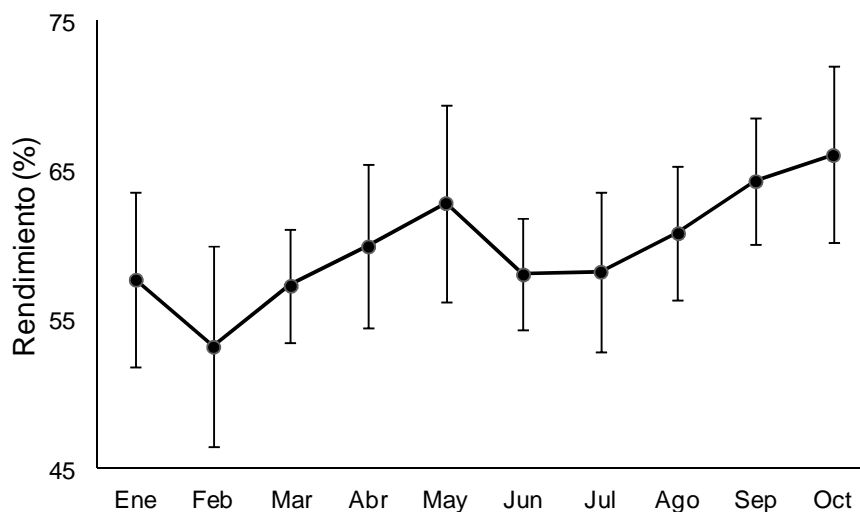


Figura 7. Variación mensual del rendimiento en *Panopea globosa*. Cada valor representa la relación de peso de tejido húmedo con relación al peso total. Las barras representan la desviación estándar.

Composición bioquímica del manto, sifón, músculo abductor y glándula digestiva de la almeja *Panopea globosa* en comparación con la de otros organismos bivalvos

De acuerdo a la composición bioquímica de diferentes tejidos corporales de la almeja generosa, *P. globosa*, en comparación con la de otros moluscos bivalvos, el contenido de carbohidratos en el manto es superior (280 mg/g) y también el contenido de lípidos es alto (50 mg/g). En glándula digestiva también se observaron niveles altos de lípidos (95 mg/g) en comparación con la de otros organismos bivalvos (Tabla II).

Tabla II. Composición bioquímica de distintos componentes corporales en la almeja *Panopea globosa* y su comparación con otros bivalvos. Los datos corresponden al promedio anual representado en mg/g.

Especie-tejido	Carbohidratos (mg/g)	Lípidos (mg/g)	Proteínas (mg/g)	Referencia
<i>Panopea globosa</i>				Este trabajo
Manto	279.79	50.40	388.68	
Sifón	101.01	10.43	373.86	
Músculo abductor	100.58	36.50	624.42	
Glándula digestiva	83.42	95.27	398.03	
Gónada	110.05	92.60	421.76	
<i>Pteria sterna</i>				Hernández-López 2012
Manto	45.57	29.46	375.95	
Músculo abductor	46.72	22.30	601.93	
Glándula digestiva	61.25	81.27	370.44	
Gónada	42.14	61.40	537.41	
<i>Megastrea undosa</i>				Fierro-Jáuregui 2011
Músculo abductor	172.50	48.00	366.50	
Glándula digestiva	222.50	94.50	145.00	
<i>Pteria sterna</i>				Vite-García 2005
Manto	8.70	4.50	64.54	
Músculo abductor	19.95	-	139.25	
Glándula digestiva	22.22	51.90	142.65	
Gónada	9.50	16.93	85.38	
<i>Pinctada mazatlanica</i>				Vite-García 2005
Manto	5.57	6.35	59.17	
Músculo abductor	66.33	-	155.90	
Glándula digestiva	24.20	25.00	138.22	
Gónada	9.46	9.35	85.64	
<i>Crassostrea gigas</i>				Acosta-Galindo 2004
Manto	175.00	40.66	250.00	
Músculo abductor	35.00	17.50	900.00	
Gónada	117.50	64.80	462.50	
<i>Nodipecten subnodosus</i>				Arellano-Martínez <i>et al.</i> 2004
Manto	18.50	-	447.75	
Músculo abductor	89.00	-	524.00	
Glándula digestiva	328.16	79.00	179.16	
Gónada	26.03	37.29	331.24	
<i>Argopecten ventricosus</i>				Ruiz-Verdugo <i>et al.</i> 2001
Músculo abductor	90.57	-	150.12	
Gónada	25.53	15.85	108.02	
Glándula digestiva	22.22	51.90	142.65	
Gónada	9.50	16.93	85.38	

Composición del manto, sifón, músculo abductor, glándula digestiva y gónada de la almeja *Panopea globosa*

El manto es el segundo componente corporal de mayor tamaño en la almeja *P. globosa*, después del sifón. Fue el tejido que presentó el menor porcentaje de humedad (67%), mayor contenido de carbohidratos (36 g) y también un contenido alto de proteínas (13 g). Por su parte, el sifón fue el componente corporal de mayor tamaño, con mayor contenido de humedad (78%), mayor contenido de proteínas (79 g) y con el porcentaje más alto de otros componentes no identificados (11%) con las pruebas bioquímicas que se utilizaron, además presentó un contenido alto de carbohidratos (21 g). Por último, la gónada, a pesar de ser un componente corporal de tamaño mediano, fue el que aportó mayor cantidad de lípidos (5 g) a la almeja (Tabla III).

Tabla III. Peso en gramos, porcentaje de humedad, composición bioquímica en gramos y porcentaje de otros componentes no identificados en diferentes componentes corporales de la almeja *Panopea globosa*.

Tejido (n = 15)	Peso	Humedad	Carbohidratos	Lípidos	Proteínas	Otros componentes
Manto	129.96	67.30	35.75	1.66	12.57	9.19
Sifón	215.03	77.78	21.37	2.29	78.56	11.44
Músculo abductor	9.99	75.75	0.94	0.36	6.14	5.78
Glándula digestiva	14.02	74.46	0.4	0.47	1.87	10.81
Gónada	59.55	71.83	6.53	5.05	25	10.58

En relación al porcentaje de glucógeno en cada componente corporal, se obtuvo que el manto es el que presenta la mayor proporción de glucógeno (71%), seguido del sifón con 60% (Tabla IV).

Tabla IV. Porcentaje de glucógeno que corresponde a los carbohidratos en diferentes componentes corporales de la almeja *Panopea globosa*.

Tejido	Carbohidratos (mg/g)	% de carbohidratos que son glucógeno
Manto	279.79	71.28
Sifón	101.01	60.12
Músculo abductor	100.58	52.77
Glándula digestiva	83.42	59.09
Gónada	110.05	58.28

Transferencia de nutrientes entre diferentes componentes corporales

La transferencia de energía entre los diferentes componentes corporales, se analizó mediante correlaciones de los carbohidratos, glucógenos, proteínas y lípidos con dos matrices de correlación (una con los promedios mensuales y otra con todos los datos). Se obtuvo una correlación negativa entre la composición de lípidos en gónada y sifón con las dos matrices de correlación, de -0.9 en la correlación con los promedios mensuales y de -0.2 en la correlación con todos los datos (Tabla VI y VII). Así mismo, en la matriz de correlación con todos los datos se observaron correlaciones negativas entre lípidos de la gónada y carbohidratos del sifón, entre lípidos de la gónada y glucógeno del sifón, entre lípidos de la glándula digestiva y carbohidratos del sifón, entre lípidos de la glándula digestiva y glucógeno del sifón, entre lípidos de la glándula digestiva y carbohidratos del manto y entre proteínas de la gónada y proteínas del manto (Tabla VII).

Variación mensual de la composición de carbohidratos, glucógeno, proteínas y lípidos en diferentes componentes corporales de la almeja *Panopea globosa*

La composición de carbohidratos en el manto de la almeja *P. globosa*, presentó los valores mínimos en febrero (208.5 mg/g) y los valores más altos de julio a noviembre (366.2 mg/g en julio; Figura 8 y Tabla VIII). A partir del análisis de varianza se obtuvieron diferencias significativas entre los meses ($P < 0.05$) y al aplicar la prueba *a posteriori* Tukey, se obtuvieron tres grupos homogéneos. Por su parte, la composición de carbohidratos en el sifón de la almeja presentó los valores mínimos en enero (70.8

mg/g) y en febrero (67.8 mg/g), y los valores más altos de julio a octubre, siendo agosto el mes que presentó los valores más altos (144.3 mg/g; Figura 8 y Tabla VIII), con diferencias significativas entre los meses ($P<0.05$) y a través de la prueba *a posteriori* Tukey la formación de cuatro grupos homogéneos. En relación a la composición de carbohidratos en el músculo abductor, se observaron los valores mínimos en enero (77.9 mg/g) y en febrero (80.3 mg/g) y los valores más altos en julio (134.6 mg/g; Figura 8 y Tabla VIII), con diferencias significativas entre meses y tres grupos homogéneos. Por otra parte, la composición de carbohidratos en el glándula digestiva de la almeja, presentó los valores mínimos en febrero (55.81 mg/g) y en septiembre (53.7 mg/g; Figura 8 y Tabla VIII). A partir del análisis de varianza se obtuvieron diferencias significativas entre los meses ($P<0.05$) y a través de la prueba *a posteriori* de Tukey se obtuvieron cuatro grupos homogéneos. Por último, la composición de carbohidratos en la gónada de la almeja presentó los valores mínimos en abril (82.3 mg/g); y los valores más altos en enero y julio (132.8 mg/g y 133 mg/g respectivamente; Figura 8 y Tabla VIII), también con diferencias significativas entre meses y tres grupos homogéneos.

