

**PRODUCCIÓN SECUNDARIA DE UNA POBLACIÓN
CULTIVADA DEL MEJILLÓN VERDE (*PERNA VIRIDIS*) EN
EL GOLFO DE CARIACO, VENEZUELA**

ANTULIO PRIETO Y VANESSA ACOSTA*

*Departamento de Biología, Escuela de Ciencias,
Universidad de Oriente, Núcleo Sucre,
Estado Sucre, Venezuela*

**Autor de correspondencia: vanessaacosta@yahoo.com*

Resumen. Se analizó la producción secundaria en diferentes tejidos de una cohorte del mejillón verde (*Perna viridis*) bajo sistema de cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, Venezuela, desde julio 2002 a julio 2003. Los individuos experimentales tenían una altura promedio inicial de 34,3 mm, con una densidad inicial de 1.030 ind/cuerda. Mensualmente a una muestra de la población se le determinó la longitud en su eje dorsoventral, así como las masas secas del músculo, gónadas, resto de tejido y la mortalidad en peso. Al final del estudio, la producción total de tejidos fue de 1.438,8 g/cuerda, de las cuales 207,04 correspondió a la generación de gónadas, 398,81 a la producción de músculo y 833,8 al resto de tejidos, con una mortalidad en peso de 295,3 g/cuerda. Los períodos de mayor producción de tejidos se obtuvieron en diciembre 2002-enero 2003 y febrero-marzo 2003; mientras que los lapsos de mayor producción de gónadas fueron entre diciembre 2002-enero 2003 (177,8 g/cuerda) y abril-mayo (140,0 g/cuerda), con las mayores pérdidas por desove entre enero-febrero (-156,6 g/cuerda) y marzo-abril 2003 (-68,5 g/cuerda). Las variables ambientales que mostraron mayor asociación con la producción de gónadas fueron la temperatura, el seston total, clorofila *a* y el porcentaje de materia orgánica particulada, mientras que el músculo estuvo condicionado por las variaciones de temperatura y el resto de tejidos, por el porcentaje de materia orgánica, clorofila *a* y la temperatura, sugiriendo la modulación de los factores ambientales sobre el crecimiento de estos tejidos en la especie. Los resultados indican que una cuerda sembrada con 1.000 juveniles (talla de 35 mm) produciría 25,7 kg de mejillones a finales de un año en el Golfo de Cariaco. *Recibido: 06 julio 2007, aceptado: 18 marzo 2008.*

Palabras clave. *Perna viridis*, cultivo, factores ambientales, Golfo de Cariaco, producción secundaria, Venezuela.

SECONDARY PRODUCTION IN A CULTURED POPULATION OF GREEN MUSSELS (*PERNA VIRIDIS*) IN THE GULF OF CARIACO, VENEZUELA

Abstract. Secondary production of different types of tissues was analyzed in a cohort of green mussels (*Perna viridis*) placed in a suspended culture system, in the Gulf of Cariaco, Venezuela, from July 2002 to July 2003. Experimental individuals initially averaged 34.3 mm in height, and were seeded at an initial density of 1.030 ind/rope. Via monthly population sampling, the dorso-ventral axis length; the dry mass of muscle, gonads and somatic tissues; as well as mortality (by weight) were determined. At the end of the study, total tissue production was 1.438.8 g/line, including 207.1 g of gonad tissue, 398.8 g of muscle tissue, and 833.8 g for somatic tissues. Mortality by weight was 295.3 g/rope. Periods of highest tissue production occurred in December 2002-January 2003 and in February-March 2003, whereas periods with major gonad production occurred between December 2002-January 2003 (177.8 g/rope), and April-May (140.0 g/rope). Highest losses due to spawning occurred in January-February (-156.6 g/rope) and March-April 2003 (-68.5 g/rope). Environmental variables that showed highest association with gonad production were total seston, chlorophyll *a*, and the percentage of organic seston, whereas muscle tissue production was influenced by temperature variations. Somatic tissue was influenced by the percentage of organic seston, chlorophyll *a*, and temperature, suggesting that these environmental factors influence tissue growth in *P. viridis*. Results indicate that a long line of mussels, seeded with ~1,000 juveniles (35 mm in size) may produce 25.7 kg of mussels/year in the Gulf of Cariaco. *Received: 06 July 2007, accepted: 18 March 2008.*

Key words. *Perna viridis*, aquaculture, environmental factors, Gulf of Cariaco, secondary production, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

El mejillón verde (*Perna viridis*) es originario del Indo-Pacífico. Sin embargo, se ha reportado en zonas alejadas de su lugar de origen natural, como Trinidad, Venezuela, Jamaica y Florida (Estados Unidos) (Ingrao *et al.* 2001). Particularmente en Venezuela, incursionó por Trinidad (Agard *et al.* 1992), transportada al parecer como larvas en el lastre del agua de mar de embarcaciones, siendo probablemente dispersadas por las corrientes y las actividades humanas hacia las costas del Golfo de Paria (Rylander *et al.* 1996). Esta especie exótica ha tenido una rápida adaptación en nuestros ecosistemas costeros, colonizando exitosamente la costa oriental, en donde ha desplazando progresivamente al mejillón marrón (*Perna perna*) en algunas zonas de su distribución original, causando por su relativa abundancia y plasticidad

fisiológica, un gran impacto económico positivo en las comunidades costeras del noreste del estado Sucre (Malavé y Prieto 2005). En el Caribe venezolano se ha evaluado la tolerancia de *P. viridis* ante algunos factores ambientales como la alimentación y temperatura, en condiciones controladas (Viñoles *et al.* 2000, Bracho *et al.* 2000), la densidad y producción total en una población natural (García *et al.* 2004), la variación mensual de la composición bioquímica de los lóbulos gonadales (Guzmán 2004) y la producción de biomasa individual (Malavé y Prieto 2005). Otros estudios se han realizado con la finalidad de formular directrices para mejorar la administración del recurso y establecer planes de cultivo (Tejera *et al.* 2000, Acosta *et al.* 2006).

