
PRODUCCIÓN SECUNDARIA DE UNA POBLACIÓN DE

Perna perna (BIVALVIA: MYTILIDAE) EN CONDICIONES

DE CULTIVO SUSPENDIDO

Vanessa Acosta y Antulio Prieto

RESUMEN

Se analizó la producción secundaria de los compartimientos de la biomasa en una población del bivalvo *Perna perna* bajo condiciones de cultivo suspendido en la Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela, desde julio 2002 hasta julio 2003. Mensualmente se determinó la longitud del eje dorsoventral y el peso seco de músculo, gónadas y resto de tejidos, para relacionar la producción secundaria y la eliminación de cada tejido con factores ambientales tales como clorofila *a*, seston total, materia orgánica particulada, O₂ disuelto, salinidad y temperatura. Los tejidos de una cohorte juvenil inicial de 1040 individuos tuvieron un peso promedio de 2,01g, obteniéndose 4493,08g/cuerda/año, de los cuales 1344,89g correspondieron a gónadas; 1057,17g a músculo y 2091,01g a otros tejidos. Los mayo-

res incrementos de producción de gónadas fueron observados entre nov-dic'02 y abr-may'03, con producciones negativas por desove de dic'02 a feb'03. Los máximos incrementos en la producción de músculo fueron en nov-dic'02 y feb-abr'03, mientras que en el resto de los tejidos fueron en nov-dic'02 y may-jul'03. La eliminación total fue de 530,33g/cuerda/año. El análisis de componentes principales indicó que las variables ambientales más relacionados con la varianza en la producción de gónadas fueron los incrementos de clorofila *a* y las disminuciones de temperatura, mientras que los incrementos de músculo y resto de tejidos se asociaron mejor a los aumentos de la materia orgánica particulada, seston y clorofila *a*, factores que modulaban la producción de tejidos en esta especie.

SECONDARY PRODUCTION OF A POPULATION OF *Perna perna* (BIVALVIA: MYTILIDAE) UNDER CONDITIONS OF SUSPENDED CULTIVATION

Vanessa Acosta and Antulio Prieto

SUMMARY

The secondary production of different tissues from a population of *Perna perna* under suspended culture system in Turpialito Bay, Golfo de Cariaco, Venezuela, was examined in the period July 2002 - July 2003. The ventral axis length of the shell and the dry weight of muscle, gonads and somatic tissue were determined monthly so as to examine the relationship of secondary production and elimination of each tissue with environmental factors such as chlorophyll *a*, total and organic seston, dissolved O₂, salinity and temperature. An initial cohort of 1040 mussels with an average weight of 2.01g showed a total production of 4493.08g/rope/year, of which 1344.89g corresponded to gonads, 1057.17g to muscle and 2091.01g to somatic tissues.

The largest increments in gonad production were observed in Nov-Dec'02 and Apr-May'03, with negative spawning production from Dec'02 to Feb'03. Maximum increments in muscle production were observed in Nov-Dec'02 and Feb-Apr'03, while those in somatic tissue occurred between Nov-Dec'02 and May-Jul'03. Total elimination was 530.33g/rope/year. Principal components analysis indicated that the environmental factors showing a higher relationship with the variance in gonad production were chlorophyll *a* increase and temperature decrease, while increases of muscle and somatic tissues were better associated with the increase of organic material, seston and chlorophyll *a*, the factors that modulated the production in this species.

Introducción

Los cultivos marinos de algunas especies de la familia Mytilidae han constituido una parte importante de la producción de alimentos para el consumo humano en países como España, Francia, Holanda e Italia (Hickman, 1992). No obstante en nuestro país no ha alcanza-

do el mismo nivel de actividad aunque podría convertirse en una industria próspera, específicamente en la costa norte del estado Sucre, que constituye la única zona mejillonera del país, aportando ~93% del consumo nacional de mejillón, con la presencia de dos especies de mejillones *Perna perna* y *Perna viridis* (Salaya, 1999).

El cultivo de diversas especies de bivalvos ha proliferado a nivel mundial y la lista de trabajos de investigación relacionados con este tópico es larga. Sin embargo, la necesidad de estudiar al organismo en su medio natural ha dado lugar al desarrollo diversas metodologías de ello. La estimación de la producción se-

cundaria de una especie en el medio ambiente constituye la expresión integral del flujo de materia de todos los procesos que definen su dinámica poblacional. En los estudios de flujo de materia se considera a la energía utilizada para el crecimiento y la reproducción, denominada en forma general como P (producción), como la

PALABRAS CLAVE / Cultivo / Factores Ambientales / Golfo de Cariaco / *Perna perna* / Producción Secundaria /

Recibido: 12/02/2007. Modificado: 01/08/2008. Aceptado 05/08/2008.