Por su parte, la composición de glucógeno en el manto de la almeja *P. globosa*, presentó los valores mínimos en octubre (115.4 mg/g), en noviembre (143.9 mg/g) y en junio (146.9 mg/g); y los valores más altos en julio y marzo (258.8 mg/g y 275 mg/g respectivamente; Figura 8 y Tabla VIII), con diferencias significativas y dos grupos homogéneos. En sifón los valores mínimos se encontraron en enero, febrero y junio con valores de 34.6 mg/g, 28.9 mg/g y 34.1 mg/g respectivamente; y los valores más altos en agosto (103.4 mg/g; Figura 8 y Tabla VIII, con diferencias significativas entre meses y mediante la prueba *a posteriori* de Tukey se obtuvieron cinco grupos homogéneos. En músculo abductor, se observaron los valores mínimos de glucógeno en enero, junio y agosto con valores de 42 mg/g, 43 mg/g y 37 mg/g respectivamente; y los valores más altos en julio (71.5 mg/g; Figura 8 y Tabla VIII) con diferencias significativas y la formación de tres grupos homogéneos. En el glándula digestiva, presentó los valores mínimos en febrero (27.2 mg/g) y en septiembre (12.3 mg/g) y los valores más altos de marzo a mayo con valores de 66.40 mg/g y 73.51 mg/g respectivamente (Figura 8 y Tabla VIII). Por último, en cuanto a la composición de glucógeno en la gónada de la

almeja, los valores mínimos se encontraron en abril (42 mg/g) y los valores más altos en enero, junio y julio con valores de 79.2 mg/g, 76.8 mg/g y 75 mg/g respectivamente (Figura 8 y Tabla VIII). A partir del análisis de varianza no se obtuvieron diferencias significativas entre los meses.

En cuanto a la composición de proteínas en el manto de la almeja *P. globosa*, se encontraron los valores más bajos en enero y julio (389 mg/g y 349 mg/g respectivamente; Figura 8 y Tabla VIII); sin embargo, las diferencias entre meses no resultaron significativas. En sifón los valores mínimos se detectaron en enero, febrero y mayo (206 mg/g, 349 mg/g y 240 mg/g respectivamente) y los valores más altos en abril (436 mg/g), y de julio a noviembre, siendo noviembre el mes que presentó los valores más altos (476 mg/g; Figura 8 y Tabla VIII). A partir del análisis de varianza se obtuvieron diferencias significativas y mediante la prueba *a posteriori* de Tukey se obtuvo la formación de tres grupos homogéneos. En músculo abductor, la menor cantidad de proteínas se detectaron en enero y febrero (459 mg/g y 534 mg/g respectivamente; Figura 8 y Tabla VIII), con diferencias significativas y formación de dos grupos homogéneos. Por último, en cuanto a la composición de proteínas en la gónada, se observaron los valores mínimos en enero y julio (389 mg/g y 349 mg/g respectivamente); y los valores más altos en febrero y abril (528 mg/g y 442 mg/g respectivamente; Figura 8 y Tabla VIII). A partir del análisis de varianza se obtuvieron diferencias significativas entre los meses y mediante la prueba *a posteriori* de Tukey se obtuvo la formación de dos grupos homogéneos.

Por su parte, la composición de lípidos en el manto de la almeja *P. globosa*, presentó los valores mínimos en febrero con 37 mg/g; y los valores más altos en agosto y septiembre (60 mg/g y 59 mg/g respectivamente; Figura 8 y Tabla VIII), sin diferencias significativas entre meses. En el sifón, se obtuvieron los valores mínimos en enero con 8 mg/g; y los valores más altos en julio con 12 mg/g (Figura 8 y Tabla VIII). A partir del análisis de varianza se obtuvieron diferencias significativas entre los meses y la formación de dos grupos homogéneos. En la composición de lípidos en el músculo abductor, se observaron los valores mínimos en enero (23.5 mg/g) y en febrero (30 mg/g) y los más altos en septiembre (47 mg/g; Figura 8 y Tabla VIII), con diferencias

entre meses y formación de dos grupos homogéneos. Los lípidos en la glándula digestiva fueron mínimos en septiembre (83 mg/g) y en octubre (67 mg/g); y los valores más altos en febrero (115 mg/g; Figura 8 y Tabla VIII). En los cuales, si se detectaron diferencias significativas entre meses y la formación de dos grupos homogéneos. Por último en cuanto a la composición de lípidos, en la gónada se obtuvieron los valores mínimos en abril (71 mg/g) y los valores más altos en noviembre (129 mg/g; Figura 8 y Tabla VIII). A partir del análisis de varianza se obtuvieron diferencias significativas entre los meses ($P<0.05$) y a través de la prueba *a posteriori* de Tukey se obtuvo la formación de tres grupos homogéneos.

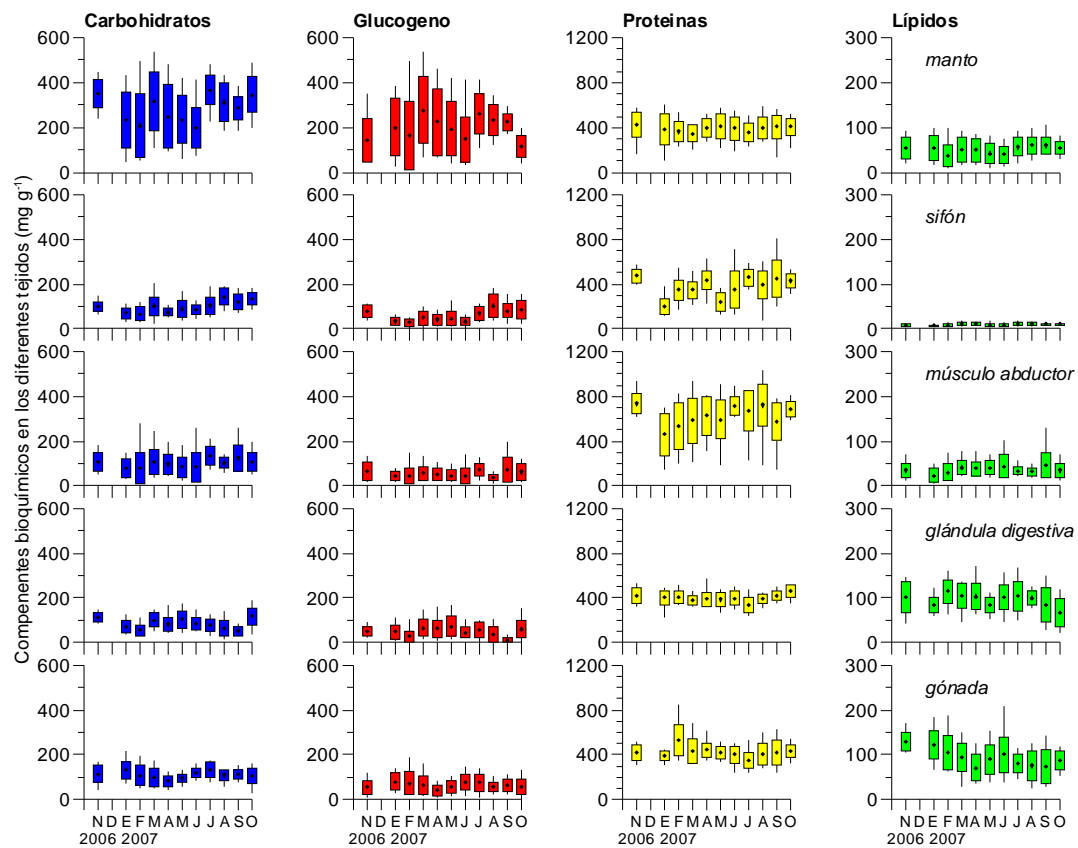


Figura 8. Variación mensual de la composición bioquímica en diferentes tejidos de la almeja generosa, *Panopea globosa*. Los datos corresponden al promedio mensual con su desviación estándar, máximo y mínimo.

Discusión

En el presente estudio se utilizaron de manera complementaria análisis de índice de condición (IC) y de composición bioquímica para analizar la variación anual en la condición nutricional de la almeja generosa, *Panopea globosa*, y su relación con la actividad reproductiva y factores ambientales. Más aún, mediante el análisis de la composición bioquímica en los diferentes tejidos, fue posible inferir qué estrategias utilizan estos organismos para el almacenamiento y uso de energía, asociado principalmente con el proceso reproductivo.