Perna viridis constituye una de las cinco especies de mejillones que es cultivada comercialmente constituyendo un importante recurso económico de proteínas, particularmente en el sureste de Asia (Guo *et al.* 1999), debido a que produce el mayor rendimiento neto en comparación a cualquier bivalvo cultivado (Chalermwat y Lutz 1989).

La productividad es un parámetro que sirve como índice importante para definir el funcionamiento de cualquier ecosistema. Su estudio puede hacerse a nivel de las especies, cuando interesa su aprovechamiento económico. Los trabajos sobre producción secundaria en bivalvos son abundantes en zonas templadas (MacDonald y Thompson 1986, Monserrat 2003), pero escasos en especies de zonas tropicales (Prieto *et al.* 1999, Urban 2000).

En las investigaciones de flujo de materia se considera la energía utilizada en el crecimiento y la reproducción como las variables de mayor importancia al examinar el éxito de una población, debido a que representa una respuesta integral de los organismos al ambiente y permite evaluar la biomasa disponible hacia otros niveles tróficos. Por tal motivo, existe una tendencia progresiva a estimar la productividad en los diferentes componentes del cuerpo (gónada, músculo y otros tejidos), de la biomasa (Cheung 1993).

Hasta la fecha no se ha generado información sobre la potencialidad en la producción de cada compartimiento de tejido en poblaciones cultivadas experimentalmente. Debido a que *P. viridis* constituye actualmente uno de los principales recursos aprovechables de la pesca artesanal en la región, la presente investigación analiza la producción secundaria de los diferentes tejidos en una población cultivada experimental en el Golfo de Cariaco, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en un período de 13 meses, desde julio 2002 a julio 2003, empleando una Cuerda Larga ("Long Line") de 100 m de longitud, el cual fue ubicado a unos 30 m de la costa sur del Golfo de Cariaco, Ensenada de Turpialito, Venezuela (10°26' 56" N, 64°02'56" O). Esta zona se distingue por poseer un sustrato básicamente arenoso en el cual, predominan partículas gruesas de tamaño variable que se hacen más pequeñas a medida que aumenta la profundidad, generalmente la temperatura varía entre 22,4 °C y 28 °C y los vientos prevalecen con dirección este-noreste, provocando una penetración de las aguas superficiales de la fosa de Cariaco hasta las capas intermedias y profundas del golfo (surgencia costera). Esta zona es poco influenciada por aportes de agua dulce a excepción del período de lluvia que acontece anualmente. Sin embargo, la evaporación es superior a la precipitación (Okuda *et al.* 1978, Ferráz-Reyes 1989, Moigis 1986).

Se utilizaron un total de 36 cuerdas de caucho de 1 m de longitud, en donde fueron sembradas aproximadamente 30 semillas del mejillón verde (*P. viridis*) por cuerda, con una talla inicial de $34,3 \pm 3,99$ mm. Las muestras se obtuvieron de los bancos naturales de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre (10°42' N, 63°46' O). El bioensayo se realizó con un número inicial de 1.030 individuos.

Mensualmente se tomaron muestras al azar de 20 mejillones los cuales posteriormente se sustituyeron por ejemplares de una cuerda control. A cada grupo de mejillones se les determinó la longitud antero-posterior de la concha, utilizando un vernier digital de $\pm 0,01$ mm de apreciación. La biomasa seca se estimó en el músculo, lóbulos gonadales y resto de tejidos (branquias, pie, glándula digestiva y manto), los cuales se sometieron a un proceso de deshidratación por calor (60-70 °C/72 h) y se pesaron en una balanza analítica de $\pm 0,001$ g de precisión.

La producción secundaria de cada tejido, por intervalo de muestreo, se evaluó utilizando la fórmula $\Delta P = N\Delta W$, donde ΔP es el incremento de producción en el lapso de tiempo, N es el promedio de densidad, y ΔW es el incremento promedio de la biomasa. La pérdida de peso por mortalidad (eliminación, E) se evaluó utilizando la expresión $E = \Delta N W$, donde ΔN es la mortalidad numérica en el lapso y W es el promedio de peso (Crisp 1971).

En la zona de cultivo se obtuvieron registros de temperatura (termómetro digital electrónico marca Sealog-Vemco), salinidad (refractómetro), oxígeno

disuelto (Winkler), biomasa fitoplanctónica (clorofila *a*) y seston en sus componentes total, y orgánico (Strickland y Parsons 1972).

Para establecer la interrelación entre las variables ambientales obtenidas con los incrementos de la gónada, músculo y resto del tejido en *P. viridis*, en función de los meses de cultivo, se utilizó un Análisis de Componentes Principales (ACP), considerando los incrementos como variables dependientes.

RESULTADOS

Al inicio del bioensayo, los mejillones presentaron un promedio en longitud de 34,3 mm y una biomasa promedio por individuo de 0,2 g de masa seca. Los mayores incrementos en el promedio de la talla se observaron específicamente entre julio y septiembre, 2002 (12,7 mm), disminuyendo progresivamente hasta el final del estudio, alcanzando en julio 2003 una talla de 73,6 mm (Fig. 1). La biomasa inicial en las cuerdas fue de 186,8 g, aumentando en los meses siguientes para alcanzar finalmente una biomasa total de 1.031,4 g. Se observaron descensos de biomasa en octubre 2002, y en febrero y abril de 2003 (Tabla 1).

