

PRODUCCIÓN SECUNDARIA DEL MEJILLÓN VERDE (*Perna viridis* L. 1758), EN LA PENÍNSULA DE ARAYA, VENEZUELA

Secondary Production of the Green Mussel (*Perna Viridis* L. 1758) in the Araya Peninsula, Venezuela

Yelitza García-L.¹, Antulio Prieto², Jesús Marcano³, César Lodeiros⁴ y Dwight Arrieche¹

¹Instituto de Investigaciones en Biomedicina y Ciencias Aplicadas. ²Departamento de Biología, Escuela de Ciencias. Universidad de Oriente. Cumaná, Edo. Sucre, Venezuela.

³Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, CIAE. Sucre-NE, Venezuela.

⁴Laboratorio de Acuicultura, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Venezuela.
Tel - Fax. +58-293- 4521297, Tel 4302140. E-mail: darriech@sucre.udo.edu.ve; darriech@yahoo.com.

RESUMEN

En este trabajo se examinó el crecimiento, densidad, biomasa y producción secundaria del mejillón verde *Perna viridis* del Morro de Guarapo, estado Sucre, Venezuela durante el lapso febrero 2000-enero 2001. La estructura de tallas fue multimodal con reclutamientos principales (febrero-abril; diciembre-enero) y secundarios (septiembre). La longitud total fue el parámetro que mejor se ajustó al modelo de crecimiento alométrico ($L_t = -5,26 + 2,28A_t$; $r = 0,98$). El peso seco presentó oscilaciones mensuales asociadas al ciclo de nutrientes y los reclutamientos. Se identificaron cinco cohortes, con la cual se estimó por el modelo de von Bertalanffy una longitud asintótica (L_∞) de 104,54 mm, el coeficiente de catabolismo (K) 1,13/año, la tasa mensual de crecimiento fue 5,91 mm/mes, alcanzando 71 mm de longitud al año. Se estimó una longevidad máxima de tres años. La densidad fue significativamente diferente entre los meses y osciló entre 1100 ind.m⁻² (marzo 2000) y 66 ind.m⁻² (diciembre 2000), con un promedio de 283,88 ind.m⁻². La biomasa y la producción secundaria mensual de las cohortes, presentaron los aportes máximos en las cohortes más abundantes, mostrando una renovación poblacional en un tiempo menor al año, lo cual sugiere una ventaja para la explotación del recurso con fines comerciales.

Palabras clave: Crecimiento, biomasa, distribución de tallas, densidad, bivalvo.

ABSTRACT

It was examined the growth, density, biomass, and secondary production of a population of the green mussel *Perna viridis* from morro de Guarapo, Araya Peninsula, Sucre state, Venezuela, during february 2000 to january 2001. The size structure of the population was polymodal. The strongest recruitment event occurred in february-april and december-january and a less important event, in september. A total of five cohorts were identified. The dry weight showed monthly oscillations related to nutrient cycles and recruitment events. The total length of the shell was the parameter that best fit an allometric growth model ($L_t = -5.26 + 2.28A_t$; $r = 0.98$). The parameters of von Bertalanffy model were: $L_\infty = 104.54$ mm, $K = 1.13/\text{year}$, and a monthly growth rate = 5.91 mm/mo. Mussels reach a length of 71 mm during their first year of life, with a maximum longevity of 3 years. The population density was significantly different between months and oscillated between 1100 ind.m⁻² in march 2000 and 66 ind.m⁻² in december 2000. The average density was 283.88 ind.m⁻². The biomass and monthly secondary production were the highest in the most abundant cohorts, showing a population renewal of less than a 1-year. These results suggest that this bank can be exploited for commercial purposes.

Key words: Growth, biomass, size distribution, density, bivalve.

INTRODUCCIÓN

La familia Mytilidae posee en todas las latitudes, especies de gran importancia comercial con alta demanda como alimento [11]. Los mejillones del género *Perna* estaban repre-

sentados en el Caribe y en el océano Atlántico por el mejillón marrón *P. perna* mientras que la distribución del mejillón verde *P. viridis* se limitaba al Indo-Pacífico [33, 37]. Sin embargo, esta especie fue observada en Trinidad durante 1990 en el puerto de Punta Lisas, donde probablemente su traslado desde el Indo-Pacífico ocurrió a través del agua empleada como lastre en barcos de gran calado [2]. Desde entonces, *P. viridis* se ha extendido en Venezuela hacia la costa Norte del estado Sucre, desde la península de Paria hasta el golfo de Cariaco [16, 23]. Se piensa que la dispersión y el reclutamiento del mejillón verde están influenciados por el tipo de sustrato, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, movimiento de agua, contaminantes y disponibilidad de alimento [28, 29].

Recientemente, el mejillón verde *P. viridis* ha adquirido importancia económica, y junto con el mejillón marrón *P. perna* componen un rubro representativo en la pesquería artesanal de Venezuela. Debido a que *P. viridis* es una especie foránea de reciente introducción, se conoce poco de su ciclo biológico. En el presente trabajo se evalúan las características poblacionales en un banco natural y su relación con los factores ambientales, para así generar conocimiento en función de proponer directrices que permitan mejorar la administración del recurso y establecer la factibilidad para su cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ejemplares de *P. viridis* fueron colectados mensualmente mediante buceo libre, utilizando un sistema de muestreo al azar simple sobre cuadratas de 0,0625 m², desde noviembre 1999 a marzo 2001 en el Morro de Guarapo, localizado al Este de Chacopata, estado Sucre (10°40'01"N; 63°40'02"O). 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 5 L de capacidad, y se colocó en un contenedor opaco para transportarlas. En el laboratorio se cuantificó la biomasa fitoplanctónica estimada por la clorofila *a* [36], el seston total y las fracciones orgánicas e inorgánicas según los datos examinados en la misma área de estudio [3].

