

Influencia del ciclo reproductivo y de los parámetros ambientales sobre los sustratos energéticos en las gónadas del mejillón marrón *Perna perna* L. (1758), en el Mar Caribe (Nororiente de Venezuela)

Berenice Licet^{1*}, Dwight Arrieche², Luís Freites³, César Lodeiros³ y Vanesa Acosta⁴

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) Cumaná, estado Sucre, Venezuela.

* Correo electrónico: blicet@inia.gob.ve.

² Universidad de Oriente (UDO). Instituto de Investigaciones en Biomedicina y Ciencias Aplicadas. Cumaná, estado Sucre, Venezuela.

³ Instituto Oceanográfico de Venezuela. Departamento de Biología Pesquera. Cumaná, estado Sucre, Venezuela.

⁴ Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias, Departamento de Biología. Cumaná, estado Sucre, Venezuela.

RESUMEN

Se evaluaron los sustratos energéticos contenidos en las gónadas de una población del mejillón marrón *Perna perna*, ubicada en el Mar Caribe (Nororiente de Venezuela). Los ejemplares fueron recolectados mensualmente, mediante buceo libre y autónomo, desde febrero 2000 hasta enero 2001. Para tal fin, se seleccionaron 675 organismos, tomando en cuenta el sexo y el estadio reproductivo. En ambos sexos pero sobre todo en las hembras, fue observada la ocurrencia de estadios de madurez y desove durante todo el año, sugiriendo de esta forma una reproducción continua. En cuanto a las caídas observadas en el peso seco de los lóbulos gonádicos, estos se correspondieron de manera temporal (abril-mayo y noviembre-diciembre) con el estadio 4 (desove), mientras que en el caso de los componentes bioquímicos, durante dicho período reproductivo se produjo una disminución de los lípidos y proteínas, mientras que los mayores contenidos de lípidos y proteínas fueron observados durante el estadio de madurez sexual (3). Por su parte, los valores máximos de (clorofila *a*) fueron observados en mayo y noviembre, mientras que el mínimo fue observado en agosto del mismo año. Los bajos contenidos de carbohidratos durante los periodos de maduración gonádica (3) y alta disponibilidad de alimento sugieren la inmediata transformación de esta reserva metabólica, probablemente para el mantenimiento del metabolismo así como para los procesos reproductivos. Los cambios observados en los contenidos de los sustratos energéticos evidencian una compleja interacción entre la disponibilidad de alimento y los procesos reproductivos.

Palabras clave: bivalvo, ciclo reproductivo, composición bioquímica, mejillón, *Perna perna*.

Influence of the reproductive cycle and environmental parameters on energetic substrates in the gonads of the brown mussel *Perna perna* L. (1758), in the Caribbean Sea, (Northeastern of Venezuela)

ABSTRACT

We evaluated the energy substrates contained in the gonads of a population of brown mussel *Perna perna*, located of the Caribbean Sea (Northeastern Venezuela). Specimens were collected monthly, by free diving and autonomous, February 2000-January 2001. To this end, 675 organizations were selected, taking into account sex and reproductive stage. In both sexes, but especially in females, was observed the occurrence of stages of maturity and spawning throughout the year, thus suggesting a continuous playback. As for the falls seen in the dry weight of the gonadal lobes, these corresponded to a temporary basis (April to May

and November-December) with stage 4 (spawning), while in the case of biochemical components during the reproductive period there was a reduction of lipids and proteins, while the highest content of lipids and proteins were observed during the stage of sexual maturity. For its part, the maximum values of chlorophyll a were observed in May and November, while the minimum was observed in August of that year. The low carbohydrate content during periods of gonad maturation (3) and high food availability suggest the immediate transformation of this metabolic reserve, probably for the maintenance of metabolism and for the reproductive processes. The observed changes in content of energy substrates show a complex interaction between food availability and reproductive processes.

Keywords: bivalve, biochemical composition, mussel, *Perna perna*, reproductive cycle.

INTRODUCCIÓN

El mejillón marrón *Perna perna*, es un habitante de los fondos rocosos, desde la zona intermareal hasta unos 11 metros de profundidad de la zona infralitoral marina (Lodeiros *et al.*, 1999). Es una especie dioica, sin dimorfismo sexual en la morfometría de la concha. Su reproducción es continua con máximos en los últimos y primeros meses del año, asociados con temperaturas bajas (Acuña, 1977).

Su período larvario varía entre 12 y 14 días, tiempo en el cual transcurre el desove y la fijación. Tiene un período de engorde que abarca aproximadamente cinco meses, el cual tiene una relación directa con las variaciones del peso de la carne, carbohidratos, lípidos y proteínas (Benítez, 1968). Un estudio realizado por Azuaje y Vélez (1986), demostró que las poblaciones naturales y cultivadas de esta especie pueden ser utilizadas como stock de reproductores en gran parte del año.

Nusetti y Morales (1988), analizaron algunos parámetros bioquímicos de los tejidos del mejillón *Perna perna*, de diferentes tallas, y observaron diferencias de disponibilidad energética asociada con el crecimiento. Recientemente, Acosta *et al.*, (2010), estudiaron la influencia de los factores ambientales sobre los componentes bioquímicos en diferentes tejidos (músculo, gónadas, y resto de tejidos) de *Perna perna* y *P. viridis*, que *P. perna* tiene una mayor capacidad para explotar eficientemente los recursos alimenticios, bajo condiciones de cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, acumulando reservas energéticas (carbohidratos) en sus tejidos, particularmente en el músculo, en comparación con *P. viridis*.

Muchos bivalvos han merecido una determinada atención sobre su ecología y reproducción, debido a que presentan a nivel mundial un rubro importante en la industria alimenticia. Las investigaciones relacionadas con la composición bioquímica han sido de mucha importancia, ya que han permitido determinar el valor alimenticio de la carne de muchos organismos de interés comercial (peces, crustáceos y moluscos), y a su vez han proporcionado información para entender el balance energético y ecológico de dichos organismos. Los cambios estacionales observados de la composición bioquímica, particularmente de los moluscos dependen de diversos factores extrínsecos como son la temperatura, salinidad y disponibilidad de alimento, además de factores intrínsecos como etapas reproductivas (Beninger y Lucas, 1984).

Algunos investigadores han logrado determinar que existen fluctuaciones estacionales en los niveles de proteínas, lípidos y carbohidratos en varios de tejidos de bivalvos marinos, muchas de las cuales son resultantes de la interacción de ciclos factores ambientales y reproductivos (Ansell *et al.*, 1980; Azuaje y Vélez 1986; Lodeiros *et al.*, 2001; Acosta *et al.*, 2009).