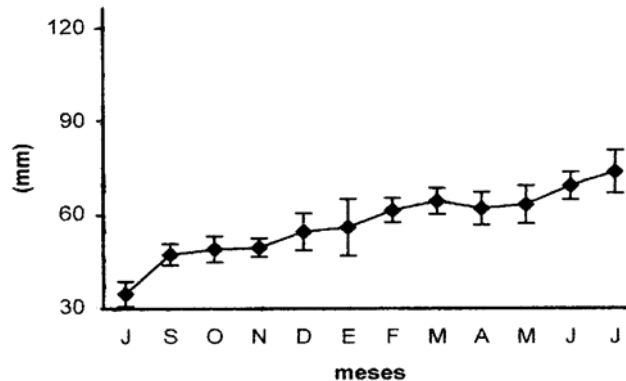


Figura 1. Crecimiento en Talla (longitud antero-posterior) del mejillón verde (*Perna viridis*) cultivado en la Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.

La producción total de tejidos, durante el período de estudio fue de 1.438,8 g/cuerdas, obteniéndose el mínimo entre noviembre-diciembre, 2002 y el máximo incremento entre diciembre 2002 y enero 2003. Los incrementos negativos se registraron entre septiembre-octubre, 2002; enero-febrero, 2003 y marzo-abril, 2003 (Tabla 1).

Tabla 1. Estimaciones de producción total por el método 1 (NΔPs) y método 2 (B_t-B₀) +ΔN Ps y mortalidad en peso (Eliminación) (-ΔNPs) en una población suspendida en cultivo del mejillón verde *Perna viridis* en Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela.

Mes	N	Ps	NPs	N	ΔPs	NΔPs	Ps	ΔN	ΔNPs	B _t -B ₀	(B _t -B ₀) +ΔNPs
2002											
Jul	1.038	0,1	186,8	1.031	0,17	175,2	0,2	14	3,7	171,5	175,2
Sep	1.024	0,3	358,4	1.015,5	-0,10	-101,5	0,3	17	5,1	-106,6	-101,5
Oct	1.007	0,2	251,7	989,5	0,01	9,8	0,2	35	8,5	-18,4	-9,8
Nov	972	0,2	233,2	954	0,11	104,9	0,2	36	10,6	94,3	104,9
Dic	936	0,3	327,6	936	1,04	973,4	0,8	0	0,0	973,4	973,4

N = abundancia, Ps = peso seco promedio, NΔPs = Biomasa.

Tabla 1. Cont.

Mes	N	Ps	NPs	N	Δ Ps	N Δ Ps	Ps	Δ N	Δ NPs	$B_1 - B_0$	$(B_1 - B_0) + \Delta$ NPs
2003											
Ene	936	1,3	1301,0	921	-0,66	-607,8	1,0	30	31,8	-639,6	-607,8
Feb	906	0,7	661,3	888	0,37	328,5	0,9	36	32,9	295,6	328,5
Mar	870	1,1	957,0	856	-0,40	-342,4	0,9	28	25,2	-367,6	-342,4
Abr	842	0,7	589,4	823,5	0,95	205,8	0,8	37	30,5	175,3	205,8
May	805	0,9	764,7	805	0,24	193,2	1,0	0	0	193,2	193,2
Jun	805	1,1	957,9	784	0,16	125,5	1,2	41	52,0	75,4	125,5
Jul	764	1,3	1.031,4								
						Σ 1438,8			Σ 200,3		Σ 1438,8

N = abundancia, Ps = peso seco promedio, N Δ Ps = Biomasa.

La producción de músculo presentó valores negativos entre enero-febrero 2003 (-110,5 g/cuerdas), marzo-abril 2003 (-77,0 g/cuerdas) y septiembre-octubre 2002 (-71,085 g/cuerdas); y los máximos valores entre diciembre 2002-enero 2003 (177,8 g/cuerdas), febrero-marzo 2003 (97,58 g/cuerdas) y junio-julio 2003 (125,5 g/cuerdas). La producción total al final del periodo fue de 398,6 g/cuerdas (Tabla 2).

Los incrementos de tejido reproductivo, siguieron la misma tendencia que la del músculo. Los mayores incrementos se observaron entre diciembre, 2002-enero, 2003 (177,8 g/cuerdas) y abril-mayo 2003 (139,9 g/cuerdas) con incrementos negativos entre septiembre-octubre 2002, (-10,2 g/cuerdas) y enero-febrero, 2003 (156,6 g/cuerdas) y marzo-abril 2003 (68,5 g/cuerdas). La cantidad total producida fue de 207,0 g/cuerdas por año (Tabla 2).

Los mayores incrementos en la producción del resto de tejido compartimiento se observaron entre diciembre, 2002 y enero, 2003 (617,8 g/cuerdas) y febrero-marzo, 2003 (168,7 g /cuerdas), con incrementos negativos entre septiembre-noviembre 2002 (-69,8 g/cuerdas), enero-febrero, 2003 (-340,8 g/cuerdas), marzo-abril, 2003 (-196,9 g/ cuerdas) y junio-julio, 2003 (-15,6). La producción total al final del periodo fue de 832,9 g/cuerdas (Tabla 2).

