

PRODUCCIÓN SECUNDARIA DE *NODIPECTEN NODOSUS* (LINNEO, 1758) CULTIVADO EN DOS SITIOS CON CONDICIONES AMBIENTALES DIFERENTES

ANTULIO PRIETO¹, GISELA ESTRELLA¹, MAXIMIANO NÚÑEZ² LUIS FREITES² & NOELIS NARVÁEZ²

¹Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.

² Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
lfreitesv@yahoo.es

RESUMEN: La producción secundaria del pectínido *N. nodosus* fue estudiada en dos zonas con condiciones ambientales diferentes, ubicadas en el Golfo de Cariaco, Nororiente de Venezuela. Los individuos experimentales tenían una altura de la concha inicial de 4,86 cm (Sd= 0,16 cm). Los grupos de ambos sitios fueron mantenidos en cestas plásticas a la misma profundidad (4 m). En cada muestreo se determinó la altura y masa seca de la concha y de cada uno de los compartimentos de los tejidos blandos (músculo, gónada, glándula digestiva y restos de los tejidos), además de la mortalidad, en ambos grupos. También se analizaron muestras del seston, y biomasa fitoplanctónica (clorofila *a* y el número total de organismos del fitoplancton) y se midió la temperatura. La relación entre la producción secundaria de cada uno de los compartimentos de los tejidos blandos y los factores ambientales fueron analizados mediante un análisis de Correlación de Pearson. Al final del estudio la mayor producción total fue alcanzada en el sitio interno de la bahía (291,503 g/m²) mientras que en el exterior de la misma esta fue significativamente menor (180,653 g/m²). Las variables ambientales que mostraron una relación directa y significativa con la varianza observada en la producción del músculo y la glándula digestiva fueron el seston orgánico (zona interna y externa de la bahía) y la clorofila *a* (zona externa de la bahía), sugiriendo que estas variables ambientales fueron las que modularon la producción secundaria de estos tejidos en *N. nodosus*, durante el periodo de estudio.

Palabras clave: bivalvo, crecimiento, pectínido, producción secundaria.

ABSTRACT: Secondary production of the scallop *N. nodosus* was studied at two sites with different environmental conditions (inner and outer bays) in the Gulf of Cariaco, to the northeast of Venezuela. The specimens had an initial shell height of 4.86 cm (Sd=0.16 cm). Both groups were maintained in plastic trays at the same depth (4 m). A monthly register was kept of the height and dry mass of the shell, muscle, gonads, digestive gland, remaining tissues, and shell biofouling. Weekly temperature measurements and analyses of seston and phytoplanktonic biomass (chlorophyll *a* and the total number of phytoplankton organisms) were carried out at both sites. A Pearson's correlation coefficient was applied to ascertain the relationship between scallop secondary production and these environmental factors. At the end of the study, the total production inside the bay was larger (291,503 g/m²) than that outside the bay, which was significantly lower (180,653 g/m²). The organic seston (inner and outer zones of the bay) and chlorophyll *a* (outer zone of bay) bore a direct and significant influence on the growth variance of the muscle and digestive gland, thus suggesting that it was these environmental variables which swayed secondary production of *N. nodosus* during this study.

Key words: bivalve, growth, scallop, secondary production

INTRODUCCIÓN

El pectínido *Nodipecten nodosus* es un bivalvo hermafrodita funcional que se distribuye desde Carolina del Norte, Texas y Florida hasta las costas de Brasil (ABBOT & DANCE, 1974). Es una especie típica de fondos arenosos cubiertos de *Thalassia testudinum*, localizados a profundidades de entre 1 y 20 m. En Venezuela ha sido observado en aguas someras del oriente de Venezuela con temperaturas máximas de 28 a 30° C. La especie puede

alcanzar un tamaño de hasta 20 cm y HERNÁNDEZ (1990) sugirió su potencial como especie de cultivo. Estudios realizados bajo condiciones de cultivo han reportado que la especie muestra una relación inversa entre la tasa de crecimiento y la profundidad, lo cual está principalmente relacionado con la disminución del alimento de origen fitoplanctónico, mientras que no se determinó relación alguna con la disponibilidad de materia orgánica particulada (LODEIROS & HIMMELMAN, 2000; LODEIROS *et al.* 1998)