En el presente estudio se evaluaron las variaciones mensuales de los componentes bioquímicos de los lóbulos gonádicos en los diferentes estadios de madurez sexual de una población del mejillón marrón *Perna perna*, procedente del Islote de Guarapo, estado Sucre, Venezuela.

De este modo, se pudieron establecer las posibles diferencias entre sexos, la evolución del ciclo gametogénico, composición bioquímica y sus relaciones con los parámetros ambientales, con la

finalidad de instaurar estrategias para llevar a cabo una explotación más racional de este importante recurso pesquero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras se recolectaron en el Isote de Guarapo, ubicado aproximadamente a 14 km al Este de Chacopata, estado Sucre en Venezuela (10° 40' 01" N, 63° 40' 02" W). Este islote está formado por un banco rocoso, con un área de aproximadamente 20 m², en donde la profundidad oscila entre 0,3 m y 8 m. Los ejemplares fueron seleccionados con una talla mínima de 30 ± 2,02 mm, con el objetivo de asegurar que los mismos presentarán la misma actividad sexual y que permitiera hacer más fácilmente la disección de los lóbulos gonádicos. Los muestreos se realizaron mensualmente a partir de febrero del año 2000 hasta enero de 2001.

Una vez obtenidos los organismos, estos fueron trasladados vivos al laboratorio donde se procedió a la eliminación de epibiontes sobre sus conchas. Seguidamente, se seleccionaron 10 machos y 10 hembras, de cada estadio de madurez gonadal, siguiendo la escala de apreciación visual establecida por Marques *et al.*, (1991), tal y como sigue: estadio 1: inicio reproductivo (gónada traslúcida e incolora); estadio 2: inmaduro (gónada dispersa); estadio 3: maduro (gónada llena de color intenso); estadio 4: desove (gónada madura con áreas claras); estadio 5: regresión gonádica (gónada flácida). Una vez identificados los estadios reproductivos, los organismos fueron preservados mediante congelación hasta su posterior procesamiento.

Parámetros ambientales

Para los datos de la temperatura se tomó como referencia los trabajos de Marcano (1992), en Isla de Lobos y los de Salaya *et al.*, (1977), en Guatapanare y la Esmeralda en el estado Sucre. Se recolectaron muestras de agua de mar con una botella Niskin de 5 litros, las mismas fueron depositadas en un envase plástico, previa filtración a través de un tamiz de 280 µm con la finalidad de eliminar el macroplankton. Luego, volúmenes de 500-1000 ml se filtraron al vacío con un equipo Millipore a través de filtros GFF (0,7 µm). La determinación del seston total, orgánico e inorgánico, se realizó por métodos gravimétricos y la biomasa fitoplanctónica (clorofila *a*) se estimó

por el método espectrofotométrico, siguiendo las recomendaciones de Strickland y Parson (1972).

La temperatura fue registrada diariamente mediante un termógrafo electrónico marca Sealog-Vemco. Se recolectaron muestras de agua de mar con una botella Niskin de 5 litros, las mismas fueron depositadas en un envase plástico, previa filtración a través de un tamiz de 280 µm con la finalidad de eliminar el macroplankton. Posteriormente volúmenes de 500-1000 ml se filtraron al vacío con un equipo Millipore a través de filtros GFF (0,7 µm). La determinación del seston total, orgánico e inorgánico, se realizó por métodos gravimétricos y la biomasa fitoplanctónica (clorofila *a*) se estimó por el método espectrofotométrico, siguiendo las recomendaciones de Strickland y Parson (1972).

Ciclo gametogénico

Con los datos mensuales obtenidos de los estadios de maduración sexual de machos y hembras, se elaboraron histogramas para conocer las oscilaciones del desarrollo gametogénico y períodos de desove del mejillón marrón en la zona de estudio.

Composición bioquímica

Las cuantificaciones de los componentes bioquímicos se hicieron por triplicado, en los lóbulos gonádicos secos y pulverizados, por sexo y estadio de maduración sexual, excluyendo a los ejemplares en inicio reproductivo por presentar lóbulos gonádicos muy pequeños y de difícil disección.

La determinación de las proteínas se realizó por el método colorimétrico empleando el reactivo de Folin-Ciocalteu (Lowry *et al.*, 1951). Se obtuvo una curva de calibración en un espectrofotómetro, utilizando solución de albúmina de suero de bovino, SIGMA A- 7888, (1 mgml⁻¹). Por último, la absorbancia fue medida a 750 nm. Los carbohidratos fueron cuantificados mediante el método colorimétrico utilizado por Dubois *et al.* (1956).

Se realizó una curva de calibración con soluciones patrones de glucosa (D- Glucosa; SIGMA, G-5767), grado analítico. La absorbancia se midió a 490 nm. Los lípidos fueron cuantificados mediante el método colorimétrico descrito por Marsh y Weinstein (1966). La curva de calibración se obtuvo con un patrón de ácido palmítico (SIGMA, P- 5585), mientras que la absorbancia fue obtenida a 375 nm.

Análisis estadísticos

Los datos biométricos fueron examinados por sexos y estados de maduración sexual, a través de un análisis de regresión, además de correlación, entre la longitud de los ejemplares y el peso seco de los lóbulos gonádicos. Se aplicó un ANOVA factorial, para detectar diferencias significativas en los parámetros biométricos y bioquímicos, entre los sexos, estadios de maduración y el tiempo de estudio. En aquellos factores donde mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$), éstas se contrastaron mediante una prueba *a posteriori* de Scheffé (Zar, 1984).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros ambientales

La biomasa fitoplanctónica (Figura 1) mostró una serie de fluctuaciones durante todo el período de estudio. Su máximo valor se alcanzó en el mes de febrero (2,66 $\mu\text{g/l}$). Posteriormente, presentó dos picos de mayor concentración en los meses de mayo (0,69 $\mu\text{g/l}$) y noviembre (0,61 $\mu\text{g/l}$), finalizando con otro incremento en el mes de enero (1,33 $\mu\text{g/l}$). El valor mínimo fue observado en el mes de agosto (0,03 $\mu\text{g/l}$).

En cuanto al seston total también presentó fluctuaciones a través de todo el período de estudio, presentando un valor mínimo en el mes de enero (10,7 mg/l) y el máximo en febrero (15,9 mg/l), en cuanto al seston orgánico su máximo valor se observó en diciembre y su mínimo en agosto, mientras que el seston inorgánico presentó su máximo valor en noviembre (Figura 2).

