

Rendimiento, índice de condición y esfuerzo reproductivo del mejillón verde *Perna viridis* en cultivo de fondo en el Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela

Vanesa Acosta^{1*}, Antulio Prieto¹, Berenice Licett², Yelipza Longart¹ y Marbelis Montes¹

¹ Universidad de Oriente. Escuela de Ciencias. Departamento de Biología. Cumaná estado Sucre. Venezuela.

*Correo electrónico: vanessaacosta@yahoo.com.

²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agrícolas del Cumaná estado Sucre. Venezuela

RESUMEN

Se evaluó el índice de condición, rendimiento y esfuerzo reproductivo de *Perna viridis* en cultivo de fondo en el golfo de Cariaco. Las semillas con longitud antero-posterior $35,81 \pm 1,41$ mm DE, fueron obtenidas en la localidad de Guaca, ubicada en la costa norte del estado Sucre y luego trasladadas hasta la estación hidrobiológica de Turpialito donde se sembraron por triplicado 30 mejillones en cestas “españolas”, las cuales fueron fijadas al fondo a una profundidad de cinco metros. Quincenalmente se obtuvieron registros de temperatura, clorofila *a*, salinidad, oxígeno, seston total y orgánico. Mensualmente se procedió a disecar los tejidos (músculo, gónadas y resto de tejidos) y determinar la longitud de la concha en su eje dorso-ventral, para estimar el crecimiento. El peso de la gónada ejerció una marcada influencia sobre el índice de condición, esfuerzo reproductivo y rendimiento de la carne, ya que dichos índices alcanzaron sus máximos valores en los meses cuando hubo mayor producción gonádica, asociados con el alimento presente en el medio. Una vez transcurridos siete meses de cultivo y con una talla aproximada de 7 cm, *P. viridis* presentó una excelente condición fisiológica, reflejada en la alta producción gonádica y de tejido somático.

Palabras clave: Crecimiento, cultivo de fondo, factores ambientales, índices de condición fisiológica, mejillón.

Efficiency, condition index and reproductive effort of the green mussel *Perna viridis* in bottom culture in the Gulf of Cariaco, Sucre state, Venezuela

ABSTRACT

The condition index, yield and reproductive effort of *Perna viridis* in bottom culture in the Gulf of Cariaco were evaluated. Seeds with antero-posterior length 35.81 ± 1.41 mm SD, were obtained in Guaca, located on the north coast of Sucre state, and later transferred to the Hydrobiological Station of Turpialito where they were planted by triplicate of 30 mussels in “Spanish” baskets which were fixed to the bottom at a depth of 5 meters. Fortnightly temperature records were obtained of chlorophyll *a*, salinity, oxygen, and total and organic seston. Monthly evaluations were performed dissecting the tissues (muscle, gonads and other tissues) and determining the length of the shell on its dorsal-ventral axis to estimate growth. The gonad weight exerted a marked influence on condition index, reproductive effort and meat yield, as these indices reached their highest values in the months when there was greater gonad production. The latter was associated to food abundance in the environment. In general, *P. viridis* presented an excellent physiological condition, reflected in the high production of gonad and somatic tissue. The gonad weight exerted and marked influence on the condition index, yield and reproductive effort reached their maximum values in the months when there was greater gonad production associated

with food present in the medium. After 7 months of culture and with a size of about 7 cm, *P. viridis* showed an excellent physiological condition, reflected in the high production of gonad and somatic tissue.

Keyword: Growth, bottom culture, environmental factors, physiological indices, green mussel.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura es el sector de más rápido crecimiento de la industria alimentaria, aumentando a un ritmo de alrededor del 8% anual desde la década de 1970, llegando a representar el 43% de la producción total anual de la pesca de 160 millones de toneladas en 2008. Las proyecciones indican que esta producción se incrementará en gran medida en el futuro (FAO, 2010).

Es una actividad, la acuicultura, que incluye una multitud de prácticas y un amplio abanico de especies producidas, sistemas y técnicas. Su dimensión económica ofrece nuevas oportunidades socioeconómicas en las regiones donde se establece, gracias a la creación de puestos de trabajo, el uso cada vez más eficiente de los recursos naturales y a la promoción del comercio local e internacional. El éxito de la acuicultura moderna se basa en el control de la reproducción de especies, un mejor conocimiento de la biología, innovaciones tecnológicas y el desarrollo de productos alimenticios seguros y de alta calidad.

Los principales aspectos que deben manejarse en el cultivo de moluscos son su engorde y reproducción, pues ambos procesos están íntimamente relacionados y son determinantes en la rentabilidad del cultivo del mejillón. En este sentido, conocer el ciclo reproductivo anual de un organismo en condiciones de cultivo, permitirá tener un mayor control y optimización de su producción. Entre los parámetros medioambientales más importantes que afectan el proceso reproductivo, ya sea de manera directa o indirecta, están la temperatura y la disponibilidad de alimento (Ceballos-Vázquez *et al.*, 2000; Luna-González *et al.*, 2000; Alfaro *et al.*, 2001), factores que han sido señalados como decisivos en el crecimiento somático de los moluscos bivalvos (Ceballos-Vázquez *et al.*, 2000; Acosta *et al.*, 2009), y que además determinan la duración de las distintas fases de la gametogénesis (Soumady y Asokan, 2011), el desove (Duinker *et al.*, 2008; Lista *et al.*, 2011) y el posterior desarrollo larvario (Bayne, 1998; Oyarzún *et al.*, 2011).

La condición somática de los bivalvos, en términos del contenido de biomasa de un tejido, ha sido frecuentemente evaluada a través de diferentes índices de condición, los cuales se refieren a la cantidad relativa de carne producida por un organismo y son ampliamente utilizados en los moluscos para estimar su valor nutritivo, comercial y también ecológico. En este sentido, índices como el esfuerzo reproductivo y el rendimiento de la carne, también pueden relacionarse con variables como el estado reproductivo, relación talla-peso y permiten conocer cómo responde el organismo a las variaciones del ambiente (Arrieche *et al.*, 2002; Acosta *et al.*, 2006).