La mortalidad numérica de los individuos fue de 22,5%, mientras que la mortalidad en peso o eliminación en la población fue de 200,4 g/cuerdas, debido a la mortalidad natural o por desprendimiento. Las mayores eliminaciones se observaron entre febrero y marzo, 2003 (32,9 g/cuerdas) y junio-julio, 2003 (52,1 g /cuerdas) y no se observó entre diciembre 2002-enero, 2003 y mayo-junio, 2003.

La temperatura mostró una variación muy marcada, con valores máximos de $29,7 \pm 2,9$ °C en septiembre 2002, y mínimos de $22,5 \pm 1,9$ °C a mediados del mes de enero 2003, valores que se mantuvieron hasta mediados de marzo 2003, para posteriormente producirse incrementos progresivos de ± 2 °C (abril 2003), para alcanzar al final del estudio una temperatura de $26,7 \pm 5,7$ °C. El oxígeno presentó una alta variabilidad, estando sus valores generalmente por encima de 4 mg L^{-1} . Un patrón similar se observó en la salinidad, la cual varió de 34 a 38‰, durante todo el período experimental (Tabla 3). Los valores de biomasa fitoplanctónica estimada por clorofila *a*, mostraron un patrón inverso a la temperatura, coincidiendo los máximos valores con los períodos de menor temperatura. Generalmente, cuando las temperaturas fueron máximas, la clorofila *a* estuvo por debajo $1 \mu\text{g.L}^{-1}$ y cuando fueron bajas estuvieron por

Tabla 2. Estimaciones de producción de gónadas (NΔg), músculo (NΔm) y resto de tejidos (NΔrt) en una población suspendida de cultivos del mejillón verde (*Perna viridis*) en Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela.

Año, Mes	N	Δg	NΔg	Δm	NΔm	Δrt	NΔrt	Total
2002								
Jul-Sep	1.031	0,0	0,0	0,1	82,4	0,0	92,7	175,2
Sep-Oct	1.015,5	-0,01	-10,1	-0,1	-71,0	-0,02	-20,3	-101,5
Oct-Nov	989,5	0,0	9,8	0,0	29,6	-0,1	-49,4	-9,8
Nov-Dic	954,0	0,0	28,6	0,0	38,1	0,04	38,16	104,9
2003								
Dic-Ene	936,0	0,1	177,8	0,1	177,8	0,6	617,7	973,4
Ene-Feb	921,0	-0,1	-156,5	-0,1	-110,5	-0,3	-340,7	-607,8
Feb-Mar	888,0	0,1	62,1	0,1	97,5	0,1	168,7	328,4
Mar-Abr	856,0	-0,1	-68,4	-0,1	-77,0	0,2	196,8	-342,4
Abr-May	823,5	0,1	139,9	0,1	65,8	0,0	0,0	205,8
May-Jun	805,0	0,01	8,05	0,05	40,1	0,1	144,9	193,2
Jun-Jul	784,5	0,02	15,6	0,1	125,5	-0,02	-15,6	125,5
			Σ207,04		Σ398,81		Σ833,8	Σ1438,76

N: Densidad promedio, Δg, Δm, Δrt: Incrementos de producción de gónadas, músculos y resto de tejidos en cada período respectivo.

Tabla 3. Valores promedios mensuales de los parámetros ambientales registrados en la zona de cultivo (ensenada de Turpialito), Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.

Mes	Clorofila <i>a</i> (μgL^{-1})	Seston (mgL^{-1})	Materia Orgánica Particulada (mgL^{-1})	Oxígeno		Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
				Disuelto (mg/ml)	Salinidad (‰)	
2002						
Jul	$0,7 \pm 0,1$	$9,9 \pm 4,2$	$50,1 \pm 10,1$	$6,3 \pm 2,8$	$37,1 \pm 0,2$	$28,5 \pm 1,5$
Sep	$0,5 \pm 0,04$	$10,7 \pm 3,8$	$33,9 \pm 14,3$	$6,2 \pm 1,9$	$36,8 \pm 1,9$	$29,7 \pm 2,9$
Oct	$0,9 \pm 0,1$	$9,0 \pm 3,5$	$56,6 \pm 9,7$	$8,4 \pm 1,2$	$37,8 \pm 0,7$	$29,3 \pm 3,8$
Nov	$4,1 \pm 0,1$	$25,4 \pm 7,9$	$63,14 \pm 20,6$	$6,1 \pm 1,9$	$37,2 \pm 0,9$	$27,4 \pm 2,0$
Dic	$8,5 \pm 2,4$	$44,3 \pm 6,6$	$71,2 \pm 15,3$	$7,0 \pm 1,0$	$37,3 \pm 2,0$	$23,8 \pm 4,8$
2003						
Ene	$7,9 \pm 1,1$	$51,2 \pm 12,9$	$85,2 \pm 20,7$	$6,9 \pm 2,9$	$36,0 \pm 1,0$	$22,5 \pm 1,9$
Feb	$4,6 \pm 1,7$	$37,9 \pm 18,4$	$74,8 \pm 13,5$	$5,1 \pm 0,7$	$36,6 \pm 2,1$	$23,4 \pm 3,8$
Mar	$6,5 \pm 3,2$	$22,0 \pm 9,4$	$44,7 \pm 9,9$	$4,2 \pm 1,0$	$35,4 \pm 0,5$	$23,6 \pm 2,7$
Abr	$1,3 \pm 0,9$	$8,3 \pm 3,9$	$32,4 \pm 7,9$	$7,1 \pm 0,9$	$36,8 \pm 1,1$	$24,5 \pm 1,2$
May	$4,2 \pm 2,8$	$5,9 \pm 3,6$	$36,2 \pm 11,9$	$5,9 \pm 0,8$	$36,0 \pm 2,0$	$25,1 \pm 4,6$
Jun	$3,7 \pm 2,6$	$11,1 \pm 4,9$	$47,4 \pm 9,8$	$4,3 \pm 1,0$	$35,0 \pm 1,3$	$26,1 \pm 1,0$
Jul	$1,0 \pm 0,7$	$1,4 \pm 0,9$	$21,4 \pm 8,3$	$3,8 \pm 0,5$	$34,3 \pm 1,8$	$26,7 \pm 5,7$