Con respecto, a la temperatura para este estudio, se tomó como referencia los trabajos de Marcano (1992), en Isla de Lobos y los de Salaya *et al.*, (1977) en Guatapanare y la Esmeralda en el estado Sucre, donde se muestran valores más bajos durante los primeros meses del año (enero a julio), mientras que desde agosto hasta octubre se produjo un incremento de la misma en al menos 2 ó 3°C, alcanzando valores entre 25,5 y 28°C. (Figura 3).

Ciclo gametogénico

El peso seco de la gónada fue calculado mediante el modelo de regresión alométrico, para un ejemplar con una longitud de 70 mm (Ps), tal como lo indica la Figura 4. Para tal fin no fue tomado en cuenta el sexo de los mejillones debido a la no diferenciación significativa obtenida entre ambos sexos (ANOVA $P > 0,05$; Cuadro). El peso seco de la gónada (Figura 4) mostró fluctuaciones durante todo el período de estudio, donde se destaca un peso mínimo en el mes de mayo (0,07 g), mientras que el mayor peso fue obtenido en el mes de marzo de mismo año (0,16 g); cabe destacar que entre julio a noviembre el peso se mantuvo relativamente constante, con una disminución en diciembre (0,09 g), para luego aumentar nuevamente en enero (0,14 g).

En la Figura 5a, se muestra la frecuencia porcentual de los estadios de desarrollo gonádico en el mejillón *P. perna*, durante todo el período de estudio. En el caso de las hembras, fue observada la ocurrencia de los estadios 3 y 4, (madurez gonádica y desove, respectivamente), durante casi totalidad del año, sugiriendo de esta forma, un proceso de reproducción continua.

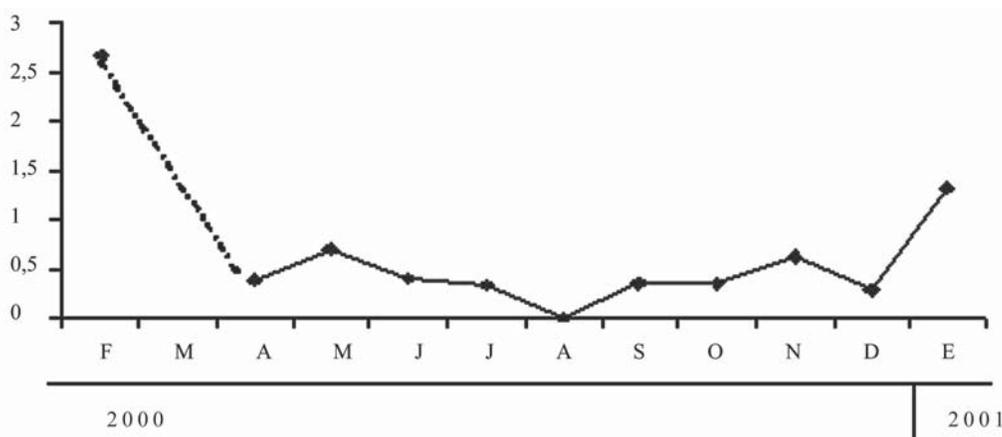


Figura 1. Variación mensual de la biomasa fitoplanctónica (estimada mediante la clorofila *a*).

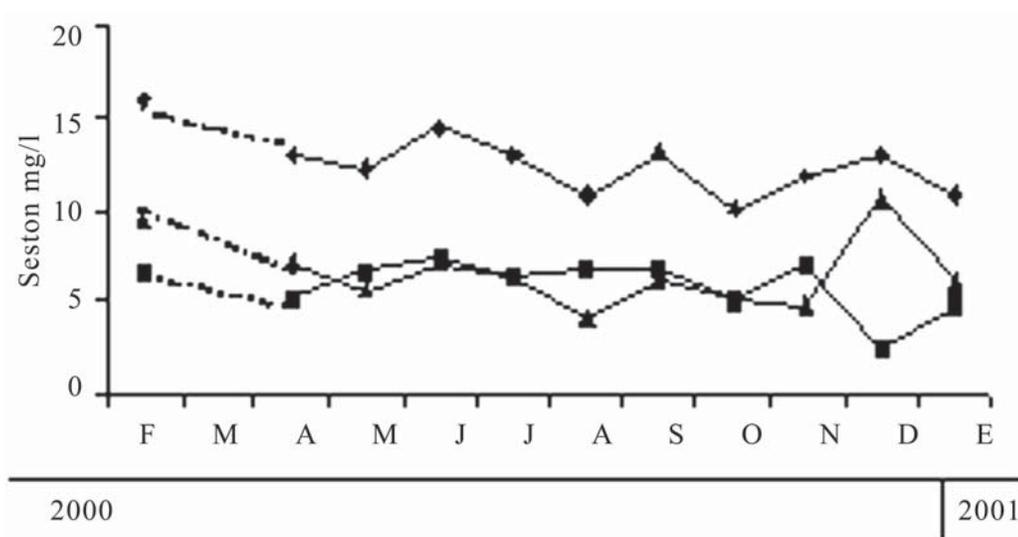


Figura 2. Variación mensual del seston total (◆), orgánico (▲) e inorgánico (■), en el Mar Caribe (Nororiente de Venezuela).

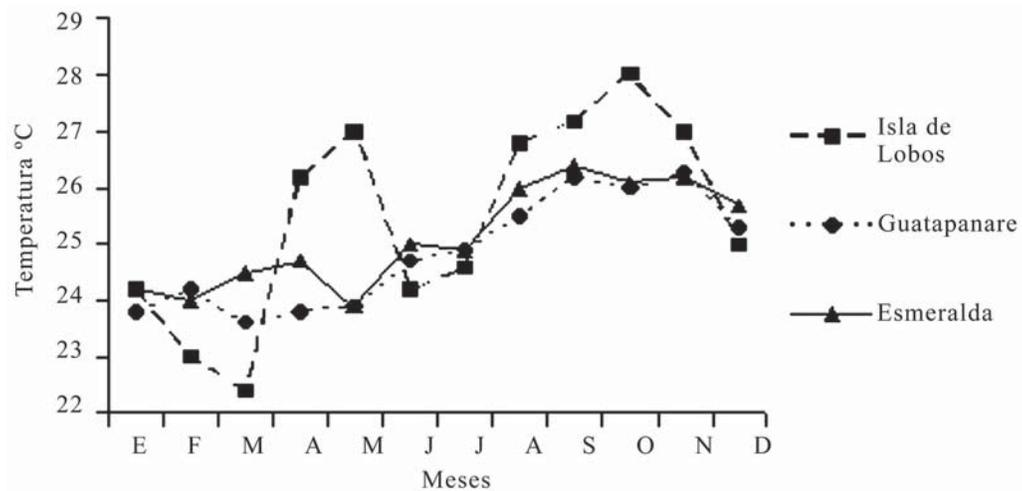


Figura 3. Variación mensual de la temperatura en tres localidades Isla de Lobos, (●) Marcano (1992), Guatapanare (■) y Esmeralda. (▲) Salaya (1977), estado Sucre, Venezuela.