Desde el punto de vista económico, los factores más importantes que deben ser evaluados en los organismos son, el crecimiento, producción de tejidos somático y reproductivo, así como el rápido alcance de la talla de venta comercial. Es evidente entonces, que antes de proceder a la instalación de un cultivo, es necesario conocer mínimamente las características oceanográficas (físicas y químicas) del sitio de instalación y las características biológicas del organismo que se quiere cultivar.

El mejillón verde, *P. viridis* (Linnaeus 1758) es la especie de mejillón tropical con mayor producción a nivel mundial por su rápido crecimiento, específicamente en Asia donde constituye una de las cinco especies de mejillones que es cultivada comercialmente debido a que produce el mayor rendimiento neto en comparación con cualquier otro bivalvo cultivado. Presenta un crecimiento variable y se caracteriza por ser un mejillón grande, cuya talla adulta promedio en la India y áreas adyacentes, se encuentra entre los 165 mm y 300 mm (Cheung, 1991; Gallardo *et al.*, 1992; Ragopal *et al.*, 1998; Guo *et al.*, 1999). La potencialidad de *P. viridis* para el cultivo radica en su condición de filtrador, lo que le permite alimentarse de la materia orgánica suspendida en la columna de agua, evitándose de esta manera gastos relacionados con su alimentación. Sin embargo, por las características biológicas de esta especie, el tipo de alimento disponible en el medio, así como las condiciones fisicoquímicas del

ambiente donde la especie es cultivada, pueden ser determinantes para lograr un buen rendimiento en el cultivo. En consecuencia, el presente trabajo se determinó los índices de condición, rendimiento y esfuerzo reproductivo del mejillón verde, *P. viridis*, bajo sistema de cultivo de fondo en la Ensenada de Turpialito-Golfo de Cariaco, lo cual ayudará a orientar estrategias de producción y cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las “semillas” de *P. viridis* fueron obtenidas mediante la extracción manual de los bancos naturales existentes en la localidad de Guaca, ubicada en la costa norte del estado Sucre (10° 40' 10,3" N; 63° 24' 11,46" O). Posteriormente, se trasladaron en contenedores isotérmicos hasta la zona del cultivo experimental, situada en la zona costera aledaña a la Estación Hidrobiológica de Turpialito, ubicada en 10° 26' 5" N y 64° 02' 56" O en la costa sur del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. El ensayo fue desarrollado a 5 m de profundidad en una zona con fondo fango-arenoso, con parches de *Thalassia testudinum* y donde la línea de la costa está bordeada de mangle rojo (*Rhizophora mangle*).

Experiencia de cultivo

El estudio se realizó durante un período de ocho meses (julio de 2007 hasta febrero de 2008), utilizando ejemplares de tallas poco variables de longitud antero-posterior de la concha (LC, 35,81 ± 1,41 mm DE), determinadas con la ayuda de un vernier digital con precisión 0,01 mm, con el fin de que no se establecieran diferencias significativas entre las réplicas experimentales utilizadas (ANOVA de una vía; P>0,05). Cada una de las 24 réplicas consistió en 30 mejillones contenidos en cestas “españolas” (40 cm x 8 cm), con la finalidad de que dichos organismos abarcaran tan solo un 1/3 de la superficie. Las cestas fueron fijadas al sustrato con barras metálica de 13 mm (1/2 pulgada).

Previo a la colocación de las cestas, se obtuvieron al azar 30 ejemplares, los cuales fueron llevados al Laboratorio para realizar los análisis merísticos correspondientes.

Para estimar el crecimiento, mensualmente se retiraron de la zona de cultivo 3 réplicas, a cuyos organismos se les determinó la longitud de la concha en su eje dorso-ventral, utilizando un vernier digital, Mitutoyo (±0,01m de precisión). Seguidamente, se

procedió a separar los tejidos (músculo, gónadas y resto de tejidos), y tanto estos como la concha se deshidrataron en una estufa a 60°C por 48 h para obtener su masa seca. Luego de dejarlos a temperatura ambiente en un desecador por 15 min., se pesaron en una balanza analítica marca OHAUS, con precisión 0,001 g.

Es importante señalar, que a los organismos vivos se les hizo un frotis en fresco del material gonadal, con la finalidad de conocer el estado de la gónada. Se consideraron organismos maduros aquellos que tenían una llenura del tejido gonádico de 75% a 100% de óvulos en el campo visual. Estos se diferenciaron de aquellos que presentaban 50% o más folículos postovulatorios vacíos o bien de aquellos que carecían de células sexuales. Este método en fresco es útil para evaluar en forma rápida la condición reproductiva de los organismos que presentan masas gonadales grandes y cuando no se dispone de técnicas más sofisticadas (King, 1995).

Índice de condición

El índice de condición (IC) se determinó mediante la fórmula $IC = Ps/Pfc \times 100$, según las recomendaciones de Nascimento y Pereira (1980) y Cabrera *et al.* (1983), donde Ps representa el peso seco de todos los tejidos y Pfc: el peso fresco de la carne. En este estudio, el aumento del peso seco de la gónada se consideró como indicador de la gametogénesis, mientras que una disminución se interpretó como ocurrencia de desove.

Esfuerzo reproductivo

A las mismas muestras analizadas anteriormente, se les determinó el esfuerzo reproductivo según la fórmula $ER = Pg/Ps$, calculado en función del peso de la gónada (Pg) y el peso seco de todos los tejidos (Ps).