Vanessa H. Acosta Balbás. Maestría en Ciencias Marinas, Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV). Profesora, Universidad de Oriente (UDO),

Venezuela. Dirección: Escuela de Ciencias UDO, Cumaná, 6101. Venezuela. e-mail: vane-saacosta@yahoo.com.

Antulio S. Prieto Arcas. Maestría en Ciencias Marinas, IOV, Venezuela. Profesor, UDO, Venezuela.

PRODUCCIÓN SECUNDARIA DE UNA POPULACIÓN DE *Perna perna* (BIVALVIA: MYTILIDAE) EM CONDIÇÕES DE CULTIVO SUSPENSO

Vanessa Acosta e Antulio Prieto

RESUMO

Analisou-se a produção secundária dos compartimentos da biomassa em uma população do bivalvo *Perna perna* sob condições de cultivo suspenso na Enseada de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela, desde julho de 2002 até julho de 2003. Mensalmente se determinaram a longitude do eixo dorso-ventral e o peso seco de músculo, gônadas e resto de tecidos, para relacionar a produção secundária e a eliminação de cada tecido com fatores ambientais tais como clorofila *a*, seston total, matéria orgânica particulada, O₂ dissolvido, salinidade e temperatura. Os tecidos de uma cohorte juvenil inicial de 1.040 indivíduos tiveram um peso médio de 2,01g, obtendo-se 4.493,08g/corda/ano, dos quais 1.344,89g corresponderam a gônadas; 1.057,17g a músculo e 2.091,01g a outros tecidos.

Os maiores incrementos de produção de gônadas foram observados entre nov-dez/02 e abr-mai/03, com produções negativas por desove de dez/02 a fev/03. Os máximos incrementos na produção de músculo foram em nov-dez/02 e fev-abr/03, enquanto que no resto dos tecidos foram em nov-dez/02 e mai-jul/03. A eliminação total foi de 530,33g/corda/ano. A análise de componentes principais indicou que as variáveis ambientais mais relacionadas com a variação na produção de gônadas foram os incrementos de clorofila *a* e as diminuições de temperatura, enquanto que os incrementos de músculo e resto de tecidos se associaram melhor aos aumentos da matéria orgânica particulada, seston e clorofila *a*, fatores que modularam a produção de tecidos nesta espécie.

variable de mayor importancia para estimar el éxito de una población en un medio ambiente determinado o bajo condiciones controladas. Una gran cantidad de parámetros poblacionales e individuales han sido examinados para obtener las respuestas o estrategias de los organismos ante una gran variedad de factores ambientales. En este sentido, es conveniente discriminar la producción secundaria de una determinada población en sus respectivos componentes (soma, gónada y concha), ya que así es posible evaluar la biomasa disponible, la distribución específica de la energía en cada uno de sus componentes, y la biomasa disponible hacia otros niveles tróficos (Prieto *et al.*, 1999).

Perna perna es un bivalvo abundante en los bancos naturales de la costa norte del Estado Sucre, Venezuela, donde su explotación responde básicamente a la práctica de tipo artesanal. Comparado con otras especies de la familia Mytilidae cercanamente relacionados, como lo son *Perna viridis* y *Mytilus edulis*, *P. perna* ha recibido poca atención, aunque algunos aspectos de su ecología y reproducción han sido investigados por Lunetta (1969) en Brasil; por Berry y Scheyer (1983) en Sudáfrica; y por Vélez y Martínez (1967), Carvajal

(1969), Vélez (1971), Prieto *et al.* (1999), Arrieche *et al.*, (2004) y Acosta *et al.* (2006) en Venezuela.

A pesar de la importancia del mejillón marrón como recurso pesquero en Venezuela, no se han realizado estudios que permitan conocer la potencialidad de la producción de biomasa de los diferentes tejidos de *P. perna* cultivado en sistema de cuerda. El presente trabajo persigue establecer el patrón de distribución de los componentes de la biomasa en esta especie, a partir de una cohorte juvenil bajo condiciones de cultivo suspendido.

Materiales y Métodos

Se evaluó la producción secundaria del mejillón marrón *Perna perna* en condiciones de cultivo suspendido, durante un periodo de 13 meses a partir de julio 2002, en la Ensenada de Turpialito (10°26'56"N; 64°02'00"O), ubicada en el Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. Como método de cultivo se emplearon cuerda de caucho de 1,30m de longitud, en cada una de las cuales se sembraron ~90 ejemplares juveniles procedentes de los bancos naturales de Guayacán, Península de Araya, Estado Sucre. La talla inicial promedio fue de 35,5

±3,16mm y la masa seca promedio de 0,13g.

