

ASPECTOS DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DEL MEJILLÓN

VERDE *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) EN EL MORRO DE GUARAPO, PENÍNSULA DE ARAYA, VENEZUELA

Antulio S. Prieto, Dwight Arrieche y Yelitza García

RESUMEN

El mejillón verde *Perna viridis*, originario del Indo-Pacífico, ha colonizado exitosamente desde 1995 las costas de la península de Araya, Venezuela, causando gran impacto en comunidades costeras. Aspectos de la dinámica poblacional como la mortalidad, crecimiento y eliminación fueron analizados en una población natural en el Morro de Guarapo, Sucre, Venezuela. Entre febrero 00 y enero 01 se realizaron muestreos mensuales determinando abundancia y cohortes presentes a partir de la distribución mensual de clases de tallas. Se identificaron dos cohortes principales de reclutas, en febrero 00 (I) con $L_t = 8,60\text{mm}$ y en abril 00 (III) con $L_t = 5,80\text{mm}$, y dos cohortes de mejillones grandes (II y IV). La cohorte I fue la más abundante ($883,50\text{ind}/\text{m}^2$) declinando a finales de diciembre 00 a $26,38\text{ind}/\text{m}^2$ y $L_t = 62,70\text{mm}$, con tasa anual de mortalidad de 97% y eliminación de $192,15\text{g}/\text{m}^2/\text{año}$. La otra cohorte principal, obser-

vada a partir de abril 00 con $L_t = 5,8\text{mm}$ presentó tasa anual de mortalidad de 94% y eliminación de $40,54\text{g}/\text{m}^2/\text{año}$. Los parámetros de crecimiento estimados en ambas cohortes fueron $L_\infty = 101,49\text{mm}$, $K = 0,988/\text{año}$ (I) y $L_\infty = 98,71\text{mm}$, $K = 1,145/\text{año}$ (III), respectivamente. La mortalidad total en peso (eliminación) para la población fue $232,75\text{g}/\text{m}^2/\text{año}$. Las estimaciones de mortalidad utilizando la curva de captura para grupos de mejillones grandes ($62,01\text{-}86,00\text{mm}$) y pequeños ($10,01\text{-}50,01\text{mm}$) confirmaron las altas mortalidades obtenidas en las cohortes. *P. viridis* ha desarrollado un importante potencial ecológico y pesquero en la región debido a su ciclo reproductivo continuo y alta tasa de crecimiento; sin embargo, por ser una especie invasora, es recomendable continuar su monitoreo para evaluar el impacto sobre el ambiente y las especies autóctonas.

Introducción

Los cultivos marinos de algunas especies de la familia Mytilidae han constituido una parte de la producción de alimentos para el consumo humano en países como España, Francia, Holanda e Italia (Hickman, 1992). No obstante, en Venezuela no ha alcanzado el mismo nivel de actividad aunque puede convertirse en una industria próspera, específicamente en la costa norte del estado Sucre, la única zona mejillonera del país, aportando aproximadamente el 93% del mejillón consumido en el país, con la presencia (Novoa *et al.*, 1998) de dos especies de mejillones, *Perna perna* (Linnaeus, 1758) y *Perna viridis*

(Linnaeus, 1758). El mejillón verde *P. viridis* es una especie oriunda del Indo-Pacífico, que fue reportada en el Noreste de Venezuela en 1993 (Rylander *et al.*, 1996) colonizando exitosamente las costas orientales de Venezuela y desplazando al mejillón marrón *P. perna* en algunas zonas de su distribución original causando por su relativa abundancia un gran impacto económico en las comunidades costeras del noreste del estado Sucre (Malave y Prieto, 2005) aunque estudios realizados en estas áreas han demostrado que posee tasas de crecimiento menores que las de *P. perna* (Tejera *et al.*, 2000).

Los estudios sobre dinámica de poblaciones de bival-

vos mitílidos son abundantes en zonas templadas (Bayne, 1975; Dare, 1976; Bayne y Worral, 1980; Hosomi, 1985) pero muy escasos en especies de zonas tropicales (Carvajal, 1969; Marques *et al.*, 1981). Las primeras investigaciones se basaron en estudios de la reproducción en varias poblaciones; no obstante, existe una tendencia progresiva a estimar los componentes de la dinámica poblacional (Berry, 1978; Berry y Schleyers, 1983; Lasiak y Barnard, 1995; Hicks *et al.*, 2000, 2001; Rajagopal *et al.*, 2006). Actualmente en los estudios de poblaciones se considera la energía utilizada en el crecimiento y la reproducción como las variables de mayor importancia al examinar el

éxito de una población, ya que representa una respuesta integral de organismos y permite evaluar la biomasa disponible hacia otros niveles tróficos (Deslous-Pauli *et al.*, 1990)

En el Caribe venezolano se ha evaluado la tolerancia de *P. viridis* ante algunos factores ambientales y los efectos de la alimentación y temperatura sobre el cociente ARN/ADN (Segnini *et al.*, 1998; Bracho, 2000; Viñoles, 2000), densidad y producción total en una población natural (García *et al.*, 2005), producción de biomasa individual (Malave y Prieto, 2005) y variación del índice de condición (Acosta *et al.*, 2006).

Hasta el momento no se ha generado información sobre

PALABRAS CLAVE / Crecimiento / Dinámica Poblacional / Mortalidad / Península de Araya / *Perna viridis* / Venezuela /

Recibido: 05/09/2007. Modificado: 19/02/2009. Aceptado: 25/02/2009.

Antulio Servio Prieto Arcas. Maestría en Ciencias Marinas, Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV), Venezuela. Profesor, Escuela de Ciencias e IOV, Universidad de Oriente

(UDO), Venezuela. Dirección: Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, UDO. Apartado 245, Cumaná 1061, Venezuela. email: alprietom@hotmail.com

Dwight Arrieche. Maestría en Biología, Instituto de Investigaciones Biomédicas y Ciencias Aplicadas (IIBCA) UDO, Venezuela. Investigador, (IIBCA), UDO, Venezuela.

e-mail: darrieche@sucre.udo.edu.ve

Yelitza García. Licenciada en Biología, UDO, Venezuela. Investigadora, UDO, Venezuela.