Para el examen de las relaciones alométricas mensuales se eliminaron los epibiontes y detritus de la concha, se escurrió el exceso de humedad, se midió la longitud total (Lt), altura (Al) y ancho (An) de la concha ($\pm 0,01$ mm), y se obtuvo el peso seco (Ps) de los tejidos blandos deshidratándolos en una estufa (60°C/72 h) [30].

La estructura de la población se analizó con los datos de longitud total, construyendo gráficas mensuales y agrupando a los organismos en intervalos de frecuencias de longitud de 4 mm [6] y la identificación de las cohortes poblacionales por el método de Harding [13].

Se analizó la relación entre los parámetros biométricos con el peso seco usando la ecuación de alometría ($Ps = aLt^b$) con transformación logarítmica y ajustada por el método de los mínimos cuadrados [39], estableciendo que la longitud total fue la variable que mejor ajustó el modelo de crecimiento alométrico de la especie, por lo que se seleccionó para las estimaciones de la biomasa y producción secundaria en la localidad.

Se usaron los parámetros de regresión mensuales entre la longitud y el peso seco en el intervalo febrero 2000-enero 2001, para transformar los valores promedios de longitud total de cada cohorte en peso seco (Ps), y con los datos de abundancia poblacional (ind.m⁻²) se obtuvo la biomasa (gPs.m⁻²) de las cohortes y mensual de la población ($B = Ps \cdot \hat{N}$), siendo \hat{N} en el período de tiempo considerado.

Los datos de crecimiento se ajustaron por la ecuación de Von Bertalanffy: $L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$, utilizando el método de Gulland y Holt [12] integrado al programa FISAT [10], el cual permitió estimar la longitud asintótica teórica de la población (L_∞) y la tasa metabólica de crecimiento (K). El t_0 se estimó sustituyendo estos parámetros en la ecuación $t_0 = (t + 1/K) \log_{10} L_\infty - Lt/L_\infty$ [7].

La producción secundaria se estimó en las cohortes principales obtenidas por el método de Harding [13], utilizando el segundo método descrito por Crisp [8], diseñado para poblaciones con reclutamiento continuo y clases de edades separables, el cual está basado en la ecuación:

$$Pt = \sum (N_t + N_{t+\Delta t}) / (\Delta \bar{w})$$

donde Pt es la producción de la cohorte, Nt es el número de individuos en el tiempo t, $N_{t+\Delta t}$ es el número de individuos en el tiempo $t + \Delta t$ y $\Delta \bar{w}$ es el incremento en peso seco de los individuos en el tiempo Δt .

La tasa de renovación de las cohortes principales y total se estimó por la relación P/B, donde P y B son la producción secundaria anual y la biomasa poblacional de cada caso.

La variación de la densidad mensual se analizó mediante un ANOVA de una vía, las diferencias significativas se comprobaron por una prueba *a posteriori* de Scheffe's. En el modelo alométrico, se determinó la relación entre las variables mediante un análisis de regresión. Se evaluó la influencia de los factores ambientales (temperatura, seston y clorofila *a*) sobre la producción secundaria, usando un modelo de regresión múltiple o "Stepwise". Todos los análisis se realizaron al 95% de significación según Sokal y Rohlf [34].

RESULTADOS

Relaciones alométricas

Se colectaron un total de 1313 ejemplares de *P. viridis*; la longitud total (Lt) de la concha osciló entre 4,3-101,08 mm

TABLA I
PARÁMETROS DE LAS RELACIONES ALOMÉTRICAS MENSUALES ENTRE LA LONGITUD TOTAL, ALTURA Y ANCHO CON EL PESO SECO

Mes	N	Longitud			Altura			Ancho		
		log Lt	b	r	Log Al	b	r	Log An	b	r
FEB	27	-4,77	2,64	0,99	-4,68	3,18	0,99	-3,59	2,76	0,99
MAR	182	-4,24	2,30	0,91	-0,94	0,48	0,38	-3,14	2,37	0,90
ABR	86	-4,59	2,51	0,96	-4,60	3,06	0,96	-3,12	2,39	0,95
MAY	83	-4,88	2,66	0,95	-4,70	3,10	0,93	-3,64	2,75	0,92
JUN	174	-2,47	1,26	0,70	-3,75	2,46	0,88	-2,17	1,57	0,78
JUL	76	-2,08	1,05	0,61	-2,03	1,24	0,62	-1,57	1,07	0,60
AGO	44	-5,14	2,80	0,97	-4,42	2,84	0,93	-3,74	2,79	0,94
SEP	98	-3,73	1,98	0,72	-1,98	1,23	0,51	-2,28	1,62	0,70
OCT	124	-4,67	2,58	0,94	0,15	0,11	0,92	-3,38	2,64	0,91
NOV	51	-3,41	1,80	0,94	-3,45	2,24	0,94	-2,49	1,81	0,94
DIC	85	-4,36	2,38	0,98	-2,03	1,15	0,54	-3,25	2,45	0,94
ENE	81	-4,88	2,64	0,98	-4,64	3,05	0,98	-3,83	2,90	0,98
FEB	119	-4,36	2,26	0,97	-4,15	2,64	0,98	-3,44	2,45	0,97
MAR	33	-4,20	2,36	0,72	-5,03	3,41	0,83	-3,76	2,90	0,80

N. Número de individuos. log A. Constante de regresión. b. Coeficiente de regresión. r. coeficiente de correlación.

(52,91 ± 18,68 mm), la altura (Al) 2,69-43,3 mm (25,42 ± 8 mm) y el ancho (An) 1,63-29,25 mm (16,16 ± 5,73 mm). Las relaciones alométricas entre la longitud total, altura y ancho, fueron positivas y significativas (P<0,001), siendo la longitud total el parámetro que mejor describió las dimensiones de la concha según las siguientes ecuaciones: Lt = -5,26 + 2,28Al (r = 0,98), Lt = 1,75 + 3,16An (r = 0,97) y entre la altura y el ancho Al = 3,76 + 1,34 An (r = 0,96).