Rendimiento

Para estimar el rendimiento de la carne se aplicó la fórmula $R = (Ph/Pt) \times 100$, utilizando el peso húmedo (Ph) y el peso total húmedo del organismo incluyendo la concha (Pt). Ambos índices fueron evaluados siguiendo las recomendaciones en Hickman y Illingworth (1980).

Parámetros ambientales

A fin de determinar la variación de los factores ambientales en el área de cultivo, se tomaron muestras

quincenales de agua con una botella Niskin de 2 l a 5 m de profundidad. Dichas muestras se tomaron manualmente, mediante buceo autónomo, teniendo el mayor cuidado de no interferir con el medio. De las muestras de agua obtenidas con la botella de Niskin, se obtuvieron submuestras para estimar los niveles de oxígeno disuelto, mediante el método de Winkler y la salinidad con un refractómetro de 1% de precisión, así como la biomasa fitoplanctónica mediante la concentración de clorofila *a* y el seston orgánico. Estos análisis se realizaron reteniendo las partículas en filtros Whatman GF/F (0,7 μm de diámetro de poro), utilizando un equipo de filtración al vacío Millipore. Para el análisis de clorofila *a* se empleó el método espectrofotométrico, mientras que la determinación del seston se realizó mediante técnicas gravimétricas descritas en Strickland y Parsons (1972). En la zona de cultivo fue colocado un termógrafo electrónico (Minilog-Vemco, Canadá) para registrar la temperatura a intervalos de 30 min.

Para determinar diferencias entre el índice de condición, esfuerzo reproductivo y rendimiento del mejillón *P. viridis*, se aplicó un Análisis de Varianza de una vía (ANOVA I), tomando en cuenta al tiempo (meses) y especie, como factores y en los casos donde se establecieron diferencias significativas ($P < 0,05$) se aplicó una prueba *a posteriori* de Duncan ($P < 0,05$). Previo a estos análisis se comprobaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de las varianzas, según recomendaciones establecidas en Zar (1984). Para establecer la interrelación entre las variables ambientales con los diferentes índices analizados (rendimiento, esfuerzo reproductivo e índice de condición) en *P. viridis*, se utilizó un Análisis de Componentes Principales (ACP), considerando los índices como variables dependientes. Este análisis se realizó con la ayuda del programa Statgraphics plus versión 5.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros ambientales

La temperatura presentó, durante todo el período experimental, variaciones entre 22°C y 32°C. Valores superiores a los 30°C fueron alcanzados durante el mes de septiembre-07, para luego descender progresivamente hasta llegar a los 23°C entre diciembre-07 y febrero-08 (Cuadro 1). En cambio, la biomasa fitoplanctónica estimada por

clorofila *a*, mostró un patrón de variación inverso al de la temperatura. Los primeros meses (junio hasta mediados de noviembre-07), los valores estuvieron por debajo de 1 $\mu\text{g.l}^{-1}$, cuando los valores de la temperatura fueron más elevados (26-32,5°C); a partir del mes de diciembre-07 y hasta el final de la experiencia (febrero-08) los valores mostraron incrementos significativos ($F = 40,89$; $P < 0,05$), alcanzando los 2 $\mu\text{g.l}^{-1}$, durante los momentos en los que los valores de temperatura fueron más bajos (22-23°C).

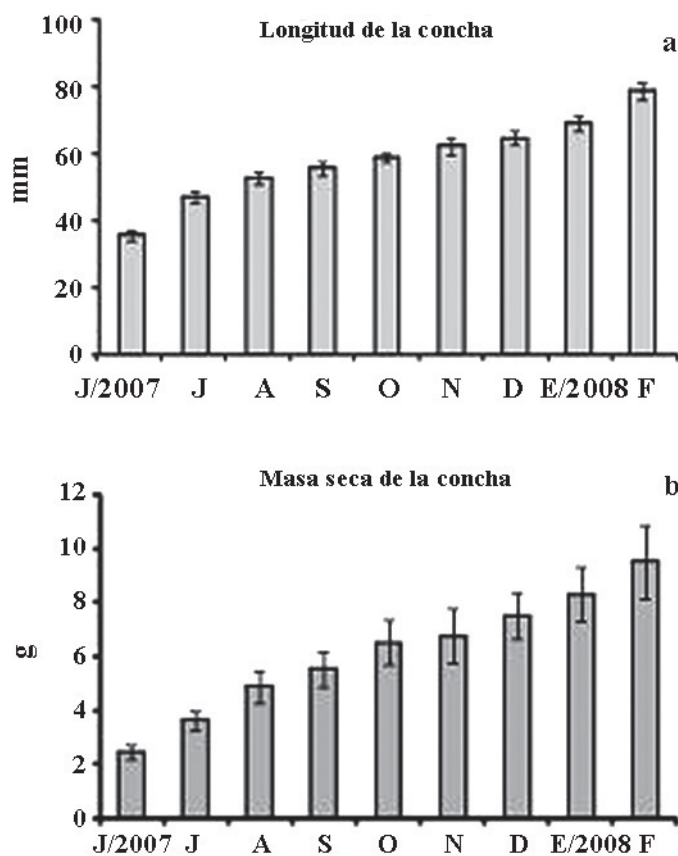
El seston total mostró un comportamiento similar al de la biomasa fitoplanctónica, con valores superiores a 4 mg.l^{-1} entre julio y septiembre-07, para luego descender en octubre (2 mg.l^{-1}) e incrementar significativamente en diciembre de 2007 ($F = 17,05$; $P < 0,05$), con un valor que se mantuvo hasta el final de la experiencia ($> 8 \text{mg.l}^{-1}$). El seston orgánico presentó un comportamiento diferente a la biomasa fitoplanctónica a lo largo del estudio, con valores altos en los meses de julio-07 (6,83 mg.l^{-1}). En los meses de enero y febrero-08 (6,79 mg.l^{-1} y 8,89 mg.l^{-1} , respectivamente), se observó un incremento significativo que se mantuvo hasta el final del estudio ($F = 11,99$; $P < 0,05$), mientras que los valores menores se presentaron en septiembre, noviembre y diciembre-07 (3,74; 1,45; 3,84 mg.l^{-1} , respectivamente). La concentración de oxígeno disuelto del agua no presentó grandes fluctuaciones, manteniéndose por lo general con valores superiores a los 4 mg.ml^{-1} , a excepción de los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2007, cuando se observó una leve caída en su concentración. Los mayores valores fueron observados en los meses de julio-07, enero y febrero-08, incrementándose significativamente ($F = 6,38$; $P < 0,05$) y alcanzando valores mayores de 6 mg.ml^{-1} . Por su parte, la salinidad no mostró variaciones significativas entre meses ($F = 1,74$; $P > 0,05$), manteniéndose entre 36 y 37 UPS, observándose un comportamiento similar a las concentraciones de oxígeno disuelto (Cuadro 1).