Cuadro. Análisis de varianza (ANOVA) del peso seco de la gónada carbohidratos, lípidos y proteínas entre los meses, sexos y estados de maduración sexual (EMS).

	Meses	Sexos	EMS
Peso seco gónada	< 0,001	> 0,05	< 0,001
Carbohidratos	< 0,001	> 0,05	< 0,001
Lípidos	< 0,001	< 0,05	< 0,001
Proteínas	< 0,001	< 0,05	< 0,001

No significativa (P>0,05), significativa (P<0,05; P<0,01; P<0,001).

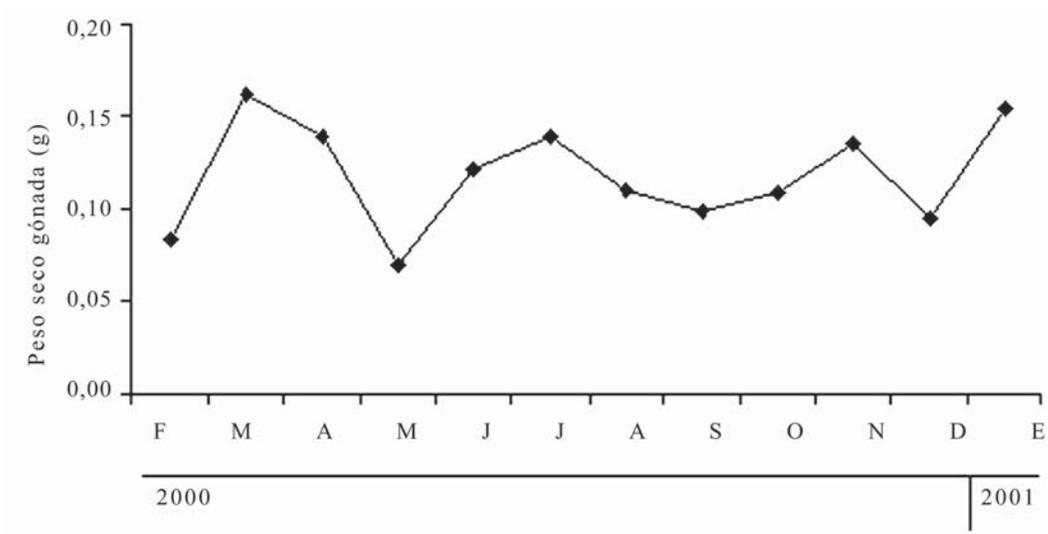


Figura 4. Oscilación mensual de la masa seca (g) de los lóbulos gonadales, en un ejemplar de *Perna perna* calculado por regresión para una longitud de 70 mm.

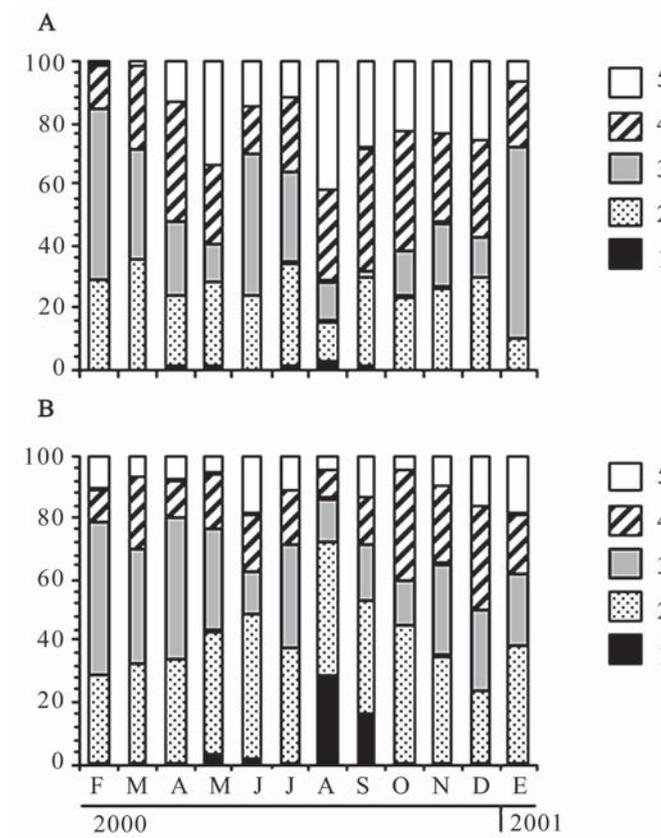


Figura 5. Histograma de frecuencias de los estados de maduración sexual en hembras (A) y machos (B) de *Perna perna*, del morro de Guarapo, estado Sucre, Venezuela. 1= inicio reproductivo; 2= inmaduro; 3= maduro; 4= desove; 5= regresión gonádica.

El estadio de madurez gonádica (3) presentó altos porcentajes en los meses de febrero (55,42%) y junio un 45,56% y en enero (62,06%). En los machos (Figura 5b), también se observó una situación similar a la descrita para las hembras, presentando un ciclo de reproducción continuo, donde la población está compuesta principalmente por individuos de los estadios inmaduros (2) y maduros (3). En los machos, a diferencia de las hembras, los individuos juveniles o inmaduros fueron abundantes en los meses de agosto (28,89%) y septiembre (15,88%). Por otro lado, de manera general se pudo observar los mayores porcentajes del estadio inmaduro (2) en este sexo, a lo largo de todo el estudio.

