



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE SUCRE
ESCUELA DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA DE LOS MEJILLONES *Perna perna* Y *P. viridis*
BAJO SISTEMA DE CULTIVO SUSPENDIDO EN LA ENSENADA DE
TURPIALITO
(Modalidad: Investigación)

YOLIMAR JOSEFINA NATERA

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADA EN BIOLOGÍA

CUMANÁ, 2010
COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA DE LOS MEJILLONES *Perna perna* Y *P. viridis*
BAJO SISTEMA DE CULTIVO SUSPENDIDO EN LA ENSENADA DE
TURPIALITO

APROBADO POR:

Prof. Vanessa Acosta
Asesor

Prof. César Lodeiros
Co-Asesor

Prof. Edgar Zapata
Jurado Principal

Prof. Luís Freites
Jurado Principal

INDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
LISTA DE TABLAS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN	1
METODOLOGÍA	4
Área de estudio	4
Parámetros ambientales	5
Procesamiento de las muestras	5
Composición bioquímica	6
Equivalentes energéticos de los carbohidratos, lípidos y proteínas	7
Análisis estadísticos	8
RESULTADOS	9
Parámetros ambientales	9
Estadíos reproductivos	10
Composición bioquímica	13
Carbohidratos	13
Lípidos	13
Proteínas	14
Contenido energético	15
Relación entre factores ambientales, componentes energéticos y estadíos reproductivos	16
DISCUSIÓN	21
CONCLUSIONES	25
BIBLIOGRAFÍA	26
ANEXOS	32
HOJA DE METADATOS	34

DEDICATORIA

A mi madre Lucrecia, por su amor, esfuerzo y dedicación por hacer de mí lo que soy hoy. ¡Te amo!.

A mi hermana Yolivett (Yoli), por su confianza, apoyo y amor en todo momento, gracias por existir. ¡Te amo!.

A mis sobrinos: Maryury, Jofret y Yudeisy, para que permanezca en ellos el motivo de mi alegría y superación.

A los seres que no están físicamente y que desde el cielo me guían y cuidan en todo momento: Marcos Ramos (abuelo), Orlando León (hermano) y Yanett López (prima).

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por iluminarme el camino y darme las fuerzas necesarias hacia la realización de este anhelo.

A la Dra. Vanessa Acosta, por su orientación, colaboración y paciencia durante la realización de este trabajo de investigación.

Al Dr. César Lodeiros Seijo, por la revisión del manuscrito y mejoramiento del mismo, las cuales significaron un importante aporte en la realización de ésta investigación.

Al personal que labora en la Estación Hidrobiológica de Turpialito, gracias por tan valiosa colaboración.

A Aléikar Vásquez, por su asesoría y apoyo incondicional en el manejo de equipos y técnicas de laboratorio.

Al señor Juan, empleado de la biblioteca "La Curra," por sus gestos de cariño en la búsqueda de información con respecto al presente trabajo.

A mis amigos y compañeros de estudios por su apoyo y cariño.

A todas aquellas personas que de una u otra forma me brindaron su ayuda. Dios les bendice por siempre.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de regresión paso a paso ("Stepwise") aplicado a los carbohidratos, proteínas y lípidos de lóbulos gonadales, glándula digestiva y músculo, de *P. perna* con respecto, a los parámetros (temperatura, seston total, seston orgánico clorofila *a*) y los estadios reproductivos (inmaduro, desarrollo, maduro, desove y regresión gonádica).19

Tabla 2. Análisis de regresión paso a paso ("Stepwise") aplicado a los carbohidratos, proteínas y lípidos de lóbulos gonadales, glándula digestiva y músculo, de *P. viridis* con respecto, a los parámetros (temperatura, seston total, seston orgánico y clorofila *a*) y los estadios reproductivos (inmaduro, desarrollo, maduro, desove y regresión gonádica).20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la zona de recolección de las muestras (●) Guayacan (costa norte del estado Sucre) y de cultivo de los mejillones (●), Ensenada de Turpialito (golfo de Cariaco, estado Sucre) desde julio-2002 – julio 2003.	4
Figura 2. Variación mensual de la temperatura (a), clorofila <i>a</i> (b), seston total (c) y su porcentaje orgánico (d) en la Ensenada de Turpialito, desde julio-2002 - julio 2003.	10
Figura 3. Histograma de frecuencias de los estadios de maduración sexual de <i>P. perna</i> cultivada en la Ensenada de Turpialito, desde julio-2002 - julio 2003. Estadio I= inmaduro, Estadio II= Desarrollo, Estadio III= maduro; Estadio IV= desove, Estadio V= regresión gonádica	11
Figura 4. Histograma de frecuencias de los estadios de maduración sexual de <i>P. viridis</i> cultivados en la Ensenada de Turpialito (golfo de Cariaco, estado Sucre), desde julio 2002 – julio 2003. Estadio I= inmaduro, Estadio II= Desarrollo, Estadio III= maduro; Estadio IV= desove, Estadio V= regresión gonádica.	12
Figura 5. Variación mensual de carbohidratos en los lóbulos gonadales, músculo y glándula digestiva (mg/g) de los mejillones <i>P. perna</i> y <i>P. viridis</i> , cultivados en la Ensenada de Turpialito, desde julio 2002- julio 2003.	14
Figura 6. Variación mensual de lípidos en los lóbulos gonadales, músculo y glándula digestiva (mg/g) de los mejillones <i>P. perna</i> y <i>P. viridis</i> , cultivados en la Ensenada de Turpialito, desde julio 2002- julio 2003.	15
Figura 7. Variación mensual de las proteínas en los lóbulos gonadales, músculo y glándula digestiva (mg/g) de los mejillones <i>P. perna</i> y <i>P. viridis</i> , cultivados en la Ensenada de Turpialito, desde julio 2002- julio 2003.	15
Figura 8. Variación mensual del contenido energético (Kj mg-1) en los lóbulos gonadales, músculo y glándula digestiva (mg/g) de los mejillones <i>P. perna</i> y <i>P. viridis</i> , cultivado en la Ensenada de Turpialito, desde julio 2002- julio 2003.	17

RESUMEN

La composición bioquímica de los mejillones *Perna perna* y *P. viridis* permite determinar el valor alimenticio y proporciona información que ayuda a entender el metabolismo de éstos. En este estudio se evaluarón mensualmente los sustratos energéticos en los lóbulos gonadales, músculo y glándula digestiva de los mejillónes bajo sistema de cultivo suspendido en la Ensenada de Turpialito, desde julio de 2002 hasta julio de 2003, con la finalidad de conocer como es el proceso de acumulación y gasto de energía de ambas especies ante las variaciones ambientales que se producen anualmente en el golfo de Cariaco. Se analizarón los carbohidratos, lípidos y proteínas mediante espectrofotometría. Para evaluar la influencia ambiental, se obtuvieron registros semanales de los parámetros ambientales (temperatura, clorofila *a*, y sestón total y orgánico) en la zona de cultivo. Se obtuvieron diferencias altamente significativas en cada una de las especies con respecto a los sustratos energéticos en los tejidos analizados; encontrándose en el músculo y la glándula digestiva las mayores reservas energéticas, principalmente en *P. perna*, en donde la movilización de carbohidratos soportó parte de la actividad reproductiva en respuesta a las condiciones ambientales, como la baja disponibilidad de alimento. Por su parte, en *P. viridis* se observó que aparte del alimento, la temperatura y la reproducción afectaron el metabolismo energético de esta especie, limitando su crecimiento. En líneas generales se produjeron movilizaciones de las reservas energéticas, en respuesta a las condiciones ambientales y particularmente a la actividad reproductiva, siendo los carbohidratos el sustrato que desempeñó un papel importante en los ciclos energéticos y reproductivos de ambas especies.

INTRODUCCIÓN

La movilización y utilización de sustratos energéticos (principalmente carbohidratos y lípidos) es indispensable para el mantenimiento del metabolismo basal, crecimiento y reproducción de cualquier organismo, incluyendo moluscos y otros invertebrados (Gabbott, 1976; 1983). En tal sentido, el estudio de la variación estacional de la composición química y ciclo anual de la reproducción ha sido ampliamente utilizado, como indicador de la dinámica, estructura y períodos de engorde de las poblaciones naturales y cultivadas de moluscos bivalvos. Por lo tanto, conocer los cambios en la composición bioquímica (carbohidratos, lípidos y proteínas) es de suma importancia porque permiten determinar la energía destinada para el crecimiento y la reproducción (Jayabal y Kalyani, 1986; Navarro *et al.*, 1989).

La mayoría de los cambios metabólicos observados en tejidos de los moluscos bivalvos se deben principalmente a las variaciones en el contenido de carbohidratos (principalmente del glucógeno), cuyos patrones anuales de acumulación y utilización reflejan la compleja interacción entre factores exógenos como la disponibilidad de alimento y la temperatura y factores endógenos como el crecimiento y el ciclo anual de reproducción (Gabbott, 1976). Los carbohidratos cumplen un papel de vital importancia en los ciclos energéticos y reproductivos de bivalvos, mientras que los lípidos actúan como reservas energéticas relacionadas con la producción y desarrollo de gametos (Zandee *et al.*, 1980; Martínez, 1991). Por otro lado, se ha observado que las proteínas constituyen la principal fuente de energía para el mantenimiento del organismo bajo condiciones de estrés metabólico una vez que los carbohidratos y lípidos han sido agotados (Beninger y Lucas, 1984; Hawkins y Bayne, 1991).

En Venezuela existen diversas especies de moluscos marinos utilizados como fuente de alimento, especialmente en el nororiente del país, donde las condiciones ambientales de sus aguas costeras constituyen un régimen ideal para su óptimo desarrollo. Dentro de las especies más valorizadas desde el punto de vista económico y

social se encuentran los mejillones *Perna perna* y *P. viridis*. En la actualidad, toda la pesca comercial de dichos mejillones es producto de la explotación intensiva de los bancos naturales existentes en la región, los cuales constituyen el sustento comercial y alimenticio de los pescadores (Acosta *et al.*, 2009). Ambas especies se caracterizan por mostrar amplia distribución geográfica, alcanzan tasas de crecimiento altas y presentan períodos reproductivos cortos; por lo cual ambas especies son potencialmente cultivables (Vélez y Martínez, 1967; Carvajal, 1969; Vélez, 1971; Acuña, 1977; Cheung, 1991; Gallardo *et al.*, 1992; Hickman 1992; León *et al.*, 1998; Ragopal *et al.*, 1998; Tejera *et al.*, 2000; Acosta *et al.*, 2009).