Las relaciones mensuales entre la longitud total de la concha, la altura y el ancho con el peso seco del tejido (Ps) fueron positivas y altamente significativas (P<0,001), siendo el coeficiente de regresión alométrico minorante (TABLA I). Con los datos obtenidos de las ecuaciones de regresión se analizaron las oscilaciones estacionales del peso seco estimado para un ejemplar adulto de 70 mm de longitud, altura (30 mm) y ancho (20 mm), presentando máximos en febrero 2000 (1,26 g) y octubre 2000 (1,23 g) y mínimos en junio 2000 (0,71 g) y febrero 2001 (0,65 g), los cuales tienden a disminuir los primeros meses del año seguido de oscilaciones entre agosto 2000 y enero 2001 (FIG. 1).

Estructura de talla de la población y crecimiento

La población estuvo integrada por un número importante de individuos de longitud menor a 20 mm (42,79%), siendo el intervalo 44-70 mm con el 33,49% el segundo grupo modal de importancia (FIG. 2). Las distribuciones de frecuencias de tallas mensuales fueron polimodales, con reclutamientos princi-

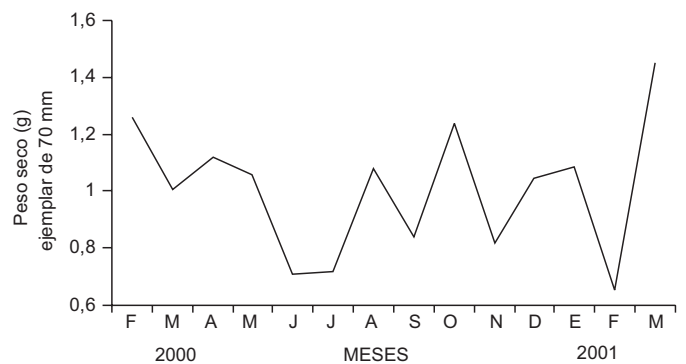


FIGURA 1. VARIACIÓN MENSUAL DEL PESO SECO DE *Perna viridis* ESTIMADO POR REGRESIÓN. PARA UN EJEMPLAR DE UNA LONGITUD TOTAL DE 70 mm (PS 70).

pales en febrero (77%) y abril (72%), y secundarios en septiembre (21,05%), diciembre (15,60%) y enero 2001 (22,54%), mientras que los organismos entre 40-70 mm fueron más abundantes en julio (50%) y octubre (91%) (FIG. 2). De esta manera se identificaron cinco cohortes según el año de su reclutamiento como 1999 a (I), 1999 b (II), 2000 a (III), 2000 b (IV) y 2000 c (V). Las cohortes III y IV provenientes de los reclutamientos de febrero y abril 2000 presentaron un crecimiento con tendencia lineal, cuando presentaron las mayores tasas (6 mm/mes) desde abril hasta septiembre 2000, en cambio las cohortes I y II del año 1999 integradas por ejemplares gran-