encima $3\mu\text{g.L}^{-1}$, alcanzando máximos de $8,5 \pm 2 \mu\text{g.L}^{-1}$, en los meses de diciembre, 2002-febrero, 2003, coincidente con la surgencia costera, que se produce en el Golfo de Cariaco anualmente. El patrón del seston resultó similar al de clorofila *a*, con máximos de $85,2 \pm 20,8 \text{ mg L}^{-1}$ coincidentes con bajas temperaturas registradas entre diciembre 2002 y marzo 2003, siendo su fracción orgánica mayor del 70%. En el resto del período, los valores de seston se mantuvieron por debajo de 10 mg L^{-1} , y su fracción orgánica en una proporción menor del 20% (Tabla 3).

El Análisis de Componentes Principales (ACP) que relaciona las producciones de *P. viridis* con los factores ambientales indica que los mayores incrementos de cada tejido (gónada, músculo y resto de tejido) se produjeron entre los meses de diciembre 2002-enero 2003, febrero-marzo 2003 y abril-mayo 2003, y estuvieron relacionados con las variaciones de clorofila *a*, seston total y el porcentaje de materia orgánica particulada, explicando los tres primeros componentes el 85,79% de la varianza acumulada (Tabla 4). La relación entre la producción de gónadas (NΔg) y los factores ambientales, muestra que la temperatura fue el parámetro ambiental cuyos primeros 3 componentes explicaron el 88,5% de la varianza y la cual fue relativa a los meses de octubre y noviembre, por lo que posiblemente el descenso de la temperatura generada en dichos meses ($29-27^{\circ}\text{C}$), pudo estimular la producción de dicho tejido (Fig. 2, Tabla 2). El ACP que relaciona la producción de los restos de tejidos (NΔrt) indica que ésta se asocia intensamente con el seston total, el porcentaje de materia orgánica y la clorofila *a*, durante los meses de enero-febrero 2003, cuando ocurre surgencia costera (aumenta la disponibilidad de alimento y disminuye la temperatura), explicando los tres primeros componentes el 88,1% de la varianza acumulada (Fig. 3). El ACP que relaciona la producción de músculo NΔm muestra que está relacionado con la temperatura y el oxígeno durante los meses de mayo 2003, octubre-septiembre y noviembre 2002; explicando los primeros 3 componentes el 88,6% de la varianza acumulada (Fig. 4).

Tabla 4. Autovalores de la matriz de los parámetros ambientales con los incrementos mensuales de la gónada (NΔg), músculo (NΔm) y resto de tejidos (NΔrt) en una población suspendida de cultivos del mejillón verde (*Perna viridis*) en Turpialito, Golfo de Cariaco.

	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Eigenvalues	3,56	2,15	0,54
Porcentaje	39,64	23,89	6,02
Cum. Porcentaje	39,64	63,54	85,79

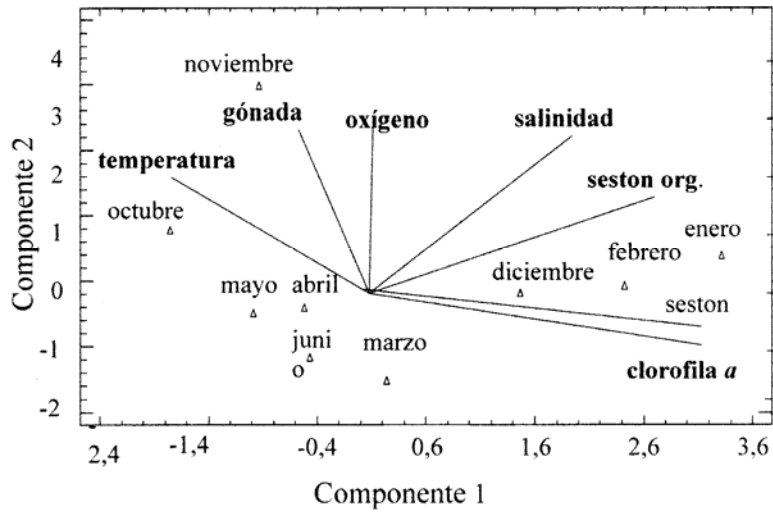


Figura 2. Proyecciones ortogonales del Análisis de Componentes Principales (ACP) del incremento de la gónada (NΔg), en el mejillón verde (*Perna viridis*), bajo sistema de cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.