Entre los estudios realizados en *P. perna* Benítez (1968) y Benítez y Okuda (1971), evaluarón la variación mensual de composición bioquímica demostrando una relación directa entre el peso de la carne, los hidratos de carbono, las grasas y las proteínas. Nusetti y Morales (1988) analizaron el crecimiento de algunos de sus tejidos utilizando la relación ARN/ADN para evaluar el metabolismo energético, y encontraron diferencias de disponibilidad energética asociada con el crecimiento y variación significativa entre las tallas y tejidos. Prieto *et al.* (1999) estudiaron la dinámica energética del crecimiento en una población natural del mejillón *P. perna*, demostrando una relación directa entre la variación energética en el crecimiento y los componentes ambientales. Por su parte, Arrieche *et al.* (2002) y Licet (2003) analizaron la composición bioquímica de los lóbulos gonadales del bivalvo, señalando variación de los componentes energéticos con las fases reproductivas y los factores ambientales estudiados ; mientras que, en el caso de *P. viridis*, Guzmán (2004) evaluó la composición bioquímica en los lóbulos gonadales de poblaciones naturales, demostrando cambios en los sustratos energéticos en relación a la disponibilidad de alimento y procesos reproductivos.

Los cambios estacionales en la composición bioquímica de los moluscos dependen de diversos factores exógenos (temperatura, salinidad, alimento) así como de factores endógenos (estado reproductivo). En este sentido, algunos investigadores han logrado confirmar que las variaciones energéticas de tejidos de bivalvos marinos están

íntimamente relacionados con la interacción del ambiente y su biología (Carvajal, 1969; Vélez *et al.*, 1987; Lodeiros *et al.*, 2001). Algunos estudios han reportado que la disponibilidad del alimento influye sobre el contenido de glucógeno en *Mytilus edulis* (Zandee *et al.*, 1980; Okumus y Stirling, 1998) y *M. galloprovincialis* (Lubet, 1984; Lubet y Mann (1987), relacionado directamente con crecimiento y ciclo reproductivo. No obstante, se ha reportado que las proteínas también tienen una incidencia directa en el bivalvo *Tapes philippinarum*, como proveedora de energía durante el período de poca disponibilidad de alimento (Beninger y Lucas 1984). Con respecto a la influencia de la temperatura, se ha reportado su efecto sobre el ciclo reproductivo (inicio del proceso y formación de gametos) en bivalvos marinos (Bayne *et al.*, 1982). En otros estudios se ha sugerido que las diferencias observadas en las composición bioquímica de algunas poblaciones de mejillones distribuidas en zonas con condiciones ambientales distintas, son debidas a las diferencias cualitativas y/o cuantitativas en la disponibilidad del alimento de origen fitoplanctónico (Okumus y Stirling, 1998).

Dadas las condiciones hidrográficas en el golfo de Cariaco y tomando en cuenta los caracteres fisiológicos de las especies *P. perna* y *P. viridis*, se evaluarón los cambios que se producen en el almacenamiento y distribución de carbohidratos, lípidos y proteínas en lóbulos gonadales, músculos, y glándula digestiva, además se estudió, la influencia de la reproducción como un factor endógeno y los factores ambientales como factores exógenos, sobre la composición bioquímica de los mejillones y el contenido energético en kilojoules (kJ) de los mejillones, con la finalidad de estudiar como responde internamente cada especie a los procesos de acumulación y gasto de energía durante un ciclo anual en condiciones de cultivo.

METODOLOGÍA

Área de estudio

La investigación se realizó desde julio de 2002 hasta julio de 2003 obteniéndose semillas de *P. perna* y *P. viridis* de los bancos naturales de Guayacán, Península de Araya 10°42'-10°46'N y 63°48'- 63°54'O, estado Sucre y luego fueron trasladadas a la Ensenada de Turpialito 10°26'56" N y 60°02'56" O, donde se obtuvieron las muestras de cultivo experimental suspendido (Fig. 1)

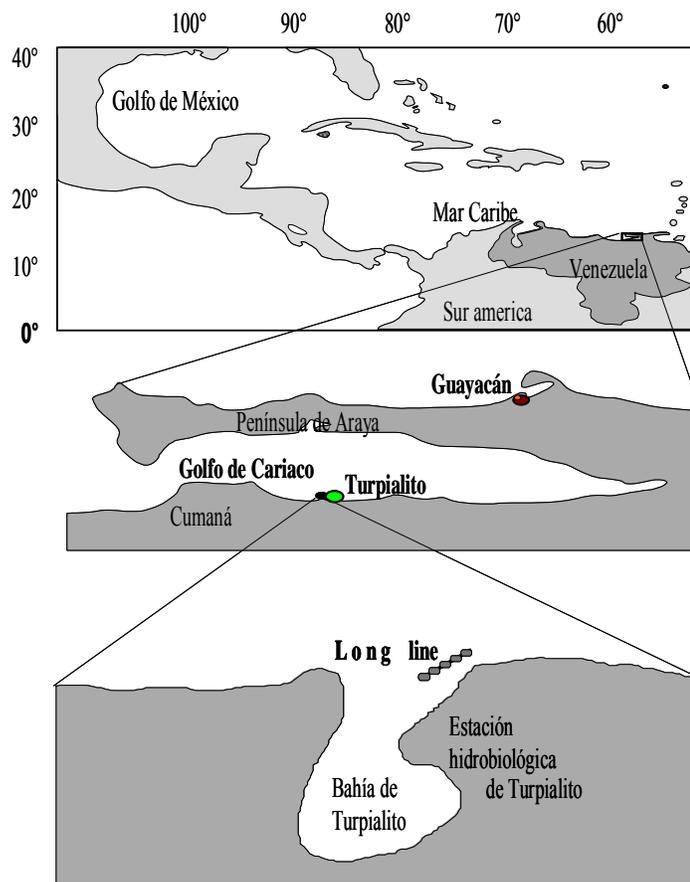


Figura 1. Mapa de la zona de recolección de la muestras (●) Guayacán (costa norte del estado Sucre) y de cultivo de los mejillones (●), Ensenada de Turpialito (golfo de Cariaco, estado Sucre) desde julio-2002 – julio 2003.

Parámetros ambientales

Para la evaluación de los parámetros ambientales se obtuvieron registros de temperatura cada cinco minutos con un termógrafo electrónico (Sealog-Vemco), el cual fue instalado en el lugar de experimentación.

De la zona de cultivo, se obtuvieron muestras semanales de agua de mar, por triplicado, con una botella de Niskin de 2 l de capacidad, al nivel de la columna de agua a una profundidad de 2 m aproximadamente. Estas fueron filtradas previamente con una malla de 153 μm de poro con el fin de eliminar el macroplankton, distribuyéndose alícuotas de 1000 ml para la determinación de clorofila *a*, las cuales fueron resguardadas en contenedores plásticos opacos, además fueron tomadas muestras con el mismo volumen para seston para ser analizados en el laboratorio.

Posteriormente las muestras de clorofila *a* y seston fueron filtradas al vacío con un equipo Millipore, a través de filtros Whatman GF/F (0,7 μm de diámetro de poro), para concentrar el material suspendido, en el caso de éstas últimas, fueron lavadas con formiato de amonio al 3% con el fin de eliminar sales. El seston total se determinó secando los filtros a 60°C/24h en una estufa, la fracción inorgánica fue obtenida por incineración de los filtros a 450°C/4h en una mufla, y luego por diferencia de estos pesos se obtuvo la fracción orgánica del mismo.

Por su parte la clorofila *a* se se obtuvo mediante la extracción de los filtros, añadiendo acetona al 95%, dejando un período de reposo de 24 h. A continuación se determinó su densidad óptica por métodos espectrofotométricos a longitudes de ondas de 665 y 750 nm, según recomendaciones de Strickland y Parsons (1972).

Procesamiento de las muestras

Mensualmente se extrajeron de las cuerdas de cultivo los mejillones correspondientes a ambas especies (Anexo 1 y 2). Una vez en el laboratorio, se les realizó una evaluación del tejido reproductivo siguiendo la escala de apreciación visual

establecida por Sreenivasan *et al.* (1989). Esta clasificación en los mitílidos se basa en el área que ocupa el lóbulo gonadal en la cavidad del manto, en el espesor y la coloración de la gónada, agrupándose en: estadio I (Inmaduro), el tejido gonadal presenta una coloración tenue y su desarrollo se observa en el centro de los lóbulos; estadio II (Desarrollo), muestra una coloración más intensa que el anterior, el tejido llega a abarcar la casi totalidad de los lóbulos.; estadio III (Maduro), la gónada está totalmente desarrollada, el tejido abarca todo el lóbulo, hasta llegar al manto, la coloración es uniforme y muy intensa (anaranjada en las hembras y blanco cremoso en los machos); estadio IV (Desove), la gónada abarca todos los lóbulos pero no presenta uniformidad en su coloración, con ramificaciones claras o blanquecinas; V (Regresión), los lóbulos presentan poco tejido gonadal, con algunas partes que pueden llegar a observarse flácidas y transparente

Posteriormente, a cada grupo de 10 organismos de cada especie de mejillón, se le extrajeron los lóbulos gonadales (incluyendo el manto), músculo y glándula digestiva con ayuda de un equipo de disección. Estos tejidos fueron colocados en una estufa a una temperatura de 60°C/48h, aproximadamente, con la finalidad de obtener un peso constante; luego se pesaron en una balanza analítica marca Acculab ALC-serie 0,01g de apreciación. Posteriormente, fueron preservadas en un refrigerador a una temperatura de -7 °C para luego proceder a la cuantificación de los componentes bioquímicos.

Composición bioquímica

La cuantificación de los componentes bioquímicos se hizo por triplicado, en tejidos secos y pulverizados de los lóbulos gonadales, músculo y glándula digestiva.

Determinación de carbohidratos. Se efectuó por el método Dubois *et al.* (1956). Se realizó la curva de calibración utilizando solución patrón de glucosa (D – Glucosa; SIGMA, G-5767), de grado analítico. Esta fue obtenida a partir de diluciones seriadas de 0,1 hasta 0,9 ml de solución de glucosa (0,2 mg/ml) y colocadas en tubos de ensayo, que luego fueron completadas hasta 1 ml con agua destilada. A las mismas, se

les agregó 1 ml de fenol al 5% y 5 ml de ácido sulfúrico concentrado. La determinación de carbohidratos en las muestras se realizó tomando 3 submuestras de 100 µl de tejido (10 mg/ml) y se le agregó 0,9 ml de agua destilada, de igual forma se le añadió 1 ml de fenol al 5% y 5 ml de ácido sulfúrico concentrado. Finalmente, se procedió a medir la absorbancia a 490 nm.

Determinación de lípidos. Se realizó por la técnica descrita por Marsh y Weinsten (1966). La curva de calibración se obtuvo con un patrón de ácido palmítico (SIGMA, P-5585). A 10 mg de tejido seco homogeneizado, se le agregó 200 µl de una solución de cloroformo/metanol (2:1). Seguidamente, se dejó secar en una estufa a una temperatura 80°C por media hora y luego se enfrió a temperatura ambiente. Después, se le añadió 0,5 ml de cloroformo y se tapó por un lapso de 15 min. Posteriormente, se tomaron 3 alícuotas de 100 µl que se colocaron en tubos de ensayo y se dejaron evaporar en una estufa a una temperatura a 40°C hasta secar. Luego se les agregó 1 ml de ácido sulfúrico concentrado, y se colocaron en una mufla a una temperatura de 200°C por 15 min. A continuación, se dejaron enfriar y se les agregó 2 ml de agua destilada, para luego hacer la medición de absorbancia a 375 nm.