Con el fin de evaluar el crecimiento, mensualmente se tomaron tres cuerdas (establecidas como réplicas experimentales) del denominado "long line" (sistema de línea larga empleado para el cultivo de bivalvos marinos) y a cada grupo de mejillones se les determinó la longitud antero-posterior de la concha, utilizando un vernier digital de 0,01mm de precisión. La biomasa seca fue estimada en músculo, lóbulos gonadales y resto de tejidos (bránquias, pie, manto, glándula digestiva), los cuales fueron deshidratados por calor a 60-70°C por 72h, hasta peso constante determinado en una balanza analítica de 0,001g de precisión. La mortalidad fue determinada contando los bivalvos vivos y muertos en cada réplica.

Para la determinación de los parámetros ambientales se tomaron muestras semanales de agua con una botella Niskin de 2 litros por triplicado para la determinación de O₂ por el método de Winkler (Strickland y Parsons 1972). La salinidad se midió mediante un refractómetro de 1,0 unidad (‰) de precisión. Además, se tomaron muestras de agua en envases de 2 litros, previamente filtradas con malla de 153µm, para estimar

la disponibilidad de alimento mediante determinación de la biomasa del fitoplancton (clorofila *a*) y el seston en sus componentes total, inorgánico y orgánico. Para el análisis de clorofila *a* se empleó el método espectrofotométrico. La determinación del seston se realizó mediante técnicas gravimétricas (Strickland y Parson, 1972). En el sitio de cultivo se estableció un termógrafo electrónico Sealog-Vemco para registrar la temperatura a intervalos de 30min, obteniendo valores que luego fueron promediados mensualmente.

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

Finalmente, para establecer si existe interrelación entre las variables ambientales observadas y los cambios registrados en la masa de gónada, músculo y resto de tejidos de *P. perna*, en función de los meses, se aplicó un análisis de componentes principales (ACP).

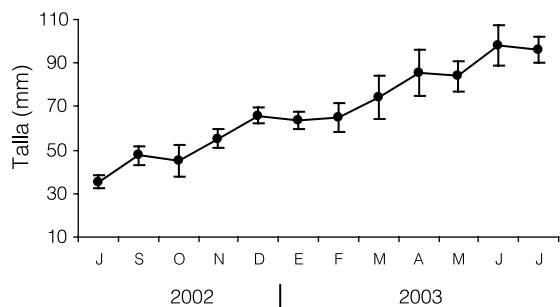


Figura 1.- Longitud antero-posterior del mejillón *Perna perna* cultivado en la Ensenada de Turpialito Golfo de Cariaco (Estado Sucre), desde julio 2002 hasta julio de 2003.

Resultados

Crecimiento en talla y peso

Al inicio del experimento no se observaron diferencias significativas en las masas secas de los tejidos (Anova, $P > 0,3$) ni en la talla de los organismos (Anova, $P > 0,2$). El crecimiento promedio en la longitud de la concha (Figura 1) presentó los máximos incrementos al inicio del ensayo, entre jul y sep'02 ($\Delta Lt = 11,99$ mm) y entre may y jun'03 ($\Delta Lt = 14,09$), siendo mínimo de dic'02 a feb'03, con una mortalidad de 2,13% mensual, la que se incrementó significativamente desde marzo hasta julio '03 ($P < 0,05$). En la Tabla I se muestra el peso promedio de los individuos durante el período experimental, así como los incrementos y las pérdidas de peso.

Producción de tejidos

Músculo. Los mayores incrementos en la producción de tejido muscular se observaron (Tabla II) en los lapsos de may-jun'02, jun-jul'03 y nov-dic'02, los menores incrementos tuvieron lugar entre dic'02 y ene'03 y entre abr y may'03, y se observaron producciones negativas entre set y nov'02 y entre ene y feb'03. No obstante, la producción total durante los 13 meses del estudio fue de 1057,17g/cuerda/año.

Gónada. La generación de tejido gonadal siguió aproximadamente la misma tendencia del músculo (Tabla II), con valores de máxima producción en nov-dic'02 y

desde feb hasta jul'03. Los valores negativos, por pérdida de tejido gonadal, se detectaron en set-oct'02 y dic'02-feb'03 y se relacionan con los principales desoves de la especie debido al aspecto de las mismas y a las disminuciones en los pesos de dichos tejidos.

Se estima que durante este periodo cada mejillón adulto pierde aproximadamente un promedio de 0,33g de masa seca gonadal. La producción total de biomasa reproductiva durante el periodo de estudio fue de 1344,89g/cuerda/año.