A continuación se discuten algunos aspectos considerados relevantes en cinco secciones, la primera donde se aborda la composición bioquímica de la almeja *P. globosa* y su comparación con otros organismos bivalvos, la segunda sobre la variación de la condición nutricional en relación al ciclo reproductivo y a los factores ambientales. Una tercera parte involucra tanto las estrategias de almacenamiento y uso de energía para el evento reproductivo como la transferencia de nutrientes entre tejidos corporales. En la cuarta sección se discute sobre la variación anual en valor nutritivo de *P. globosa*, en términos del consumo por el humano y las posibles consecuencias en el mercado y finalmente se incluye un apartado sobre el potencial valor del presente estudio como insumo para el manejo de la pesquería de la almeja generosa en Bahía Magdalena, Baja California Sur.

Composición bioquímica de la almeja *Panopea globosa*

Bayne (1976) describe de manera genérica cómo se distribuye la energía en moluscos bivalvos y cómo se da la transferencia de energía entre sus diferentes componentes corporales, específicamente para sustentar el evento reproductivo. La almeja *P. globosa* presenta una forma de vida muy particular, diferente a la mayoría de los bivalvos, ya que la mayor parte de su vida vive enterrada en el sustrato y sólo extiende su sifón fuera del sustrato para captar alimento y expulsar desechos o gametos durante el periodo reproductivo (González-Peláez en preparación). Su forma de vida y la morfología distintiva de esta especie, explican en gran medida los resultados observados en el presente estudio, que indican fuertes diferencias en la composición bioquímica de sus

componentes corporales en comparación con la de otros organismos bivalvos. Por ejemplo, se determinó tanto en el presente estudio con *P. globosa*, como en resultados presentados por Oliveira *et al.* (2011) en *P. abrupta*, que el manto es el principal reservorio energético, tanto para el evento reproductivo como para el crecimiento. Otra particularidad de este organismo es el tamaño del sifón, proporcionalmente mucho mayor que el de la gran mayoría de los bivalvos. Por su tamaño, este tejido es el que cuenta con la mayor cantidad de proteínas, y grandes cantidades de carbohidratos y lípidos. Sin embargo, también presentó una proporción importante de otros componentes no identificados, probablemente debido a que el método empleado para la cuantificación de las proteínas en el presente estudio, no incluye la identificación de colágeno, algunas proteínas no solubles y otros componentes (Lowry *et al.* 1951), y por su función en el organismo, es fácil suponer que esta estructura cuente con un alto contenido de colágeno por encontrarse expuesto y requerir de alguna estructura de protección. Por otro lado, similar a lo que ocurre en muchos organismos, la gónada es uno de los componentes corporales con más lípidos, ello se debe a que éste órgano requiere más de energía que sea metabólicamente accesible y eficiente durante el evento reproductivo. Esto ha sido documentado por Ruíz *et al.* (1992) en *Ostrea edulis* y por Racotta *et al.* (1998) para almeja catarina, *Argopecten ventricosus*.

Variación de la condición nutricional de la almeja *Panopea globosa*

Mediante el análisis del índice de condición y la variación de la composición bioquímica en diferentes componentes corporales de la almeja *P. globosa*, se evidenció que durante el ciclo reproductivo y en los meses de junio y septiembre fueron las temporadas en que ésta almeja presentó la condición nutricional más pobre, mientras que en la temporada de reposo reproductivo y con mayor disponibilidad de alimento fue cuando presentó la mejor condición nutricional.

El periodo reproductivo de ésta almeja abarca de noviembre a abril, en enero se observan la mayor cantidad de organismos en el estadio reproductivo de vitelogénesis y en abril la mayor cantidad de organismos en desove (González-Peláez en preparación). Mediante el IC se comprobó un alto gasto energético durante la gametogénesis, éste patrón también se observó en las almejas *Tapes philippinarum* (Kang *et al.* 2007),

Spisula solida (Joaquim *et al.* 2008) y *Marcia optima* (Suja y Muthiah 2010). Así mismo, al inicio de la gametogénesis se evidenció una disminución de carbohidratos en el manto, sifón, músculo abductor y glándula digestiva, y un incremento en la gónada, debido a la alta demanda de energía para el evento reproductivo, así lo reportaron también Ruiz *et al.* (1992) en *O. edulis*; Fernández-Reiriz *et al.* (2007) en *Ruditapes philippinarum*; Liu *et al.* (2008) en *Fulvia mutica*; Yan *et al.* (2010) en *Sinonovacul constricta*; y Li *et al.* (2011) en *Macra chinensis*. Particularmente en el mes de mayo se obtuvo en los datos del IC una desviación estándar muy alta, ello se debe a que éste fue el periodo del desove y de reabsorción de gametos, por lo que se nota una gran variabilidad debido a que se muestrearon tanto machos como hembras.

Por otra parte, la concentración de glucógeno en sifón y manto evidenció un fuerte desgaste energético al llegar el mes de junio, un mes antes de que incrementará la concentración de clorofila *a*, ello sugiere que *P. globosa* depende fuertemente de ese periodo de incremento de clorofila *a* para reponer sus reservas energéticas. Además el IC también evidenció una reducción muy notable en las reservas de *P. globosa* durante el mes de septiembre, éste periodo coincide con la llegada del otoño y fue precisamente cuando se observó una fuerte disminución en la productividad fitoplanctónica en la laguna de Bahía Magdalena. Con estos resultados se hace evidente la importancia que tienen de los dos picos de florecimiento fitoplanctónico para la condición nutricional de *P. globosa*, el primero en el mes de abril y el segundo en el mes de julio. Ello también se corroboró con la correlación positiva que se obtuvo entre el índice de glándula digestiva (IGD) y los datos sobre la concentración de Clorofila *a* en la laguna de Bahía Magdalena, lo que sugiere, además, que el IGD en *P. globosa* es un buen indicador de los periodos en que se alimenta esta almeja. Estos resultados se sustentan con los resultados en otros estudios de moluscos, en los que se observó también un decremento progresivo del peso de la glándula digestiva durante periodos de inanición, por ejemplo en *Sepia officinalis* y *Sepia elegans* (Castro *et al.* 1991), en dos tipos de mejillón *Mytilus edulis* y *Mytilus trossulus* (Cartier *et al.* 2004) y en el calamar *Loligo gahi* (Ibáñez *et al.* 2005).

En cuanto al efecto de la temperatura sobre la condición nutricional en *P. globosa*, se comprobó que debido a que las fluctuaciones de temperatura en la costa Pacífico es uno de los factores primordiales que promueve los cambios en la productividad primaria (Cervantes-Duarte *et al.* 2011), la temperatura puede ser el factor que controla el ciclo reproductivo de *P. globosa*.

Estrategias para la utilización y almacenamiento de energía en la almeja *Panopea globosa* para sustentar el evento reproductivo

El desarrollo de los gametos en organismos bivalvos es un proceso energéticamente costoso que depende de la movilización de una gran cantidad de nutrientes para asegurar su maduración (Bayne y Newell 1983). Estos nutrientes pueden ser aportados por el alimento recién ingerido, pueden provenir de reservas acumuladas durante el periodo de reposo reproductivo o de ambos (Gabbott 1983). En este sentido, Bayne (1976) propuso que los organismos bivalvos pueden utilizar una o las dos estrategias metabólicas para activar y sustentar la gametogénesis: oportunista o conservadora. Los oportunistas son aquellos organismos en los que la gametogénesis se realiza a partir de la energía que se obtiene del alimento recién ingerido, y los conservadores lo hacen con la energía previamente almacenada en los tejidos durante los periodos de alta productividad primaria. En el presente estudio se evidenció que *P. globosa* sigue una estrategia conservadora durante el pico reproductivo cuando la movilización de la energía de los tejidos a la gónada es muy activa, como se explicó anteriormente en la sección de transferencia de energía. Sin embargo, se confirmó también que *P. globosa* adopta una estrategia oportunista aprovechando los dos periodos en que hubo incremento de la disponibilidad de alimento. El primer periodo en el incremento de la concentración de clorofila *a* se relacionó con el periodo de desove, cuando en general las almejas tienen un alto desgaste energético. Este mismo comportamiento se observó en el mejillón *Mytilus edulis* (Okumus y Stirling 1998); en la almeja mano de león, *Nodipecten subnosus* (Arellano-Martínez *et al.* 2004); en *Fulvia mutica* (Liu *et al.* 2008); *Sinonovacul constricta* (Yan *et al.* 2010) y en *M. chinensis* (Li *et al.* 2011). El segundo periodo en el incremento de la concentración de clorofila *a*, se relacionó con la fase reproductiva de reposo de *P. globosa*, la cual aprovechó con la finalidad de recuperar sus reservas energéticas para el siguiente ciclo gametogénico, esta estrategia

también se ha observado en *Tapes philippinarum* (Kang *et al.* 2007); en *Spisula solida* (Joaquim *et al.* 2008); y en *Ruditapes decussatus* (Aníbal *et al.* 2011). Además, a través de las observaciones que se han realizado durante los muestreos, se ha evidenciado que después del desove, los individuos de *P. globosa* ocultan su sifón en el sustrato, esperando el segundo pico del florecimiento de fitoplancton, siendo esta una estrategia para ahorrar energía. Estos resultados sugieren que esta especie tiene plasticidad para seleccionar la estrategia que mejor convenga a su éxito reproductivo. Tendencias plásticas similares han sido reportadas para otras especies de zonas templadas como *P. maximus* y *P. sterna* (Vite-Gracia y Saucedo 2007). Así mismo, Gabbott (1983), menciona que los organismos que presentan ambas estrategias reproductivas suelen reflejar cambios estacionales marcados en el contenido energético de sus tejidos, como un indicador directo de sus fuertes necesidades metabólicas. Ello se ha evidenciado también en el análisis de la variación de la condición nutricional en *P. globosa*.