Determinación de proteínas. Se realizó por el método colorimétrico empleando el reactivo de Folin Ciocalteau (Lowry *et al.*, 1951). Se preparó una curva de calibración, utilizando solución de albúmina de suero de bovino (SIGMA, A-7888) (1mg/ml). Se tomaron 100 µl de muestra de tejido (10 mg/ml) y se añadió 50 µl de solución de NaOH (1mol/l); luego se calentó a 100°C, por un período de 10 min. Esta solución se completó hasta 1 ml con agua destilada, se le añadió 5 ml de solución cuproalcalina y se dejó reposar por 10 min. Finalmente, se le agregó 500 µl de reactivo de Folin Ciocalteau y se midió la absorbancia a 750 nm.

Equivalentes energéticos de los carbohidratos, lípidos y proteínas

Los cambios ocurridos desde el punto de vista de la energía contenida en los mejillones fueron evaluados mediante la estimación de equivalentes energéticos de los

componentes bioquímicos: carbohidratos, lípidos y proteínas mediante la transformación de 17,16; 35 y 18 kJ g⁻¹, respectivamente, de acuerdo a los factores de conversión propuestos por Beukeman y De Bruin (1977) citado por Whyte *et al.* (1990).

Análisis estadísticos

Para comparar los valores mensuales de cada componente bioquímico en los tejidos experimentales, entre las especies de mejillón, se empleó un ANOVA I. En los casos donde se establecieron diferencias significativas ($P < 0,05$) se aplicó una prueba a *posteriori* Scheffé. Con la finalidad de estimar la posible influencia de los parámetros, de temperatura, clorofila *a*, seston total y seston orgánico, sobre los estadios reproductivos de ambas especies de mejillones y los componentes bioquímicos, se realizó un análisis de regresión múltiple "Stepwise", según Hair *et al.* (1992).

RESULTADOS

Parámetros ambientales

Temperatura

La temperatura mostró una variación anual de $\pm 7^{\circ}\text{C}$ durante el período de estudio (Fig. 2a), alcanzando valores máximos de $30,5^{\circ}\text{C}$ en octubre de 2002, para luego descender a finales de enero de 2003, cuando se registraron temperaturas más bajas de $22-22,5^{\circ}\text{C}$, por efecto del fenómeno de surgencia costera, entre febrero y mediados de marzo de 2003; posteriormente se mantuvo menor a 24°C , para incrementar a finales de abril hasta alcanzar valores entre los $26-27,9^{\circ}\text{C}$, manteniéndose aproximadamente igual hasta finales del estudio.

Clorofila *a*

La biomasa fitoplactónica estimada mediante la clorofila *a*, mostró un patrón de variación inverso al de la temperatura (Fig. 2b). Los primeros meses de muestreo y hasta finales de noviembre de 2002, cuando los valores de la temperatura fueron más elevados ($30,5^{\circ}\text{C}$); la clorofila *a* estuvo por debajo de $1 \mu\text{gl}^{-1}$ a excepción del mes de julio de 2002 donde se observaron los mayores valores ($12 \mu\text{gl}^{-1}$), mientras que, a partir del mes de diciembre de 2002 y hasta marzo del siguiente año (2003) estuvo representado por concentraciones de clorofila *a* superiores a $4 \mu\text{gl}^{-1}$, lo que contrasta con los valores bajos de temperatura ocurridos durante el mismo período ($24-25^{\circ}\text{C}$), mostrándose posteriormente fluctuaciones que se mantuvieron hasta terminar el estudio.

Seston

Una tendencia análoga a la biomasa fitoplactónica fue observada para el seston (Fig. 2c) y su fracción orgánica (Fig. 2d), alcanzando los mayores valores a finales de diciembre de 2002 hasta enero de 2003 ($40-70 \text{mg l}^{-1}$), los cuales coincidieron con los

porcentajes de mayor contenido orgánico (80%) durante los períodos de bajas temperaturas, mientras que los valores más bajos ($< 20 \text{ mg l}^{-1}$) se observaron en los períodos de altas temperaturas.

Estadios reproductivos

En líneas generales, a partir de enero de 2003, se observó en *P. perna* la coexistencia de organismos en todos los estados reproductivos, sin embargo, durante el

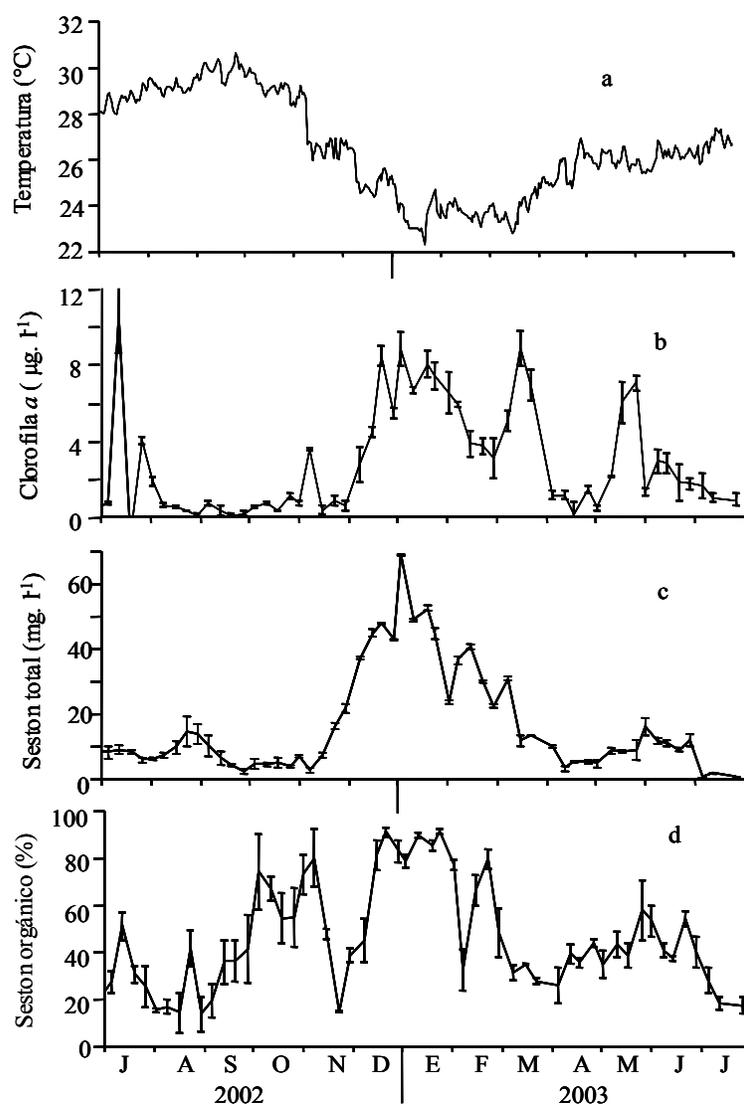


Figura 2. Variación mensual de la temperatura (a), clorofila *a* (b), seston total (c) y su porcentaje orgánico (d) en la Ensenada de Turpialito, desde julio-2002 - julio 2003.

período comprendido entre julio y diciembre de 2002, se observó un mayor porcentaje de individuos en los estadios reproductivos inmaduro (I), desarrollo (II) y maduración (III), mientras que a partir de enero de 2003 y hasta julio de 2003 se pudo observar un mayor porcentaje de individuos en estadio de desove (IV). La mayor ocurrencia de ejemplares en desarrollo (II) se presentó en septiembre (42%), octubre (62%) y noviembre (58%) de 2002 (Fig. 3), mientras que en diciembre de 2002 se pudo apreciar un mayor porcentaje de individuos maduros (III; 75%). En enero y febrero de 2003 pre-

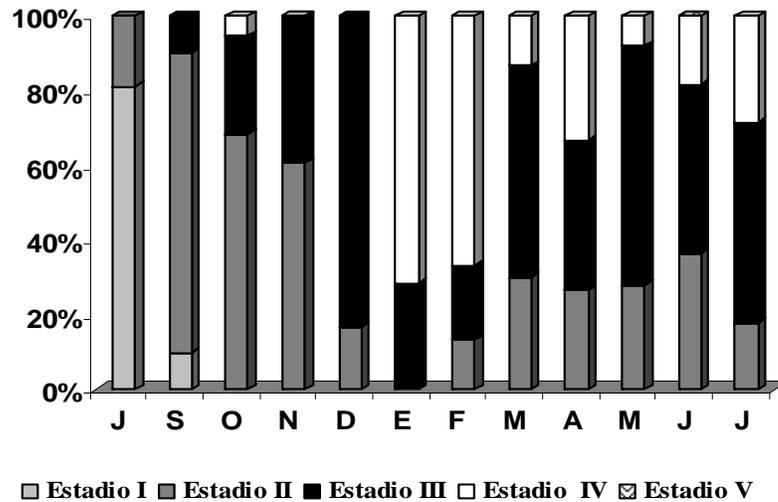


Figura. 3. Histograma de frecuencias de los estadios de maduración sexual de *P. perna* cultivada en la Ensenada de Turpialito, desde julio-2002 - julio 2003. Estadio I= inmaduro, Estadio II= Desarrollo, Estadio III= maduro; Estadio IV= desove, Estadio V= regresión gonádica

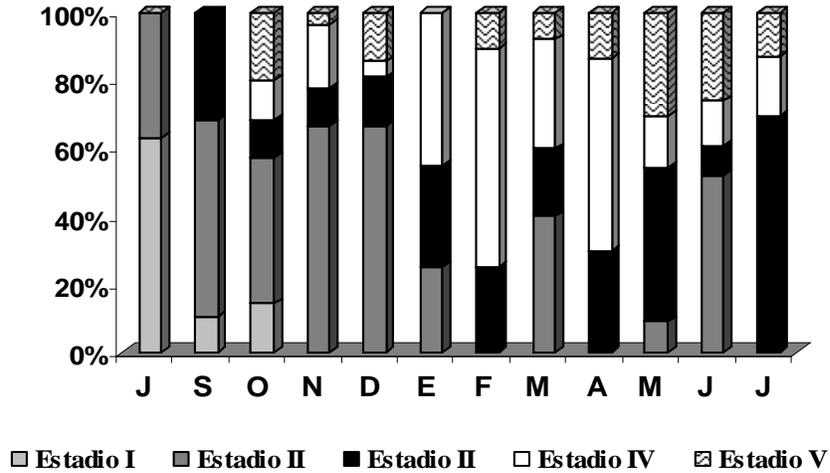


Figura. 4. Histograma de frecuencias de los estadios de maduración sexual de *P. viridis* cultivados en la Ensenada de Turpialito (golfo de Cariaco, estado Sucre), desde julio 2002 – julio 2003. Estadio I= inmaduro, Estadio II= Desarrollo, Estadio III= maduro; Estadio IV= desove, Estadio V= regresión gonádica.

dominaron (> 60%), los ejemplares en estadio de desove (IV), mientras que entre mayo y julio de 2003 se observó una alta incidencia de organismos maduros (> 40%). Para *P. viridis* se observó un comportamiento reproductivo con una dominancia de los estadios inmaduro (I), desarrollo (II) y maduración (III), entre julio y diciembre de 2002, evidenciándose desoves (IV) a partir de enero de 2003, los cuales se mantuvieron hasta el final del período de muestreo (Fig. 4). La diferencia más notoria con respecto a *P. perna* fue la presencia del estadio de regresión gonádica (V) a lo largo de casi todo el período de estudio. El estadio en desarrollo (II) mostró su mayor porcentaje en diciembre de 2002 (78%), mientras que el estadio de maduración (III) resultó ser más relevante entre los meses de enero (70%), mayo (50%) y julio de 2003 (63%). También se pudo observar la coexistencia de organismos en todos los estadios reproductivos, prueba de su asincronía reproductiva.