Componentes bioquímicos en ambos sexos

Los niveles de carbohidratos analizados en el peso seco de las gónadas de las hembras mostraron mínimos valores en el mes de marzo del 2000 (2,36 mg.carb./peso seco), después se produjeron una serie de fluctuaciones que se mantuvieron hasta el mes de noviembre del mismo año (Figura 6), donde fue alcanzado un primer pico (34,04 mg.carb./peso seco), para luego presentar una fuerte disminución en el mes de diciembre, después se produjo una rápida recuperación hasta alcanzar un segundo pico, en enero del 2001 (35,03 mg carb./peso seco). Con respecto, a los lípidos y al igual que en los carbohidratos, se observaron bajos niveles en el mes de febrero (2,83 mg líp./peso seco), seguidamente se observaron una serie

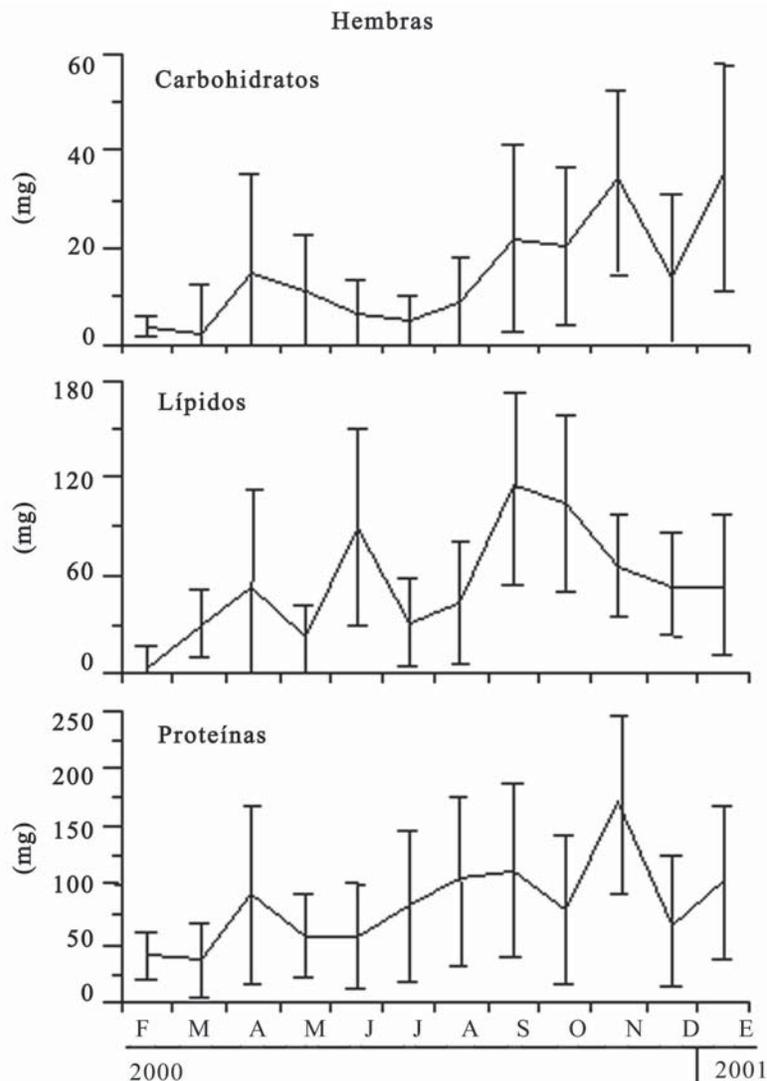


Figura 6. Variación mensual del contenido de carbohidratos, lípidos y proteínas en los lóbulos gonádicos de hembras del mejillón marrón *Perna perna*. Se indica la desviación estándar mensual.

de fluctuaciones entre abril-marzo, junio-julio, para luego alcanzar un máximo en el mes de septiembre (115,17 mg líp./peso seco), luego se observó una tercera disminución de los lípidos que se mantuvo de manera sostenida hasta el mes de diciembre. En lo que se refiere a las proteínas, de manera general podemos decir que, las variaciones observadas a lo largo del año en este componente son similares a las descritas para los carbohidratos, con mínimos valores en marzo (36,53 mg prot./peso seco) y un máximo nivel en noviembre del mismo año (172,00 mg prot./peso seco).

En los machos (Figura 7), los carbohidratos mostraron variaciones similares a las ya descritas para las hembras, con mínimos en el mes de febrero (3,72 mg carb./peso seco) y máximos (39,52 mg carb./

peso seco) en el mes de noviembre del mismo año. Lo mismo ocurrió con los lípidos, puesto que fueron observadas variaciones similares, en este componente, que en las hembras, con excepción de la disminución notada a partir de septiembre, la cual no ocurre de manera sostenida, sino que se pudo observar otra serie de fluctuaciones que se mantuvieron hasta el mes de enero del siguiente año. Con respecto a las proteínas, las variaciones observadas a lo largo del año en este componente fueron similares a las ya descritas en las gónadas de las hembras, con mínimos en el mes de marzo (47,93 mg prot./peso seco) y máximos en el mes de noviembre (120,32 mg prot./peso seco).

En cuanto al contenido de los tres componentes bioquímicos en los estadios de madurez reproductiva de ambos sexos, se presentaron oscilaciones similares