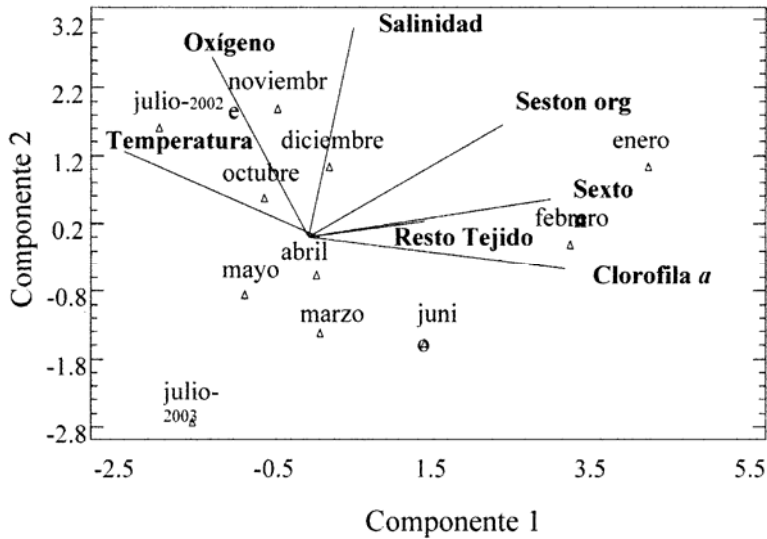


Figura 3. Proyecciones ortogonales del Análisis de Componentes Principales (ACP) del incremento del resto de tejido (NΔrt) en el mejillón verde (*Perna viridis*), bajo sistema de cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.

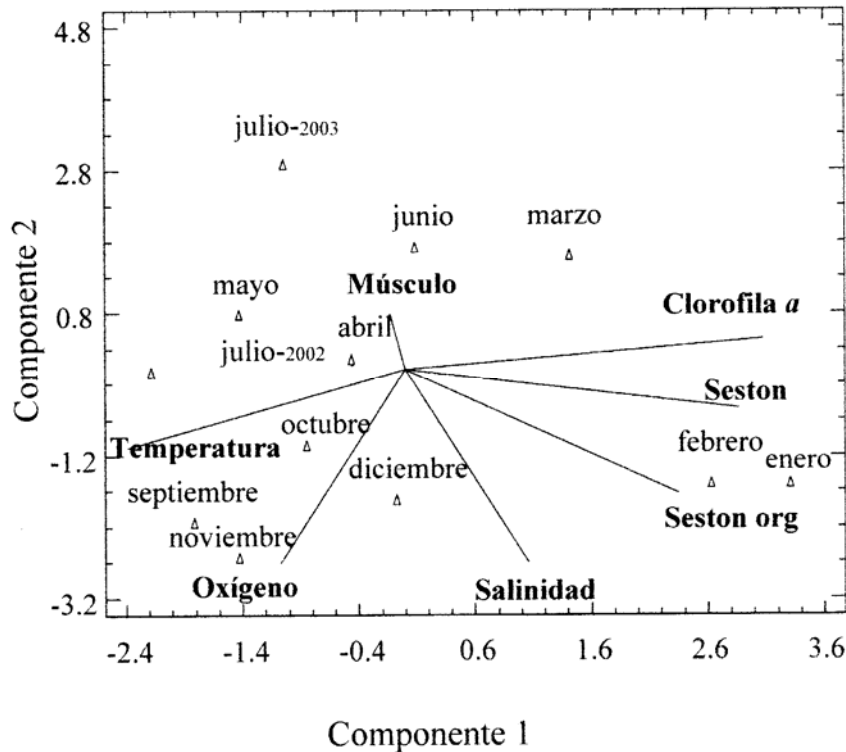


Figura 4. Proyecciones ortogonales del Análisis de Componentes Principales del incremento del músculo (NΔm) en el mejillón verde (*Perna viridis*), bajo sistema de cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.

DISCUSIÓN

Los resultados indican que *P. viridis* generó un total de 1.438,7 g/materia seca/cuerdas/año, en donde el 14% (207,0 g) correspondió a la producción de gónadas, el 28% (398,7 g) a la producción de tejido muscular y el mayor porcentaje y más del 50% al resto de los tejidos. Estos resultados son relativamente mayores a los reportados por Prieto *et al.* (2005) para *Nodipecten nodosus* en cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, pero menores a los obtenidos en el mejillón marrón (*P. perna*) (Acosta y Prieto, en prensa). El comportamiento de la variación del peso de cada tejido sugiere que la primera pérdida de tejido reproductivo ocurrida entre septiembre y octubre, 2002 en mejillones jóvenes, podría estar relacionada con aumentos de temperatura y baja disponibilidad de alimento (clorofila *a*, seston orgánico). No obstante, entre octubre y noviembre se produjo un incremento de la

gónada, relativas con las temperaturas acontecidas en dichos meses, las cuales pudieron ser más propicias para producirse una estabilización y crecimiento de la misma.

El segundo período de desove más importante de la especie, representado por producciones negativas de tejido gonadal ocurrido entre enero-febrero, 2003, estuvo altamente relacionado con los estímulos producidos por las disminuciones de salinidad y temperatura; y el aumento de los recursos alimenticios (clorofila *a*, seston total y materia orgánica particulada) observados durante ese período, comportamiento que también fue reportado por García *et al.* (2004), en una población natural de la Península de Araya. El otro desove importante con pérdidas de gónadas observado entre marzo-abril 2003, también estuvo relacionado con disminuciones de temperatura y coincidió con la culminación del período de máxima productividad primaria en el oriente de Venezuela caracterizado por surgencias costeras con altos valores de nutrientes y fuertes vientos que mantienen en suspensión partículas alimenticias para especies filtradoras (Ferráz-Reyes 1989).