Composición bioquímica

Carbohidratos

De manera generalizada, los valores de carbohidratos de *P. perna*, en los tejidos estudiados fueron significativamente más altos que los de *P. viridis* ($F=28,32$; $P<0,05$).

En lóbulos gonadales de *P. perna*, se observó un incremento casi sostenido de este componente, hasta alcanzar sus valores mayores en diciembre de 2002, mientras que *P. viridis* mostró solo un incremento de noviembre de 2002 a enero de 2003 (Fig. 4). Los aumentos en carbohidratos coincidieron con el máximo período de maduración gonádica en ambas especies (Fig. 5). En el músculo, de *P. perna* en los primeros meses mostró una tendencia a disminuir los carbohidratos para posteriormente aumentar hasta el final del experimento, mientras que en la glándula digestiva se produjo una disminución en los 3 primeros meses, para luego aumentar y mantenerse estables a partir de noviembre de 2002. Este comportamiento, contrasta con la concentración de carbohidratos del músculo y glándula digestiva, de *P. viridis*, donde los carbohidratos se mantuvieron estables en ambos tejidos.

Lípidos

Al igual que en los carbohidratos, a lo largo de casi todo el estudio, los valores de los lípidos de *P. perna* fueron significativamente más altos que los de *P. viridis* ($F=48,86$; $P<0,05$), excepto para el mes de enero de 2003 en lóbulos gonadales y mayo de 2003 en glándula digestiva, donde los valores no fueron estadísticamente diferentes ($F=21,15$; $P>0,05$). Los lípidos en el músculo, no mostraron variabilidad en las especies

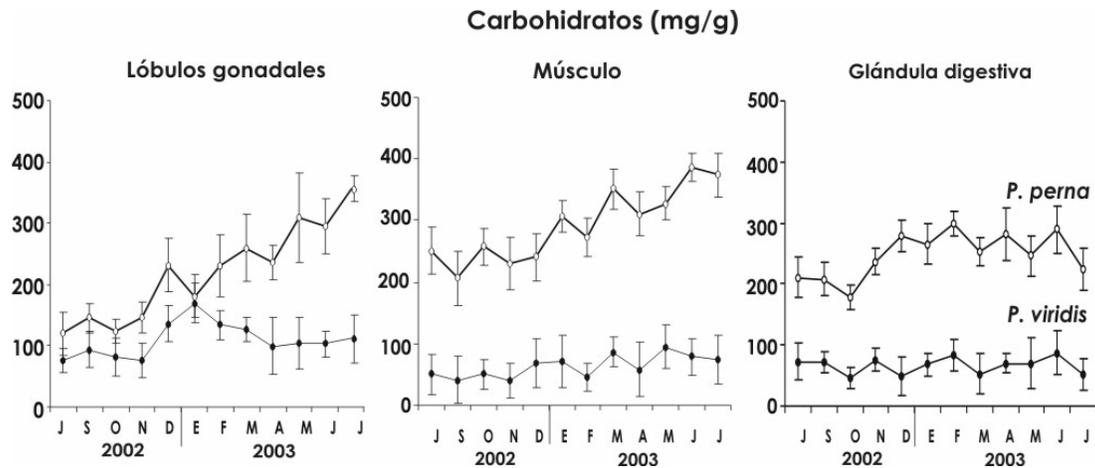


Figura. 5. Variación mensual de carbohidratos en los lóbulos gonadales, músculo y glándula digestiva (mg/g) de los mejillones *P. perna* y *P. viridis*, cultivados en la Ensenada de Turpialito, desde julio 2002- julio 2003.

durante la mayor parte del estudio, con la excepción de noviembre de 2002 a abril de 2003, donde se inicia la actividad reproductiva (maduración y desove). En este periodo coincidentemente fue inverso en ambas especies: en *P. perna* aumenta de noviembre a diciembre de 2002, para luego disminuir, y en *P. viridis*, disminuye de noviembre a enero de 2003. En el caso de la glándula digestiva, los niveles de lípidos en *P. perna* se mantuvieron estables durante el período de estudio, mientras que en *P. viridis* se establece una tendencia general al aumento (Fig. 6).

Proteínas

El contenido de proteínas en todos los tejidos de *P. perna* fueron significativamente más altos que los de *P. viridis* ($F=40,15$; $P<0,05$), siendo estas diferencias más evidentes en los lóbulos gonadales y músculo (Fig. 7). En ambas especies se pueden observar disminución de este componente bioquímico en la gónada, particularmente de diciembre a enero en *P. perna* y de enero a mayo de 2003 en *P. viridis*, coincidentes con los períodos de desove. En *P. perna* se observaron incrementos en los períodos dominados por los estadios de desarrollo y madurez (II y III). En cuanto al músculo las proteínas tienden a disminuir de septiembre a enero en *P. viridis* y hasta febrero de 2003 en *P. perna*, para luego aumentar en el mes subsiguiente y mantenerse

estables hasta el final del período estudiado. Las concentraciones de proteínas en glándula digestiva se mantuvieron estables, en *P. perna* y disminuyeron en *P. viridis*.

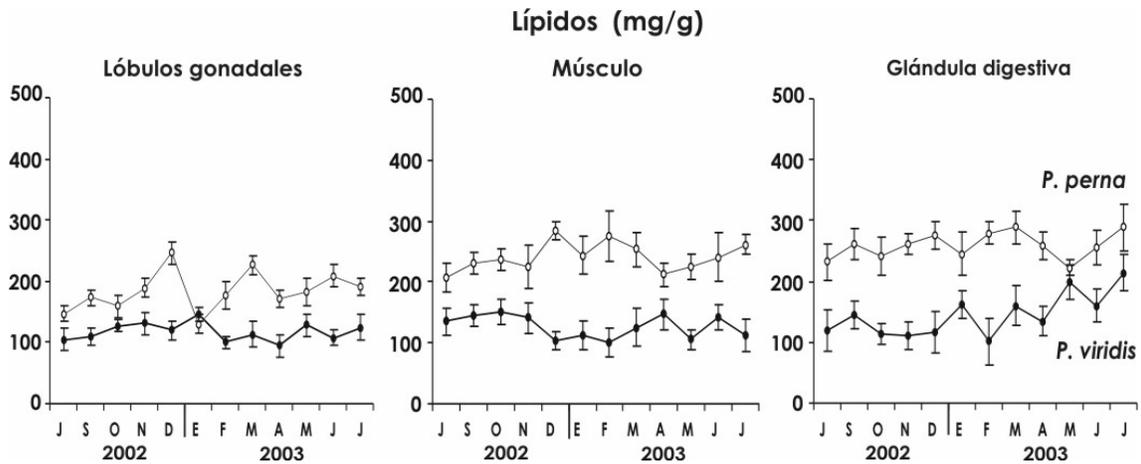


Figura. 6. Variación mensual de lípidos en los lóbulos gonadales, músculo y glándula digestiva (mg/g) de los mejillones *P. perna* y *P. viridis*, cultivados en la Ensenada de Turpialito, desde julio 2002- julio 2003.

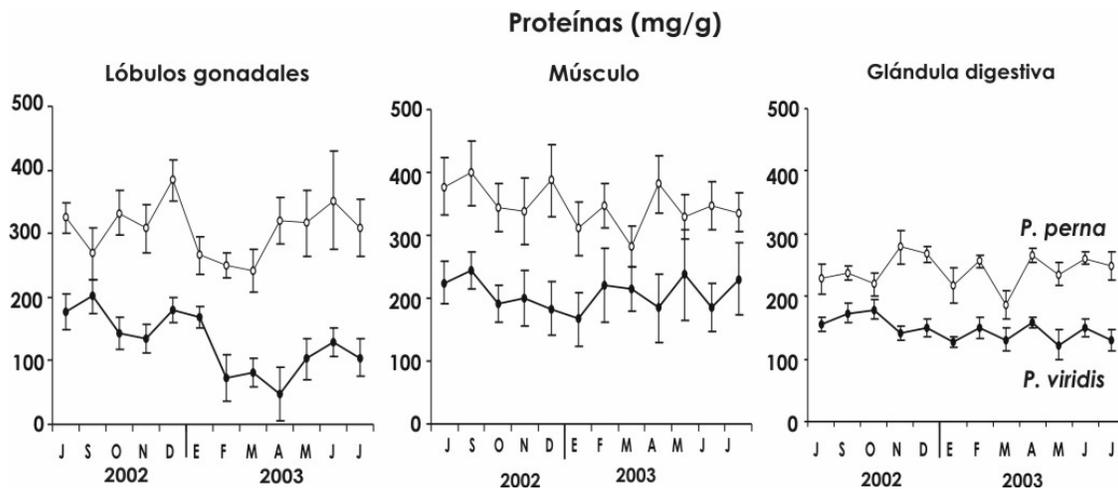


Figura 7. Variación mensual de las proteínas en los lóbulos gonadales, músculo y glándula digestiva (mg/g) de los mejillones *P. perna* y *P. viridis*, cultivados en la Ensenada de Turpialito, desde julio 2002- julio 2003.

Contenido energético

La especie *P. perna* presentó un contenido energético mayor en todo el período de estudio ($F=58,25$; $P<0,05$) para cada uno de los tejidos estudiados, obteniendo una mayor valoración energética en el orden del 66,5; 95,5 y 71,0 % para la gónada, músculo

y glándula digestiva respectivamente, al comparar la sumatoria total de los sustratos energéticos en todo el período de estudio. El músculo en *P. perna* es el tejido que posee mayor contenido energético, con una sumatoria de 230,82 kJ, mientras que para *P. viridis* la glándula digestiva fue el tejido más energético, con una sumatoria de 122,37 kJ. En *P. perna* se observa una disminución o pérdida de energía en la gónada, coincidente con la glándula digestiva en el período de desove; no obstante, en *P. viridis* no se muestra una evidente variabilidad de energía a través del período de estudio, con excepción del mes de mayo 2003 (Fig. 8).