Crecimiento de la concha

El crecimiento de la concha de *P. viridis* bajo condiciones de cultivo de fondo fue progresivo, mostrando incrementos significativos (ANOVA I; $P < 0,05$) durante todo el período de cultivo, alcanzando al final del estudio una talla de 78,92 \pm 2,43 mm,

Cuadro 1. Valores mensuales de la temperatura, clorofila *a*, seston total, orgánico, salinidad y oxígeno disuelto en la ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.

	Temperatura (°C)	Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	Seston total (mg.l^{-1})	Seston orgánico (mg.l^{-1})	Salinidad (UPS)	Oxígeno (mg.ml^{-1})
Julio/2007	27,24	0,64±0,05	4,18±1,98	5,90±1,73	37,33±1,02	5,90±1,78
Agosto	28,56	0,41±0,02	6,30±3,65	5,43±1,60	36,67±2,09	3,85±2,82
Septiembre	28,64	0,11±0,01	5,46±2,97	4,31±2,63	36,00±2,11	3,98±1,98
Octubre	26,20	0,33±0,02	2,04±1,01	5,12±2,98	36,50±1,43	4,52±2,56
Noviembre	28,25	0,18±0,02	4,54±2,84	1,62±0,97	36,67±1,65	4,21±2,80
Diciembre	22,64	1,98±0,76	6,99±2,67	4,21±1,973	37,67±2,01	5,54±1,67
Enero/2008	22,28	2,88±1,11	9,84±3,78	6,34±2,94	37,67±1,54	4,54±1,54
Febrero	21,55	2,73±1,07	11,08±4,09	8,07±3,87	37,33±1,98	4,67±2,76

Figura 1. Variación mensual de la (a) longitud (mm) y (b) masa seca (g) de la concha del mejillón verde *Perna viridis* cultivado en cestas españolas (fondo) en la Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco.

comportamiento similar mostró la masa seca de la concha, presentando al final una masa de $9,42 \pm 3,97$ g (Figura 1a y b).

Crecimiento del tejido somático y reproductivo

Los tejidos somáticos conformados por el músculo (Figura 2a) y el resto del tejido (Figura 2b), mostraron una tendencia de crecimiento similar, con diferencias no significativas ($P > 0,05$) durante los cuatros primeros meses (junio-septiembre-07). Posteriormente, se produjeron una serie de fluctuaciones que se mantuvieron hasta el final del estudio (febrero-08). Dichas variaciones pudieron estar relacionadas con los procesos reproductivos (maduración y desoves) del mejillón. Al final del estudio, se observó un incremento significativo ($F = 30,42$; $P < 0,05$), tanto en el músculo como en el resto de los tejidos ($F = 19,30$; $P < 0,05$), con respecto a los otros meses experimentales.

Con respecto al tejido reproductivo, en el primer mes, la masa de la gónada mostró un crecimiento significativo ($F_s = 15,11$; $P < 0,05$) alcanzando valores de 0,04 g, luego se produjo una disminución progresiva entre agosto y septiembre-08 (Figura 2c), sugiriendo el primer desove de la población experimental. A partir de octubre y hasta el final del estudio, la masa de gónada mostró variaciones significativas ($F = 15,11$; $P < 0,05$), con aumentos y descensos, presentando sus máximos períodos de madurez en diciembre de 2007 ($0,09 \pm 0,01$ g) y febrero de 2008 ($0,08 \pm 0,01$ g). Este comportamiento de la gónada sugiere que *P. viridis* mostró una actividad reproductiva continua, con máximos períodos de madurez, desoves y rápida recuperación gonadal.

Índice de condición

El índice de condición de *P. viridis* cultivada en el fondo, presentó variaciones significativas durante todo el período experimental ($F = 24,41$; $P < 0,05$). En líneas generales, el índice mostró una relación directa con el comportamiento de la gónada. En este sentido, los mayores índices de condición se observaron en octubre-07 (35%), diciembre-07 (45%) y el máximo en febrero-08 (53%). Estos valores fueron coincidentes con los períodos de máxima maduración gonádica, mientras que los descensos en el índice de condición concordaron con los períodos de desove de la especie (Figura 3).

Esfuerzo reproductivo

El esfuerzo reproductivo mostró fluctuaciones durante todo el período experimental (Figura 4). Entre junio y julio-08 se produjo un aumento del esfuerzo (21%), para luego descender significativamente ($F = 32,91$; $P < 0,05$), entre agosto (12%) y septiembre (9%), donde *P. viridis* mostró un bajo esfuerzo reproductivo. Los mayores porcentajes de rendimiento de la carne se obtuvieron en octubre-08 (37%), diciembre-08 (240%) y febrero -09 (52%).

Rendimiento de la Carne

El rendimiento de la carne estuvo directamente influenciado por el índice de condición y esfuerzo reproductivo (Figura 5), mostrando en este sentido, los menores valores en septiembre (20%), noviembre-07 (17%) y enero-08 (33%) y los máximos en octubre (31%), diciembre-07 (42%) y febrero-08 (48%).