POPULATION DYNAMICS ASPECTS OF *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) IN THE MORRO DE GUARAPO, ARAYA PENINSULA, VENEZUELA

Antulio S. Prieto, Dwight Arrieche and Yelitza García

SUMMARY

The green mussel *Perna viridis*, native of the Indo-Pacific Ocean has colonized successfully since 1995 the coast of the Araya peninsula, Venezuela, causing large impacts on coastal communities. Aspects of population dynamic such as mortality, growth and elimination in a natural population at the Morro de Guarapo, Sucre state, Venezuela was determined. Monthly samplings were carried out between February 00 and January 00. Two recruitments of small individuals per year were identified; the strongest event in February 00 (I; $L_t = 8.60\text{mm}$) and April 00 (III; $L_t = 5.80\text{mm}$) and a less important one in August. Two cohorts of adult mussels were identified in February 00 (II) and May 00 (V). Cohort I was the most abundant and declined from February 00 ($883.50/\text{m}^2$) to December 00 ($26.38/\text{m}^2$) with a annual mortality rate of 97% and elimination of $192.15\text{g}/\text{m}^2/\text{year}$.

Total elimination for all cohorts was $232.75\text{g}/\text{m}^2/\text{year}$. Cohort III declined from April 00 to January 01 with a annual mortality rate of 94% and elimination of $40.54\text{g}/\text{m}^2/\text{year}$. Estimations of growth parameters in both cohorts were $L_\infty = 101.49\text{mm}$, $K = 0.988/\text{year}$ (I) and $L_\infty = 98.71\text{mm}$, $K = 1.45/\text{year}$ (III), respectively. Mortality estimations using the length-converted catch curve method for large mussels ($62.01\text{-}86.00\text{mm}$) and small mussels ($10.01\text{-}50.00\text{mm}$) confirmed the highest mortality rates obtained in the cohorts. *P. viridis* has a large ecological and fishery potential in the area owing to its continuous gametogenic cycle and high growth rate, however, being an invasive species it is recommended to continue monitoring it to evaluate the impact on environment and indigenous species.

ASPECTOS DA DINÂMICA POPULACIONAL DO MEXILHÃO VERDE *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) NO MORRO DE GUARAPO, PENÍNSULA DE ARAYA, VENEZUELA

Antulio S. Prieto, Dwight Arrieche e Yelitza García

RESUMO

O mexilhão verde *Perna viridis*, originário do Indo-Pacífico, tem colonizado exitosamente desde 1995 as costas da península de Araya, Venezuela, causando grande impacto em comunidades costeiras. Aspectos da dinâmica populacional como a mortalidade, crescimento e eliminação foram analisados em uma população natural no Morro de Guarapo, Sucre, Venezuela. Entre fevereiro de 2000 e janeiro de 2001 se realizaram amostragens mensais determinando abundância e coortes presentes a partir da distribuição mensal de classes por tamanho. Identificaram-se dois coortes principais de recrutas, em fevereiro de 2000 (I) com $L_t = 8,60\text{mm}$ e em abril de 2000 (III) com $L_t = 5,80\text{mm}$, e dois coortes de mexilhões grandes (II e IV). A coorte I foi a mais abundante ($883,50 \text{ ind}/\text{m}^2$) declinando, no final de dezembro de 2000, para $26,38 \text{ ind}/\text{m}^2$ e $L_t = 62,70\text{mm}$, com taxa anual de mortalidade de 97% e eliminação de $192,15\text{g}/\text{m}^2/\text{ano}$. A outra coorte principal,

observada a partir de abril de 2000 com $L_t = 10,3\text{mm}$ apresentou taxa anual de mortalidade de 94% e eliminação de $40,54\text{g}/\text{m}^2/\text{ano}$. Os parâmetros de crescimento estimados em ambas as coortes foram $L_\infty = 101,49\text{mm}$, $K = 0,988/\text{ano}$ (I) e $L_\infty = 98,71\text{mm}$, $K = 1,45/\text{ano}$ (III), respectivamente. A mortalidade total em peso (eliminação) para a população foi $232,75\text{g}/\text{m}^2/\text{ano}$. As estimativas de mortalidade utilizando a curva de captura para grupos de mexilhões grandes ($62,01\text{-}80,00\text{mm}$) e pequenos ($10,01\text{-}50,01\text{mm}$) confirmaram as altas mortalidades obtidas nas coortes. *P. viridis* tem desenvolvido um importante potencial ecológico e pesqueiro na região devido a seu ciclo reprodutivo contínuo e alta taxa de crescimento; entretanto, por ser uma espécie invasora, é recomendável continuar sua monitoramento para avaliar o impacto sobre o ambiente e as espécies autóctones.

aspectos de la dinámica de poblaciones naturales de *P. viridis* en el norte del estado Sucre. Debido a que la especie constituye actualmente uno de los principales recursos aprovechables de la pesca artesanal en la región, en el presente trabajo se analiza la dinámica de las principales cohortes de la especie en el Morro de Guarapo, península de Araya, estado Sucre, Venezuela.

Materiales y Métodos

Ejemplares de *P. viridis* fueron recolectados con un número mensual de muestras

que osciló entre 30 y 40, obtenidas mediante buceo libre, en profundidades de 1,5-3m, utilizando un sistema de muestreo al azar simple sobre cuadratas de $0,0625\text{m}^2$, desde febrero 00 a enero 01 en el Morro de Guarapo, localizado al este de Chacopata, estado Sucre ($10^{\circ}40'01\text{N}$; $63^{\circ}40'02\text{O}$; Figura 1). El área esta formada por un banco rocoso que varía entre 30cm y 8m de profundidad, con un islote de aproximadamente 20m^2 y 5m de altura situado a 250m de la costa en la carretera nacional de Chacopata-Cariaco. El fondo presenta un sustrato arenoso

con rocas pequeñas e intercalado con parches de *Thalassia testudinum*; otras especies presentes en el área fueron los bivalvos *Perna perna*, *Arca zebra*, *Anadara notabilis* y los gasterópodos *Phylonotus pomum*, *Murex brevifrons* y *Fasciolaria tulipa*. Los organismos fueron guardados en bolsas plásticas etiquetadas y llevados al Laboratorio de Biología del Instituto de Investigaciones en Biomedicina y Ciencias Aplicadas de la Universidad de Oriente, Venezuela, para su preservación a 4°C.