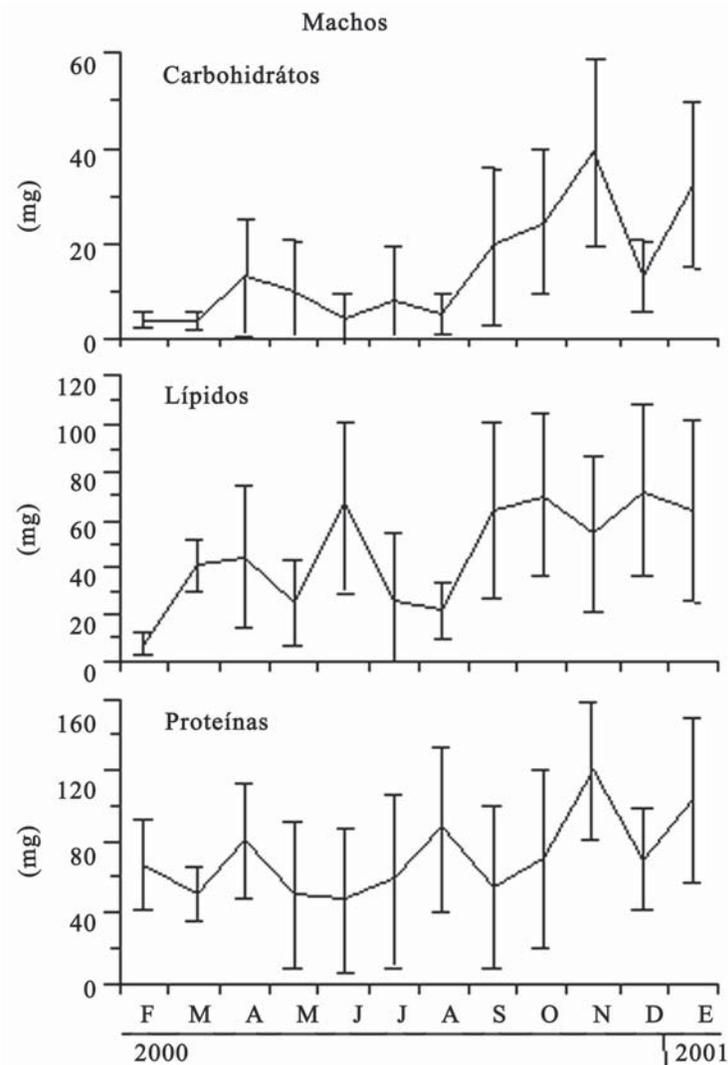


Figura 7. Variación mensual del contenido promedio de carbohidratos, lípidos y proteínas en los lóbulos gonádicos de machos del mejillón marrón *Perna perna*, se indica la desviación estándar mensual.

en sus contenidos. Entre los estadios 2 y 3, hubo un incremento del contenido de proteínas, lípidos y carbohidratos, mientras que entre los estadios 4 y 5 se observó una marcada disminución de dichos sustratos energéticos (Figura 8).

Las fluctuaciones observadas en la masa seca de la gónada estuvo asociada con el comportamiento reproductivo de ambos sexos, dominando los estadios de madurez y desove, lo cual puede sugerir que esta especie presenta un ciclo de reproducción continua. Estos resultados coinciden con lo reportado por Prieto *et al.*, (1999), los cuales señalan que la actividad gonádica de *P. perna* es continua, con desoves parciales, con rápidas recuperaciones de la misma. Este comportamiento reproductivo también es muy similar al observado en *Nodipecten nodosus* (Vélez *et al.* 1987) y *Amusium papyraceum* (Salaya y Penchaszadeh, 1979), especies que mostraron este mismo tipo de reproducción característico de los bivalvos tropicales. La reproducción continua de *P. perna* también implica una ventaja de la especie para soportar una sobre explotación a la cual esta sujeta

ésta, lo que permite mantener un reclutamiento prácticamente constante durante todo el año.

En cuanto a las caídas observadas en el peso seco de los lóbulos gonádicos, éstas se correspondieron de manera temporal con el estadio 4 representado en el correlativo al período de desove; coincidiendo al mismo tiempo con descensos de los componentes bioquímicos, particularmente de lípidos y proteínas, los cuales se produjeron entre los meses de abril-mayo y noviembre-diciembre, siendo más evidentes en las hembras. En este sentido, otros trabajos también han mostrado bajos contenidos de los lípidos relacionados con el desove en poblaciones naturales de los mejillones *Mytilus platensis* (De Moreno *et al.* 1980), *M. edulis* (Zandee *et al.*, 1980) y *M. galloprovincialis* (Bressan y Marin, 1985; Da Ros *et al.* 1985; Ferrán *et al.*, 1990); en las ostras *Crassostrea virginica* (Chu *et al.*, 1990) y *C. gigas* (Berthelin *et al.*, 2000), en los pectínidos *Pecten maximus* (Besnard *et al.*, 1989; Pazos *et al.*, 1997) y *Argopecten purpuratus* (Martínez, 1991); y en la almeja *Glycymeris glycymeris* (Galap *et al.*, 1997). Por otro lado, la disminución de las

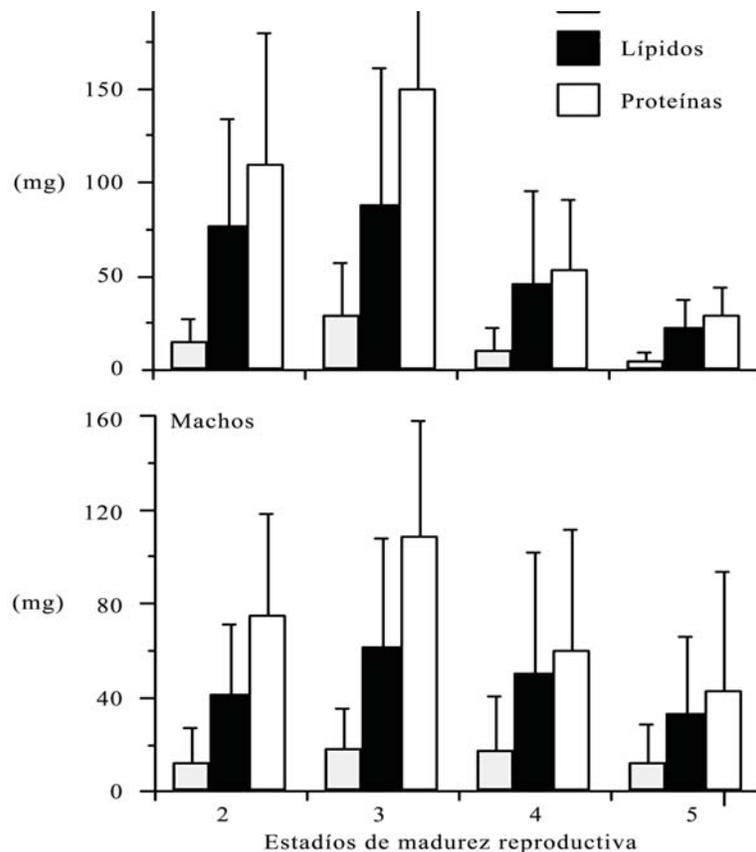


Figura 8. Variación en los estadios de maduración gonadal del contenido promedio de carbohidratos, lípidos y proteínas en los lóbulos gonádicos de hembras y machos del mejillón marrón *Perna perna*.

proteínas, también ha sido observada durante el desove de diferentes especies: *M. edulis* (Zandee *et al.*, 1980), *M. galloprovincialis* (Bressan y Marín, 1985), *Argopecten irradians irradians* (Epp *et al.*, 1988), *Ostrea edulis* (Ruiz *et al.*, 1992) y *Crassostrea iridescens* (Páez-Osuna *et al.*, 1993).