Resto del tejido. En este compartimento se incluyó hepatopáncreas, branquias y otros tejidos anexos. Se detectaron tres periodos de producción negativa (Tabla II), oct-nov'02, ene-feb'03 y abr-may'03; máximos en may-jun'02 y mar-abr'03 y el mínimo en set-oct'02. La producción total de estos tejidos fue de 2091,015g/cuerda, resultando un gran total de 4493,08g/cuerda/año para todos los tejidos durante el período de estudio.

Eliminación

La eliminación o pérdida de todos los tejidos en peso (Tabla I) presentó valo-

TABLA I
PRODUCCIÓN SECUNDARIA TOTAL (ΔNPs) Y ELIMINACIÓN ($-\Delta NPs$) EN UNA POBLACIÓN DE *Perna perna* MANTENIDA EN CULTIVO SUSPENDIDO

Mes	N	Ps	N	ΔPs	ΔNPs	Ps	$-\Delta N$	$-\Delta NPs$
Jul '02	1040	0,13						
Sep '02	1029	0,46	1034,50	0,33	341,39	0,29	11	3,24
Oct '02	1010	0,38	1019,50	-0,08	-81,56	0,42	19	7,98
Nov '02	1004	0,35	1007,00	-0,03	-30,21	0,36	6	2,16
Dic '02	996	1,44	1000,00	1,09	1090,00	0,89	8	7,12
Ene '03	983	1,26	989,50	-0,18	-178,11	1,35	13	17,55
Feb '03	953	0,89	968,00	-0,37	-358,16	1,07	30	32,10
Mar '03	938	1,38	945,50	0,49	463,30	1,13	15	16,95
Abr '03	896	2,25	917,00	0,87	787,79	1,81	42	76,02
May '03	873	2,74	884,50	0,49	433,41	2,49	23	57,27
Jun '03	863	4,38	868,00	1,64	1423,21	3,56	10	35,60
Jul '03	805	5,09	834,00	0,71	592,14	4,73	53	274,34
					$\Sigma 4493,08$			$\Sigma 530,33$

N: densidad promedio; ps: peso promedio; n: promedio de densidad del periodo; ps: promedio de peso del periodo; ΔN : mortalidad numérica en cada periodo experimental.

res máximos en mar-abr'03 y jun-jul'03, con mínimos desde jul'02 hasta dic'02, lo cual estuvo relacionado con el peso de los mejillones y la mortalidad numérica. La eliminación total durante el periodo de estudio fue de 530,33g/cuerda/año, debida principalmente a mortalidad natural, desprendimiento y la acumulación del fouling.

Variables ambientales

La Tabla III recoge los valores promedios mensuales de los parámetros ambientales registrados en la zona de cultivo. La biomasa fitoplanctónica, expresada como clorofila *a*, presentó bajas concentraciones ($< 1 \mu g \cdot l^{-1}$) desde el inicio del ensayo hasta oct'02, valores máximos ($> 5 \mu g \cdot l^{-1}$)

TABLA II
ESTIMACIONES DE PRODUCCIÓN DE GÓNADAS (ΔNg), MÚSCULO (ΔNm) Y RESTO DE TEJIDOS (ΔNrt), EN UNA POBLACIÓN DE *Perna perna* MANTENIDA EN CULTIVO SUSPENDIDO EN TURPIALITO, GOLFO DE CARIACO, VENEZUELA

Mes	N	Δg	ΔNg	Δm	ΔNm	Δrt	ΔNrt	Total
Jul '02	1040							
Sep '02	1034,5	0,06	62,07	0,11	113,79	0,16	165,52	341,38
Oct '02	1019,0	-0,04	-40,78	-0,07	-71,36	0,03	30,58	81,56
Nov '02	1007,0	0,15	151,05	-0,04	-40,28	-0,14	-140,98	-30,20
Dic '02	1000,0	0,03	630,00	0,19	190,00	0,27	270,00	1090,00
Ene '03	989,5	-0,51	-504,64	0,04	39,58	0,29	286,95	178,11
Feb '03	968,0	-0,15	-145,20	-0,05	-48,40	-0,17	-164,56	-358,16
Mar '03	945,50	0,13	122,91	0,18	170,19	0,18	170,19	463,29
Abr '03	917,0	0,09	82,53	0,17	155,89	0,61	559,37	797,79
May '03	884	0,66	583,44	0,05	44,20	-0,22	-194,48	-433,16
Jun '03	868	0,34	295,12	0,34	295,12	0,86	833,28	1433,52
Jul '03	834	0,13	108,42	0,25	208,50	0,33	275,22	592,14
			$\Sigma 1344,89$		$\Sigma 1057,17$		$\Sigma 2091,01$	$\Sigma 4493,08$

N: densidad promedio; Δg , Δm y Δrt : incrementos de producción de gónadas, músculo y resto de tejidos en cada periodo experimental.