En cada recolección de ejemplares se tomó agua de

mar con una botella Niskin de 5l de capacidad, y se colocó en un contenedor opaco para transportarlas. En el laboratorio se cuantificó la biomasa fitoplanctónica estimada por la clorofila a (Strickland y Parson, 1972), el seston total y las fracciones orgánicas e inorgánicas según los datos examinados en la misma área de estudio (Arrieche *et al.*, 2003).

En el laboratorio se eliminaron los epibiontes y detritos de la concha, se escurrió el exceso de humedad y a una muestra mensual se le determinó la longitud total (L_t), máxima

dimensión antero-posterior con un vernier digital (0,01mm) y el peso seco (Ps) de los tejidos blandos deshidratándolos en una estufa (60°C por 72h; Shaffe, 1979; Crisp, 1971), para determinar los parámetros de la regresión $P_s = a L_t^b$ a partir del método de los mínimos cuadrados, que permitieron luego convertir los valores promedios de L_t y densidad de cada cohorte en biomasa (García *et al.*, 2005).

La estructura de la población fue analizada con los datos de longitud total, construyendo gráficas mensuales y agrupando a los organismos en intervalos de frecuencias de longitud de 4mm. La identificación de las cohortes poblacionales se realizó por el método gráfico de Harding (1949) y la tasa de crecimiento de las principales cohortes se expresó como tasa específica (Almada-Vellela, 1984) ajustándolas al modelo de crecimiento de von Bertalanffy por el método gráfico de Hancock (1965).

Dinámica poblacional y eliminación.

Los cambios temporales de la estructura de la población en las distribuciones mensuales de frecuencia de longitud se usaron para estimar la tasa de crecimiento de la concha y la mortalidad de las cohortes principales reclutadas. A partir de los datos de frecuencia de longitud en clases de 2mm en cada mes se obtuvo un modelo de crecimiento de las principales cohortes ajustados por la curva de crecimiento von Bertalanffy de $L_t = L_\infty(1 - e^{-k(t-t_0)})$; Crisp, 1971) donde L_t es la longitud al tiempo t , L_∞ es la longitud asintótica (mm), k es la tasa al cual se alcanza L_∞ y t_0 es el tiempo estimado cuando $L_t = 0$.

La mortalidad de las cohortes principales se estimó relacionando los datos de densidad mensual transformados a logaritmo natural en función del

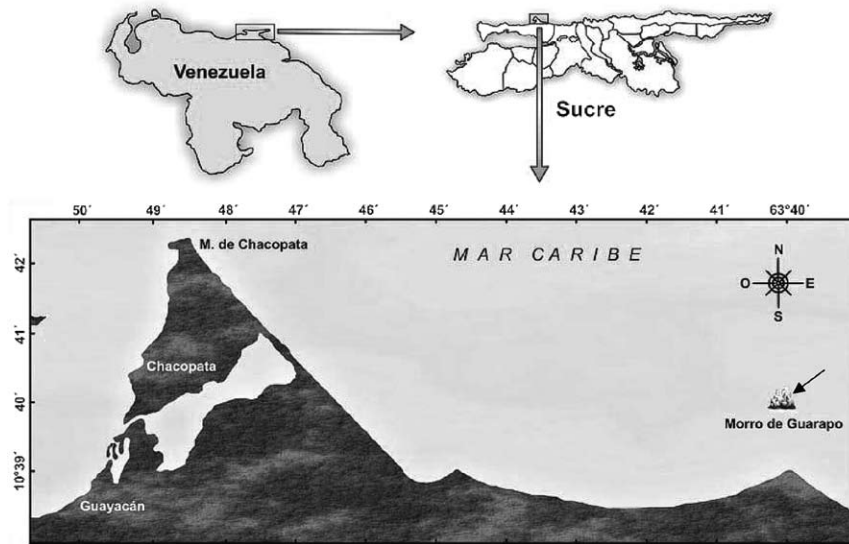


Figura 1. Localización geográfica del área de muestreo en el norte de la Península de Araya, Estado Sucre Venezuela

tiempo, utilizando la ecuación de regresión lineal $\ln N = a - zt$ ajustada por el método de los mínimos cuadrados, donde z es la tasa instantánea de mortalidad en años y a es el intercepto (Beverton y Holt, 1957). La mortalidad total anual (Z) se estimó luego por la fórmula $Z = 1 - e^{-z}$ (Crisp, 1971).

La mortalidad numérica se estimó también a partir de los datos agrupados en frecuencias de longitud de clases de 2mm en mejillones pequeños (10,01-50,00) y grandes (62,01-80,00) por el método de la curva de captura (Pauly, 1983) en el cual la tasa de mortalidad (Z) se determinó por el modelo de análisis de regresión lineal $\ln(N_i/\Delta t_i) = a + bt_i$; donde $Z = -b$, N_i es el número de individuos en cada clase, Δt_i es la diferencia de edad al comienzo y final de cada clase, y t_i es el promedio de edad relativa mensual de cada clase de longitud (Urban, 2000). La edad relativa a cada longitud se determinó utilizando valores promedios de L_∞ y k en las cohortes principales.

La eliminación o mortalidad de peso (E) se determinó en cada cohorte utilizando la ecuación $E = \sum NP + \Delta B$, donde N y P son la densidad y el peso promedio de los individuos en el lapso de tiempo considerado y ΔB es la biomasa residual (Crisp, 1971).