La selección de la estrategia reproductiva que adopta una especie puede tener su origen no solamente en las variaciones de la disponibilidad de alimento, sino también en los cambios de temperatura del agua. Como se ha discutido en la sección anterior sobre la variación de la condición nutricional, la temperatura es el factor exógeno más importante que regula la dinámica de las reservas energéticas indirectamente.

Con la finalidad de comprender la dinámica en la utilización y almacenamiento de energía en *P. globosa*, se propone a continuación un modelo de transferencia de carbohidratos, lípidos y proteínas entre componentes corporales, ello a partir de los resultados que se obtuvieron de las correlaciones que se realizaron entre la composición bioquímica de los diferentes componentes corporales. El sifón aporta energía directamente a la gónada y glándula digestiva en forma de carbohidratos y lípidos que probablemente después se transformen en lípidos a través de un proceso de lipogénesis como se ha llegado a evidenciar en los siguientes bivalvos: *Argopecten ventricosus* (Racotta *et al.* 1998); y en *Marcia optima* (Suja y Muthiah 2010).

Algo sobresaliente en este organismo es el papel que juega el manto en la acumulación y transferencia de energía durante el ciclo reproductivo. Observaciones similares del papel de este tejido como almacén fueron hechas por Bayne y Newell (1983). En este

estudio lo anterior quedó manifestado en el hecho de que al inicio de la gametogénesis se dio en octubre y noviembre con el descenso de carbohidratos, glucógeno y lípidos en el manto, corresponden a incrementos de estas sustancias en la gónada. Estrategia parecida a la que utiliza *Mytilus edulis* (Bayne *et al.* 1982). El sifón también juega un papel determinante como reservorio para la época reproductiva ya que durante la vitelogénesis, en enero y febrero, es el sifón el que transfiere la mayor cantidad de glucógeno a la gónada. Fue claro también el aporte de proteínas del manto a la gónada, principalmente durante la vitelogénesis y durante el desove, éstos resultados no concuerdan con lo observado en otras almejas, por ejemplo en la almeja mano de león, *Nodipecten subnodosus* (Arellano-Martínez *et al.* 2004); y *Marcia optima* (Suja y Muthiah 2010), en quienes observaron un importante aporte de proteínas por parte del musculo abductor a la gónada.

Variación en el valor nutritivo de la almeja *Panopea globosa*

Mediante la variación anual del rendimiento R, que es un índice que se ha utilizado para evaluar la calidad y productividad de la carne en cultivos de moluscos bivalvos (Rebelo *et al.* 2005). En *P. globosa* de Bahía Magdalena se observaron valores relativamente altos en dos periodos; el primero de abril a mayo, que fue la temporada de desove y cuando se presentó un pequeño incremento en la disponibilidad de alimento; y el segundo de agosto a octubre, éste incremento se la puede atribuir a la acumulación de reservas durante el verano, cuando se observó el mayor incremento en la disponibilidad de alimento y que además coincidió con la fase reproductiva en reposo. Éstos resultados fueron diferentes a lo que se ha observado en otros moluscos bivalvos, por ejemplo, en ostión de manglar, *Crassostrea rhizophorae* (Lenz y Boehs 2011) y en ostra *Crassostrea brasiliana* (Galvao *et al.* 2000), se observó que el mayor R lo presentaron durante el periodo de gametogénesis; sin embargo, esas diferencias tienen que ver con la disímil anatomía que presentan los ostiones, ostras y almejas en el tamaño de su gónada en relación al total de sus tejidos, siendo mayor en ostiones y ostras que en almejas.

En cuanto al R para fines comerciales, éste índice mostró ser un buen indicador del valor nutritivo de la almeja *P. globosa*, mediante una exploración recomendada por Aníbal *et al.* (2011) en la que se observan los datos de las variaciones mensuales en el R en relación a las variaciones nutricionales en términos del contenido de proteínas, en éste caso en el sifón porque es el componente corporal de mayor dimensión. De esta manera, se observó que los valores más altos del contenido de proteínas en el sifón fueron de julio a noviembre. Por lo tanto se recomienda que la mejor temporada para el consumo de ésta almeja sea de julio a octubre.

Con éstos resultados se recomienda el R como un indicador en *P. globosa* para fines comerciales, debido a que se pueden utilizar los pesos que se adquieren directamente de las pesquerías, como lo ha sugerido Boldina-Cosqueric *et al.* (2010).

Integración general e implicaciones para el manejo

El manejo de recursos naturales demanda, permanentemente, más y mejor información científica como base para la toma de decisiones. La información generada en este estudio puede resultar de gran utilidad, particularmente para la definición de épocas de veda y comercialización. Particularmente mediante el análisis del valor nutritivo se propone que la mejor temporada para la comercialización de *P. globosa* es de agosto a noviembre, debido a que es la temporada en que presenta mayor contenido de proteínas y mayor biomasa por individuo, además que se encuentra en reposo reproductivo. Por otra parte, entre las especies de *P. generosa* y *P. globosa* se han observado diferencias fisiológicas, sugiriendo que *P. generosa* es de mejor calidad, sin embargo, con los presentes resultados se comprueba que la almeja *P. globosa* presenta buena calidad, en cuanto a valor nutritivo se refiere.

Por otra parte, con base a las estrategias metabólicas que utilizan para sustentar su energía para la reproducción. Se puede sugerir que si se colectan estas almejas antes del mes de julio con la finalidad de exportarse vivas, y pretenden mantenerlas cierto tiempo en cautiverio en espera de que habrá el mercado, se deben alimentar en cautiverio debido a que éstas almejas presentan un alto desgaste nutricional por el

evento reproductivo y no alcanzaron a recuperar sus reservas. Ello es importante para que no sufran una descompensación que pudiera llevarlas a la muerte.

En cuanto al manejo de *P. globosa* en cautiverio con la finalidad de producir larvas, se debe considerar un manejo adecuado de la temperatura. De acuerdo al ciclo reproductivo de *P. globosa* y la variación de la temperatura en su hábitat, se sugiere que la disminución de temperatura permite el buen desarrollo gonádico. Sin embargo, se requiere realizar experimento en laboratorio para identificar las temperaturas que favorecen el desarrollo gonádico y la temperatura más adecuadas para que éstos organismos desoven (Marshall *et al.* 2012). De acuerdo a los resultados de temperatura del presente estudio y lo que se ha reportado en *P. globosa* del Golfo de California, se puede identificar que el desove se activa más o menos a la misma temperatura (18°C) (Calderón-Aguilera *et al.* 2010), y conforme baja la temperatura se lleva a cabo la gametogénesis.

Conclusiones

1.- En la almeja generosa, *Panopea globosa*, el manto es el tejido con menor porcentaje de humedad y mayor cantidad de carbohidratos; el sifón el de mayor porcentaje de humedad y mayor contenido de proteínas; y la gónada es el tejido con mayor cantidad de lípidos. En comparación a otros organismos bivalvos, la almeja generosa presentó un alto contenido de carbohidratos y lípidos en manto, y un alto contenido de lípidos en glándula digestiva.

2.- A lo largo del año, la condición nutricional de la almeja *P. globosa* es menor durante el periodo de actividad reproductiva (vitelogénesis y desove), en los meses de junio y septiembre, y mayor en la temporada de reposo reproductivo, coincidiendo con la época de mayor disponibilidad de alimento.

3.- La almeja *Panopea globosa* presenta una combinación de dos estrategias en el uso y almacenamiento de energía para la gametogénesis. Previo al evento reproductivo los organismos adquieren energía del medio indicando una estrategia oportunista. Por otra parte los componentes corporales (principalmente manto y sifón) transfieren reservas a la gónada durante las diferentes etapas del proceso reproductivo.

4.- La temporada con mejor valor nutritivo de la almeja *Panopea globosa* es de agosto a noviembre.