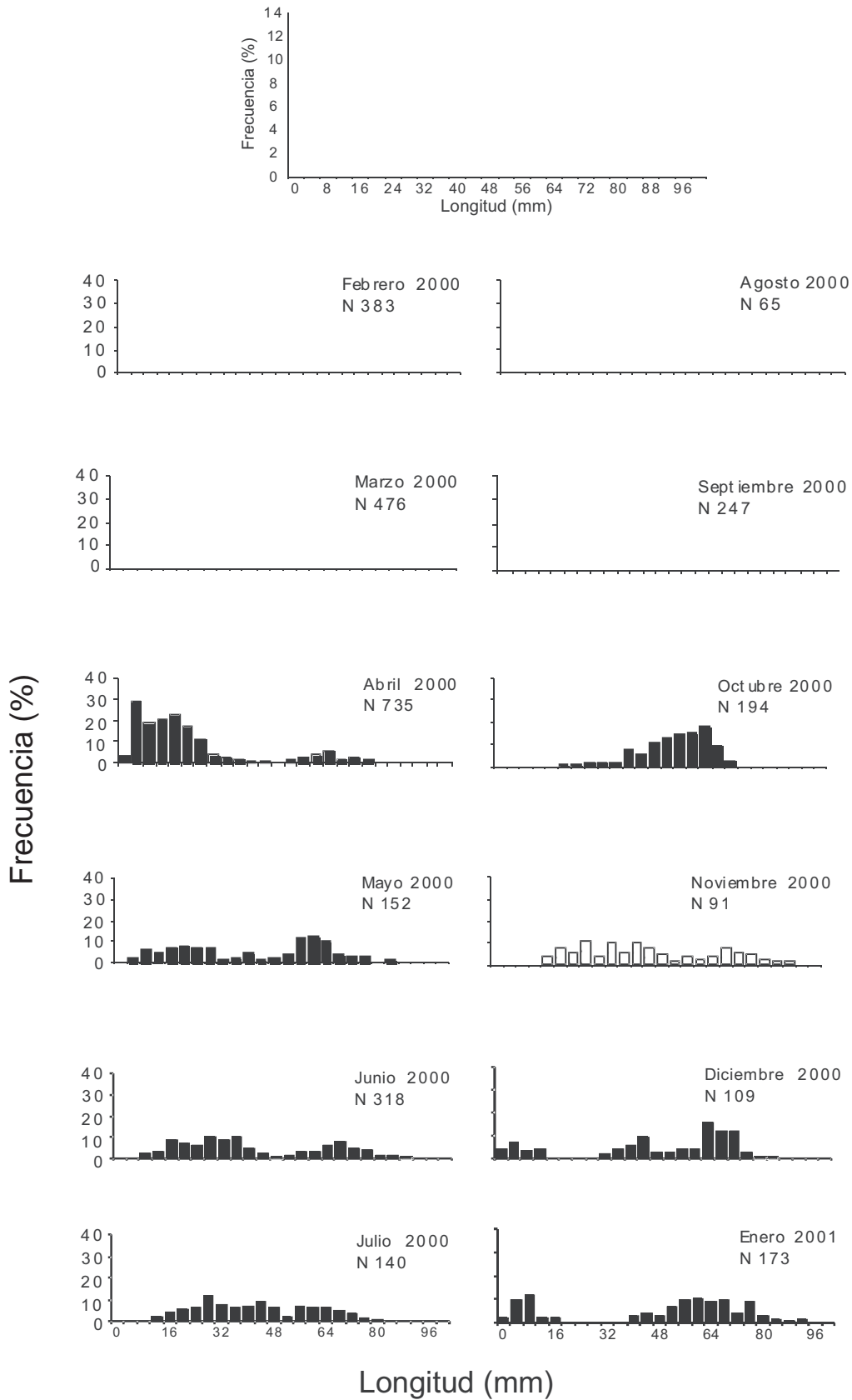


FIGURA 2. ESTRUCTURA POBLACIONAL MENSUAL DE *Perna viridis* DEL MORRO DE GUARAPO, ESTADO SUCRE, VENEZUELA.

des, presentaron poco incremento de la longitud, aunque la cohorte IV cesó su crecimiento hasta noviembre 2000 (FIG. 3).

Densidad poblacional, biomasa y producción secundaria

Las máximas densidades se registraron en marzo 2000 (1100 ind.m⁻²) y mayo 2000 (671 ind.m⁻²); mientras que las mínimas se observaron en noviembre 2000 (62 ind.m⁻²) y diciembre 2000 (66 ind.m⁻²), con un promedio de 283,88 ind.m⁻² (FIG. 4). Se detectaron diferencias significativas de la densidad entre los meses (ANOVA Fs: 21,22; P<0,001), la prueba *a posteriori* de Scheffé señaló tres grupos, uno de baja densidad (noviembre-00, diciembre-00, enero-01, julio-00, octubre-00, agosto-00, febrero-00, septiembre-00), seguido de valores intermedios (febrero-00, abril-00 y junio-00) y máximos en marzo 2000 y mayo 2000.

Los parámetros de crecimiento obtenidos a partir de las frecuencias de tallas agrupadas en intervalos de 4 mm, señalaron que la especie alcanza una longitud asintótica (L_{∞}) de 104,54 mm y un coeficiente de catabolismo (K) de 1,13/año. El valor de t_0 obtenido por el método de Cheung [7] fue de 0,33 año⁻¹. Según estos parámetros, para el primer año de vida *P. viridis* presenta una tasa mensual de crecimiento de 5,91 mm/mes, alcanzando 71 mm de longitud al año, con una longevidad máxima estimada de tres años.

La mayor biomasa se observó en marzo 2000 en el cual alcanzó 331,76 g.Ps.m⁻², seguido de oscilaciones para registrarse su valor mínimo en enero 2001 (19,84 g.Ps.m⁻²) y un promedio anual de 101,69 ± 88,58 g.Ps.m⁻² (FIG. 4). Los valores de biomasa y densidad mensual estuvieron bien correlacionados ($r = 0,94$; $P < 0,001$), mientras que entre las cohortes fueron no significativos ($r = 0,54$). La biomasa total de las cohortes I, II y III osciló entre 374 – 380 g.Ps.m⁻², mientras que las cohortes IV (108,54 g.Ps.m⁻²) y V (17,22 g.Ps.m⁻²) presentaron los menores valores de la población (TABLA II).

La producción secundaria total de todas las cohortes de *P. viridis* en el Morro de Guarapo estimada para poblaciones con reclutamiento continuo y clases de edades separables fue 283,73 g.Ps.m⁻²año⁻¹. La mayor producción de la cohorte I se observó en el período marzo-abril (22,59 g.Ps.m⁻²año⁻¹), mientras que en la cohorte II se observó entre julio-agosto (25,08 g.Ps.m⁻²año⁻¹). La cohorte III presentó su máxima producción en el lapso febrero-marzo (85,41 g.Ps.m⁻²año⁻¹) y la mínima en agosto-septiembre (-4,67 g.Ps.m⁻²año⁻¹), mientras que la cohorte IV presentó la máxima producción en el período septiembre-octubre (9,36 g.Ps.m⁻²año⁻¹). Los mayores incrementos de producción total se registraron durante febrero-marzo (93,03 g.Ps.m⁻²año⁻¹) y julio-agosto (44,32 g.Ps.m⁻²año⁻¹), y los menores en abril-mayo (2,24 g.Ps.m⁻²año⁻¹) y diciembre-enero (0,295 g.Ps.m⁻²año⁻¹) (TABLAS III, IV y V). La relación entre la producción secundaria anual y la biomasa anual (P/B) para todas las cohortes fue 1,21 año⁻¹ (TABLA II).

El análisis de regresión múltiple "Stepwise" mostró que la clorofila *a* (C1a) aportó el 66,6% de la variancia observada en la producción diaria de la cohorte III; ($P < 0,01$). Así mismo,

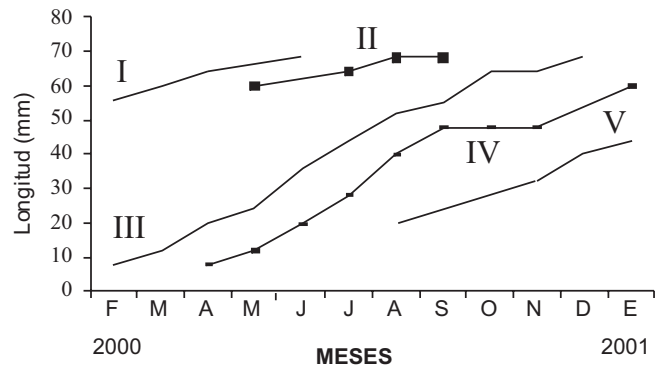


FIGURA 3. CURVAS DE CRECIMIENTO EN LAS COHORTES (I, II, III, IV, V) DEL MEJILLÓN *Perna viridis*.