(104,26ind/m²). Se detectaron dos cohortes principales de juveniles y una secundaria de mejillones con longitud ≥ 50 mm a comienzos del año 2000 (Figura 2). Otros reclutamientos observados en diciembre 00 y enero 01, con densidades < 30 ind/m², probablemente tienen poco impacto sobre la dinámica de la población, así como otra cohorte con longitud promedio de 19,45mm observada en agosto 00 (Figura 2).

Crecimiento en longitud

El seguimiento del crecimiento en las dos principales cohortes de

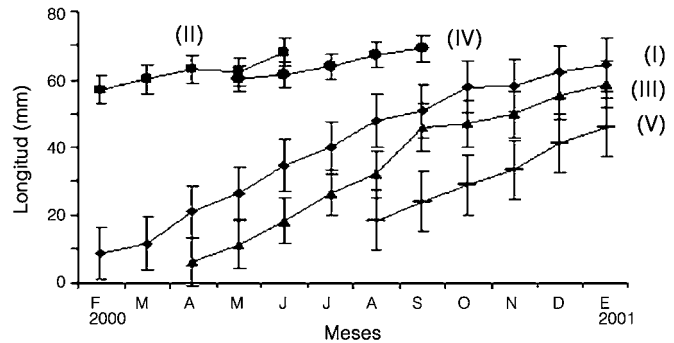


Figura 2. Curvas de crecimiento de las cohortes identificadas en la población del mejillón verde *Perna viridis* en el Morro de Guarapo, Península de Araya, Venezuela.

Resultados

Dinámica de la población

La población de *P. viridis* del Morro de Guarapo se caracterizó por presentar eventos de fijación de plantigrados con longitudes ≤ 5 mm en febrero y abril 00, diciembre 00 y enero 01. Los mayores reclutamientos se observaron en marzo 00 (883,30ind/m²) y abril 00

la población aplicando el método de Ford-Walford (Crisp, 1971) indica que la cohorte I, detectada desde febrero hasta enero 01, presenta una tasa metabólica de crecimiento (k) de 0,988/año con una longitud asintótica (L_∞) de 101,49mm (Figura 3).

Esto indicaría que los individuos alcanzarían una talla de 64mm durante su primer año de vida. Por otra parte,

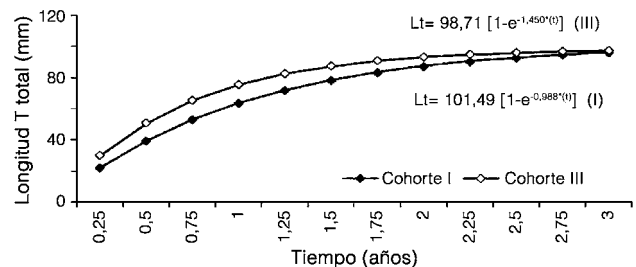


Figura 3. Curva de crecimiento de las cohortes I y III en la población de *Perna viridis* en el Morro de Guarapo, Península de Araya, Venezuela.

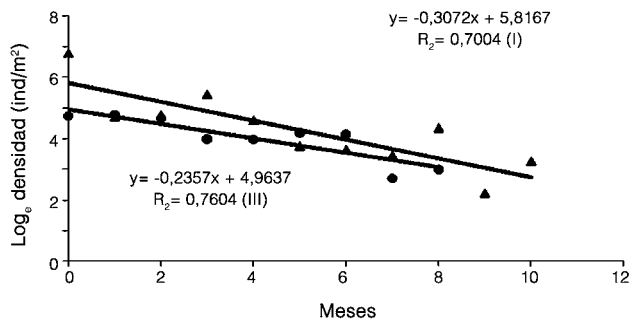


Figura 4. Ecuaciones de mortalidad de las dos principales cohortes (I y III) en la población de *Perna viridis* del Morro de Guarapo, Península de Araya, Venezuela

la cohorte III detectada desde abril 00 hasta enero 01, presentó una tasa metabólica de crecimiento (k) de 1,45/año y una longitud asintótica de 98,71mm, indicando que los mejillones de esta cohorte alcanzarían una longitud de 75mm en su primer año de vida (Figura 3). En ambas cohortes los valores de L_{∞} alcanzados difieren muy poco y están en concordancia con los máximos valores observados en los mejillones, e indicarían que la longevidad máxima de la especie oscilará entre los 2 y 3 años. (Figura 2)

Análisis de la mortalidad

Al inicio de la investigación en febrero 00, la población consistió de dos cohortes, una de pequeños mejillones (I; $L_t = 8,60 \pm 2,9$ mm) provenientes de desoves ocurridos a finales de 1999, con una densidad inicial aproximada de 833,30ind/m² y cuyo seguimiento concluyó en diciembre 00 con una densidad de 26,38/m² (Figura 4), presentando una tasa instantánea de mortalidad $z = 0,307$ /mes, es equivalente a una tasa de mortalidad anual de 97% (Figura 4). La segunda cohorte (II) consistió, en febrero 00, de mejillones adultos ($L_t = 50,10$ mm) con densidad de 253,04/m², la cual derivó probablemente de desoves a comienzos de 1999, y que se continuó solo hasta junio 00 con una densidad de 90,77/m².

La tercera cohorte (III) se identificó en abril 00, con una L_t promedio de 5,80mm y densidad de ~134,23ind/m², y

alcanzó en enero 01 una longitud de 63,27mm con densidad que declino hasta 14,91/m², presentando una tasa instantánea de mortalidad $z = 0,235$ /mes, equivalente a una tasa anual de 94% (Figura 4).

La cuarta cohorte (IV) se detectó en marzo 00 y estuvo representada por mejillones adultos con $L_t = 60,10$ mm y densidad de 243,9ind/m² que fue seguida solo hasta septiembre 00, con una densidad de 53,40/m².

La última cohorte (V) estaba conformada por ejemplares juveniles con L_t promedio de 19,6mm y densidad promedio de 32,04ind/m², detectada en agosto 00 y que alcanzó en enero 01 densidad de 19,87/m² y L_t de 43,8mm.