TABLA III
VALORES PROMEDIOS MENSUALES DE LSO PARÁMETROS AMBIENTALES REGISTRADOS EN LA ZONA DE CULTIVO (ENSENADA DE TURPIALITO), GOLFO DE CARIACO, ESTADO SUCRE, VENEZUELA

Mes	Clorofila <i>a</i> (µg·l ⁻¹)	Seston (mg·l ⁻¹)	Materia orgánica particulada (mg·l ⁻¹)	O ₂ disuelto (mg·ml ⁻¹)	Salinidad (‰)	Temperatura (°C)
Jul '02	0,7 ±0,05	9,9 ±4,19	50,1 ±10,16	6,3 ±2,82	37,1 ±0,23	28,5 ±1,50
Set '02	0,5 ±0,04	10,7 ±3,87	33,9 ±14,33	6,2 ±1,96	36,8 ±1,97	29,7 ±2,91
Oct '02	0,9 ±0,07	9,0 ±3,48	56,6 ±9,79	8,4 ±1,20	37,8 ±0,7	29,3 ±3,84
Nov '02	4,1 ±0,13	25,4 ±7,97	63,14 ±20,61	6,1 ±1,97	37,2 ±0,95	27,4 ±2,07
Dic '02	8,5 ±2,4	44,3 ±6,58	71,2 ±15,39	7,0 ±1,09	37,3 ±2,0	23,8 ±4,80
Ene '03	7,9 ±1,12	51,2 ±12,97	85,2 ±20,78	6,9 ±2,93	36,0 ±1,00	22,5 ±1,97
Feb '03	4,6 ±1,71	37,9 ±18,39	74,8 ±13,54	5,1 ±0,78	36,6 ±2,12	23,4 ±3,80
Mar '03	6,5 ±3,23	22,0 ±9,46	44,7 ±9,94	4,2 ±1,08	35,4 ±0,56	23,6 ±2,76
Abr '03	1,3 ±0,94	8,3 ±3,92	32,4 ±7,98	7,1 ±0,97	36,8 ±1,12	24,5 ±1,22
May '03	4,2 ±2,88	5,9 ±3,61	36,2 ±11,91	5,9 ±0,81	36,0 ±2,00	25,1 ±4,60
Jun '03	3,7 ±2,56	11,1 ±4,91	47,4 ±9,82	4,3 ±1,06	35,0 ±1,34	26,1 ±1,04
Jul '03	1,0 ±0,71	1,4 ±0,89	21,4 ±8,37	3,8 ±0,59	34,3 ±1,84	26,7 ±5,70

entre dic'02 y mar'03, y valores variables de allí en adelante. El seston mostró un comportamiento correlativo al de la clorofila *a*, con máximos (>40mgL⁻¹) entre dic'02 y ene'03 y mínimo en jul'03. La materia orgánica particulada mostró un comportamiento variable a lo largo del estudio, con máximos valores entre dic'02 y feb'03, para posteriormente producirse leves

incrementos y descensos hasta el final del estudio.

Los máximos registros de temperatura (>28°C) se obtuvieron entre jul'02 y oct'02, y a mediados de noviembre se produjo un descenso de la temperatura, hasta alcanzar un mínimo (22,5°C) en ene'03. A partir de mar'03 hasta jul'03 se produjo un incremento progresivo de la temperatura, oscilando

entre los 23,6 y 26°C. Durante el periodo de estudio el O₂ disuelto presentó una alta variabilidad, alcanzando valores de 8mg·ml⁻¹, observándose una disminución hacia el final del periodo. Un patrón similar se observó en la salinidad, la cual mostró un patrón de variación de 4‰ (34-38‰).

Análisis de componentes principales (ACP)

El ACP de los incrementos de producción con las variables ambientales, indica que los máximos incrementos estuvieron relacionados principalmente con variaciones de la temperatura y la clorofila *a*, alcanzando el porcentaje de la varianza total explicada en los tres primeros componentes (ejes) un 82,45% (Tabla IV). Cuando se relaciona las variables ambientales con los incrementos gonadales (NΔg) se observa que entre nov-dic'02, estos estuvieron asociados con disminuciones de temperatura, y aumentos de

clorofila *a*, seston y materia orgánica particulada, mientras que el de abr-may'03 se correlacionó con altos valores de O₂ disuelto, alcanzando un porcentaje acumulado de 89,30%, correspondiente a los tres primeros componentes de la varianza explicada (Tabla V). Por su parte, el ACP de los incrementos de producción del músculo (NΔm), con respecto a las variables ambientales, indica que los incrementos de este compartimento producidos en nov-dic'02, mar-abr'03 y jun-jul'03, se correlacionó con la materia orgánica particulada, seston y la clorofila *a*, alcanzando los tres primeros componentes el 89,33% de la varianza explicada (Tabla VI). Finalmente, el ACP de los incrementos de producción del tejido (NΔrt) indica que, al igual que el músculo, los mayores valores de generación de este componente, que tuvieron lugar en may-jun'03, se correlacionan con el porcentaje de materia orgánica particulada, aumentos de clorofila *a* y seston, alcanzando el porcentaje acumulado de la varianza total explicada en los tres primeros componentes un 87,92% (Tabla VII).