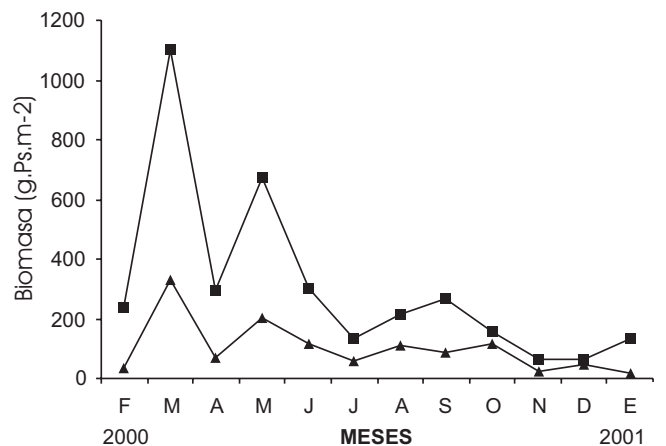


FIGURA 4. VARIACIÓN MENSUAL DE LA DENSIDAD (■) Y BIOMASA (▲).

para la biomasa promedio de la cohorte III la temperatura (78,8%, $P < 0,01$) y la relación clorofila *a* /seston orgánico (58,7%, $P < 0,01$) explicaron significativamente la variancia observada (TABLA VI). Para la biomasa promedio de la cohorte IV, la clorofila *a* fue el factor que aportó el mayor porcentaje de las variancias observadas (91,4%, $P < 0,01$) seguido de la temperatura (66,5%, $P < 0,01$) (TABLA VII).

DISCUSIÓN

En el Morro de Guarapo, la estructura poblacional mensual fue polimodal, con un aporte significativo de reclutamientos durante casi todo el año, siendo los principales entre febrero-mayo 2000 y diciembre 2000-enero 2001, y uno secundario en septiembre 2000. La población estuvo integrada principalmente por ejemplares entre 32 y 64 mm de longitud, talla a partir de la cual se aprecia una disminución del tamaño de las cohortes posiblemente por efecto de la mortalidad natural, de esta manera los reclutamientos del mejillón verde podrían sufrir una alta mortalidad en la población por depredación principalmente crustáceos y gasterópodos.

TABLA II
ESTIMACIONES MENSUALES DE LA DENSIDAD (ind.m⁻²), LONGITUD PROMEDIO (mm),
PESO SECO ESTIMADO POR REGRESIÓN (g) Y BIOMASA (g.Ps.m⁻²) DE LAS COHORTES DE *P. viridis*
EN EL MORRO DE GUARAPO, ESTADO SUCRE, VENEZUELA, EN EL LAPSO FEBRERO 2000-ENERO 2001

Mes	Cohorte	Densidad	Longitud	Peso	Biomasa
Febrero 00	I	52,08	56	0,698	36,35
Marzo 00	I	253,04	60	0,748	189,27
Abril 00	I	74,47	64	0,886	65,98
Junio 00	I	90,77	68	0,911	82,69
Mayo 00	II	234,90	60	0,789	185,33
Julio 00	II	37,89	64	0,930	35,24
Agosto 00	II	47,00	68	1,521	71,49
Septiembre 00	II	53,14	68	0,903	47,98
Febrero 00	III	189,60	8,2	0,004	0,76
Marzo 00	III	833,30	12	0,017	142,49
Abril 00	III	119,16	20	0,050	5,66
Mayo 00	III	234,90	24	0,060	14,09
Junio 00	III	99,85	36	0,236	23,56
Julio 00	III	43,30	44	0,375	16,24
Agosto 00	III	38,34	52	0,645	24,73
Septiembre 00	III	31,89	55	0,512	16,38
Octubre 00	III	78,40	64	1,112	87,18
Noviembre 00	III	9,32	64	1,349	12,58
Diciembre 00	III	26,38	68	1,351	36,54
Abril 00	IV	104,26	8	0,005	0,51
Mayo 00	IV	134,23	12	0,009	1,20
Junio 00	IV	105,90	20	0,067	7,09
Julio 00	IV	54,12	28	0,125	6,77
Agosto 00	IV	53,40	40	0,278	14,84
Septiembre 00	IV	66,43	48	0,355	23,58
Octubre 00	IV	62,69	48	0,500	31,34
Noviembre 00	IV	14,91	48	0,637	9,49
Enero 01	IV	19,86	60	0,691	13,72
Agosto 00	V	32,04	20	0,030	0,96
Noviembre 00	V	10,57	32	0,221	2,34
Diciembre 00	V	23,08	40	0,338	7,80
Enero 01	V	19,87	44	0,308	6,12

TABLA III
PRODUCCIÓN SECUNDARIA DE LA COHORTES DE *Perna viridis* EN EL MORRO DE GUARAPO, ESTADO SUCRE, VENEZUELA, EN EL LAPSO FEBRERO 2000 – ENERO 2001

Período	Cohorte	\hat{N}	$\Delta\bar{w}$	P	P/B
Feb - Mar	I	152,56	0,050	7,63	0,07
Mar - Abr	I	163,75	0,138	22,60	0,18
Abr - Jun	I	82,62	0,025	2,07	0,03
May - Jul	II	136,39	0,141	19,23	0,174
Jul - Ago	II	42,44	0,591	25,08	0,470
Ago - Sep	II	50,07	-0,618	-30,94	0,520
Feb - Mar	III	511,45	0,167	85,41	1,192
Mar - Abr	III	476,23	0,033	15,72	0,777
Abr - May	III	177,03	0,010	1,77	0,179
May - Jun	III	167,38	0,176	29,46	1,565
Jun - Jul	III	71,58	0,139	9,95	0,500
Jul - Ago	III	40,82	0,270	11,02	0,540
Ago - Sep	III	35,11	-0,330	-4,67	0,220
Sep - Oct	III	55,14	0,600	33,08	0,630
Oct - Nov	III	43,86	0,237	10,39	0,208
Nov - Dic	III	17,85	0,002	0,03	0,001
Abr - May	IV	119,24	0,004	0,48	0,557
May - Jun	IV	120,06	0,058	6,96	1,673
Jun - Jul	IV	80,01	0,058	4,64	0,669
Jul - Ago	IV	53,76	0,153	8,23	0,761
Ago - Sep	IV	59,91	0,077	4,61	0,240
Sep - Oct	IV	64,56	0,145	9,36	0,487
Oct - Nov	IV	38,80	0,137	5,33	0,261
Nov - Ene	IV	17,39	0,054	0,94	0,081
Ago - Nov	V	21,30	0,191	4,07	2,465
Nov - Dic	V	16,82	0,117	1,97	0,388
Dic - Ene	V	21,48	-0,030	-0,64	0,092