Análisis de Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales (ACP) que relaciona los factores ambientales en la zona de cultivo con los diferentes índices fisiológicos analizados (rendimiento, esfuerzo reproductivo e índice de condición), tal como se muestra en el Cuadro 2, indica que los diferentes índices mostraron una asociación positiva con los meses de diciembre-07, enero y febrero-08, y estuvieron relacionados con la clorofila *a*, seston total y el porcentaje de materia orgánica particulada, explicando los tres primeros componentes el 85,79% de la varianza acumulada (Figura 6).

El peso de la gónada ejerció una marcada influencia sobre el índice de condición, esfuerzo reproductivo y rendimiento de la carne de *P. viridis* en condiciones de cultivo de fondo, ya que dichos índices alcanzaron sus máximos valores en los meses donde hubo mayor producción gonádica. Los máximos picos se alcanzaron en diciembre a los 6 meses de cultivo, con 60 mm LC y luego en febrero a los 8 meses con 78 mm LC, por lo que ambas tallas podrían considerarse comerciales. Estos resultados coinciden con lo establecido por otros autores como Prieto *et al.*, (2001) y Schweers *et al.*, (2006) quienes señalan que los máximos índices de condición y por tanto los mayores rendimientos, tienden a presentarse en tallas intermedias, donde los organismos generan más tejido reproductivo. También sugieren que a partir de cierto

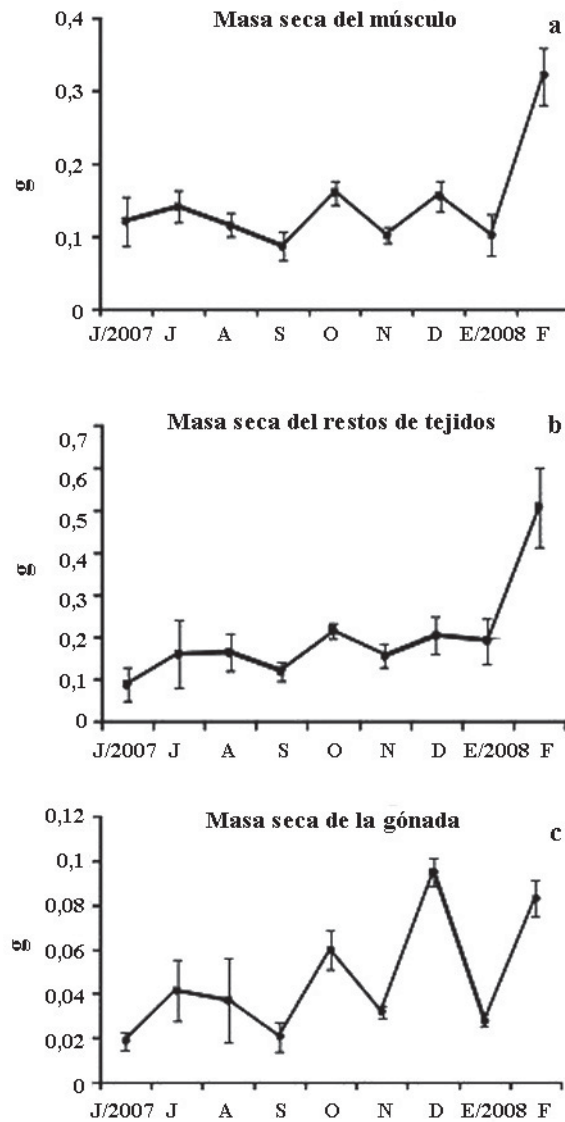


Figura 2. (a) Variación mensual de la masa seca del músculo, (b) resto de tejidos somáticos y (c) gónada del mejillón verde *P. viridis* cultivado en cestas españolas (fondo) en la Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco.

tamaño, los bivalvos dedican la mayor cantidad de energía al crecimiento y no a la reproducción, donde la producción de carne cesa y únicamente continúa creciendo la concha por lo que aumenta su peso y grosor por acumulación de carbonato de calcio. Por lo antes expuesto, se podría sugerir que entre los 60 mm ó 70 mm, la especie presenta condiciones óptimas para la cosecha con fines de comercio y consumo.

El índice de condición alcanzado por *P. viridis* en este estudio osciló entre 20 % y 52 % y fue superior al obtenido por Cheung (1991) para *P. viridis* en condiciones naturales en zonas de la India (25-40%) y

a la reportada por Acosta *et al.*, (2006) para la misma especie (23%) y para *P. perna* (39%) en condiciones suspendidas en el golfo de Cariaco.

La gónada en los bivalvos puede llegar a ser muy voluminosa y muy prominente; en los organismos completamente maduros llega a ocupar más del 50 % de la masa del cuerpo, ya que este tejido en esta etapa tiende a establecerse entre el músculo aductor posterior, los músculos retractores del pie, la glándula y del biso (Van Erkom Shurink y Griffiths, 1993). Sin embargo, cuando se produce el desove, se origina una pérdida de la masa del tejido de aproximadamente

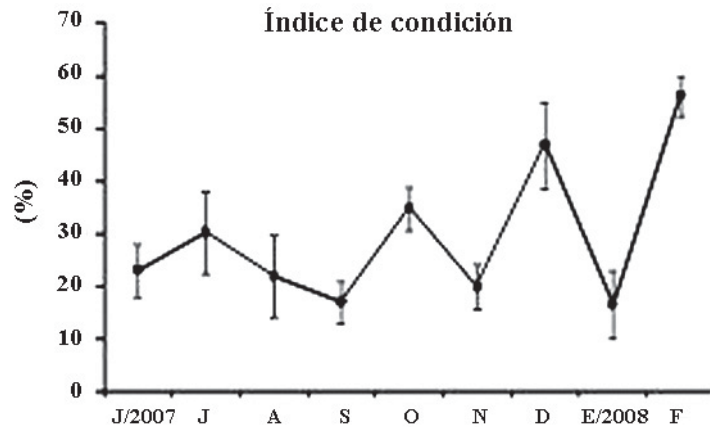


Figura 3. Variación mensual del (%) índice de condición del mejillón verde *Perna viridis* cultivado en cestas españolas (fondo) en la Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco.