Literatura citada

- Acosta-Galindo, S. 2004. Comparación del crecimiento, actividad reproductiva y contenido bioquímico de dos poblaciones de ostión japonés *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1873) cultivadas en suspensión en el Estero Rancho Bueno, Bahía Magdalena, B. C. S., México. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de los Mochis. 117 p.
- Álvarez-Borrogo, S., L.A. Galindo-Bect, B. Chee-Barragán. 1975. Características hidroquímicas de Bahía Magdalena, B.C. S., México. *Ciencias Marinas*. 2(2): 94-100.
- Aníbal, J., E. Esteves, C. Rocha. 2011. Seasonal variations in gross biochemical composition, percent edibility, and condition index of the clam *Ruditapes decussates* cultivated in the Ria Formosa (South Portugal). *Journal of Shellfish Research*. 30 (1): 17-23.
- Aragón-Noriega, E.A., J. Chávez-Villalba, P.E. Gribben, E. Alcántara-Razo, A.N. Maeda-Martínez, E.M. Arambula-Pujol, A. García-Juárez, R. Maldonado-Amparo. 2007. Morphometric relationships, gametogenic development and spawning of the geoduck clam *Panopea globosa* (Bivalvia: Hiatellidae) in the central Gulf of California. *Journal of Shellfish Research*. 26 (2): 423-431.
- Arámbula-Pujol, E. M. 2006. Ciclo reproductivo de la almeja de sifón *Panopea globosa* en La Playa del Sol, Empalme, Sonora, México. Tesis de maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 56 p.
- Arellano-Martínez, M., I.S. Racotta, B.P. Ceballos-Vázquez, J.F. Elorduy-Garay. 2004. Biochemical composition, reproductive activity and food availability of the lion's paw scallop *Nodipecten subnodosus* in the Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, Mexico. *Journal of Shellfish Research*. 23 (1): 1-9.
- Baqueiro-Cárdenas, E., A. Avilés-Quevedo, J.A. Masso-Rojas, M. Muciño-Díaz, P. Rogers Nieto, A. Vélez-Barajas. 1993. Manual de métodos de muestreo y evaluación de poblaciones de moluscos y otros recursos bentónicos. Secretaría de Pesca. Campeche, Camp. 739 p.
- Barnes, H. y J. Blackstock. 1973. Estimation of lipids in marine animals and tissues: detailed investigation of the sulfophosphovanillin method for total lipids. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 12: 103-118.

- Bayne, B. L. 1976. Aspects of reproduction in bivalve mollusks. En: Vieley ML (eds.). Estuarine Processes. New York, NY: Academic Press, p 432-48.
- Bayne, B. L., A. Bubel, P. A. Gabbott, D. R. Livingstone, D. M. Lowe y M. N. Moore. 1982. Glycogen utilisation and gametogenesis in *Mytilus edulis*. Marine Biology Letters 3: 89- 105.
- Bayne, B.L., R.C. Newell. 1983. Physiological energetic of marine mollusks. In: Saleuddin, A. S. M., Wilbur, K. M. (eds.) The Mollusca, Vol. 4. Academic Press, New York, p. 407-515
- Beukema, J.J. 1997. Caloric values of marine invertebrates with an emphasis on the soft parts of marine bivalves. Oceanography and Marine Biology. 35:387-414.
- Boldina-Cosqueric, I., A. Jean-Claude, C. Amiard-Triquet, O. Dedourge-Geffard, I. Metais, C. Mouneyrac, B. Moutel, B. Berthet. 2010. Biochemical, physiological and behavioural markers in the endobenthic bivalve *Scrobicularia plana* as tools for the assessment of estuarine sediment quality. Journal Ecotoxicology and Environmental Safety. 73 (7): 1733-1741.
- Botello, R.M., T.R. Villaseñor, M.F. Rodríguez. (Eds.), 2010. Ordenamiento de Pesquerías por Recursos Estratégicos de México, Tomo 1. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPAR), México, 300p.
- Bradbury, A., B. Sizemore, D. Rothaus, M. Ulrich. 2000. Stock assessment of subtidal geoduck clams (*Panopea abrupta*) in Washington. Washington Department of Fish and Wildlife. Olympia, Washington.
- Bureau, D., W. Hajas, N.W. Surry, C.M, Hand, G. Dovey, A. Campbell. 2002. Age, size structure and growth parameters of geoducks (*Panopea abrupta* Conrad, 1849) from 34 locations in British Columbia sampled between 1993 and 2000. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. 2413. 84 p.
- Calderón-Aguilera, L.E., E.A. Aragón-Noriega, H. Reyes-Bonilla, C.G. Panigua-Chávez, A.E. Romo-Curiel, V.M. Moreno-Rivera. 2010. Reproduction of the Cortes Geoduck *Panopea globosa* (Bivalvia: Hitallidae) y its relationship with temperature and ocean productivity. Journal of Shellfish Research. 29 (1): 135-141
- Cartier, S., J. Pellerin, M. Fournier, E. Tamigneaux, L. Girault, N. Lemaire. 2004. Use of an index based on the blue mussel (*Mytilus edulis* and *Mytilus trossulus*) digestive

- gland weight to assess the nutritional quality of mussel farm sites. *Aquaculture*. 241(1):633-654
- Castillo-Durán, A., J. Chávez-Villalba, A. Arreola-Lizárraga, R. Barraza-Guardado. 2010. Comparative growth, condition, and survival of juvenile *Crassostrea gigas* and *C. Cortezensis* oysters cultivated in summer and winter. *Ciencias Marinas*. 36 (1): 29-39.
- Castro, B.G., A. Guerra, C.M.F. Jardon. 1991. Variation in digestive gland weight of *Sepia officinalis* and *Sepia elegans* through their life cycles, 99–103. En: Boucaud-Camou, E. (Ed.) Acta of the First International Symposium on the Cuttlefish *Sepia*. Centre de Publications de L'Universite de Caen, Caen.
- Cervantes-Duarte, R., S. López-López, E. González-Rodríguez, S. Futema-Jiménez. 2010. Ciclo estacional de nutrientes, Temperatura, Salinidad y Clorofila a en Bahía Magdalena, BCS, México. *Oceánides* 25 (2): 111-120.
- Chávez, L.S., J.J. Schmitter. 1991. Distribución de sedimentos, material orgánica fosfatos y batimetría de la plataforma de baja california, México (24-29° N). Informe geológico Núm. 1 C.I.B., La Paz, B.C.S., 66 pp.
- Cortez-Lucero, G., J.A. Arreola-Lizárraga, J. Chávez-Villalba, E.A. Aragón-Noriega. 2011. Edad, crecimiento y mortalidad de la almeja de sifón, *Panopea globosa* (Bilavia: Hiatellidae) en la región central del Golfo de California, México. *Biología Marina y Oceanografía*. 46 (3): 453-462.
- Cruz-Argüero, J., F. Galván-Magaña, J. Rodríguez-Romero, F.J. Gutiérrez-Sánchez. 1994. Lista sistemática de los peces marinos de Bahía Magdalena, Baja California Sur (México). *Ciencias Marinas*. 20: 17-31.
- Fathallah, S., M.N. Medhioub, A. Medhioub, H. Boussetta. 2010. Biochemical indices (RNA/DNA ratio and protein content) in studying the nutritional status of *Ruditapes decussatus* (Linnaeus 1758) juveniles. *Aquaculture Research*. 42: 139-146.
- Fernández-Reiriz, M.J., A. Pérez-Camacho, M. Delgado, U. Labarta. 2007. Dynamics of biochemical components, lipid classes and energy values on gonadal development of *R. philippinarum* associated with the temperature and ingestion rate. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 147: 1053-1059.
- Fierro-Jáuregui, M. de L. 2011. Dieta natural del caracol panocha *Megastrea undosa* (Wood, 1828) (Gastropoda: Turbinidae): Efecto de la dieta y temperatura en la

composición bioquímica de tejidos. Tesis de maestría. Centro de investigaciones Biológicas del Noroeste. 73p.

Gabbott, P.A. 1976. Energy metabolism. In: Bayne, B.L. (ed.) Marine mussels. Cambridge University Press, New York, p. 293-35

Gabbott, P.A., A.J.M. Walker. 1971. Changes in the condition index and biochemical content of adult oysters (*Ostrea edulis* L.) maintained under hatchery conditions. Journal du Conseil International pour L'Exploration de la Mer. 34(1): 98-105.

Gabbott, P.A. 1983. Developmental and seasonal metabolic activities in marine molluscs. In. Hochachka, P. W. (ed) The Mollusca, Vol. 2. Academic Press. New York. 165-217 pp

Gabr, H.R., R.T. Hanlon, S.G. El-Etreby, M.H. Hanafy.1999. Reproductive versus somatic tissue allocation in the cuttlefish *Sepia dollfusis* Adam (1941). Bulletin of Marine Science. 65: 159-173.

Galvao, M.S.M., O.M. Pereira, I.C. Machado, M.B. Henriques. 2000. Aspectos reproductivos en ostra *Crassostrea brasiliiana* de manguezais de estuario de Cananéia (25°S - 48° W). Boletim do Instituto de Pesca, Sao Paulo. 2:147-162.

Gárate-Lizárraga, I., D.A. Siqueiros-Beltrones. 1998. Time variation in phytoplankton Assemblages in a Subtropical Lagoon System after the 1982-1983 "El Niño" Event. Pacific Science. 52 (1): 79-97.

Goodwin, C.L. 1976. Observations of spawnings and growth of subtidal geoducks (*Panope generosa*, Gould). Proceedings of the National Shellfisheries Association. 65:49-58.

Goodwin, C.L., B. Pease. 1987. The distribution of geoduck (*Panope abrupta*) size, density and quality in relation to habitat characteristics such as geographic area, water depth, sediment type, and associated flora and fauna in Puget Sound Washington. Washington. Department of Fisheries Technical Report. No. 102. Washington.