La densidad poblacional mensual presentó oscilaciones asociadas con los reclutamientos estacionales de los primeros meses del año, donde predominaron organismos menores a 20 mm Lt, las cuales son menores a las reportadas en la bahía de Tolo (Hong Kong) donde *P. viridis* alcanzó densidades superiores a 1000 ind.m⁻² [7].

La variación del peso seco en el primer semestre del año coincide con los reclutamientos principales, continuado con un incremento o lapso de recuperación en agosto, seguido de una caída que se puede asociar a un reclutamiento secundario en septiembre, para finalizar con un aumento de peso hasta final de año, a partir del cual disminuyó debido probablemente a una liberación de gametos en mayor proporción poblacional. Según las oscilaciones mensuales del peso seco y los histogramas de tallas, este parámetro representa un buen

indicador de los períodos de desoves y de acumulación de reservas energéticas para la reproducción. De esta manera *P. viridis* parece comportarse como una especie tropical con desoves continuos, aunque con mayor reclutamiento a principios de año, siendo necesario estudiar el ciclo gametogénico para comprobar la hipótesis señalada.

La tasa de crecimiento del mejillón verde del Morro de Guarapo fue menor a las señaladas en la India por Parulekar y col. [22] (105 mm/año) y 79,8 mm en 11 meses en cultivos en un ambiente estuarino, siendo mayor que en el medio natural [35]. Rajagopal y col. [26] registraron 83 mm/año, y Benson y col. [4] en la Bahía de Tampa, Florida, EUA (94,1 mm/9 meses); sin embargo, fue superior a la obtenida en Hong Kong (49,7 mm/año) [7]. Estos datos indican que el crecimiento de *P. viridis* es variable en ambientes tropicales y subtropicales.

TABLA IV
PRODUCCIÓN SECUNDARIA ANUAL (g.Ps.m⁻² año⁻¹) PARA CADA COHORTE DE *Perna viridis*
EN EL MORRO DE GUARAPO, ESTADO SUCRE, VENEZUELA

Cohorte	\hat{N}	$\Delta\bar{w}$	B (g.Ps.m ⁻²)	P (g.Ps.m ⁻² año ⁻¹)
I	117,59	0,213	93,57	32,27
II	93,23	0,114	85,01	13,37
III	154,95	1,304	4,30	192,16
IV	68,42	0,686	12,06	40,54
V	21,39	0,278	34,56	5,39

TABLA V
PRODUCCIÓN SECUNDARIA (g.Ps.m⁻² año⁻¹) DE TODAS LAS COHORTES PARA CADA PERÍODO DE TIEMPO,
EN EL LAPSO FEBRERO 2000-ENERO 2001

Período	Cohorte I	Cohorte II	Cohorte III	Cohorte IV	Cohorte V	Total
Feb - Mar	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				0,939	-0,644	0,29

TABLA VI
ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE (STEPWISE) DE LA BIOMASA PROMEDIO DE LA COHORTE III CON LA RELACIÓN
CLOROFILA a / SESTON ORGÁNICO (Cl a/So) Y LA TEMPERATURA

	Coefficiente	DE	F	P	r ²
Constante	-1362,319				
Cl a/So	343,066	1,766	17,199	< 0,01	0,587
Temperatura	48,993	1,096	6,622	< 0,01	0,788

n = 10. F_{2,7} = 12,980. (DE) desviación estándar. (F) Fischer. (P) probabilidad. (r²) coeficiente de determinación.

TABLA VII
ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE (STEPWISE) OBTENIDOS PARA LA BIOMASA PROMEDIO DE LA COHORTE IV
CON LA TEMPERATURA Y CLOROFILA a

	Coefficiente	DE	F	P	r ²
Constante	-1230,44				
Temperatura	43,875	0,866	44,827	< 0,01	0,665
Cl a	46,029	1,524	14,490	< 0,01	0,914

r² = 0,914. n = 8. F_{2,5} = 26,599. P = < 0,01.

Las oscilaciones de la biomasa obtenida en el Morro de Guarapo se asociaron a la pérdida de peso principalmente de los adultos, por la posible liberación de gametos durante febrero, abril y septiembre, los cuales se corresponden a los reclutamientos mensuales. La mayor biomasa se asoció a la talla, y al engorde, aportando la mayor cantidad de tejido los organismos grandes, principalmente las cohortes I y II, cuyas longitudes estuvieron comprendidas entre 55 y 68 mm. Los valores de biomasa obtenidos del mejillón verde en el Morro de Guarapo fueron mayores a los reportados para las especies *Anadara notabilis* [19], *Pinctada imbricata* [38] y *Chione cancellata* [24] en el golfo de Cariaco.

La producción secundaria obtenida en el Morro de Guarapo ($0,283 \text{ kg.Ps.m}^{-2}.\text{año}^{-1}$) fue menor que la reportada por Cheung [7] para una población de *P. viridis* con alta densidad en Hong Kong ($1,19 \text{ kg.m}^{-2}.\text{año}^{-1}$). En otras especies de la familia Mytilidae se han registrado valores más altos, así, en poblaciones de *P. perna* en Sudáfrica la producción secundaria osciló entre $6,45\text{-}7,6 \text{ kg.m}^{-2}.\text{año}^{-1}$ [5]; en Marruecos fue $1,31 \text{ kg.m}^{-2}.\text{año}^{-1}$ [32] y en el golfo de México osciló entre $1,35\text{-}1,86 \text{ kg.m}^{-2}.\text{año}^{-1}$ [14]. En una población de *M. edulis* en Marennes-Oleron (Francia) se registró una producción de $2,12 \text{ kg.m}^{-2}.\text{año}^{-1}$ [9].