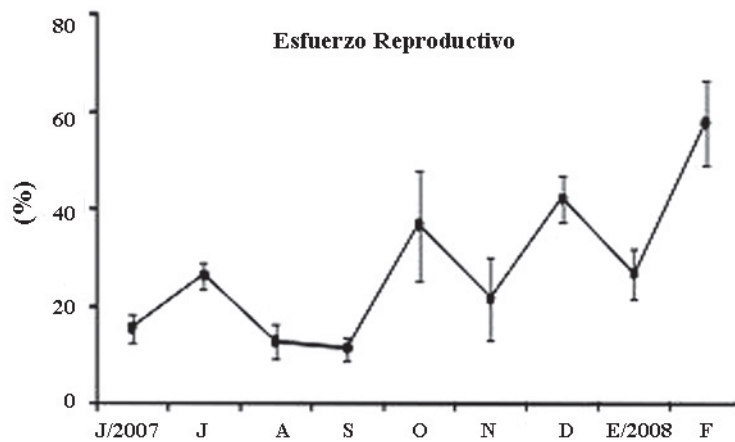


Figura 4. Variación mensual del porcentaje (%) del esfuerzo reproductivo del mejillón verde *Perna viridis* cultivado en cestas españolas (fondo) en la Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco.

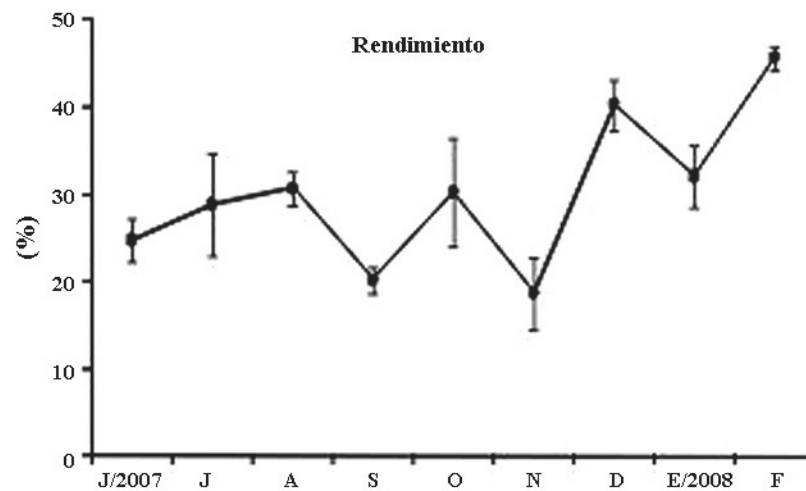


Figura 5. Variación del porcentaje de rendimiento de la carne del mejillón *Perna viridis* cultivado en cestas españolas (fondo) en la Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco.

Cuadro 2. Autovalores de la matriz de los parámetros ambientales con el rendimiento, índice de condición y esfuerzo reproductivo del mejillón verde (*Perna viridis*) cultivado en cestas españolas (fondo) en la Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco.

	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Autovalores	5,21	1,88	0,79
Porcentaje	62,76	17,18	12,21
Porcentaje acumulado	61,32	82,01	94,48

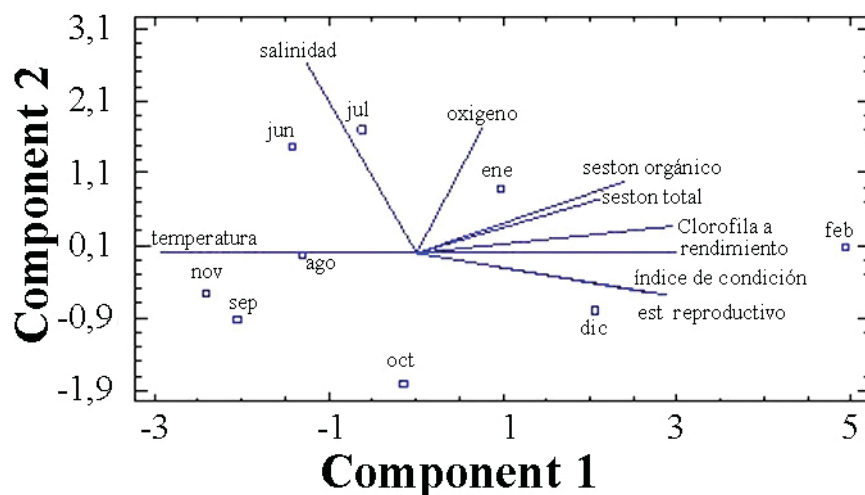


Figura 6. Proyecciones ortogonales del Análisis de Componentes Principales (ACP) de los factores ambientales y los diferentes índices analizados en el mejillón verde (*Perna viridis*), cultivado en cestas españolas (fondo) en la Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco.

un 60%. Lo antes señalado significa que el tejido gonadal representa una porción significativa de la masa total, otorgándole a los mejillones su valor económico y nutricional. En este sentido, se ha mencionado la utilidad de los índices de condición y del peso corporal, como indicativos de desove cuando disminuyen y de madurez cuando aumentan (Solano *et al.*, 1997; Rueda y Urban, 1998).

En cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, *P. viridis* presentó un bajo índice de condición, con una escasa producción de gónadas, siendo la temperatura y la disponibilidad de alimento los factores que posiblemente afectaron el ciclo reproductivo de ésta especie (Acosta *et al.*, 2009). Con respecto a la temperatura, *P. viridis* es una especie de reciente invasión en Venezuela, proveniente de la zona tropical del Indopacífico en donde se ha señalado que la temperatura óptima para llevar a cabo su proceso

reproductivo se encuentra entre los 26 y 32 °C (Lee, 1988; Benson *et al.*, 2002); temperaturas que si bien se alcanzan en el Golfo de Cariaco, no se mantienen constantes por los procesos de surgencia costera. Esto explicaría el hecho que los mejillones muestran una condición fisiológica dependiente de factores endógenos como la reproducción, con una notable interacción con la disponibilidad de alimento y la temperatura; y también explicaría porque *P. viridis* en condiciones de fondo mostró una mayor producción de tejido gonádico, el cual estuvo correlacionado con la disponibilidad de alimento ofrecida por el ambiente de cultivo, siendo independiente de las variaciones de temperatura producidas durante el período experimental.

En líneas generales *P. viridis* alcanzó una alta producción de tejidos (50% del peso total), siendo muy superior a la reportada para la misma especie en

condiciones suspendidas (18%) y en comparación con otros bivalvos tropicales de importancia económica, como: *Crassostrea rhizophorae* (18,17%; Cabrera *et al.*, 1983), *Modioluscapax* (25 %; Cabrera *et al.*, 1995), *Pinctada margaritifera* (37 %; Pouvreau *et al.*, 2000), *Anadara notabilis* (35%; Montero, 2006) y *Atrina seminuda* (35%; Córdova, 2006), *P. perna* (45%; Acosta *et al.*, 2006; 2009). El rendimiento en bivalvos se refiere a la capacidad para producir la máxima cantidad de carne y, como índice, sirve para expresar la calidad del producto. El alto rendimiento en carne alcanzado por *P. viridis* estuvo correlacionado con la producción de tejido reproductivo y somático evidenciado durante los meses de octubre, diciembre y febrero, pudo estar relacionado con la disponibilidad de alimento presente en el medio. En la Ensenada de Turpialito, la mayor parte del seston orgánico deriva de dos fuentes de origen: 1) La alta productividad primaria y secundaria asociada a la surgencia y bajas temperaturas que normalmente se observan entre diciembre-mayo, y que por lo general la materia orgánica producida se resuspende por acción de vientos y olas; y 2) La acumulación de materia orgánica proveniente de la descomposición de fanerógamas marinas (*Thalassia testudinum*, *Rhizophora mangle*) y microalgas o bacterias que se concentran cerca del fondo y también pueden formar parte de la dieta de bivalvos filtradores.

El esfuerzo reproductivo de un organismo constituye la cantidad de energía invertida en la reproducción con respecto al total de energía que dispone el individuo para el crecimiento y otras actividades fisiológicas. Además, ofrece una información general del grado de adaptabilidad que puede tener una especie al ambiente. El bajo esfuerzo reproductivo observado en *P. viridis*, si se compara con el reportado para la misma especie cultivada en ambiente suspendido (Acosta *et al.*, 2009), sugiere que la especie en el ambiente de cultivo mostró una buena condición fisiológica, gracias a la disponibilidad de alimento presente en el medio, lo cual le permitió de esta manera canalizar mejor la energía disponible tanto para el crecimiento como para la reproducción. De hecho, se ha demostrado que *P. viridis* es una especie que presenta un ciclo reproductivo continuo de tipo oportunista, tanto en poblaciones naturales como en condiciones de cultivo (Guzmán, 2004; García *et al.*, 2003; Acosta *et al.*, 2009).

CONCLUSIONES

En 8 meses de cultivo y con una talla aproximada de 7 cm LC, *P. viridis* presentó una excelente condición fisiológica, asociada a una alta producción gonádica y de tejido somático.

Los diferentes índices analizados presentaron una asociación positiva con la producción de gónadas y la disponibilidad de alimento presente en el medio.

Los mejillones deben ser consumidos principalmente cuando están próximos a efectuar su reproducción o cuando están totalmente maduros, ya que en este período presentan su máximo valor nutricional.

LITERATURA CITADA

- Acosta, V., A. Prieto y C. Lodeiros. 2006. Índice de condición de los mejillones *Perna perna* y *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) bajo un sistema suspendido de cultivo en la ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. *Zootecnia Trop.* 24(2): 177-192.
- 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. *J World Aquacult. Soc.* (40)2: 227-236.
- Arrieche, D., B. Licet, N. García. 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.
- Alfaro, A., A. Jeffs and S. Hooker. 2001. Reproductive behavior of the green-lipped mussel, *Perna canaliculus*, in northern New Zealand. *Bull. Mar. Sci.*, 69(3): 1095-1108.
- Bayne, B. 1998. The physiology of suspension feeding by bivalve molluscs: an introduction to the Plymouth "TROPHEE" workshop. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 219: 1-19.
- Benson, A., D. Marelli., M. Frischer., J. Danforth and J. Williams. 2002. Establishment of the green mussel, *Perna viridis* (Linnaeus 1758), (Mollusca: Mytilidae) on the west coast of Florida. Paper presented at the Eleventh