Goodwin, C.L., B. Pease. 1989. Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (Pacific Northwest)-Pacific geoduck clam. U.S. Fish. Wildl. Serv. Biol. Rep. 82 (11.120). U.S. Army Corps of Engineers, TR EL-82-4 14 pp.

- González-Peláez, S.S., I. Leyva-Valencia, S. Pérez-Valencia, D.B. Lluch-Cota. Distribution limits of geoduck clams *P. generosa* and *P. globosa* in the pacific coast of México (en prensa).
- González-Peláez, S.S. Ciclo reproductivo de la almeja *Panopea globosa* de Bahía Magdalena B. C. S. México (en preparación).
- Gribben, P.E., J. Helson, A.G. Jeffs. 2004. Reproductive cycle of the New Zealand geoduck, *Panopea zelandica*, in two north island populations. *The Veliger*. 47 (1): 53-65.
- Hendrickx, M.E., R.C. Brusca, L.T. Findley. 2005. A distributional checklist of the macrofauna of the Gulf of California, Mexico. Part1. Invertebrates. Arizona-Sonora Desert Museum. 429 p.
- Hernández-López, C.G. 2012. Efecto de la dieta en el desarrollo y composición de la gónada y tejidos somáticos de la concha nácar *Pteria sterna* (Gould, 1851). Tesis de maestría. Centro de investigaciones Biológicas del Noroeste. 107p.
- Hongwei, Y., L. Qi, L. Wenguang, Y. Ruihai, K. Lingfeng. 2010. Seasonal changes in reproductive activity and biochemical composition of the razor clam *Sinonovacula constricta* (Lamarck 1818). *Journal Marine Biology Research*. 6 (1): 78-88.
- Ibáñez, C.M., J. Chong, M.C. Pardo-Gandarillas. 2005. Relaciones somatométricas y reproductivas del calamar *Loligo Gahi* Orbigni, 1835 en Bahía Concepción, Chile. *Investigaciones Marinas*. 33 (2): 211-215.
- Joaquim, S.M., D. Mátias, B. Lopes, W.S. Arnold, B.M. Gaspar. 2008. The reproductive cycle of white clam *Spisula solida* (L.) (Mollusca : Bivalvia): Implications for aquaculture and wild stock management. *Journal Aquaculture* 281: 43-48.
- Kang, C.K., Y.S. Kang, E.J. Choy, D.S. Kim, B.T. Shim, P.Y. Lee. 2007. Condition, reproductive activity, and gross biochemical composition of the manila clam, *Tapes philippinarum* in natural and newly created sandy habitats of the southern coast of Korea. *Journal of Shellfish Research*. 26 (2): 401-412.
- Keen, A. M. 1971. Sea shells of tropical west America. Marine mollusks from Baja California to Peru. Stanford University Press. Second Ed. Stanford, CA.1064 p.
- Lenz, T., G. Boehs. 2011. Ciclo reproductivo del ostión de manglar *Crassostrea rhizophorae* (Bivalvia: Ostreidae) en la Bahía de Camamu, Bahía, Brasil. *Revista de Biología Tropical*. 59 (1): 137-149.

- Li, Q., L. Yang, Q. Ke, L. Kong. 2011. Gametogenic cycle and biochemical composition of the clam *Macra chinensis* (Mollusca: Bivalvia): Implications for aquaculture and wild stock management. *Journal Marine Biology Research*. 7 (4): 407-415.
- Liu, W., Q. Li, Y. Yuan y S. Zhang. 2008. Seasonal Variations in Reproductive Activity and Biochemical Composition of the Cockle *Fulvia mutica* (Reeve) from the Eastern Coast of China. *Journal of Shellfish Research* 27 (2): 405-411.
- Lluch-Belda, D., M. Hernández-Rivas, R. Saldierna-Martínez, R. Guerrero-Caballero. 2000. Variabilidad de la temperatura superficial del mar en Bahía Magdalena, B. C. S. *Oceánides* 15: 1-23
- Lowry, O.H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr, R.J. Randall. 1951. Las mediciones de proteínas con el reactivo de Folin fenol. *Journal of Biological Chemistry*. 193 (1): 265-75.
- Martínez-López, A. 1993. Distribución espacial de fitoplancton asociada con frentes en la costa occidental de Baja California Sur. *Investigaciones Marinas CICIMAR*. 8 (2): 71-86.
- Mladineo I., M. Peharda, S. Orhanović, J. Bolotin, M. Pavela-Vrančić, B. Treursić. 2007. The reproductive cycle, condition index and biochemical composition of the horse-bearded mussel *Modiolus barbatus*. 61 (3): 183-192.
- Marshall, R., R.S. McKinley, C.M. Pearce. 2012. Effect of temperature on gonad development of the Pacific geoduck clam (*Panopea generosa* Gould, 1850). *Aquaculture*. 338-341: 264-273.
- Nascimento, I.A., S.A. Pereira. 1980. Change in the condition index from mangrove oysters (*Crassostrea rhizophorae*) from Todos os Santos Bay, Salvador, Brasil. *Aquaculture*. 20: 9-15.
- Newell, R.I.E., 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.
- Ojea, J., D. Martínez, S. Novoa, A. Cerviño-Otero. 2005. Ciclo gametogénico de una población de almeja japonesa *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) en la ría de Canarias (noroeste de España) y relación con la composición bioquímica mayoritaria. *Boletín Instituto Español de Oceanografía*. 21 (1-4): 337-342.

- Okumus, I., H. P. Stirling. 1998. Seasonal variations in the meat weight, condition index and biochemical composition of mussels (*Mytilus edulis* L.) in suspended culture in two Scottish sea lochs. *Aquaculture*. 159: 249-261.
- Oliveira, A.C.M., P.J. Bechtel, D.X. Nguyen, L. Gurer, C.A. Crapo, Q. Fong, R. Ralonde. 2011. Chemical composition and texture of commercial geoduck clams (*Panopea abrupta*) harvested in southeast Alaska. *Journal of Shellfish Research*. 30 (3): 761–769.
- Orban, E., G.D. Lena, T. Nevigato, I. Casini, R. Caproni, G. Santorini, G. Glulini. 2006. Nutritional and commercial quality of the striped Venus clam, *Chamelea gallina*, from the Adriatic Sea. *Food Chemistry*. 101:1063–1070.
- Parrish, R.H., C.S. Nelson, A. Bakun. 1981. Transport mechanisms and reproductive success of fishes in the California Current. *Biological Oceanography* 1 (2): 175-203.
- Prieto, A.S., M.S. Flores, C. Lodeiros. 1999. Madurez sexual e índice de condición en una población del mejillón de fondo *Modiolus squamosus* (Mollusca, Bivalvia) en Tocuchare, Golfo de Cariaco, Venezuela. *Ecotropica*. 12: 83-90.
- Racotta, I.S., J.L. Ramírez, S. Ávila, 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: 11-122.
- Rebelo, M.F., M.C.R. Amaral, W.C. Pfeiffer. 2005. Oyster condition index in *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) from a heavy-metal polluted coastal lagoon. *Brazilian Journal of Biology*. 2: 345-351.
- Ruiz, J.B., J. Benítez, T. Okuda. 1969. Variación estacional de la composición química del ostión, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding) en la Laguna Grande y la Bahía Mochima. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*. 1-2: 46-52.
- Ruiz, C., D. Martínez, G. Mosquera, M. Abad, J.L. Sánchez. 1992. Seasonal variations in condition, reproductive activity and biochemical composition of the flat oyster, *Ostrea edulis*, from San Cibrán (Galicia, Spain). *Marine Biology*. 112: 67-74.
- Ruiz-Verdugo, C.A., I.S. Racotta, A.M. Ibarra. 2001. Comparative biochemical composition in gonad and adductor muscle of triploid and diploid catarina scallop (*Argopecten ventricosus* Sowerby II, 1842). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 259: 155–170.