Los estudios sobre la bioenergética de *P. viridis* determinaron que la energía destinada al crecimiento y al esfuerzo reproductivo varía con la talla y la edad [31]. En especies de zonas templadas la energía destinada a la reproducción se incrementa con el tamaño del cuerpo [18]. Sin embargo, la producción de *P. viridis* se subestimó al no cuantificar la biomasa de la concha, biso y de los gametos o biomasa reproductiva.

Los períodos de mayor producción (febrero-abril-junio) coincidieron con la máxima abundancia de biomasa fitoplanctónica (Cl a) y las bajas temperaturas de éste período [20]. Comportamientos similares se han reportado para *Perna perna* [1], *Mytilus edulis* [21], *Lyropecten nodosus* [27], *Euvola ziczac* [15], *Pinctada imbricata* [17] donde la disponibilidad de alimento, principalmente la biomasa fitoplanctónica fue el factor principal que moduló el crecimiento.

Según los parámetros analizados, es factible la explotación del recurso en la localidad, la cual sería más conveniente realizarse sobre ejemplares de tallas superiores a 71 mm, los cuales han cumplido al menos un ciclo reproductivo. Esta actividad sería más rentable en período de predesove, cuando los mejillones adquieren mayor relación de masa corporal, el cual se presenta con elevada frecuencia en casi todo el año, exceptuando el período de junio a septiembre.

Los parámetros poblacionales y biométricos examinados del crecimiento, densidad, biomasa, y producción secundaria indican que *P. viridis* presentó al menos dos lapsos de reclutamientos anuales, con oscilaciones del peso seco y biomasa asociados con el ciclo de nutrientes, además presentó una tasa de renovación poblacional de la biomasa inferior a un año, sien-

do buenos indicadores para la realizar la explotación del recurso del medio natural, así como la implantación de cultivos por la abundancia de semillas en el banco del Morro de Guarapo.

CONCLUSIONES

La población del mejillón verde *Perna viridis*, presentó excelentes condiciones para su crecimiento en el Morro de Guarapo, estado Sucre, siendo preferible su extracción cuando la cantidad de tejidos blandos alcancen sus valores máximos.

La estructura de tallas poblacional fue polimodal, con reclutamientos los primeros meses del año, presentando varias cohortes simultáneas que alcanzarían una longevidad estimada de tres años y 71 mm de longitud en un año.

Los valores de biomasa y densidad presentaron el mismo patrón de oscilaciones anuales.

Los parámetros poblacionales indican que esta especie renueva su biomasa en un lapso menor al año, siendo recomendable su explotación cuando se obtienen los valores máximos de tejidos blandos previos al desove.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente por la subvención al proyecto CI-1901/0866/99.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ACUÑA, A. Variación estacional de la fijación larval del mejillón *Perna perna*, en los bancos naturales de la Costa Norte del estado Sucre, Venezuela. **Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente** 16 (1-2): 79-82. 1977.
- [2] AGARD, J.; KISHORE, R.; BANE, B. *Perna viridis* (Linnaeus, 1758): first records of the Indo-Pacific green mussel (Mollusca: Bivalvia) in the Caribbean. **Caribb. Mar. Stud.** 3: 59-60. 1992.
- [3] ARRIECHE, D.; LICET, B.; GARCÍA, N.; LODEIROS, C.; PRIETO, A. Índice de condición, gonádico y de rendimiento del mejillón marrón *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae), del morro de Guarapo, península de Araya, Venezuela. **Interciencia** 27(11): 613-619. 2002.
- [4] BENSON, A.; MARELLI, D.; FRISCHER, M.; DANFORTH, J.; WILLIAMS, J. Establishment of the green mussel, *Perna viridis* (Linnaeus 1758) (Mollusca: Mytilidae) on the west coast of Florida. **J. Shellfish Res.** 20: 21-29. 2001.
- [5] BERRY, P. Reproduction, growth and production in the mussel *Perna perna* (L) on the east coast of South Africa. **Ass. Mar. Ecol. Res. Inst.** 48: 1-28. 1978.