Utilizando el método de la curva de captura se estimó la mortalidad en dos grupos principales que cumplían con los requerimientos teóricos del método; uno comprendido entre 10,01 y 50,00mm representado por la ecuación

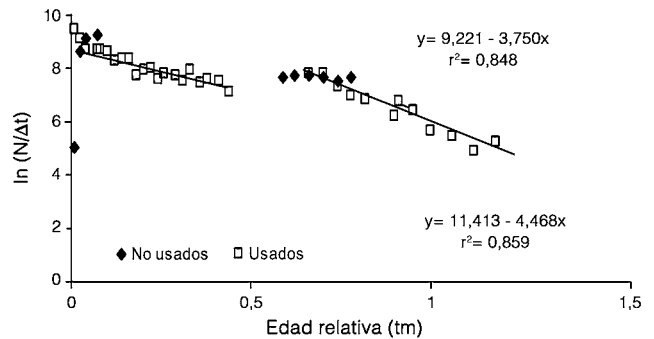


Figura 5. Regresiones de las curvas de capturas obtenidas en la población natural de *Perna viridis* en el Morro de Guarapo para mejillones pequeños ($r^2 = 0,848$) y grandes ($r^2 = 0,859$). Se señalan los puntos usados o no para construir la ecuación de mortalidad.

$L_n = 9,221 - 3,750t$ ($r = -0,917$), donde $z = 97,6$ /año, equivalente a una tasa anual del 97,6% (Figura 5). En otro grupo de mejillones mas grandes correspondientes entre 62,01 y 86,00mm se obtuvo la ecuación $L_n = 11,413 - 4,468t$ ($r = 0,964$), donde $Z = 4,468$ /año, equivalente a una mortalidad anual de 98,8% (Figura 5).

Eliminación

Las relaciones mensuales entre la L_t y el peso seco (P_s) fueron positivas y altamente significativas ($P < 0,001$), y se utilizaron para estimar las biomásas mensuales de cada cohorte. La mortalidad en peso de la población, conocida como eliminación, se indica en la Tabla I para las distintas cohortes, observándose que fue máxima en la cohorte I, reclutada en febrero 00 (192,16g/m²/año) con bajos valores en la cohorte prin-

cipal reclutada (III) en abril 00 (40,54g/m²/año), aunque entre ambas constituyeron el 82% del total de la eliminación, mientras que las otras cohortes secundarias presentaron el restante 18% de la eliminación. Las mayores pérdidas de peso por mortalidad se observaron entre febrero-marzo 00 y julio-agosto 00 y las menores entre abril-mayo 00 y noviembre-diciembre 00. En agosto-septiembre 00 se observó un valor negativo muy alto (Tabla I).

Parámetros ambientales

La temperatura presentó en febrero 00 un promedio de 24,4°C, aumentando luego a un valor máximo en octubre 00 (29,2°C) y disminuyendo a valores mínimos en enero 01 (23,2°C). La biomasa fitoplanctónica estimada por clorofila *a* presentó valores de 4,3mg/l en febrero 00, con

TABLA I
ELIMINACIÓN (g/m²/año) DE TODAS LAS COHORTES DE *Perna viridis* PARA CADA PERÍODO DE TIEMPO, ENTRE FEBRERO 2000 Y ENERO 2001 EN EL MORRO DE GUARAPO, PENÍNSULA DE ARAYA, VENEZUELA

Periodo	Cohorte I	Cohorte II	Cohorte III	Cohorte IV	Cohorte V	Total
Feb-Mar 00	7,62		85,41			93,03
Mar-Abr	22,59		15,72			38,31
Abr-May			1,77	0,477		2,24
May-Jun	2,06		29,46	6,963		38,48
Jun-Jul		19,23	9,95	4,640		33,82
Jul-Ago		25,08	11,02	8,225		44,32
Ago-Sep		-30,94	-4,67	4,613		-30,99
Sep-Oct			33,08	9,361		42,44
Oct-Nov			10,39	5,327	4,068	19,78
Nov-Dic			0,03		1,968	2,00
Dic-Ene 01				0,939	-0,644	0,29
Total	32,27	13,37	192,16	40,54	5,39	232,73

picos de 7,3mg/l en abril, 7,9mg/l en mayo y 7,8mg/l en julio, disminuyendo luego hasta noviembre 00 (0,4-2,3mg/l). El seston total y el porcentaje de materia orgánica alcanzaron valores máximos (38,58mg/l) en febrero 00 y enero 01, con mas del 70% de la fracción orgánica, y concentraciones mínimas fluctuantes de marzo 00 a noviembre 00.

Discusión

La tasa de crecimiento de la concha en mitilidos tropicales es mayor que la reportada en mitilidos templados (Vakily, 1989). El crecimiento de *P. viridis* en la población natural del Morro de Guarapo, es muy semejante a la observada en poblaciones cultivadas de la misma especie del Golfo de Cariaco (Tejera *et al.*, 2000; Acosta *et al.*, 2006), pero muy inferior a los informados para la misma especie en costas del Océano Indico. Rajagopal *et al.* (1998) señalan que en el sureste de la India los mejillones pueden alcanzar 119mm de longitud de la concha en su primer año y 152mm en el segundo; mientras que en el este de Kakinada (India) alcanzan 93mm al año (Narasimhan, 1980), y 96mm en el primer año en la costa oriental de Goa, incrementos de tallas que son debido a las altas tasas de flujo de alimentos (fitoplancton), corrientes que ocurren en estas áreas y a las condiciones estacionales (Vakily, 1989). Sin embargo, en estudios realizados en áreas contaminadas como Tolo Harbour, Hong Kong, se han reportado valores de 49,7mm en el primer año (Cheung, 1993), al igual que en Victoria Harbour, otra área de Hong Kong (Lee, 1986). Estas referencias indican la amplia variabilidad del crecimiento de la especie ante las condiciones ambientales (Tabla II).