Discusión

Aunque no se pueden realizar comparaciones con otras investigaciones sobre la producción secundaria en poblaciones cultivadas de mitilidos, las estimaciones resultantes del presente estudio son muy superiores a las reportadas para otras especies de bivalvos cultivados en el Golfo de Cariaco, tales como como *Nodipecten nodosus* (Acosta *et al.*, 2000; Prieto *et al.*, 2005) y *Euvola zizac* (Frei-

TABLA IV
AUTOVALORES DE LA MATRIZ DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES CON LOS INCREMENTOS MENSUALES DE LA GÓNADA, MÚSCULO Y RESTO DE TEJIDOS

	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Autovalores	3,343	3,157	0,921
Porcentaje	37,143	35,075	10,233
Porcentaje acumulado	37,143	72,218	82,451

TABLA V
AUTOVALORES DE LA MATRIZ DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES CON LOS INCREMENTOS MENSUALES DE LA GÓNADA

	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Autovalores	3,332	2,166	0,753
Porcentaje	47,594	30,948	10,762
Porcentaje acumulado	47,594	78,542	89,303

TABLA VI
AUTOVALORES DE LA MATRIZ DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES CON LOS INCREMENTOS MENSUALES DEL MÚSCULO

	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Autovalores	3,139	2,572	0,542
Porcentaje	44,841	36,749	7,741
Porcentaje acumulado	44,841	81,591	89,332

TABLA VII
AUTOVALORES DE LA MATRIZ DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES CON LOS INCREMENTOS MENSUALES DEL RESTO DE TEJIDOS

	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Autovalores	3,148	2,266	0,740
Porcentaje	44,972	32,367	10,578
Porcentaje acumulado	44,972	77,339	87,917

tes *et al.*, 1995). Si se toma en cuenta la densidad promedio de organismos con la cual se realizó este ensayo, los presentes resultados coinciden con lo reportado por Berry (1978), aun cuando en este trabajo no se evaluó la fracción orgánica de la concha, cuyo porcentaje en relación al peso total de la concha oscila en mitílidos entre 4,3 y 8,5% (Prieto *et al.*, 2004; Malavé y Prieto, 2005), ni la producción orgánica del biso, que en los mejillones representa un porcentaje importante. (Price *et al.*, 1982; Prieto *et al.*, 1999).

Si se toma en consideración los incrementos negativos debido a desoves, la producción de gónadas alcanzó casi el 30% de la producción total durante el estudio realizado, superando la del músculo y muy semejante al resto de los tejidos. Esto sugiere una gran producción de tejido reproductivo, por lo que se asume que *P. perna* canalizó una parte considerable de la energía de la producción total hacia la formación de gametos. Este comportamiento adoptado por el organismo bajo condiciones de cultivo suspendido constituye una estrategia adecuada para un animal cuya longevidad raras veces sobrepasa en poblaciones naturales los 18 meses y que, por lo tanto, debe explotar su potencial reproductivo en forma continua, basándose en una elevada tasa de producción gonádica conjuntamente con el aprovechamiento de las condiciones (alimento) que le ofrece el medio ambiente al cual esta expuesto. No obstante, la rápida recuperación postdesove obtenida por los organismos bajo sistema de cultivo propician, hasta cierto punto, una subestimación de la producción de gónadas al momento de evaluarlas, por lo que los resultados sugieren que las gónadas mantuvieron una actividad reproductiva persistente, con un permanente crecimiento.