- [6] BHATTACHARYA, C. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. **Biometrics** 23: 115-135. 1967.
- [7] CHEUNG, S. Population dynamics and energy budgets of green-lipped mussel *Perna viridis* (Linnaeus) in a polluted harbour. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 168: 1-24. 1993.
- [8] CRISP, D. **Energy flow measurements**. In: HOLME, N.A.; MC-INTYRE (Eds). *Methods for the Study of Marine Benthos*. Backwell, Oxford, Holme. N.A.S.A. D.F. 197-279 pp. 1971.
- [9] DESLOUS-PAOLI, J.; BOROMTANARAT, S.; HÉRALD, M.; BOROMTANARAT, W.; RAZET, D. Energy budget of a *Mytilus edulis* population during its first year on bouchots in the bay of Marenne-Oléron. **Aquacult.** 91: 49-63. 1990.
- [10] GAYANILLO, F.; PAULI, D. **Stock assessments tools (FISAT)**. Reference manual. FAO-ICLARM Computerized Information Series (Fisheries). FAO (Eds). No. 8. Rome, FAO. 262 pp. 1997.
- [11] GOSLING, E. **Systematic and geographic distribution of Mytilus**. In Gosling E. (ed). *The Mussel Mytilus; Ecology, physiology, genetic and culture*. Development in Aquaculture and Fisheries Science, 25. Elsevier, NY. 1-201 pp. 1992.
- [12] GULLAND, J.; HOLT, S. Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. **J. Cons. CIEM.** 25(1): 47- 90. 1959.
- [13] HARDING, J. The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions. **J. Mar. Biol. Assoc. U.K.** 28: 141-153. 1949.
- [14] HICKS, D.; TUNNELL, J.; MCMAHON, R. Population dynamics of the nonindigenous brown mussel, *Perna perna* (Linnaeus, 1758), in the Gulf of Mexico compared to other world-wide populations. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 211: 181-192. 2001.
- [15] LODEIROS, C.; HIMMELMAN, J. Relations among environmental conditions and growth in the tropical scallop *Euvola (Pecten) ziczac* (L) in suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. **Aquacult.** 119: 345-358. 1994.
- [16] LODEIROS, C.; MARÍN, B.; PRIETO A. **Catálogo de moluscos marinos de las Costas Orientales de Venezuela, Clase: Bivalvia**. Ediciones APUDONS. 109 pp. 1999.
- [17] LODEIROS, C.; PICO, D.; PRIETO, A.; NARVÁEZ, N.; GUERRA, A. 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. 2002.
- [18] MACDONALD, B.; BOURNE, N. Growth reproductive output and energy partitioning in weathervane scallop *Patinopecten caurinus*, from British Columbia. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 44:152-160. 1987.
- [19] MANRIQUE, R. Estudio de la producción secundaria y algunos aspectos ecológicos de la pepitona *Anadara notabilis* del Golfo de Cariaco. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. (Tesis de grado). 94 pp. 1982.
- [20] MARCANO, L. Condiciones ambientales de los Islotes Caribe y Los Lobos, Venezuela. En: VILLARROEL P. R. (Ed). **Islotes Caribe y Los Lobos**, Gobernación del edo. Nueva Esparta, Venezuela: 9-15 pp. 1992.
- [21] PAGE, H.; HUBBARD, D. Temporal and spatial patterns of growth in mussels *Mytilus edulis* on an offshore platform: relationships to water temperature and food availability. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 111(2):159-179. 1987.
- [22] PARULEKAR, A.; DALAL, S.; ANZARI, Z.; HARKANTRA, S. Environmental physiology of raft-grown mussels in Goa, India. **Aquacult.** 29: 83- 93. 1982.
- [23] PENCHASZADEH, P.; VÉLEZ, A. Presencia del mejillón verde *Perna viridis* (L), originario de la región del Indo-Pacífico, en el oriente venezolano. **Rev. Argent. Cienc. Nat.** 5(2): 3-8. 1996.
- [24] PRIETO, A.; RAMOS, C.; ARRIECHE, D. Producción secundaria de una población de *Chione cancellata* (Bivalvia:Veneridae) de la costa norte del Golfo de Cariaco, Venezuela. **Rev. Biol. Trop.** 46(4): 913-918. 1998.
- [25] PRIETO, A.; RAMOS, O.; ARRIECHE, D.; VILLALBA, J.; LODEIROS, C. Producción secundaria e índice de condición en *Arca zebra* (Mollusca: Bivalvia) del Golfo de Cariaco, Venezuela. **Rev. Biol. Trop.** 49(2): 599-608. 2001.
- [26] RAJAGOPAL, S.; VENUGOPALAN, V.; NAIR, K.; VAN DER VELDE, G.; JENNER, H.; DEN HARTOG, C. Reproduction, growth rate and culture potencial of the green mussel, *Perna viridis* (L) in Edaiyur backwaters, east coast of India. **Aquacult.** 162 (3-4): 187-202. 1998.
- [27] RENGEL, J. Crecimiento y distribución de la Vieira *Nodipecten (Lyropecten) nodosus* L. 1758 bajo condiciones de cultivo suspendido, en el Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. Dpto. Biología, Universidad de Oriente, Venezuela. (Tesis de grado). 65 pp. 1995.
- [28] RYLANDER, J.; PÉREZ, J.; GÓMEZ, J. Status of the green mussel *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Mytilidae) in north-eastern Venezuela. **Carib. Mar. Stud.** 5:86-87. 1996.
- [29] SEGNINI, M.; CHUNG, K.; PÉREZ, J. Salinity and temperature tolerances of the green and brown mussels,

- Perna viridis* and *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae). **Rev. Biol. Trop.** 46(5): 121-125. 1998.
- [30] SHAFEE, M. Studies on the various allometric relationships in the intertidal green mussel, *Perna viridis* Linnaeus of Ennore estuary Madras. **Indian J. Fish.** 23:1-9. 1976.
- [31] SHAFEE, M. Ecological energy requirements of the green mussel, *Perna viridis* Linnaeus from the Ennore Estuary, Madras. **Oceanol. Acta** 2:69-74. 1979.
- [32] SHAFEE, M. Production estimate of mussel population *Perna picta* (Born) on the atlantic coast of Morocco. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 163 (2): 183-197. 1992.
- [33] SIDALL, S. A clarification of the genus *Perna* (Mytilidae). **Bull. Mar. Sci.** 30: 858- 870. 1980.
- [34] SOKAL, R.; ROLHF, F. **Biometría: Principios y Métodos Estadísticos en la Investigación Biológica.** H. Blumé Edic. España. 832 pp. 1979.
- [35] SREENIVASAN, P.; THANGAVELU, R.; POOVANNAN, P. Biology of the green mussel, *Perna viridis* (Linnaeus). Culture in Muttukadu lagoon, Madras. **Indian J. Fish.** 36 (2): 149-155. 1989.
- [36] STRICKLAND, J.; PARSON, T. A practical handbook of sea water analysis. **Bull. Fish. Res.** 16: 167-315. 1972.
- [37] VAKILY, J. **The biology and culture of mussels of the genus Perna.** ICLARM: Studies and Review 17, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. 63 pp. 1989.
- [38] VERGINELLI, R.; PRIETO, A. Producción secundaria de *Pinctada imbricata* (Röding, 1978) en una población del Golfo de Cariaco. **Acta Cient. Venez.** 39:281-288. 1991.
- [39] WILBURG, K.; OWEN G. **Growth.** In: Physiology of Mollusca. Academic Press. USA. 211-242 pp. 1964.