Estudios recientes en áreas invadidas por *P. viridis* en la Bahía de Tampa, Florida, EEUU, han informado incrementos de longitud desde

TABLA II
VALORES DE CRECIMIENTO EN LONGITUD PARA EL PRIMER AÑO EN POBLACIONES DE *Perna viridis* EN RELACIÓN A LA LATITUD Y TEMPERATURA

Localidad	Latitud	Temperatura (°C)	Lt a 1 año (mm)	Referencia
Asia				
Kalpakkam	12°35'0"N	20-29	119	Rajagopal <i>et al.</i> , 1998
Kakinada	16,56°N	21-30	93	Narasimhan, 1980
Goa	28,38°N	19-31	96	Rivonker <i>et al.</i> , 1993
Tolo Harbour	22°N	17-30	49,7	Cheung, 1993
Norte América				
Tampa Bay	28°N	13-29	>80	Benson <i>et al.</i> , 2001
Sur América				
Sucre	64°N	23-33	67	Tejera <i>et al.</i> , 2003
Sucre	64°N	23-32	70	Acosta <i>et al.</i> , 2006
Sucre	64°N	24-30	71	García <i>et al.</i> , 2005
Sucre	64°N	23-31	64-75	Este estudio

49,0mm en noviembre 1999 hasta 94,1mm en agosto 00 (Benson *et al.*, 2001), señalándose que la principal razón para su habilidad invasora es la tolerancia a un amplio rango de condiciones ambientales (Nishida *et al.*, 2003). Las densidades de fijación observadas en este estudio son mucho menores que las informadas en la costa de Kalpakkam, India (Rajagopal *et al.*, 1998) de 450000/m² y a las reportadas por Cheung (1993) en Tolo Harbour, Hong Kong (2000/m²), quien distinguió el reclutamiento de plantígrados en los meses de mayo-julio y noviembre-diciembre, mientras que en el Morro de Guarapo se observaron en diciembre 1999-enero 00, febrero-marzo, 00 y otra cohorte de menor densidad en junio 00.

Estas variaciones en el comportamiento reproductivo son ocasionadas en cada zona por las condiciones hidrográficas y, por otra parte, la fijación exitosa de las larvas depende de factores bióticos y abióticos diferentes a la temperatura, que pueden encadenar episodios de desoves asincrónicos en poblaciones (Romero y Moreira, 1980; Salomao *et al.*, 1980).

Al igual que otros mitilidos tropicales y subtropicales como *P. perna* (Hicks *et al.*, 2001) y *P. canaliculus* (Hickman y Illingworth, 1980), *P. viridis* puede desovar esporádicamente en todos los meses de invierno, al contrario de mitilidos de zonas templadas

que restringen su desove entre 1 a 3 meses, solo durante primavera y verano (Dame y Allen, 1996; Rajagopal, 2006).

La existencia de las dos cohortes de juveniles reclutados en febrero 00 (I) y abril 00 (III) indicaría que proceden de desoves ocurridos en septiembre-octubre 1999, meses donde comienza a descender la temperatura, con bajos valores de clorofila y materia orgánica particulada (Arrieche *et al.*, 2003; Acosta *et al.*, 2006), de tal forma que estos juveniles dispondrían desde febrero 02 de altas concentraciones de fitoplancton y clorofila *a*, debido a las surgencias que caracterizan la zona. Esto sugiere que *P. viridis* es una especie de reproducción continua, en concordancia con lo señalado por Sreenivasan *et al.*, (1989) y Barker *et al.*, (2006), quienes señalaron que la especie responde rápidamente a las variaciones ambientales de la zona, donde la maduración y el desove se producen de manera intermitente y muy rápida.

Estudios previos realizados mediante análisis de regresión múltiple a esta misma población (García *et al.*, 2005) indicaron que la clorofila *a* aportó el 66,6% (P<0,01) de la varianza observada en la producción secundaria de la cohorte I, mientras que la temperatura (78,8%; P<0,01) y la relación clorofila *a*/seston orgánico (58,7%; P<0,01) explicaron significativamente

la varianza observada en la biomasa de la cohorte III.

El valor máximo de la tasa *z* (0,307/mes) se obtuvo en la cohorte I, reclutada en febrero 00, principalmente debido a la acentuada disminución de la densidad ocurrida entre mayo-julio, que fue también observada en la cohorte III con menor intensidad y que estuvo probablemente relacionada con el aumento de la temperatura ambiental y disminuciones de clorofila *a* y el seston orgánico detectado en ese lapso.

Los resultados de mortalidad numérica de las cohortes principales y los obtenidos por el método de la curva de captura son altas (>93% anual), y coinciden con los informados por Cheung (1993) en una población de Tolo Harbour, Hong-Kong, pero son mas elevadas que las de poblaciones de *P. perna* en el golfo de México cuyas tasas anuales oscilan entre 75 y 80%. Esta alta mortalidad puede deberse a predadores naturales que coexisten con la especie en la zona, tales como los gasterópodos *Cymatium pileare*, *Fasciolaria tulipa* y *Murex brevifrons*, entre otros (Villafranca y Jiménez, 2004), los crustáceos *Callinectes danae* y *Menippe nodifrons* (Urosa, 1972), y mas probablemente a la intensa explotación pesquera de que es objeto la especie, que explicaría la disminución de la densidad del mejillón durante la realización del estudio.

La mortalidad en peso o eliminación (E) es uno de los componentes mas importantes del flujo de materia en poblaciones naturales (Crisp, 1971), pero existen pocos estudios en áreas tropicales. Los valores máximos de E detectados entre febrero y abril 00, se deben a las altas mortalidades que ocurren en ese lapso, mientras que los valores negativos entre agosto-septiembre, ocurren por una marcada supervivencia de las cohortes en el mencionado lapso.