El período de mayor desove de *P. perna*, ocurrido

en dic'02-feb'03, se llevó a cabo a temperaturas bajas (22-23°C) y altos porcentajes de materia orgánica particulada, seston y clorofila *a*, y fue precedido por el mayor incremento de biomasa gonadal (nov-dic'02), período en el cual Acosta *et al.* (2006) reportaron el máximo índice de condición. El segundo mayor incremento de tejido reproductivo, detectado en abr-may'03, se asoció con un aumento del índice gonadal y coincidió con variaciones de nutrientes (materia orgánica particulada, seston y clorofila *a*) y pudo estar condicionado por una transferencia de energía de otros tejidos (NArt), ya que en ese mismo período se registró una producción negativa de este compartimiento (Tabla II). Además, no es descartable que bajo presiones ambientales *P. perna* recurra a este mecanismo para generar energía con el objeto de llevar a cabo la reproducción. En general, se observó que la variación del tejido gonadal impactó sobre la variación total de la biomasa producida. Gran parte del cuerpo de los bivalvos esta constituido por el sistema reproductivo, y su desarrollo y volumen indican una etapa reproductiva determinada, por lo que podría señalarse que el ciclo reproductivo de esta especie es relativamente independiente de las condiciones ambientales locales, tal y como lo señalaron Acosta *et al.* (2006).

Los altos incrementos de producción ocurridos en nov-dic'02 (1090,00g/cuerda) se correspondieron con altas tasas de crecimiento (somático y reproductivo) y estuvieron asociados con el período de surgencias costeras que caracterizan la estación seca del Golfo de Cariaco, los cuales oxigenan el agua superficial con temperaturas bajas, altos valores de salinidad y una alta productividad primaria (Ferráz-Reyes, 1987). Por otra parte, el otro incremento, observado en may-jun'03 y constituido principalmente por acumulación del resto de tejidos y músculo, ocurrió en el

período de estratificación de la columna de agua con baja disponibilidad de nutrientes y altas temperaturas, que en este caso en particular no tuvo un efecto negativo sobre los mejillones, los cuales para esta etapa presentaban tallas grandes, con edades mayores de 10 meses, en las que ocurre la máxima acumulación de tejido somático (1423,52g), debido a la corta longevidad de la especie (Prieto *et al.*, 1999). En los bivalvos mitílidos existe un umbral de edad por encima del cual la energía acumulada tiende a ser desviada principalmente hacia el componente reproductivo (Bayne y Worrall, 1980). Las variaciones en las masas secas de los tejidos no coinciden con las reportadas para una población natural de *P. perna* en el Morro de Guarapo, Costa norte del estado Sucre, Venezuela (Arrieché *et al.*, 2004)

Los resultados muestran la importancia de los factores ambientales en la generación de los diferentes tejidos, ya que los ACP indican que los mayores incrementos de la producción de gónadas estuvieron asociadas a los aumentos de la clorofila *a* y disminuciones de temperatura, mientras que los incrementos del músculo y resto de los tejidos se asociaron en mayor grado con los incrementos de la materia orgánica y seston y en menor grado con la clorofila *a*. En el área de estudio la mayor parte del seston y la materia orgánica provienen de dos fuentes principales: 1) la alta productividad primaria que ocurre durante la época de surgencia en el Golfo de Cariaco (Ferráz-Reyes, 1987), cuyas partículas se resuspenden posteriormente por la acción de los vientos y las olas, estando disponible para muchos invertebrados bentónicos, y 2) la acumulación de materia orgánica proveniente de las raíces y hojas del mangle rojo *Rhizophora mangle* y otras macrofitas marinas que producen un detritus rico en energía, que resuspendido constituye un

alimento para los bivalvos y en especial para los mitílidos que lo emplean como fuente adicional de energía (Kiorbe *et al.*, 1981).

Los períodos de menor productividad secundaria observados (Tabla II) pudieran estar relacionados con procesos de postdesove, lo cual no fue estudiado, o más probablemente con una condición fisiológica menor debida a una disminución del fitoplancton en el área, asociada con una mayor utilización de las reservas energéticas de los tejidos. En tal sentido cabe señalar que existe una estrecha relación entre la producción secundaria y la actividad reproductiva en *P. perna* con las condiciones ambientales presentes en la zona y los períodos de baja producción secundaria, que se asocian con los meses de baja productividad primaria en el Golfo. Los máximos valores de eliminación observados en abr-may'03 y jun-jul'03 estuvieron relacionados con el peso y la mortalidad numérica ocurrida durante el mismo período (Tabla I).

La producción para todos los tejidos en el sistema de cuerdas durante todo el período de cultivo fue de 4493,08g/cuerda/año. Si se considera que el peso seco del tejido en *P. perna* representa ~6% del peso total del animal, esto indicaría que un total de 1000 individuos con una talla promedio de 35mm produciría al cabo de un año una cantidad de 75kg de mejillones.

Los mitílidos poseen una amplia variación en la proporción del crecimiento, la cual esta supeditada a las variaciones ambientales y de alguna manera a la reproducción y longevidad. Por ende, bajo condiciones óptimas el mejillón crece más rápido y desarrolla más eficientemente su poder reproductivo. En tal sentido, desde el punto de vista biológico, tecnológico y económico *P. perna* muestra características ideales para ser cultivada en el Golfo de Cariaco, debido a su alta pro-

ductividad, rápido crecimiento y elevada sobrevivencia.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración técnica de Maximiano Núñez. Este estudio fue financiado por el Consejo de Investigación, Núcleo Sucre (Proyecto CI-5-1001-1155/03).