Relación entre factores ambientales, componentes energéticos y estadios reproductivos

Los carbohidratos en el músculo de *P. perna* y *P. viridis* estuvieron relacionados inversamente con el estadio II, explicando el 44,8% y el 39,2% de la varianza observada, respectivamente (Tabla 1). Con respecto a la glándula digestiva en *P. perna* el parámetro ambiental que explica la variabilidad de los carbohidratos es el seston total, con el 46,0% de la varianza observada. En contraste, en *P. viridis* ningún factor explicó el comportamiento de los carbohidratos de la glándula digestiva. En los lóbulos gonadales de *P. perna*, fue el estadio II el que explicó el 43,4% de la varianza observada, con un coeficiente negativo, mostrando así una relación inversa. Con la inclusión del estadio III en el modelo multifactorial aplicado, incrementó el porcentaje de explicación en un 53,3%. En *P. viridis* el estadio III explica un 42,2% de la varianza observada en los carbohidratos de los lóbulos gonadales y es la temperatura la que incrementa el porcentaje a 57,1%, aunque con un coeficiente negativo.

El estadio II explica el 40,1% de la varianza observada, en la concentración de lípidos en el músculo de *P. perna*. Por el contrario, el estadio IV explica el 44,5% de la varianza en *P. viridis* pero con un coeficiente negativo (Tabla 1). Por su parte, la clorofila *a* y el estadio III explicaron la variabilidad en la concentración de lípidos en la glándula digestiva de *P. perna* (40,1 y 62,0%, respectivamente), mientras que en *P. viridis* que el seston total fue el único factor que significativamente entró en el modelo,

mostrando el 39,3 % de la varianza observada para el mismo tejido. En los lóbulos gonadales de *P. perna*, la concentración de lípidos estuvo relacionada con los estadios II y III, aportando el 55,7% y el 60,1% de la varianza observada, respectiva mente. En el caso de *P. viridis* fueron los estadios IV y III, quienes aportaron el 48,0 y 52,7% de la varianza observada, respectivamente. El estadio III mostró una relación directa, mientras

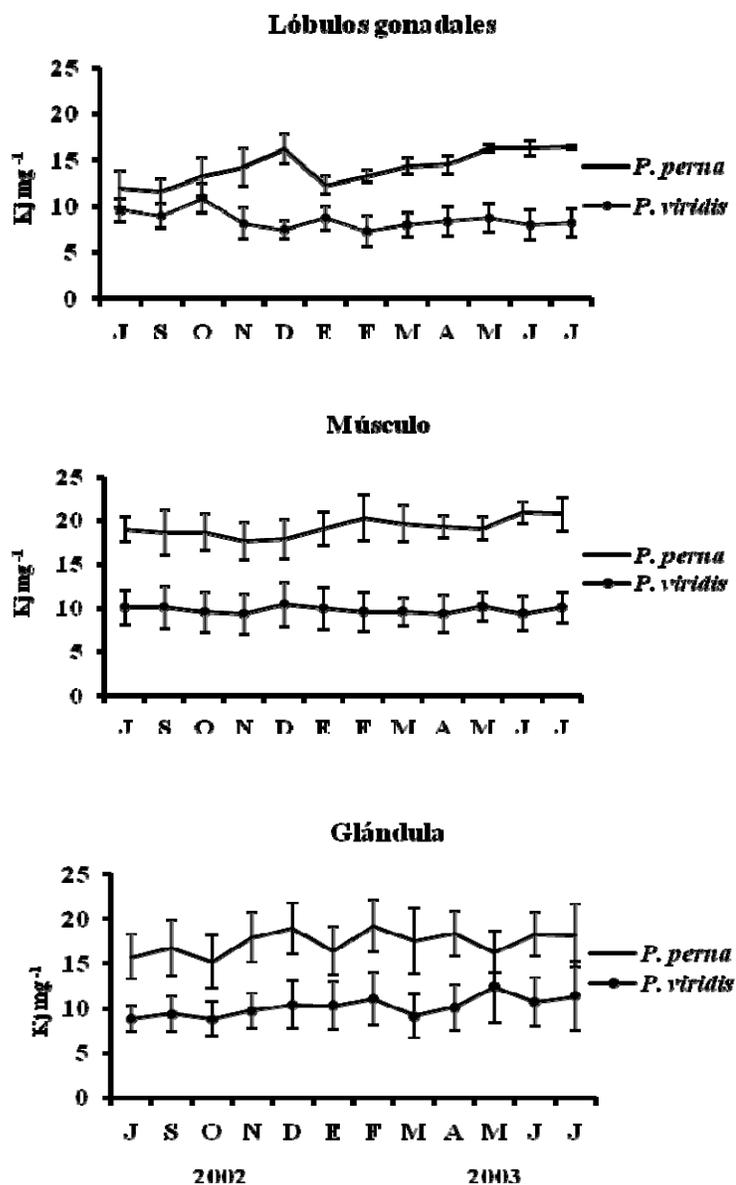


Figura. 8. Variación mensual del contenido energético (Kj mg^{-1}) en los lóbulos gonadales, músculo y glándula digestiva (mg/g) de los mejillones *P. perna* y *P. viridis*, cultivado en la Ensenada de Turpialito, desde julio 2002- julio 2003.

que con el IV fue inversa.

El análisis de regresión múltiple estableció que el estadio II y la clorofila *a* fueron los componentes que explicaron la viabilidad en la concentración de las proteínas en el músculo de *P. perna* (53,5 y el 59,2%), ambos con un coeficiente positivo. Sin embargo, el estadio II y el seston total fueron los parámetros que explicaron el 53,3 y 46% de la varianza observada, en el caso de *P. viridis* para el mismo tejido mostrando ambos componentes un coeficiente positivo. En la glándula digestiva, la clorofila *a*, fue el único componente que explicó de manera significativa el 45,2% de la varianza observada en *P. perna*, mientras que en *P. viridis* lo fue el estadio III, con el 56,0% (Tabla 2). Las proteínas en la gónada de *P. perna* estuvieron relacionadas por el estadio II y la clorofila *a* explicando de manera significativa el 53,5 y el 60,1% de la varianza observada, mientras que el estadio III incrementó en un 70,1% el porcentaje de la varianza explicada. En *P. viridis*, el estadio II explicó el 54,1% de la varianza observada, con coeficiente positivo. Sin embargo, con la inclusión de la temperatura en el modelo multifactorial aplicado, se incrementó el porcentaje de explicación en un 60,1%, pero con un coeficiente negativo.

Tabla 1. Análisis de regresión paso a paso ("Stepwise") aplicado a los carbohidratos, proteínas y lípidos de lóbulos gonadales, glándula digestiva y músculo, de *P. perna* con respecto, a los parámetros (temperatura, seston total, seston orgánico clorofila *a*) y los estadios reproductivos (inmaduro, desarrollo, maduro, desove y regresión gonádica).

<i>P. perna</i>	Modelo	R^2	<i>P</i>
CARBOHIDRATOS			
Músculo	-39,2 (desarrollo) +342,5	0,448	< 0,001
Glándula digestiva	281,5 (Sest. total) + 980,1	0,460	< 0,001
Lóbulos gonadales	-187,9 (desarrollo) + 99,8 (maduro)+ 427,5	0,533	< 0,001
LÍPIDOS			
Músculo	30,8 (desarrollo) + 304,3	0,401	< 0,001
Glándula digestiva	9,77 (Clo. <i>a</i>) + 7,96 (desove) + 117,1	0,620	< 0,001
Lóbulos gonadales	22,7 (desarrollo) +68,9 (maduro)+357,7	0,601	< 0,001
PROTEÍNAS			
Músculo	12,53 (desarrollo) + 88,9 (Clo. <i>a</i>) + 286,4	0,592	< 0,001
Glándula digestiva	77,9 (Clo. <i>a</i>) + 188,5	0,452	< 0,001
Lóbulos gonadales	63,9 (desarrollo) + 193,2 (Clo. <i>a</i>) 179,1 (maduro) + 182,8	0,701	< 0,001

Tabla 2. Análisis de regresión paso a paso ("Stepwise") aplicado a los carbohidratos, proteínas y lípidos de lóbulos gonadales, glándula digestiva y músculo, de *P. viridis* con respecto, a los parámetros (temperatura, seston total, seston orgánico y clorofila *a*) y los estadios reproductivos (inmaduro, desarrollo, maduro, desove y regresión gonádica).

<i>P. viridis</i>	Modelo	R^2	<i>P</i>
CARBOHIDRATOS			
Músculo	-2,61 (desarrollo) + 271,7	0,392	< 0,001
Glándula digestiva		–	NS
	141,3 (maduro) + [-221,6 (Temp.)] +		
Lóbulos gonadales	160,2	0,571	< 0,001
LÍPIDOS			
Músculo	-91,1 (desove) + 233,1	0,445	< 0,001
Glándula digestiva	122,7 (Sest. total) + 761,9	0,390	< 0,001
Lóbulos gonadales	52,7 (maduro) + [-48,0 (desove)] + 804,0	0,527	< 0,001
PROTEÍNAS			
	124,43 (desarrollo) + 86,58 (Sest. total) +		
Músculo	175,23	0,533	< 0,001
Glándula digestiva	169,2 (maduro) + 244,3	0,560	< 0,001
	23,8 (desarrollo) + [-33,9 (Temp.)]		
Lóbulos gonadales	+427,5	0,601	< 0,001

DISCUSIÓN

Las especies de mejillones evaluadas mostraron diferencias significativas en los contenidos energéticos (carbohidratos, lípidos y proteínas) analizados en los tejidos (lóbulos gonadales, músculo y glándula digestiva), así como en la producción energética, relacionados con los parámetros ambientales y la actividad reproductiva, evidenciándose de esta manera diferencias en cuanto al almacenamiento, utilización y redistribución de los sustratos energéticos en condiciones de cultivo suspendido.

Entre julio y noviembre de 2002, ambos mejillones presentaron niveles bajos de carbohidratos, lípidos y proteínas, los cuales estuvieron relacionados con el período reproductivo, ya que en ambas especies durante la primera etapa de crecimiento dominaron los estadios de desarrollo, y madurez. Esto sugiere que los organismos recurrieron a sus reservas internas para soportar el desarrollo de la gónada, ya que durante este período prevalecieron temperaturas altas y disponibilidad de alimento baja, condición ambiental que se produce anualmente en el golfo de Cariaco como producto de la estratificación de la columna de agua (Mandelli y Ferráz, 1982; Ferráz-Reyes, 1989; Lodeiros y Himmelman, 2000). Un comportamiento similar ha sido reportado en ostras, donde los carbohidratos son movilizados antes y durante la maduración gonadal y cuando la concentración de alimento en el medio es baja, actuando como uno de los principales recursos de energía utilizados para la formación de gametos (Ruiz *et al.*, 1992; Berthelin *et al.*, 2000).

Respuestas similares en cuanto a un bajo crecimiento de las especies en condiciones de cultivo, durante la estratificación costera, han sido reportadas para las mismas especies por Urbano *et al.* (2005) y Acosta *et al.* (2009), al igual que en otras especies de bivalvos, tales como, *Euvola ziczac* (Lodeiros y Himmelman, 1994; 2000), *Pinna carnea* (Narváez, *et al.*, 2000) y *Crassostrea rhizophorae* (Villarroel *et al.*, 2004), describiendo este período como crítico para el cultivo de estos organismos.