Los bajos niveles de lípidos y carbohidratos, observados en julio, coincidió con la baja disponibilidad del alimento de origen fitoplanctónico y del seston orgánico. Estos resultados sugieren que dichos valores estarían relacionados con la demanda de la energía acumulada en la gónada durante un período crítico, caracterizado por una baja disponibilidad de alimento, más que con un proceso de desove. Una evidencia que apoya esta interpretación, se presenta en el trabajo de Acuña (1977), quien no observó fijación de larvas de *P. perna*, en las localidades de la Esmeralda y Guatapanare, durante el mismo período del año.

El hecho de que las hembras de *P. perna* presentaron un mayor contenido de proteínas y lípidos que los machos puede ser debido a la participación de estos sustratos bioquímicos en las estructuras celulares de los ovocitos (Barber y Blake, 1991). Los lípidos se caracterizan por actuar como compuestos eminentemente energéticos que tienden a ser acumulados, con la finalidad de ser utilizados durante sucesivas divisiones mitóticas implicadas en el desarrollo embrionario y la metamorfosis (Pazos *et al.*, 1997). Las gónadas maduras, estadio 3, de ambos sexos también se caracterizaron por presentar altos contenidos de proteínas y lípidos, probablemente debido a la mayor acumulación de reservas energéticas y/o al incremento de los tejidos celulares implicados en la gametogénesis, coincidiendo también con alta biodisponibilidad de alimento en el medio.

La estrategia de reproducción continua exhibida por *P. perna* probablemente es sustentada por la disponibilidad de alimento, particularmente de tipo orgánico observada durante la casi totalidad del período experimental. Así, podríamos sugerir que estamos ante la presencia de una especie de bivalvo con una clara estrategia de reproducción "oportunistas", puesto que la misma, al contar con una continua fuente de energía, la aprovecha para la efectiva propagación de la especie. Este tipo de reproducción oportunista contrasta con las estrategias conservacionistas descritas para algunas especies de

aguas templadas, tales como *M. edulis* (Lubet, 1981; Lubet y Mann, 1987) y *M. galloprovincialis* (Villalba, 1995); como se discutió anteriormente, esto representa una ventaja en función de minimizar el impacto de la sobre explotación.

Es evidente que la reproducción sexual asincrónica y continua observada en *P. perna* dificulta el análisis de los cambios que ocurrieron en la misma, tanto desde el punto de vista sexual, como desde el punto de vista de las variaciones observadas en sus componentes bioquímicos. Esto se debe a la enorme complejidad que este tipo de reproducción le confiere a la población bajo estudio, donde coexisten individuos con diferentes estadios reproductivos y consecuentemente, con diferentes contenidos en sus reservas energéticas.

En consecuencia, esto también afectaría los cambios a nivel bioquímico, por ejemplo, a nivel de ciertas clases de lípidos y de los ácidos grasos, y de hecho, el análisis de estos últimos podría resultar muy interesante. De este modo, se recomienda realizar otros estudios que permitan analizar los cambios que ocurren en los niveles antes nombrados, discriminando a su vez, los que ocurren entre sexos y en los diferentes ácidos grasos que componen las clases de lípidos con una función principalmente estructural (fosfolípidos) y/o energética (triacilglicéridos).

De acuerdo a los resultados obtenidos, el tejido gonadal representa una porción significativa de la masa total, lo que le confiere a esta especie su valor económico y nutricional. El mayor contenido energético observado en los meses de marzo, julio, noviembre y enero, estuvo asociado con la alta disponibilidad de alimento reportada en dichos meses y cuando la mayor proporción de la población se encontraba en las fases de acumulación de reservas energéticas previa a la reproducción.

En líneas generales ambos sexos presentaron básicamente el mismo comportamiento y la masa de los tejidos por organismo estuvo asociada a los estadios de madurez sexual.

CONCLUSIONES

Se observó, que la mayor madurez sexual y peso gonadal fueron en los meses de febrero y marzo, asociados con la alta disponibilidad de alimento

de origen fitoplanctónico, lo que caracteriza a la población con una reproducción de tipo oportunista.

Sin embargo, la presencia simultánea de individuos en diferentes estadios reproductivos durante la mayor parte del año, se evidenció, que la población estudiada presentó una reproducción de tipo asincrónica. Además, la presencia de individuos maduros en casi todo el año, nos indica que la población estudiada es capaz de explotar al máximo la cambiante disponibilidad de alimento (en términos cualitativos y cuantitativos), con miras a garantizar la continuidad de sus poblaciones.

Los escasos contenidos de carbohidratos observados en los diferentes estadios reproductivos estudiados nos indicarían un proceso de lipogénesis casi continuo con vista a la formación de nuevos gametos y la acumulación de vitelo en los mismos.

LITERATURA CITADA

- Acosta, V., M. Glem, T. Urbano, Y. Natera, J. Himmelman, M. Rey-Méndez and C. Lodeiros. 2009. Differential growth of the mussels *Perna perna* and *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) in suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *JWAS*. (40)2: 227-236.
- Acosta, V., Y. Natera, C. Lodeiros, L. Freitas and A. Vásquez. 2010. Componentes bioquímicos de los tejidos de *Perna perna* y *Perna viridis*, en relación al crecimiento en condiciones de cultivo suspendido. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 38(1): 37-46.
- Acuña, A. 1977. Variación estacional de la fijación larval del mejillón *Perna perna* (L) en dos bancos naturales de la costa norte del estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 16: 79-82.
- Ansell, A., L. Frenkiel and M. Moueza. 1980. Seasonal changes in tissues weight and biochemical composition for the bivalve *Donax trunculus* L. on the Algerian Coast, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 45: 105-116.
- Azuaje, O. y A. Vélez. 1986. Desove, fecundidad y desarrollo larval del mejillón *Perna perna* de los bancos naturales y los cultivados en el Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 25 (1-2): 155-162.
- Barber, B. and N. Blake. 1991. Reproductive Physiology. **In:** *Scallop, Biology, Ecology and Aquaculture*. E. S. Swumway (ed.), Elsevier: Amsterdam, pp. 377-428.
- Benítez, J. 1968. Variación estacional de la composición bioquímica del mejillón *Perna perna* (L). *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 7(1): 137-147.
- Beninger, P. and A. Lucas. 1984. Seasonal variation in condition, reproductive activity and gross biochemical composition of two species of adult clam reared in a common habitat *Tapes decussates* (L.) and *Tapes philippinarum*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 79: 19-37.
- Berthelin, C., K. Kellner and M. Mathieu. 2000. Storage metabolism in the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in relation to summer mortalities and reproductive cycle (West Coast of France). *Comp. Biochem. Physiol.*, 125B: 359-369.
- Besnard, J., P. Lubet and A. Nouvelot. 1989. Seasonal variations of the fatty acid content of the neutral lipids and phospholipids in the female gonad of *Pecten maximus* L. *Comp. Biochem. Physiol.* 93B: 21-26.
- Bressan, M. and G. Marin. 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.
- Chu, F., K. Webb and J. Chen. 1990. Seasonal changes of lipids and fatty acids in oyster tissues (*Crassostrea virginica*) and estuarine particulate matter. *Com. Biochem. Physiol.*, 95B: 385-391.
- Da Ros, L., M. Bressan, and M. Marin. 1985. Reproductive cycle of the mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lmk) in Venice Lagoon (North Adriatic). *Bol. Zool*, 52: 223-229.
- De Moreno, J.E.A., R.J. Pollero, V.J. Moreno, and Brenner, R.R. 1980. Lipids and fatty acids of the mussel (*Mytilus platensis* d'Orbigny) from South Atlantic waters. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 48, 263-276.
- Dubois, M., A. Gilles, K. Hamilton., P. Rebers. and F. Smith. 1956. Colorimetric method for the

- determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28: 350-356.
- Epp, J., M.V. Bricelj and R.E. Malouf. 1988. Seasonal partitioning and utilisation of energy reserves in two age classes of the bay scallop *Argopecten irradians* (Lamarck). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 121: 113-136.
- Ferrán, E., M. Treviño, M. J. Mancebo, C. Crespo and J. Espinosa. 1990. Estudio del ciclo gonadal anual en *Mytilus galloprovincialis*: Cinética de poblaciones celulares en el manto y reservas bioenergéticas. *Actas del III Congreso Nacional de Acuicultura*, pp. 467-472.
- Galap, C., F. Leboulenger and J. Grillot. 1997. Seasonal variations in biochemical constituents during the reproductive cycle of the female dog cockle *Glycymeris glycymeris*. *Mar. Biol.*, 179: 625-634.
- Lodeiros, C., B. Marín y A. Prieto. 1999. Catálogo de moluscos de las costas nororientales de Venezuela. Clase Bivalvia. Ediciones APUDONS, 103 p.
- Lodeiros, C., A. Maeda-Martínez, L. Freitas, E. Uribe, D. Lluch-Cota y M. Sicard. 2001. Ecofisiología de pectínidos Iberoamericanos. En: *Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y acuicultura*, Maeda-Martínez, A. (ed). Editorial Limusa, México. pp. 77-88.
- Lowry, O., N. Rosebrough, A. Farr and R. Randal. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193: 265-27.
- Lubet, P. 1981. Action de la temperature sur le Cycle de reproduction des Lamellibranches. *Bull. Soc. Zool. France*, 106 (3): 283-292.
- Lubet, P. and R. Mann. 1987. Les diferentes modalidades de la reproduction ches les mollusques bivalves. *Haliotis*, 16: 181-195.
- Marcano, L. 1992. Condiciones ambientales de los Islotes Caribe y Los Lobos, Venezuela. In: *Islotes Caribe y Los Lobos*, P.R. Villarroel (ed). pp. 9-15.
- Marques, H., R. Pereira e B. Correa, 1991. Estudio sobre os ciclos de reproduco e de fixaco de *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae: em bancos naturais no litoral de Ubatuba (SP), Brasil. *Bol. Inst. Pesca*, 18: 73-81.
- Marsh, J. and D. Weinsten. 1966. Simple charring method for determination of lipid J. *Lipid Res.*, 7: 574-576.
- Martínez, G. 1991. Seasonal variation in biochemical composition of three size classes of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819). *Veliger*, 34: 335-343.
- Nusetti, O. y D. Morales. 1988. Crecimiento de algunos tejidos del mejillón *Perna perna* (L): composición de ADN, relaciones ARN/ADN y reservas energéticas. *Acta Científica Venezolana.*, 39: 289-29.
- Páez-Osuna, F., H. M. Zazagueta-Padilla and J. I. Osuna-López. 1993. Biochemical composition of the oysters *Crassostrea iridescens* (Hanley) and *Crassostrea corteziensis* (Hertlein) in the northwest coast of Mexico: Seasonal changes. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 170: 1-9.
- Pazos, J., G. Román, C. Acosta, J. Sánchez and M. Abad. 1997. Lipid classes and fatty acid composition in the female gonad of *Pecten maximus* in relation to reproductive cycle and environmental variables. *Comp. Biochem. Physiol.* 117B (3): 393-402.
- Prieto, A., M. Vásquez y L. Ruiz. 1999. Dinámica energética del crecimiento en una población del mejillón *Perna perna* (Fillibranchia: Mytilidae) en el noreste del Estado Sucre, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 47 (3): 399-410.
- Ruiz, C., D. Martínez, G. Mosquera, M. Abad and J. Sánchez. 1992. Seasonal variations in condition, reproductive activity and biochemical composition of the flat oyster, *Ostrea edulis*, from San Cibran (Galicia, Spain). *Mar. Biol.*, 112: 67-74.
- Salaya, J., J. Lodeiros y J. Martínez. 1977. Estudio sobre la fijación de larvas de mejillón *Perna perna*, en las ensenadas de La Esmeralda y Guatapanare (estado Sucre, Venezuela). *FAO. Fish.Rep.*, 200:385-393.
- Salaya, J. J. y P. Penchaszadeh. 1979. Pesquería de la vieira, *Pecten papyraceus* (Mollusca-Bivalvia),

- en Venezuela. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst. 31: 105- 126.
- Strickland, J. and T. Parson. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Res., 16: 167-315.
- Vélez, A., F. Sotillo y J. Pérez. 1987. Variación estacional de la composición química de los pectinidos *Pecten ziczac* y *Lyropecten nodosus*. Bol. Inst. Oceanog. Univ. Oriente. 26: 67-72.
- Villalba, A. 1995. Gametogenic cycle of culture mussel, *Mytilus galloprovincialis*, in the bays of Galicia (N. W. Spain). Aquaculture 130: 269–277.
- Zandee, D., J. Kluytmans, W. Zurburg and H. Pieters. 1980. Seasonal variations in biochemical compositions of *Mytilus edulis* with reference to energy metabolism and gametogenesis. Neth. J. Sea. Res., 14: 1-29.
- Zar, J. 1984. Biostatistical analysis. 2nd Edition. Prentice- Hall, Inc., New Jersey. 120 p.