- Searcy-Bernal, R. 1984. Un estudio sobre la condición de la almeja pismo, *Tivela stultorum* con datos de longitud y peso de la carne de capturas comerciales. *Ciencias Marinas*. 9 (2): 19-30.
- Serdar, S., A. Lök. 2009. Gametogenic cycle and biochemical composition of the transplanted carpet shell clam *Tapes decussatus*, Linnaeus 1758 in Sufa (Homa) Lagoon, Izmir, Turkey. *Aquaculture* 293 (1-2): 81-88.
- Serdar, S., A. Lök, A. Kirtik, S. Acarli, A. Küçükdermenci, M. Güler, S. Yigitkurt. 2010. Comparison of Gonadal Development of Carpet Shell Clam (*Tapes decussatus*, Linnaeus 1758). En *Inside and Outside of Cakalburnu Lagoon, Izmir Bay*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 10: 395-401.
- Roe, J., J. Bailey, R. Gray, J. Robinson. 1961. Complete removal of glycogen from tissues by extraction with cold trichloroacetic acid solution. *Journal of Biological Chemistry*. 236: 1244-1246.
- Sicard, M.T., A.N. Maeda-Martínez, S.E. Lluch-Cota, C. Lodeiros, L.M. Roldán-Carrillo, R. Mendoza-Alfaro. 2006. Frequent monitoring of temperature: an essential requirement for site selection in bivalve aquaculture in tropical–temperate transition zones. *Aquaculture Research*. 37:1040-1049.
- Sicard, M.T., M.A. Tripp-Valdéz, L. Ocampo, A.N. Maeda-Martínez, S.E. Lluch-Cota. 2012. Coastal sea surface temperatura records along the Baja California Peninsula. *Oceánides*. 27(2): 1-6.
- Smith, O.K., R.I. Krohon, G.T. Hermanson, A.K. Mallia, F.H. Gartner, M.D. Provenzano, E.K. Fujimoto, N.M. Goeke, B.J. Olson, D.C. Klenk. 1985. Measurement of protein using bicinchoninic acid. *Analytical Biochemistry*. 150: 76-85.
- Sousa, R., F. Pilotto, D.C. Aldridge. 2011. Fouling of European freshwater bivalves (Unionidae) by the invasive zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). *Freshwater Biology* 56: 867 - 876.
- Straus, K.M., L.M. Crosson, B. Vadopalas. 2008. Effects of Geoduck Aquaculture on the Environment: A Synthesis of Current Knowledge. Technical Report WSG-TR 08-01, 64 p.
- Suja, N., P. Muthiah. 2010. Variations in gross biochemical composition in relation to the gametogenic cycle of the baby clam, *Marcia opima* (Gmelin), from two geographically separated areas. *Indian Journal of Fisheries*. 57(1): 53-59.

- Taylor, A.C., T.J. Venn. 1979. Seasonal variation in weight and biochemical composition of the tissues of the queen scallop, *Chlamys opercularis*, from the Clyde Sea area. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 59: 605-621.
- Thompson, R. J. 1977. Blood chemistry, biochemical composition, and the annual reproductive cycle in the giant scallop, *Placopecten magellanicus*, from southeast Newfoundland. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 34 (11):2089–2103.
- Van Handel, E. 1965. Estimation of glycogen in small amounts of tissue. *Analytical Biochemistry*. 11: 256-265.
- Villalejo-Fuerte, M., A. Tripp-Quezada, F. García-Domínguez. 2005. Variación de los índices gonádicos, de rendimiento muscular y de la glándula digestiva de *Spondylus princeps* (Gray, 1925) (Mollusca: Bivalva) en Isla Cedros y Punta Eugenia, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 40 (1): 87-90
- Vite-García, M.N. 2005. Almacenamiento y utilización de reservas energéticas en relación con la reproducción de las ostras perleras *Pteria sterna* (Gould, 1851) y *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856). Tesis de maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 107p.
- Vite-García, M.N., P.E. Saucedo. 2007. Energy storage and allocation during reproduction of pearl oyster *Pteria sterna* (Gould, 1851) al Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Journal of Shellfish Research*. 2: 375-383.
- Walne, P.R. 1976. Experiments on the culture in the sea of the butterflyfish *Venerupis decussata* L. *Aquaculture*. 8 (4): 371-381.
- Walne, P.R., R. Mann. 1975. Growth and biochemical composition of *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas*. *Proc. 9 th Europ. Mar. Biol. Symp.* p. 587-607.
- Yan, H., Q. Li, W. Liu, R. Yu, L. Kong. 2010. Seasonal changes in reproductive activity and biochemical composition of the razor clam *Sinonovacula constricta* (Lamarck 1818). *Journal Marine Biology Research*. 6 (1): 78-88.
- Zarnoch, C.B., M.P. Schreiber. 2008. Influence of temperature and food availability on the biochemical composition and mortality of juvenile *Mercenaria mercenaria* (L.) during the over-winter period. *Aquaculture*. 274: 281-291.

Anexos

Tabla V. Biometrías de la almeja generosa, *Panopea globosa*. Los datos corresponden al promedio mensual y su desviación estándar, pesos medidos en gramos.

Mes-Año	Peso total	Peso de tejido en campo	Peso de tejido seco	Peso de concha	Peso de manto	Peso de sifón	Peso de músculo	Peso de masa visceral
Noviembre-06	-	-	101.9±9.7	-	-	-	-	-
Enero-07	1074.0±160.1	615.7±89.4	109.89±25.9	119.0±22.3	184.4±59.6	223.6±36.9	11.26±2.2	89.5±16.2
Febrero-07	1039.0±273.1	556.1±181.1	-	98.1±23.0	110.7±40.9	193.9±70.5	8.45±3.0	97.2±36.7
Marzo-07	915.5±178.9	523.7±108.0	72.7±19.5	91.3±28.4	103.0±33.6	179.6±38.1	7.86±3.6	87.9±29.2
Abril-07	1015.7±219.4	608.0±142.0	91.5±27.6	94.0±19.2	131.7±48.1	238.5±50.7	8.80±1.8	94.7±30.4
Mayo-07	918.1±288.9	563.3±145.1	94.9±22.2	90.9±44.0	137.7±36.9	215.2±56.0	12.37±3.4	100.1±30.1
Junio-07	1268.3±154.3	733.9±84.9	136.4±35.9	115.7±21.7	200.7±50.4	279.6±35.7	13.23±4.4	119.3±20.2
Julio-07	860.9±135.7	496.5±59.2	89.5±18.2	74.4±18.7	117.2±30.5	205.0±41.8	8.89±2.2	80.7±20.4
Agosto-07	1219.9±240.0	740.9±153.6	141.3±35.6	116.9±24.1	205.4±50.1	280.6±72.6	11.07±4.4	123.7±33.1
Septiembre-07	963.5±168.6	623.3±139.6	103.8±23.2	106.2±19.0	159.6±46.1	220.9±68.0	9.07±3.2	104.9±26.1
Octubre-07	1107.8±156.6	728.7±110.1	126.9±45.4	116.0±22.4	184.0±56.1	271.6±39.6	8.98±2.2	103.0±19.1

Tabla VI. Matriz de coeficientes de correlación (n = 161) del contenido bioquímico de carbohidratos (CHO), proteínas (P), lípidos (L) y glucógeno (GCG) en gónada, sifón, manto, músculo abductor y glándula digestiva de la almeja generosa, *Panopea globosa*. Los datos corresponden al muestreo realizado mensualmente en noviembre de 2006 y de enero a octubre de 2007. La prueba estadística se realizó con una prueba de error de 0.1.

Componente		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	CHOgónada	-0.1	0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	-0.1	0.1	0.8	0.0	0.1	-0.1	-0.1
2	CHOsifón		0.2	0.2	-0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	-0.2	0.3	0.1	0.3	-0.2	-0.1	0.8	-0.1	0.2	0.1
3	CHOmanto			0.0	0.1	-0.1	0.1	-0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.7	-0.2	-0.2	0.2	0.3	0.7	0.0	0.0
4	CHOmúsculo				0.1	-0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.1	0.0	0.7	-0.1	0.0	0.3	-0.1	0.9	0.0
5	CHOglándula					-0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	-0.1	0.1	-0.1	0.1	0.8
6	Pgónada						0.0	-0.2	-0.1	0.2	0.1	-0.1	0.0	-0.1	0.1	0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1
7	Psifón							0.0	0.2	-0.1	-0.1	0.3	0.0	0.1	0.1	-0.2	0.2	-0.1	0.1	-0.1
8	Pmanto								0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	0.1
9	Pmúsculo									0.0	0.0	-0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	-0.1
10	Pglándula										0.1	-0.1	0.1	0.0	-0.1	0.0	0.1	-0.1	0.0	0.0
11	Lgónada											-0.2	0.1	-0.1	0.1	0.1	-0.2	0.0	0.0	0.0
12	Lsifón												0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1
13	Lmanto													-0.2	-0.1	0.2	0.1	0.6	0.0	-0.1
14	Lmúsculo														-0.1	0.0	0.1	-0.1	0.6	0.1
15	Lglándula															0.0	-0.2	0.0	-0.2	0.1
16	GCGgónada																-0.1	0.2	0.0	-0.1
17	GCGsifón																	0.0	0.2	0.0
18	GCGmanto																		-0.1	0.0
19	GCGmúsculo																			0.0
20	GCGglándula																			1

Tabla VII. Matriz de coeficientes de correlación para el promedio mensual (n = 11) del contenido bioquímico de carbohidratos (CHO), proteínas (P), lípidos (L) y glucógeno (GCG) en gónada, sifón, manto, músculo abductor y glándula digestiva de la almeja generosa, *Panopea globosa*. Los datos corresponden al muestreo realizado mensualmente en noviembre de 2006 y de enero a octubre de 2007. La prueba estadística se realizó con una prueba de error de 0.1.