No obstante, otros autores como Zandee *et al.* (1980), Lucas (1996) y Lomovasky *et al.* (2004), describen que la glándula y el manto, durante el período de disponibilidad alta de alimento, almacenan glucógeno que luego será utilizado durante la gametogénesis. De esta forma, los carbohidratos cumplen un papel de vital importancia en los ciclos energéticos y reproductivos de los bivalvos.

A diferencia del período anterior, el lapso comprendido entre noviembre-diciembre de 2002 a marzo de 2003, se caracterizó por la presencia de surgencia continua, condición ambiental que se produce en el golfo de Cariaco debido a la manifestación de temperaturas bajas y biomasa fitoplanctónica alta (Okuda *et al.*, 1978; Moigis, 1986; Ferraz-Reyes, 1987; Gómez, 1996). En *P. perna*, el alimento presente en el medio, estuvo asociado con el aumento de los componentes bioquímicos en los tejidos analizados, particularmente de carbohidratos y lípidos en el músculo y en la glándula digestiva, teniendo a la vez un efecto favorable en el desarrollo de la gónada, la cual se caracterizó por presentar incrementos, específicamente en los niveles de proteínas y lípidos. Estos resultados concuerdan con los reportados para otras especies de mejillones como *Mytilus edulis* (Zandee *et al.*, 1980; Okumus y Stirling, 1998), y *M. galloprovincialis* (Bressan y Mari, 1985; Lubet y Mann, 1987), mientras que en almejas se ha estudiado la relación del ciclo gametogénico con el contenido de glucógeno, *Tapes decussatus* y *Ruditapes philippinarum* (Rodríguez *et al.*, 1993), *Ruditapes decussatus* (Ojea *et al.*, 2002). Además en la especie *R. decussatus* (Rodríguez, 2000) en condiciones naturales, observó que los niveles de proteínas y lípidos están asociados con los procesos de maduración sexual.

En mejillones se ha demostrado que la variación estacional del contenido de carbohidratos guarda una estrecha relación con la disponibilidad de alimento, crecimiento y reproducción, actuando como principal recurso de energía (Zandee *et al.*, 1980; Freitas, 2002). Sin embargo, los valores de carbohidratos en *P. viridis* estuvieron menores a los alcanzados por *P. perna*, de igual manera se observó una disminución de lípidos y proteínas en el músculo y glándula digestiva. Este comportamiento, inclusive con biomasa fitoplanctónica elevada indica que *P. viridis* no fue capaz de aprovechar de

manera eficiente los alimentos presentes en el ambiente, caso contrario a *P. perna*, lo que podría sugerir que existe una diferencia en cuanto al tipo de alimentación entre las dos especies estudiadas. *P. perna* mostró una mayor eficiencia en la incorporación energética del alimento, principalmente proveniente del fitoplancton a temperaturas intermedias y *P. viridis* pareciera estar mas adaptado a la incorporación energética de otro tipo de alimento, probablemente proveniente del seston orgánico, el cual fue limitante para este período.

El tipo de reproducción (asincronica) observada en ambas especies, indujo a una variabilidad en las fases reproductivas de las poblaciones experimentales, lo que condiciona poca correlatividad con los factores ambientales, sugiriendo un control mas endógeno. De hecho, el análisis de regresión múltiple, mostró que los estadios reproductivos II y III (desarrollo y madurez gonádica), fueron los que mayormente explicaron el comportamiento de los sustratos energéticos, tanto en el lóbulo gonadal y el músculo. Por lo tanto, la reproducción es un proceso influuyente en el metabolismo de los mejillones, tal como ocurre con el crecimiento somático en la vieira *E. ziczac* en el golfo de Cariaco bajo condiciones de cultivo suspendido (Lodeiros y Himmelman, 2000).

En contraste con el músculo y el lóbulo gonadal, la glándula digestiva estuvo generalmente influenciada por factores ambientales asociados a la disponibilidad de alimento (biomasa fitoplanctónica, seston). De allí la importancia que posee el músculo como posible tejido de reserva, particularmente de carbohidratos en relación al desarrollo gonádico y muestra a la glándula digestiva como un órgano energético que depende de la disponibilidad de alimento en el medio.

La temperatura resultó ser el parámetro ambiental que afectó de manera negativa los niveles de las proteínas (músculo y gónada) y carbohidratos en la gónada de *P. viridis*, corroborando que la variabilidad de la temperatura constituye un factor importante que induce un posible estrés, en el metabolismo energético de la especie, influyendo en la reproducción y crecimiento. En el caso de *P. perna*, el seston orgánico

y la clorofila *a*, actuaron de manera positiva en los tres componentes bioquímicos, permitiéndole una ganancia energética para una distribución de la misma sin implicaciones de estrés relativas a la elevada demanda energética de la reproducción.

Algunos autores describen la variación reproductiva como la relación con los cambios de energía contenida en diferentes órganos (Jobling, 1994; Lucas, 1996 y Lomovasky *et al.*, 2004), reflejando un espacio temporal en la distribución energética en el organismo (Navarro y Torrijos, 1995; Martínez y Mettifogo, 1998 y Lomovasky *et al.*, 2001), y por tanto, la transferencia de energía entre diferentes tejidos permite preparar a las especies para el desenvolvimiento en el medio ambiente en cuanto a actividades metabólicas se refiere (Lomovasky *et al.*, 2004).

Los resultados muestran que en ambas especies, los lóbulos gonales fueron los que mostraron las mayores variaciones de sustratos energéticos a diferencia del resto de los tejidos analizados, lo cual sugiere una compensación de energía entre sustratos para mantener un nivel dado en el mantenimiento basal para la subsistencia del organismo, mientras que, los factores que influenciaron de manera directa e inversa sobre las variaciones observadas en los sustratos energéticos fueron la reproducción (desarrollo gonádico, madurez y desove) y el ambiente (clorofila *a*, temperatura y seston total). Por otro lado, los contenidos de los diferentes sustratos energéticos observados en el mejillón *P. perna* fueron más altos que los de *P. viridis*, a lo largo de casi todo el período experimental, lo que indica que esta especie mostró una mayor capacidad para explotar de manera más eficiente los recursos alimenticios presentes en las condiciones de cultivo suspendido.

CONCLUSIONES

En ambos mejillones *P. perna* y *P. viridis* se produjeron movilizaciones de las reservas energéticas, en respuesta a las condiciones ambientales y particularmente a las actividades reproductivas.

De los tejidos analizados, el músculo actuó como posible tejido de reserva, particularmente de carbohidratos en relación al desarrollo gonádico y la glándula digestiva como un órgano energético que depende de la disponibilidad de alimento en el medio.

El mejillón marrón *P. perna*, en contraste con *P. viridis*, mostró una mayor capacidad de utilizar eficientemente los recursos alimenticios, a juzgar por sus mayores niveles de reservas energéticas, lo cual está relacionado con una mejor condición fisiológica y por ende mayor crecimiento.

De los sustratos energéticos analizados, los carbohidratos desempeñaron un papel importante en los ciclos energéticos y reproductivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, V.; Glen, M.; Himmelman, J.; Lodeiros, C.; Natera, Y. y Urbano, T. 2009. Differential growth of the mussels *Perna perna* y *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) in suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *WAS*, 40(2): 227-236.
- Acuña, A. 1977. Variación estacional de la fijación larval del mejillón *Perna perna* en los bancos naturales de la costa norte del estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 16(1-2): 79-82.
- Arneri, E.; Giannetti, G. y Antolini, B. 1998. Age determination and growth of *Venus verrucosa* L. (Bivalvia: Veneridae) in the southern Adriatic and the Aegean Sea. *Fish. Res.*, 38: 193-198.
- Arrieche, D.; Licet, B.; García, N.; Lodeiros, C. y Prieto, A. 2002. Índice de condición, gonádico y de rendimiento del mejillón marrón *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae), del Morro de Guarapo, Venezuela. *Interciencia*, 27(11): 613-619.
- Bayne, B.; Bubel, A.; Gabbott, P.; Livingstone, D.; Lowe, D. y More, M. 1982. Glycogen utilization and gametogenesis in *Mytilus edulis* L. *Mar. Biol. Letters*, 3: 89-105.
- Benítez, J. 1968. Variación estacional de la composición química del mejillón *Perna perna* (L). *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente*, 7(1): 137-147.
- Benítez, J. y Okuda, T. 1971. Variación estacional de la composición química del mejillón *Perna perna* (L) natural. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 10(1): 3-8.
- Benniger, P. y Lucas, A. 1984. Seasonal variations in condition, reproductive activity and gross biochemical composition of two species of adult clam reared in a common habitat: *Tapes decussatus* L. (Jeffreys) and *Tapes philippinarum* (Adam y Reeve). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 79: 19-37.
- Berthelin, C.; Kellner, K. y Mathieu, M. 2000. Storage metabolism in the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in relation to summer mortalities and reproductive cycle (West Coast of France). *Comp. Biochem. Physiol.*, 125(b): 359-369.
- Beukema, J. y De Bruin, W. 1977. Seasonal changes in dry weight and biochemical composition of the soft parts of the tellinid bivalve *Macoma balthica* in the Dutch Wadden Sea. *Neht. J. Sea. Res.*, 11: 42-55.
- Bressan, M. y Marin, G. 1985. Seasonal variation in biochemical composition and condition index of culture mussels (*Mytilus galloprovincialis* LMK) in the Lagoon Venice (North Adriatic). *Aquaculture*, 48: 13-21.

- Carvajal, R. 1969. Fluctuación mensual de las larvas y crecimiento del mejillón *Perna perna* (L) y las condiciones ambientales en la ensenada de Guatapanare, Estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 8(1): 13-20.
- Cheung, S. 1991. Energetics of transplanted populations of the green lipped mussel *Perna viridis* (Linnaeus) (Bivalvia: Mytilidae) in Hong Kong. II: Integrated energy budget. *Ass. Mar. Biol.*, 8: 133-147.
- Dubois, M.; Gilles, A.; Hamilton, K.; Rebers, P. y Smith, F. 1956. Colorimetric method for the determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28: 350-356.
- Ferraz-Reyes, E. 1987. Productividad primaria del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 26: 97-110.
- Ferraz-Reyes, E. 1989. Influencia de los factores físicos en la distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 28: 47-56.
- Freites, L. 2002. Composición bioquímica, clases de lípidos y ácidos grasos del mejillón *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819), en cultivo. Influencia del origen de las semillas y de los parámetros ambientales. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela
- Freites, L.; Fernández-Reiriz, M. y Labarta, U. 2003. Composición bioquímica y contenido energético del mejillón *Mytilus galloprovincialis* de origen submareal e intermareal: influencias de las variables ambientales y de su origen. *Cien. Mar*, 29(5): 1-17.
- Gabbot, P. 1976. Energy metabolismo. En: *Marine mussels, their ecology and physiology*. Cambridge. B L. Bayne (ed.) Univ. Press. New York. Págs. 293-355.
- Gabbot, P. 1983. Developmental and seasonal metabolic activities in marine mollusca En: *The Mollusca Enviromental Biochemistry and Physiology*. K. M. Wilbur (ed.) Academic Press. New York. Págs. 165-219.
- Gallardo, W.; Samonte, G. y Ortega, R. 1992. Raft culture green mussel *Perna viridis* in Sapián Bay, *Philippines. J. Shellfish Res.*, 11: 195-196.
- Glen, M. 2007. Crecimiento de los mejillones *Perna perna* y *Perna viridis* bajo condición de cultivo suspendido en la ensenada de turpialito, golfo Caríaco, Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de Grado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.
- Gómez, A. 1996. Causas de la fertilidad marina en el nororiente de Venezuela. *Interciencia*, 21(3): 140-146.