Los resultados obtenidos de mortalidad en peso en *P. viridis* son muy superiores a los reportados para poblaciones de bivalvos pequeños de zonas templadas del norte de Europa, tales como *Ceratosma edule* (Hibbert, 1976), *Macoma balthica* (Burke y Mann, 1974; Chambers y Milne, 1975), *Mya arenaria* (Warwick y Price, 1975); *Gafrarium tumidus* en Taiwan (Hsieh et al., 1981), y las especies tropicales *Donax incarnatus* y *D. spiculum* (Ansell et al., 1978) de la India. No existen informaciones sobre este parámetro ecológico en especies de bivalvos costeros en Venezuela; sin embargo, los valores determinados indican la importancia de esta especie invasora en el área estudiada, capaz de desplazar en abundancia y en el flujo de materia del ecosistema bentónico a especies nativas del área, ya que desde su aparición en el Golfo de Paria, en 1993, *P. viridis* ha alterado los hábitat naturales de *P. perna* en las localidades de Guatapanare, La Ensenada y El Morro de Chacopata en la península de Araya (Segnini et al., 1998). Hicks et al. (2001) ha señalado que la mayor capacidad invasora del mejillón verde se debe a que presenta una mayor tolerancia combinada de temperatura y salinidad que *P. perna*.

Esta invasión de las costas nororientales de Venezuela plantea un reto importante relacionado con la protección de las especies autóctonas, por lo que es necesario desarrollar estudios sobre la dinámica de los nutrientes en ambientes restringidos donde este presente *Perna viridis*, así como sobre los factores que influyen su fijación sobre diferentes sustratos y el equilibrio entre predadores, parásitos y otros componentes ecológicos de las áreas invadidas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Berenice Licet la colaboración en labores de campo y al Consejo de Investigación de

la Universidad de Oriente el financiamiento parcial a través del proyecto CI -2-010101-1368/07.

REFERENCIAS

Acosta V, Prieto A, Lodeiros C (2006) Índice de condición de los mejillones *Perna perna* y *Perna viridis* bajo un sistema suspendido de cultivo en la Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. *Zootec. Trop.* 24: 177-192.

Almada Vellela PC (1984) The effects of reduced salinity on the shell growth of small *Mytilus edulis*. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 64: 171-182.

Ansell AD, McLusky DS, Stirling A, Trevalion A (1978) Production and energy flow in the macrobenthos of two sandy beaches in south west India. *Proc. R. S. E.* 76: 269-296.

Arrieche D, Licet B, Garcia N, Lodeiros C, Prieto A (2003) Índice de condición gonádico y rendimiento del mejillón marrón *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae) del Morro de Guarapo, Venezuela. *Interciencia* 27: 613-619.

Barker P, Fajan J, Barker, S M, Bergquist D (2006) Green mussel in Florida, USA: Review of trend and research. *Word Aquacult.* 37: 43-67.

Bayne B (1975) Reproduction in bivalve molluscs under environmental stress. En Vernberg FJ (Ed.) *Physiological Ecology of Estuarine Organisms*. University of South Carolina Press. Columbia, SC, EEUU. pp. 259-277.

Bayne B, Worrall C (1980) Growth and production of mussel *Mytilus edulis* from two populations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 3: 317-328.

Benson A, Marelli DC, Frescher ME, Danforth JM, Wiliam SJD (2001) Establishment of the green mussel *Perna viridis* (Linnaeus 1758), Mollusca: Mytilidae on the West coast of florida. *J. Shellfish Res.* 20: 21-29.

Berry P (1978) Reproduction, growth and production in the mussel *Perna perna* (L) on the east coast of South Africa. *S. Afr. Ass. Mar. Ecol. Res. Oceanogr. Res. Inst.* 48: 1-28.

Berry P, Schleyer M (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.

Beverton RJH, Holt SJ (1957) On the Dynamics of Exploited Fish Populations. *Fishery Invest. Minist. Agric. Fish. Food London Serie II.* 19: 1-533 pp.

Bracho MA (2000) *Efecto de la Alimentación sobre el Crecimiento Instantáneo del Mejillón Verde Perna viridis* (Linnaeus, 1758) Medido por la Relación ARN/ADN. Trabajo de Pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná. 40 pp.

Burke MV, Mann KH (1974) Productivity and production: biomass ratios of bivalve and gastropods populations in an eastern Canadian estuary. *J. Fish Res. Board Can.* 76: 269-296.

Carvajal JR (1969) Fluctuación mensual de las larvas y crecimiento del mejillón *Perna perna* (L.) y las condiciones ambientales de la ensenada de Guatapanare, estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 8: 13-20.

Chambers M, Milne H (1975) The Production of *Macoma balthica* (L) in the Ythan estuary. *Estuar. Coast. Mar. Sci.* 3: 443-445.

Cheung S G (1993) Population dynamics and energy budgets of green-lipped mussel *Perna viridis* (Linnaeus) in a polluted harbour. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 168: 1-24.

Crisp DJ (1971) Energy flow measurements En Holme NA, McIntire AD (Eds.) *Methods for the Study of Marine Benthos*. IBP Hanbook N° 16. Blackwell. Oxford, RU. pp 197-279.

Dame RF, Allen DM (1996) Benthic estuaries and the sea. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 118: 207-216.

Dare PJ (1976) Settement, growth and production of the mussel, *Mytilus edulis* L., in Morecambe Bay, England. *Fishery Invest. Minist. Agric. Fish. Food London Serie II.* 28: 1-25.

Deslous-Paoli JM, Boromthanasat S, Heral M, Boromthanasat W, Razet D (1990) Energy budget of a *Mytilus edulis* population during its first year on bouchots in a bay of Marennes-Oleron. *Aquaculture* 91: 49-63.

García Y, Prieto A, Marcano J, Lodeiros C, Arrieche D (2005) Producción secundaria del mejillón verde (*Perna viridis*) (L, 1758), en la península de Araya, Venezuela. *Rev. Cient. FCV-LUZ* 15: 252-262.

Hancock DA (1965) Graphical estimation of growth parameters. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 29: 340-351.

Harding JP (1949) The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency

distributions. *J. Mar. Biol. Assoc. U K* 28: 141-153.

Hibbert CJ (1977) Biomass and production of a bivalve community in an intertidal mudflat. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 75: 249-261.

Hickman DW, Illinworgh J (1980) Condition cycle of the green-lipped mussel *Perna canaliculus* in New Zealand. *Mar. Biol.* 60: 27-38.