REFERENCIAS

- Acosta V, Freitas L, Lodeiros C (2000) Densidad, crecimiento y supervivencia de juveniles de *Lyropecten (Nodipecten) nodosus* (Pteroida: Pectinidae) en cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 48: 799-806.
- Acosta V, Prieto A, Lodeiros C (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. *Zootecn. Trop.* 24: 177-192.
- Arrieche D, Licet B, García N, Lodeiros C, Prieto A (2004) Índice de condición gonádico y rendimiento del mejillón marrón *P. perna* (Bivalvia: Mytilidae) del Morro de Guarapo, Venezuela. *Interciencia* 27: 613-619.
- Bayne B, C Worrall (1980) Growth and production of mussels *Mytilus edulis* from two populations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 3: 217-328.
- Berry P (1978) *Reproduction, growth and production in mussel Perna perna (L) on the east coast of South Africa*. South Africa Association of Marine Ecology Research Institution N° 48. 28 pp.
- Berry P, M Scheyer (1983) The brown mussel *Perna perna* on the Natal Coast, South Africa: utilization of available food and energy budget. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 13: 201-210.
- Carvajal J (1969) Fluctuaciones mensuales de las larvas y crecimiento del mejillón *Perna perna* y las condiciones ambientales de la Ensenada de Guatapanare, Edo Sucre. Venezuela. *Biol. Inst. Oceanogr.* V8: 13-20.
- Crisp D (1971) Energy flow measurement. En Holme NA, Mc Intyre AD (Eds.) *Methods for the study of marine benthos*. IBP Handbook N° 16. Blackwell. Oxford, RU. pp. 197-279.
- Ferráz-Reyes E (1987) Productividad primaria del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 26: 91-110.
- Freitas L, Vera B, Lodeiros C, Vélez A (1995) Efecto de la densidad sobre el crecimiento y la producción secundaria de *Euvola (Pecten) ziczac* bajo condiciones de cultivo suspendido. *Cienc. Mar.* 21: 1-12.
- Hickman R (1992) *Mussel cultivation*. En Gosling E (Ed.) *The Mussel Mytilus: Ecology, Physiology, Genetics and Cultural*. Developments in Aquaculture and Fisheries Sciences, Vol. 25. Elsevier. Nueva York, EEUU. pp. 465-510.
- Kiorbe T, Möhlenber F, Nohr O (1981) Effect of bottom material on growth and energetic in *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.* 61: 283-288.
- Lunetta (1969) Reproductive physiology of the mussel *Mytilus Perna*. *Bol. Fac. Filos. Cienc.* 26: 33-111
- Malavé C, Prieto A (2005) Producción de biomasa en el mejillón verde en una localidad de la Península de Araya, Venezuela. *Interciencia* 30: 699-705.
- Price T, Thayer G, La Crac M, Montgomery G (1982) The organic content of shell and soft tissue of selected estuarine gastropods and pelecipods. *Proc. Shellfish Assoc.* 85: 26-31.
- Prieto A, Vázquez M, Ruiz L (1999) Energetic dynamics of growth in a mussel population *Perna perna* (Filibranchia: Mytilidae) in the northeast of Sucre state, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 47: 399-410.
- Prieto A, Ruiz L, Hernández H (2004) Dinámica energética del crecimiento en una población del mejillón *Modiolus squamosus* en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Interciencia* 29: 74-79.
- Prieto A, Estrella G, Núñez M, Freitas L, Narváez N (2005). Producción secundaria de *Nodipecten nodosus* (Linne, 1758) cultivado en dos sitios con condiciones ambientales diferentes. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 44: 123-132.
- Salaya J (1999) La pesca y el cultivo de los moluscos bivalvos en Venezuela, situación y tendencias a nivel de Latinoamérica y el Caribe. En *Memorias Taller Venezolano sobre Aprovechamiento y Comercialización de Moluscos Bivalvos*. Universidad de Oriente. Margarita, Venezuela. pp. 5-11.
- Strickland J, Parson T (1972) *A practical handbook of sea water analysis*. Fisheries Research Board of Canada N° 167. 310 pp.
- Vélez A (1971) Fluctuación mensual del índice de engorde del mejillón *Perna perna* natural y cultivado. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 10: 3-8
- Vélez A, Martínez R (1967) Reproducción y desarrollo larval experimental del mejillón comestible de Venezuela *Perna perna* (Linnaeus, 1758). *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 6: 266-285