- Guzmán, K. 2004. Variación mensual de la composición bioquímica de los lóbulos gonadales del mejillón verde *Perna viridis* L. 1758 (Bivalvia: Mytilidae), en el Morro de Guarapo, costa norte del Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de Grado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.
- Hair, J.; Anderson, R.; Tatham, L. y Black, W. 1992. Multivariate data analysis with regarding. MacMillan. New York. Pág. 544.
- Hawkins, A. y Bayne, B. 1991. Nutrition of marine mussel: factors influencing the relative utilizations of protein and energy . *Aquaculture*, 94: 177-196.
- Hickman, R. 1992. Mussel cultivation. *Aquaculture*, 25: 465-510.
- Jayabal, R. y Kalyani, M. 1986. Biochemical studies in the hard clam *Meretrix meretrix* (L) from Vellar Estuary, East Coast of India. *Indian J. Mar. Sci.*, 15: 63-64.
- León, J.; León, L. y Millán, J. 1998. Cultivo suspendido del mejillón *Perna perna* L., 1758 (Mollusca: Bivalvia) en la Isla de Cubagua, Venezuela, *Caribb. Mar. Stud.*, 6: 12-18.
- Licet, B. 2003. Composición bioquímica de los lóbulos gonadales del bivalvo *Perna perna* L., 1758 (Bivalvia: Mytilidae) del Morro de Guarapo, costa norte del Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de Grado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.
- Lodeiros, C. y Himmelman, J. 1994. Relation among environmental conditions and growth in the scallop *Euvola (Pecten) ziczac* (L.) in suspended culture. *Aquaculture*, 119: 345-358.
- Lodeiros, C. y Himmelman, J. 2000. Identification of environmental factors affecting growth and survival of the tropical scallop *Euvola (Pecten) ziczac* (L) in suspended culture in the golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture*, 182: 91-114.
- Lodeiros, C.; Rengel, J.; Guderley, H.; Nusetti, O. y Himmelman, J. 2001. Biochemical composition and energy allocation in the tropical scallop *Lyropecten (Nodipecten) nodosus* during the months leading up to and following the development of gonads. *Aquaculture*, 199: 63-72.
- Lomovasky, B.; Malanga, J. y Calvo, J. 2004. Seasonal changes in biochemical composition of the clam *Eurhomalea exalbida* (Bivalvia, Veneridae) from Ushuaia Bay (54°50'S), Beagle Channel (Argentina). *J. Shellfish. Res.*, 23: 81-87.
- Lomovasky, B.; Morriconi, E y Calvo, J. 2001. Energetics variation of the striped clam *Eurhomalea exalbida* (Chemnitz, 1795) in Ushuaia Bay, Beagle Channel (54°50'S). *J. Shellfish. Res.*, 20: 1089-1094.

- Lowry, O.; Rosebrough, N.; Farr, A. y Randal, R. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193: 265-275.
- Lubet, P. 1984. Biologie de la reproduction de mollusques bivalves d'importance commerciale en Méditerranée. *Haliotis*, 14: 49-68.
- Lubet, P. y Mann, R. 1987. Les différentes modalités de la reproduction ces les mollusques bivalves. *Haliotis*, 16: 181-195.
- Lucas, A. 1996. Bioenergetics of aquatic animals. En: *Physical Concepts of Bioenergetics*. I.G Priede y J.J Watson (ed.) Press Taylor y Francis. London. Págs.3-19.
- Mandelli, E. y Ferráz-Reyes, E. 1982. Primary production and phytoplankton dynamics in a tropical inlet, gulf of Cariaco, Venezuela. *Int. Rev. Hydrobiol.*, 67: 85-95.
- Marsh, J. y Weinsten, D. 1966. Simple charring method for determination of lipid. *J. Lipid Res.*, 7: 574-576.
- Martinez, G. y Mettifogo, L. 1998. Mobilization of energy from adductor muscle for gametogenesis of the scallop, *Argopecten purpuratus* Lamarck. *J. Shellfish. Res.*, 17: 113-116.
- Martínez, G. 1991. Seasonal variation in biochemical composition of tree size classes of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus* Lamarck, 1819. *Veliger*, 34: 335-343.
- Moigis, A. 1986. Variación anual de la productividad primaria del fitoplancton en el golfo y en la fosa de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 25: 115-126.
- Narváez, N.; Lodeiros, C.; Freitas, L.; Nuñez, M.; Pico, D. y Prieto, A. 2000. Abundancia de juveniles y crecimiento de *Pinna carnea* (Mytiloidea: Pinnacea) en cultivo suspendido. *Rev. Biol. Trop.*, 48(4): 785-797.
- Navarro, E.; Iglesias, J. y Larrañaga, A. 1989. Interannual variation in the reproductive cycle and biochemical composition of the cockle *Cerastoderma edule* from Mundaca Estuary (Biscay, North Spain). *Mar. Biol.*, 101: 503-511.
- Navarro, J. y Torrijos, R. 1995. Fisiología energética de *Concholepas concholepas* (Bruguiere, 1789) (Gastropoda: Muricidae) en la bahía de Yaldad, sur de Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 68: 61-77.
- Nusetti, O. y Morales, D. 1988. Crecimiento de algunos tejidos del mejillón *Perna perna* (L): composición de ADN, relaciones ARN/ADN y reservas energéticas. *Act. Científi. Venezol.*, 39: 28-29.

- Ojea, J.; Martínez, D.; Novoa, S.; Pazos, A. y Abad, M. 2002. Contenido y distribución de glucógeno en relación con el ciclo gametogénico de *Ruditapes decussatus* (L., 1758) en una población natural de las lagunas de Baldaio (Galicia, noroeste de España). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 18(1-4): 307-313.
- Okuda, T.; Benítez, J.; Bonilla, J. y Cedeño, G. 1978. Características hidrobiológicas del golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 17: 68-88.
- Okumus, I. y Stirling, H. 1998. Seasonal variations in the weight, condition index and biochemical composition of mussels (*Mytilus edulis*, L) in suspended culture in two Scottish sea lochs. *Aquaculture*, 159: 249-261.
- Prieto, A.; Vásquez, M. y Ruiz, L. 1999. Dinámica energética del crecimiento en una población del mejillón *Perna perna* (Filibranchia: Mytilidae) en el noreste del Estado Sucre, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 47(3): 399-410.
- Ragopal, S., Venugopalan, V.; Nair, K.; Van Der Velde, G.; Jenner, H. y Hartog, C. 1998. Reproduction, growth rate and culture potential of the green mussel, *Perna viridis* (L) in Edaiyur backwaters, east coast of India. *Aquaculture*, 162(3-4): 187-202.
- Ramon, M.; Abello, P. y Richardson, C. 1995. Population structure and growth of *Donor trunculus* (Bivalvia: Donacidae) in the western Mediterranean. *Mar. Biol.*, 121: 665-671.
- Rodríguez, E. 2000. Histofisiología de la reproducción de la almeja fina *Ruditapes decussatus* (Linné, 1758) en la Ría de Arosa (Población natural y población de cultivo). Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
- Rodríguez, S.; Quintana, L.; Lamas, L.; Ayensa, G.; Velasco, F. y Pascual, C. 1993. Etude comparative du cycle gamétogénique et composition biochimique de *Tapes decussatus* et *Ruditapes philippinarum* dans la Ría de Muros y Noya. En: *Bordeaux Aquaculture 92. Production, Environment and Quality* (Special Publication). Barnabé, G y Kestemont, P (eds) 18: 503-511. European Aquaculture Society. Ghent, Bélgica.
- Ruiz, C.; Martínez, D.; Mosquera, G.; Abad, M. y Sánchez, J. 1992. Seasonal variations in condition, reproductive activity and biochemical composition of the flat oyster, *Ostrea edulis*, from San Cibrao (Galicia, Spain). *Mar. Biol.*, 112: 67-74.
- Sreenivasan, P.; Thangavelu, R. y Poovannan, P. 1989. Biology of the green mussel, *Perna viridis* (Linnaeus) cultured in Muttuku Lagoon, Madras. *Indian. J. Fish.*, 36(2): 149-155.
- Strickland, J. y Parson, T. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fisch. Res.*, 16: 167-315.
- Tejera, E.; Oñate, I.; Núñez, M. y Lodeiros, C. 2000. Crecimiento inicial del mejillón marrón *Perna perna* y verde *Perna viridis* bajo condiciones de cultivo suspendido en el

golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Cent. Investig. Biológ. Univ. Maracaibo*, 34(2): 143-158.

Urbano, T.; Lodeiros, C.; De Donato, M.; Acosta, V.; Arrieche, D.; Núñez, M. y Himmelman, J. 2005. Crecimiento y supervivencia de los mejillones *Perna perna* (Linné, 1758) y *Perna viridis* (Linné, 1758) y de un morfotipo indefinido bajo cultivo suspendido. *Cien. Mar.*, 31(3): 517-528.

Vélez, A. y Martínez, R. 1967. Reproducción y desarrollo larval experimental del mejillón comestible de Venezuela, *Perna perna* (Linnaeus, 1758). *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.*, 6(2): 266-285.

Vélez, A. 1971. Fluctuación mensual del índice de engorde del mejillón *Perna perna* natural y cultivado. *Ibid.*, 10(2): 3-8.

Vélez, A.; Sotillo, F. y Pérez, J. 1987. Variación estacional de la composición química de los pectinidos *Pecten ziczac* y *Lyropecten nodosus*. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.*, 26: 76-72.