Los períodos de mayor producción de biomasa reportados en *Perna perna*, *Pinctada imbricata* y *Lyropecten nodosus* (Prieto *et al.* 1999, Lodeiros *et al.* 2002, Freitas *et al.* 2003) en la costa oriental de Venezuela se han asociado con la máxima abundancia de biomasa fitoplanctónica (clorofila *a*) y las bajas temperaturas, que se producen durante el período de surgencia. Nuestros resultados coinciden con lo antes señalado, ya que los máximos valores de producción de tejido gonadal, músculo y resto del tejido se observaron en el período diciembre 2002-enero 2003, caracterizado por altos valores de clorofila *a*, seston y materia orgánica particulada, y elevadas salinidades (38,98 ‰), seguido por fuertes producciones negativas en el siguiente lapso (enero-febrero, 2003), el cual constituye su principal período de desove, e indicaría la importancia de los recursos alimenticios disponibles en la población. Ragagopal *et al.* (1998) reportaron que el incremento de 1,13 g/mes/año durante los primeros seis meses de cultivo de *P. viridis* en la costa este de la India, coincidió con el período de mayor disponibilidad de alimento.

En relación a la producción de otros tejidos es importante señalar que las producciones negativas observadas entre octubre-noviembre, 2002 se relacionaron con la escasa disponibilidad de recursos alimenticios en dicho período. Sin embargo, la brusca disminución en la producción del resto de tejidos, en abril-mayo de 2003, podría estar relacionada con la producción de gónadas e indicaría una movilización de sustratos energéticos desde estos tejidos hacia la formación de gónadas.

Trabajos experimentales han demostrado que la producción de gónadas en bivalvos puede iniciarse en respuesta a aumentos de temperatura si existen suficientes reservas de nutrientes en el animal (Bayne 1975). Estas mismas consideraciones se pueden detectar en el comportamiento de las variaciones en la producción de ambos tejidos en el lapso enero-febrero 2003 aunque en el mismo se registraron temperaturas bajas. 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 ocurren entre diciembre-mayo, y que por lo general 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 y bacterias que también pueden formar parte de la dieta de bivalvos filtradores (Prieto *et al.* 2005).

Las altas producciones de resto de tejidos obtenidos entre mayo-junio, 2003 en ejemplares grandes con tallas mayores de 70 mm de longitud y entre julio-septiembre, 2002 en bivalvos pequeños (36 mm), así como la producción de músculo desde julio, 2002 hasta diciembre, 2003 observados en período de estratificación que se produce en las aguas del Golfo de Cariaco, sugiere que los mejillones aprovecharon el detritus orgánico presente en estas áreas, para suplir su metabolismo básico. No obstante, aunque el fitoplancton constituye un importante recurso alimenticio en bivalvos, el detritus orgánico puede contribuir con la alimentación en periodos donde el fitoplancton es escaso (Kleinman *et al.* 1996).

El análisis de la generación de los diferentes tejidos en una especie como *P. viridis* es complicado, debido a que estudios previos realizados en su área de distribución natural (Océano Indico), sugieren que por ser una especie con reproducción continua, es común encontrar en sus gónadas estadios de reabsorción de gametos, por lo que sus picos de desove pueden variar dependiendo de los factores ambientales, en el cual la salinidad y la disponibilidad de recursos alimenticios son factores moduladores de esta especie (Sreenivasan *et al.* 1989).

En bivalvos mitilidos tropicales la temperatura y la ración alimenticia están directamente relacionadas con la producción y el crecimiento de los tejidos somáticos y reproductivos, aunque las bases fisiológicas de las mismas no están muy claras (Kausky 1982). El hecho de que las máximas producciones de todos los tejidos ocurran entre diciembre de 2002 y enero, 2003, coincidiendo con los máximos picos de recursos alimenticios (seston,

materia orgánica particulada y clorofila *a*), indica su importancia en la fisiología del crecimiento de esta especie. Por otra parte, la producción negativa de todos los tejidos entre marzo-abril, 2003 concuerdan con los bajos valores de los mismo recursos, y son seguidos de una alta producción solo de tejido reproductivo entre abril-mayo, 2003 asociados a picos de incrementos de seston, materia orgánica particulada, clorofila *a* y temperatura, indicando la rápida recuperación de la especie en la generación de gónadas y la influencia de los recursos en el medio, en particular el seston total y la materia orgánica particulada a finales de la estación de surgencia. Si se toma en consideración que el peso seco del tejido representa el 5,6% del peso total del animal, esto indicaría que una cuerda de mejillones sembrado con aproximadamente 1.000 individuos juveniles con una talla de 35 mm produciría a finales del año una cantidad de 25,7 kg de mejillones en el Golfo de Cariaco, que es más baja que la generada por el mejillón marrón *Perna perna*, el cual tiene una mayor tasa de crecimiento en cultivo suspendido en la misma zona (Tejera *et al.* 2000, Acosta *et al.* 2006).

AGRADECIMIENTO

Este estudio fue financiado por el Consejo de Investigación, Núcleo Sucre (Proyecto CI-5-1001-1155/03), de la Universidad de Oriente, estado Sucre, Cumaná, Venezuela.

LITERATURA CITADA

- ACOSTA, V Y A. PRIETO. Producción secundaria de una población de *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae) en el Golfo de Cariaco en condiciones de cultivo suspendido. Interciencia (en Prensa).
- ACOSTA, V., A. PRIETO. Y C. LODEIROS. 2006. Índice de condición de los mejillones *Perna perna* y *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) bajo sistema de cultivo suspendido en la Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco (Estado Sucre), Venezuela. *Zootecnia Trop.* 24(2): 177–192.
- BAYNE, B. 1975. Reproduction in bivalve mollusks under environmental stress. Pp. 259–277, en F. J. Verberg (ed.), *Physiological ecology of estuarine organisms*. University of South Carolina Press, Columbia, Carolina del Sur, EE UU.
- BRACHO, M., M. SEGNINI., I. VIÑOLES. Y K. CHUNG. 2000. Efecto de la alimentación sobre la condición fisiológica del mejillón verde *P. viridis* (L. 1758) (Mollusca: Mytilidae), medido por la relación ARN/ADN. *Rev. Biol. Trop.* 48(I): 171–182.
- CHALERMWAT, K. Y R. LUTZ. 1989. Farming the green mussel in Thailand. *World Aquacult.* 20: 41–46.
- CHEUNG, S. 1993. Population dynamics and energy budgets of green-lipped mussel *Perna viridis* (Linnaeus) in a polluted harbor. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 168: 1–24.