Hicks DW, Hawkins DI, McMahon RF (2000) Salinity tolerance of brown mussel *Perna perna* in the Gulf of Mexico: an extension of life table analysis to estimate median survival time in the presence of regressor variables *J. Shellfish Res.* 19: 203-212.

Hicks DW, Tunnell JW, McMahon RF (2001) Population dynamics of the nonindigenous brown mussel *Perna perna* in the Gulf of Mexico compared to other world-wide populations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 211: 181-192.

Hickman RN (1992) Mussel cultivation. En Gosling E (Ed.) *The Mussel Mytilus: Ecology, Physiology, Genetics and Culture*. Elsevier. Amsterdam, Holanda. pp. 465-511.

Hosomi A (1985) The production, daily production, biomass and turn-over rate of the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Venus* 44: 270-277.

Hsieh H, Chen C, Chang K (1981) The growth and production of *Gafrarium tumidium* (Roding) (Bivalve) in the littoral zone of Chiang-mei, Penghu. *Bull. Inst. Acad. Sin.* 20: 11-20

Lasiak TA, Barnard TC (1995) Recruitment of the brown mussel *Perna perna* into natural substrata: a refutation of primary / secondary settlement hypothesis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 120: 147-153.

Lee SY (1986) Growth and reproduction of the green mussel *Perna viridis* (L) (Bivalvia: Mytilacea) in contrasting environment in Hong Kong. *Asian. Mar. Biol.* 3: 117-127.

Malavé C, Prieto Arcas A (2005) Producción de biomasa en el mejillón verde en una localidad de la Península de Araya. *Interciencia* 30: 699-705.

Marques HL, Pereira RT, Correa BC (1981) Crecimiento de mexilhões *Perna perna* (Linnaeus, 1758) en populares natuas no litoral de Ubatuba (S P). *Bras. Bol. Inst. Pesca S. Paulo.* 18: 73-81.

Narasimhan KA (1980) Fishery and biology of the green mussel *Perna viridis* (L) En Nayar KN, Mahadevan S, Alagarwami K, Sundaram PTM (Eds.)

- Coastal Aquaculture*. Mussel Far Institute. Cochin, India. pp 10-17.
- Nishida A, Ohkawa K, Ueda I, Yamamoto H (2003) Green mussel *Perna viridis* L.: attachment behaviour and preparation of antifouling surfaces. *Biomol. Eng.* 20: 381-387.
- Novoa D, Mendoza J, Marcano L, Cardenas J (1998) *El Atlas Pesquero Marítimo de Venezuela*. MAC-SARPA. VECEP. Caracas, Venezuela. 197 pp.
- Pauly D (1983) Length converted catch curve curves: A power tool for fisheries research in the tropics (Part I). *Fishbyte* 1: 9-13.
- Rajagopal S, Venugopalan V, Nair K, Van der Velde G, Jenner HA (1998) Settlement and growth of the green mussel *Perna viridis* (L) in coastal waters: influence of water velocity. *Aquat. Ecol.* 32: 313-322.
- Rajagopal S, Venugopalan VP, Nair K, Van der Velde G, Jenner HA (2006) Greening of the coast: a review of the *Perna viridis* success story. *Aquat. Ecol.* 40: 273-297.
- Romero SM, Moreira GS (1980) The combined effects of salinity and temperature on the survival of embryos and veliger larval of *Perna perna* (Linne, 1758) (Mollusca: Bivalvia) in different salinities. *Bol. Fisiol. Anim.* (Sao Paulo) 5: 45-58.
- Rylander J, Perez J, Gomez J (1996) Status of the green mussel *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Mytilidae) in north-eastern Venezuela. *Carib. Mar. Stud.* 5: 86-87.
- Salomao LC, Magalhaes AR, Lunetta J E (1980) Survival of *Perna perna* (Mollusca: Bivalvia) in different salinities. *Bol. Fisiol. Anim.* (Sao Paulo) 4: 143-152.
- Segnini M, Chung K & Pérez J (1998) Salinity and temperature tolerance of green mussel *Perna viridis* and *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae). *Rev. Biol. Trop.* 46: 121-125.
- Shafee MS (1979) Ecological energy requirements of the green mussel, *Perna viridis* Linnaeus from the Ennare Estuary, Madras. *Oceanol. Acta* 2: 69-74.
- Sreenivasan P, Thangavelu R, Poo-vannan P (1989) Biology of the green mussel, *Perna viridis* (Linnaeus) cultured in Mutukadu lagoon, Madras. *Ind. J. Fish.* 36: 149-155.
- Strickland J, Parson T (1972) *A practical handbook of sea water analysis*. Bull. Fish. Res. Board Can. Vol. 167. 310 pp.
- Tejera E, Oñate I, Nuñez M, Lodeiros C (2000) Crecimiento inicial del mejillón marrón (*Perna perna*) y verde (*Perna viridis*) bajo condiciones de cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Centr. Inv. Biol. LUZ.* 34: 143-158.
- Urban HJ (2000) Culture potencial of the pearl oyster *Pinctada imbricata* from the Caribbean. I. Gametogenic activity, growth, mortality and production of a natural population. *Aquaculture* 189: 361-373.
- Urosa LJ (1972) Algunos depredadores del mejillón comestible *Perna perna*. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 11: 3-18.
- Vakily J (1989) *The Biology and Culture of Mussel of the Genus Perna*. Studies and Review N° 17. International Center for Living Aquatic Resources Management. Manila, Philippines. 63 pp.
- Villafranca S, Jiménez M (2004) Abundancia y diversidad de moluscos asociados al mejillón verde *Perna viridis* (Bivalvia Mytilidae) en Guayacán, estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 43: 65-76
- Viñoles IV (2000) *Efecto de la temperatura de aclimatación sobre la condición fisiológica del mejillón verde Perna viridis (L, 1758) medido por la relación ARN/ADN*. Trabajo de Biología. Universidad de Oriente, Cumaná. 43 pp.
- Warwick RM, Price R (1975) Macrofauna production in a estuarine mud-flat. *J. Mar. Biol. Ass. UK* 55: 1-18