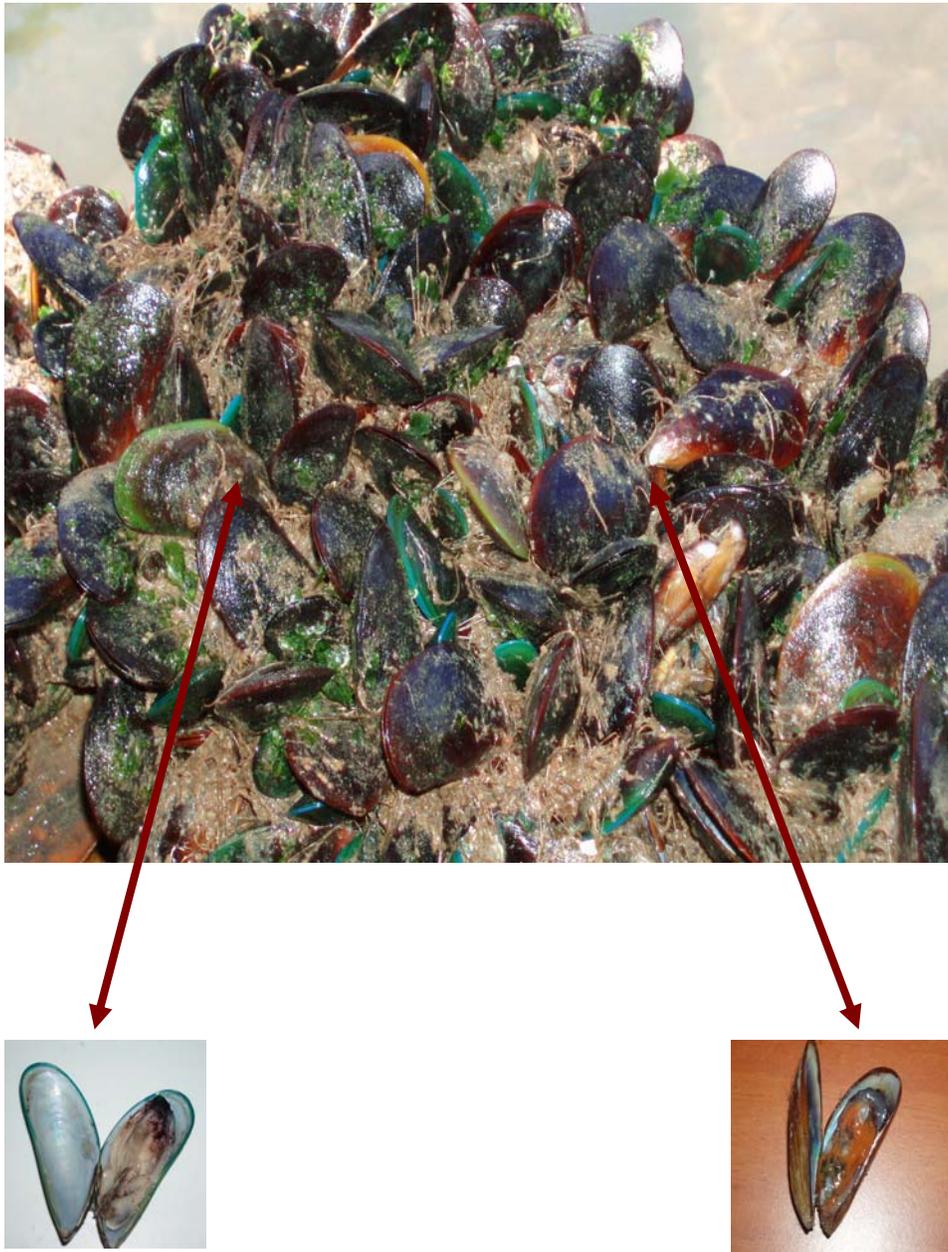
Villarroel, E.; Buitrago, E. y Lodeiros, C. 2004. Identificación de factores que afectan al crecimiento y la supervivencia de *Crassostrea rhizophorae* (Mollusca: Bivalvia) bajo condiciones de cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco Venezuela. *Rev. Cient. FCV-LUZ.*, 14 (1): 28-35.

Ward, J. y MacDonald, B. 1996. Pre-ingestive feeding behavior of two sub-tropical bivalves (*Pinctada imbricata* and *Arca zebra*): responses to an acute increase in suspended sediment concentration. *Bull. Mar. Scien.*, 59 (2): 417-432.

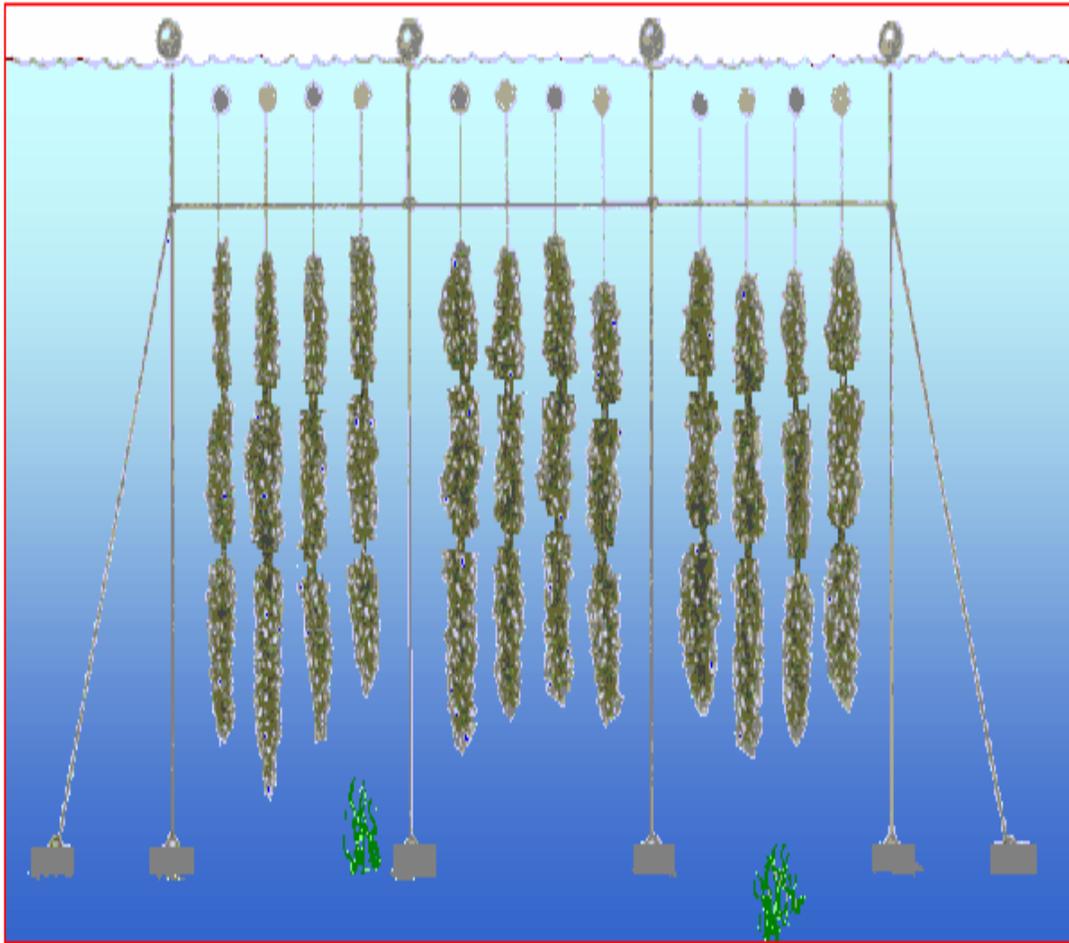
Whyte, J.; Englar, J. y Carswell, B. 1990. Biochemical composition and energy reserves in *Crassostrea gigas* exposed to different levels of nutrition. *Aquaculture*, 90: 157-172.

Zandee, D.; Kluytmans, J.; Zurburg, W. y Pieters, H. 1980. Seasonal variations in biochemical composition of *Mytilus edulis* with reference to energy metabolism and gametogenesis. *Neth. J. Sea. Res.*, 14: 1-29.

ANEXOS



Anexo 1. Morfología interna de las especies de mejillón cultivadas *Perna perna* (color marrón) y *Perna viridis* (color verde) provenientes de los bancos naturales de Guayacán, noreste de Venezuela.



Anexo 2. Esquema del método experimental de cultivo de “Long Line” empleando cuerdas de caucho

HOJA DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

Título	Composición bioquímica de los mejillones <i>Perna perna</i> y <i>P. viridis</i> bajo sistema de cultivo suspendido en la ensenada de Turpialito.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Natera, Yolimar Joséfina	CVLAC	12.275.141
	e-mail	yolynatera@hotmail.comc
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Composición bioquímica, mejillones, cultivo

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Biología

Resumen (abstract):

La composición bioquímica de los mejillones *Perna perna* y *P. viridis* permite determinar el valor alimenticio y proporciona información que ayuda a entender el balance energético de éstos. En este estudio se evaluaron mensualmente los sustratos energéticos en los lóbulos gonadales, músculo y glándula digestiva de los mejillones bajo sistema de cultivo suspendido en la Ensenada de Turpialito, desde julio de 2002 hasta julio de 2003, con la finalidad de conocer como es el proceso de acumulación y gasto de energía de ambas especies ante las variaciones ambientales que se producen anualmente en el golfo de Cariaco. Se analizaron los carbohidratos, lípidos y proteínas mediante espectrofotometría. Para evaluar la influencia ambiental, se obtuvieron registros semanales de los parámetros ambientales (temperatura, clorofila *a*, y sestón total y orgánico) en la zona de cultivo. Se obtuvieron diferencias altamente significativas en cada una de las especies con respecto a los sustratos energéticos en los tejidos analizados; encontrándose en el músculo y la glándula digestiva las mayores reservas energéticas, principalmente en *P. perna*, en donde la movilización de carbohidratos soportó parte de la actividad reproductiva en respuesta a las condiciones ambientales, como la baja disponibilidad de alimento. Por su parte, en *P. viridis* se observó que, aparte del alimento, la temperatura y la reproducción afectaron negativamente el metabolismo energético de esta especie, limitando su crecimiento. En líneas generales se produjeron movilizaciones de las reservas energéticas, en respuesta a las condiciones ambientales y particularmente a la actividad reproductiva, siendo los carbohidratos el sustrato que desempeñó un papel importante en los ciclos energéticos y reproductivos de ambas especies.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail				
Acosta V., Vanessa	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input checked="" type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	11.376.304			
	e-mail	vanessaacosta@yahoo.com			
	e-mail				
Lodeiros S., César	ROL	CA <input checked="" type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	5.706.463			
	e-mail	cesarlodeirosseijo@yahoo.es			
	e-mail				
Zapata, Edgar	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	12.269.219			
	e-mail	edzapata2002@yahoo.com			
	e-mail				
Freites, Luís	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	4.181.869			
	e-mail	lfreitesv@yahoo.es			
	e-mail				

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2000	11	15

Lenguaje: Spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
TESIS- yolimar.doc	Aplicattion/Word

Alcance:

Espacial: Universal (Opcional)

Temporal: 2013 (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

Licenciatura Biología

Nivel Asociado con el Trabajo: Licenciado

Área de Estudio:

BIOLOGÍA

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente Núcleo de Sucre

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/5

Derechos:

**Yo, Yolimar Josefina Natera portadora de la cedula de identidad
C.I: 12.275.141, autorizo a publicar y difundir la información que
contiene la presente tesis.**

Natera

AUTOR 1

AUTOR 2

AUTOR 3

[Signature]
TUTOR

AUTOR 4
[Signature]
JURADO 1

[Signature]
JURADO 2

POR LA COMISIÓN DE TESIS

[Signature]