Componente	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 CHOgónada	1	0.0	0.1	0.2	-0.3	-0.6	-0.1	-0.2	-0.1	-0.2	0.4	-0.3	0.3	0.3	-0.4	0.0	0.8	0.2	0.0	0.1	-0.3
2 CHOsifón	2		0.7	0.7	0.1	-0.3	0.5	0.3	0.6	0.2	-0.4	0.6	0.7	0.7	0.1	-0.4	-0.2	0.9	0.1	0.4	-0.1
3 CHOmanto	3			0.8	0.4	-0.4	0.6	0.1	0.5	0.0	-0.1	0.5	0.7	0.7	-0.1	-0.2	-0.2	0.8	0.2	0.7	0.2
4 CHOmúsculo	4				0.0	-0.4	0.8	-0.1	0.4	-0.2	-0.4	0.7	0.7	0.7	0.2	-0.1	-0.1	0.8	0.4	0.9	-0.1
5 CHOglándula	5					-0.2	0.1	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	-0.1	-0.1	0.1	-0.3	-0.4	0.1	-0.3	0.2	0.8
6 Pgónada	6						-0.1	-0.1	-0.3	0.4	0.1	-0.1	-0.6	0.1	0.1	0.3	-0.2	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3
7 Psifón	7							0.2	0.7	0.1	-0.3	0.5	0.4	0.3	0.1	-0.4	0.6	0.0	0.7	0.7	-0.2
8 Pmanto	8								0.4	0.6	0.1	-0.3	0.2	0.1	-0.5	-0.5	0.3	-0.6	0.0	0.0	-0.1
9 Pglándula	9									0.0	-0.2	0.3	0.2	0.2	0.1	-0.3	0.6	-0.3	0.2	0.2	0.1
10 Pmúsculo	10										0.2	-0.3	0.1	0.0	-0.6	-0.2	0.1	-0.8	0.0	0.0	-0.2
11 Lgónada	11											-0.9	-0.2	-0.4	0.1	0.3	-0.4	-0.5	-0.2	0.1	0.1
12 Lsifón	12													0.4	0.3	0.0	-0.3	0.5	0.5	0.4	0.0
13 Lmanto	13														-0.2	-0.4	-0.1	0.8	0.3	0.5	-0.2
14 Lmúsculo	14															0.0	-0.2	0.0	0.1	0.3	-0.1
15 Lglándula	15																0.1	-0.3	0.3	-0.2	-0.1
16 GCGgónada	16																	-0.2	0.0	-0.1	-0.3
17 GCGsifón	17																		0.1	0.5	-0.2
18 GCGmanto	18																			0.1	0.1
19 GCGmúsculo	19																				0.0
20 GCGglándula	20																				1

Tabla VIII. Variación mensual en la composición de carbohidratos, glucógeno, proteínas y lípidos (mg/g) en glándula digestiva, gónada, manto, músculo abductor y sifón de la almeja generosa, *Panopea globosa*. Los valores son el promedio \pm desviación estándar (n=11 en noviembre-06 y n=15 el resto de los meses).

Año- Mes-Tejido	Carbohidratos (mg/g)	Glucógeno (mg/g)	Proteínas (mg/g)	Lípidos (mg/g)
Noviembre-06				
Glándula digestiva	111.0 \pm 21.2	51.4 \pm 21.5	419.2 \pm 70.7	101.7 \pm 35.5
Gónada	112.8 \pm 38.5	55.1 \pm 29.6	415.1 \pm 71.7	129.3 \pm 22.1
Manto	349.4 \pm 61.3	143.9 \pm 99.4	427.2 \pm 109.7	55.2 \pm 24.4
Músculo abductor	107.9 \pm 42.5	63.3 \pm 40.8	734.7 \pm 92.3	34.4 \pm 15.6
Sifón	103.1 \pm 21.3	77.2 \pm 27.7	476.3 \pm 63.3	8.4 \pm 3.7
Enero-07				
Glándula digestiva	72.0 \pm 27.6	48.5 \pm 29.2	405.7 \pm 63.2	85.4 \pm 18.0
Gónada	132.8 \pm 38.2	79.2 \pm 38.6	389.0 \pm 37.6	121.7 \pm 31.4
Manto	231.7 \pm 125.9	199.5 \pm 128.6	381.0 \pm 133.5	54.8 \pm 27.9
Músculo abductor	78.0 \pm 39.3	42.0 \pm 21.2	459.0 \pm 189.1	23.5 \pm 16.9
Sifón	71.0 \pm 24.3	34.6 \pm 17.9	206.1 \pm 69.8	8.0 \pm 1.9
Febrero-07				
Glándula digestiva	55.8 \pm 23.3	27.2 \pm 26.1	404.0 \pm 58.2	114.9 \pm 26.5
Gónada	107.4 \pm 43.4	72.7 \pm 52.6	528.2 \pm 141.7	103.7 \pm 38.4
Manto	208.5 \pm 140.7	165.5 \pm 151.5	362.7 \pm 92.0	36.9 \pm 25.4
Músculo abductor	80.4 \pm 68.2	43.3 \pm 36.7	534.4 \pm 208.3	33.4 \pm 22.9
Sifón	67.8 \pm 32.5	28.9 \pm 18.3	348.6 \pm 89.8	9.4 \pm 2.8
Marzo-07				
Glándula digestiva	100.7 \pm 29.9	66.4 \pm 36.9	377.8 \pm 38.9	104.2 \pm 27.9
Gónada	98.7 \pm 39.1	63.4 \pm 39.7	436.0 \pm 110.8	94.4 \pm 31.9
Manto	315.7 \pm 134.0	275.0 \pm 149.1	350.1 \pm 76.9	50.4 \pm 26.8
Músculo abductor	107.6 \pm 58.0	57.9 \pm 31.2	583.0 \pm 206.2	41.1 \pm 14.4
Sifón	103.8 \pm 41.5	49.8 \pm 29.7	350.5 \pm 77.9	11.5 \pm 3.0
Abril-07				
Glándula digestiva	82.0 \pm 29.7	61.9 \pm 39.2	387.5 \pm 62.0	103.2 \pm 29.9
Gónada	82.3 \pm 24.4	42.1 \pm 25.0	442.4 \pm 64.0	71.4 \pm 29.7
Manto	249.1 \pm 140.0	224.1 \pm 147.6	393.2 \pm 80.9	48.7 \pm 25.7
Músculo abductor	96.5 \pm 47.6	52.0 \pm 25.6	624.3 \pm 177.6	38.5 \pm 16.5
Sifón	76.1 \pm 17.9	41.9 \pm 22.8	436.0 \pm 88.5	11.7 \pm 2.2

Continuación tabla VIII.

Año- Mes-Tejido	Carbohidratos (mg/g)	Glucógeno (mg/g)	Proteínas (mg/g)	Lípidos (mg/g)
Mayo-07				
Glándula digestiva	105.4±38.0	73.5±45.4	386.0±56.7	85.1±16.9
Gónada	95.2±20.1	56.3±25.3	419.0±61.9	90.7±32.8
Manto	234.7±108.2	193.6±123.7	410.2±117.2	41.7±22.9
Músculo abductor	83.1±45.1	44.7±24.3	593.8±170.5	40.3±15.2
Sifón	89.9±39.2	46.8±32.0	240.2±83.8	9.4±4.4
Junio-07				
Glándula digestiva	83.5±27.5	46.2±25.5	395.7±64.3	101.3±27.2
Gónada	121.1±21.7	76.8±32.8	401.3±75.1	100.4±40.4
Manto	196.6±88.7	146.9±102.4	393.0±107.3	39.5±19.6
Músculo abductor	84.0±66.1	43.1±34.6	716.4±86.8	43.7±26.1
Sifón	86.7±21.9	34.1±17.6	355.4±166.4	9.5±3.3
Julio-07				
Glándula digestiva	79.5±27.3	58.0±33.4	335.6±68.7	103.7±33.9
Gónada	133.1±32.6	75.1±39.3	348.7±74.7	80.7±21.8
Manto	366.2±67.0	258.8±88.8	356.5±80.1	55.9±20.7
Músculo abductor	134.6±41.8	71.5±27.2	669.9±179.0	33.4±9.5
Sifón	110.4±43.0	87.5±75.3	460.2±76.2	11.9±3.5
Agosto-07				
Glándula digestiva	63.8±32.4	36.7±35.9	393.0±35.5	99.8±15.3
Gónada	109.5±21.5	58.2±22.3	404.3±91.6	75.5±34.1
Manto	312.5±84.1	233.3±71.0	397.2±92.5	59.6±19.3
Músculo abductor	103.0±26.2	37.0±14.2	720.4±190.1	31.1±8.6
Sifón	144.3±37.1	103.4±49.8	390.3±124.7	11.8±2.6
Septiembre-07				
Glándula digestiva	53.7±20.8	12.3±12.7	416.8±41.2	83.1±37.7
Gónada	113.9±22.6	66.1±27.4	421.6±115.3	72.8±38.1
Manto	285.8±53.2	223.2±37.4	406.0±104.9	59.4±19.0
Músculo abductor	124.6±61.1	69.5±54.9	576.7±165.8	47.0±28.3
Sifón	123.3±34.7	82.0±33.3	445.5±164.7	11.2±1.4
Octubre-07				
Glándula digestiva	117.4±37.3	60.1±39.8	462.8±49.9	67.4±31.8
Gónada	104.6±32.6	57.6±33.7	432.0±60.4	87.9±20.2
Manto	346.0±79.2	115.4±46.2	409.0±76.8	53.5±13.9
Músculo abductor	108.7±42.6	62.2±35.5	685.4±75.6	34.4±16.2
Sifón	135.7±26.0	86.1±39.5	430.5±61.0	11.3±2.3