- International Conference on Aquatic Invasive Species, February 25 to March 1, 2002, Alexandria VA.
- Cabrera, J., E. Zamora y O. Pacheco. 1983. Determinación del tamaño comercial de la ostra de manglar, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding 1828), en sistema de cultivo suspendido en Estero Vizcaya, Limón, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 31: 257-261.
- Cabrera, J., R. Cruz, Y. Solano y M. Protti. 1995. Biometría de *Modiolus capax* (Bivalvia: Mytilidae) en Playa Ocotol, Guanacaste, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 43: 173-176.
- Ceballos-Vázquez, B., M. Arellano-Martínez, F. García Domínguez and M. Villalejo-Fuerte. 2000. Reproductive cycle of the rugose pen shell, *Pinna rugosa* Sowerby, 1835 (Mollusca: Bivalvia) from Bahía Concepción, Gulf of California and its relation to temperature and photoperiod. *J. Shellfish Res.* 19: 95-99.
- Córdova, C. 2006. Influencia de los factores ambientales sobre el ciclo reproductivo del bivalvo *Atrina seminuda* (Lamarck, 1819) en la costa norte de la Península de Araya, Estado Sucre Venezuela. *Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela*, 47 p.
- Cheung, S. 1991. Energetic of transplanted populations of the green lipped mussel *Perna viridis* (Linnaeus) (Bivalvia: Mytilidae) in Hong Kong. II: Integrated energy budget. *Asian Mar. Biol.* 8: 133-147.
- Duinker, A., L. Håland, P. Hovgaard and S. Mortensen. 2008. onad development and spawning in one and two year old mussels (*Mytilus edulis*) from Western Norway. *J. Mar. Biol. Assoc. of the UK.* 88: pp 1465-1473.
- FAO. 2010. Global datasets, FishStat Plus—Universal software for fishery statisticaltime series. Disponible en línea: <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/en> [Marzo 22, 2010].
- Gallardo, W., G. Samonte and R. Ortega. 1992. Raft culture of green mussel *Perna viridis* in Sapián Bay. Philippines. *J. Shellfish. Res.* 11: 195-196.
- García, Y. 2003. Producción secundaria del mejillón verde *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) en el Morro de Guarapo, Costa Norte del Estado Sucre, Venezuela. *Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela*, 48 p.
- Guo, X., S. Ford. and F. Zhang. 1999. Molluscan aquaculture in China. *J. Shellfish Res.* 18:19-31.
- 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
- Hickman, R. and Illingworth, J. 1980. Condition cycle of the green lipped mussel *Perna canaliculus* in New Zealand. *Mar. Biol.*, 60: 27-38.
- King, M. 1995. Fisheries biology, assessment and management. Fishing News Books, Oxford, Inglaterra.
- Lee, S. 1988. The reproductive cycle and sexuality of the green mussel *Perna viridis* (L.) (Bivalvia: Mytilidae) en Victoria Harbour, Hong Kong. *J. Moll. Stud.* 54: 317-325.
- Lista, M., A. Prieto, C. Velásquez, C. Lodeiros, G. Hernández y V. Acosta. 2011. Descripción y variación mensual de las etapas reproductivas en la pepitona *Arca zebra* del banco de Chacopata, Península de Araya, estado sucre, Venezuela. *Zootecnia Trop.* 29(1): 89-102.
- Luna, A., C. Cáceres, C. Zúñiga, S. López and P. Ceballo. 2000. Reproductive cycle of *Argopecten ventricosus* (Sowerby, 1842) (Bivalvia: Pectínidae) in the Rada del Puente de Pichilingüe, B.C.S., México and its relation to temperature, salinity and food. *J. Shellfish Res.* 19: 107-112.
- Montero, L. 2006. Influencia de los factores ambientales sobre el ciclo reproductivo del Bivalvo *Anadara notabilis* (Roding, 1798), en la costa norte de la Península de Araya, Estado Sucre Venezuela. *Trab. Grad. Lic. Biología,*

- Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 40 p.
- Nascimento, I. and S. Pereira. 1980. Changes in the condition index for mangrove oyster (*Crassostrea rhizophorae*) from Todos Los Santos Bay, Salvador, Brazil. *Aquaculture*, 20: 9-15.
- Oyarzún, P., J. Toro, R. Jaramillo, R. Guíñez, C. Briones, y M. Astorga. 2011. Ciclo gonadal del chorito *Mytilus chilensis* (Bivalvia: Mytilidae) en dos localidades del sur de Chile. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 3:512-525
- Pouverau, S. A. Gangnery, J. Tiapary, F. Lagarde, M. Garnier and A. Bodoy. 2000. Gametogenic and reproductive effort on the tropical blacklip pearl oyster, *Pinctada imbricata* (Bivalvia:Pteridae), cultivate in Takapoto atoll (French Polynesia). *Aquatic Living Resour.* 13: 37- 48.
- Prieto, A., O. A. Ramos, D. Arrieche, J. Villalba and C. Lodeiros. 2001. Producción secundaria e índice de condición en *Arca zebra* (Mollusca: Bivalvia) del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 49: 599-608.
- Ragopal, S., V. Venugopalan, K. Nair, G. Van Der Velde, H. Jenner and C. Hartog 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.
- Rueda, M. and H.J. Urban. 1998. Population dynamics and fishery of the freshwater clam *Polymesoda solida* (Corbiculidae) in Ciénaga Poza Verde, Salamanca Island, Colombian Caribbean. *Fish. Res.* 39: 75-86.
- Schweers, T., M. Wolff, V. Koch and F. Duarte. 2006. Population dynamics of *Megapitaria squalida* (Bivalvia: Veneridae) at Magdalena Bay, Baja California Sur, Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 54: 1003-1017
- Soumady, D. and S. Asokan. 2011. A Study on Protein Content in Selected Organs of *Perna viridis* at Tranquebar Coastal Waters, Tamilnadu, India. *W. J. Zoo.* 6 (4): 360-363
- Strickland, J. and T. Parsons. 1972. A practical handbook sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 167: 1-10.
- Solano, Y., J. Cabrera, J. Palacios y R. Cruz. 1997. Madurez sexual, índice de condición y rendimiento de *Pinctada mazatlanica* (Pterioida: Pteriidae), Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 45: 1049-1054.
- Van Erkom Schurink, S. and C. Griffiths 1991. Factors affecting relative rates of growth in four South African mussel species. *Aquaculture*, 109:253-273.
- Zar, J. 1984. *Biostatistical analysis*. 2nd Edition. Prentice- Hall, Inc., New Jersey. 120 p.