- FERRÁZ-REYES, E. 1989. Productividad primaria del Golfo de Cariaco, Venezuela. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente 26 (1-2): 91–110.
- FREITES, L., C. LODEIROS., N. NARVÁEZ., G. ESTRELLA Y J. BABARRO. 2003. Growth and survival of the scallop *Lyropecten (Nodypecten) nodosus* (L. 1758) in suspended culture in the Cariaco Gulf (Venezuela) during a non-upwelling period. Aquacult. Res. 34: 709–718.
- GARCÍA, Y., A. PRIETO., J. MARCANO., C. LODEIROS Y D. ARRIECHE. 2005. Producción secundaria del mejillón verde (*Perna viridis* L. 1758), en la Península de Araya, Venezuela. Rev. Cient. FCV. LUZ 15(3): 252–262.
- GUO, X., S. FORD Y F. ZHANG. 1999. Molluscan aquaculture in China. J. Shellfish Res. 18: 19–31.
- GUZMÁN, K. 2004. Variación de la composición química de los lóbulos gonadales del mejillón verde *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) en el morro de Guarapo, Costa norte del Estado Sucre, Venezuela. Tesis de Pregrado, Universidad de Oriente, Cumaná, 42 pp.
- KLEINMAN, S., B. HATCHER., R. SCHEIBLING., L. TAYLOR Y A. HENNIGAR. 1996. Shell and tissue growth of juvenile sea scallops (*Placopecten magellanicus*) in suspended and bottom culture in Lunenburg Bay, Nova Scotia. Aquaculture 142: 75–97.
- LODEIROS, C., D. PICO., A. PRIETO., N. NARVÁEZ, Y A. GUERRA. 2002. Growth and survival of the pearl oyster *Pinctada imbricata* (Röding, 1758) in suspended and bottom culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. Aquacult. Internat. 10: 327–338.
- MACDONALD, B. Y F. BOURNE. 1987. Growth, reproductive output, and energy partitioning in weathervane scallop, *Patinopecten caurinus*, from British Columbia. Canadian J. Fish. Aquat. Sci. 44: 152–160.
- MACDONALD, B. Y R. THOMPSON. 1986. Influence of temperature and food availability on the ecological energetic of the giant scallop *Placopecten magellanicus* II. Physiological ecology, the gametogenic cycle and scope of growth. Mar. Biol. 93: 37–48.
- MALAVÉ, C. Y A. PRIETO. 2005. Producción de biomasa en el mejillón verde en una localidad de la Península de Araya, Venezuela. Interciencia 30(11): 699–705.
- 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.
- MONSERRAT, R. 2003 Population dynamics and secondary production of the cockle *Ceratodesma edule* (L.) in the backbarrier tidal flat of the Wadden Sea. Scient. Marina 67: 429–443.
- PRIETO, A., G. ESTRELLA, M. NÚÑEZ, L. FREITES Y N. NARVÁEZ. 2005. Producción secundaria de *Nodipecten nodosus* (Linneo, 1758) cultivados en dos sitios con condiciones ambientales diferentes. Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente 44(2): 123–132.
- PRIETO, A., M. VÁZQUEZ Y L. RUIZ. 1999. Energetic dynamics of growth in a mussel population *Perna perna* (Filibranchia: Mytilidae) in the northeast of Sucre state, Venezuela. Rev. Biol. Trop. 47(3): 399–410.

- RAGAGOPAL, S., V. VENUGOPALAN, K. NAIR, G. VAN DER VELDE, H. JENNER Y 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.
- RYLANDER, K., J. PÉREZ Y J. GÓMEZ. 1996. Status of the green mussel, *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Mytilidae), in north-eastern Venezuela. *Caribb. Mar. Stud.* 5: 86-87.
- SREENIVASAN, P., R. HANGAVELU. Y P. POOVANNAN. 1989. Biology of the green mussel, *Perna viridis* (Linnaeus) cultures in Muttukadu lagoon, Madras. *Indian J. Fish.* 36: 149-155.
- STRICKLAND, J. Y T. PARSONS. 1972. A practical handbook of seawater analysis (2 ed.). *Bull. Fish. Res. Bd. Canada* 125, 310 pp.
- TEJERA, E., I. OÑATE, M. NÚÑEZ Y C. LODEIROS. 2000. Crecimiento inicial del mejillón marrón (*Perna perna*) y verde (*Perna viridis*) bajo condiciones de cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Centro Invest. Biol.* 34(2): 143-158.
- URBAN, H. 2000. Culture potential of the pearl oyster (*Pinctada imbricata*) from the Caribbean, II: Spat collection, and growth and mortality in culture system. *Aquaculture* 189: 375-388.
- VIÑOLES, I., M. SEGNINI, M. BRACHO Y K. CHUNG. 2000. Efecto de la temperatura de aclimatación sobre el crecimiento instantáneo de *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae), según el coeficiente ARN/ADN. *Rev Biol. Trop.* 48(1): 159-170.