Los estudios sobre producción secundaria en bivalvos son muy abundantes en especies de zonas templadas (CRAEYMEERSCH *et al.* 1986; MACDONALD & THOMPSON, 1986; LOMOVASKY *et al.* 2002; LAUDIEN *et al.* 2003; MONSERRAT 2003), pero muy escasos en especies de zonas tropicales, tales como: la almeja *Tivela mactroides* (TATA & PRIETO 1991), el mejillón *Perna perna* (PRIETO *et al.* 1999) y la ostra *Pinctada imbricata* (URBAN 2000), mientras que, en bivalvos pectininos son escasas o inexistentes. Las primeras investigaciones se basaron en estudios de la producción total de los individuos o poblaciones de individuos; no obstante, existe una tendencia progresiva a estimar la productividad en los diferentes componentes o compartimentos (gónada, músculo y otros tejidos) (MACDONALD & BOURNE 1987; LANGTON *et al.* 1987). En los estudios de flujo de materia se considera la energía utilizada en el crecimiento y la reproducción como la variable de mayor importancia cuando se examina el éxito de una población en el ambiente, ya que representa una respuesta integral de cada uno de los organismos y además, porque permite evaluar la biomasa disponible hacia otros niveles tróficos y también analizar la distribución específica de la energía dentro de las diferentes tallas de la población.

Estudios realizados en algunas especies de bivalvos marinos mostraron diferencias en su productividad, que fueron asociadas con factores tales como: la clorofila, seston orgánico, temperatura y salinidad (WILSON 1987; EMERSON *et al.* 1994; KLEINMAN *et al.* 1996).

Sobre la especie *N. nodosus* existe información sobre aspectos de supervivencia y crecimiento, en cultivos suspendidos a diferentes profundidades (LODEIROS *et al.* 1998), pero no existen datos sobre su producción secundaria. Por tal motivo, en el presente trabajo se estudió la producción secundaria de los diferentes tejidos de individuos de *N. nodosus* que fueron cultivados en dos sitios diferentes, durante el periodo de estratificación de la columna de agua (sin surgencias), en el Golfo de Cariaco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Métodos de campo

Los experimentos se realizaron entre julio y noviembre de 1997, en la estación biológica de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela (Fig. 1), ubicada a 10° 26' 37" Lat. N. y 64° 01' 59" Long. W. Los ejemplares de *N. nodosus* se obtuvieron de cultivos larvarios bajo condiciones controladas de laboratorio siguiendo la metodología descrita por De la Roche *et al.* (2002), mientras que los juveniles fueron cultivados de acuerdo a los

procedimientos descritos por ACOSTA *et al.* (2000). Se utilizó un total de 438 ejemplares cuya altura de la concha y peso eran de 4,86cm (Sd =1,64cm) y 1,05g (Sd =0,11g), respectivamente. A partir de un pool común, los ejemplares fueron divididos al azar en dos grupos experimentales o tratamientos. Los ejemplares pertenecientes a cada grupo fueron colocados en 4 subgrupos de cestas sucesivas (ristras), de las cuales 3 eran réplicas experimentales y una era de sustitución. En cada cesta fueron colocados 17 ejemplares. La densidad fue igual para ambos grupos experimentales (dentro y fuera de la bahía) y se tomó como criterio de la misma, un máximo de cobertura del fondo de cada cesta del 33% (VENTILLA, 1982). En base al mismo criterio fueron reajustadas las densidades después de cada muestreo. Ambos grupos fueron colocados a la misma profundidad (4 m) en dos long line (línea madre), uno ubicado dentro de la bahía de Turpialito y el otro fuera de la misma (Fig. 1). Los long line se encontraban ubicados en sitios a 20 m (dentro de la bahía) y 100 m de la costa (fuera de la bahía). Las profundidades en cada sitio fueron de 7 m (bahía) y 45m (fuera de la bahía). Las cestas tenían un área de base de 1256,6 cm².

Mientras que para la figura relacionada con la producción de los diferentes tejidos fueron empleados los datos de producción medidos en términos de g/cesta/mes, en el caso de los cálculos de la producción total y por periodos (Tabla 1), éstas fueron extrapoladas a un área de 1 m².

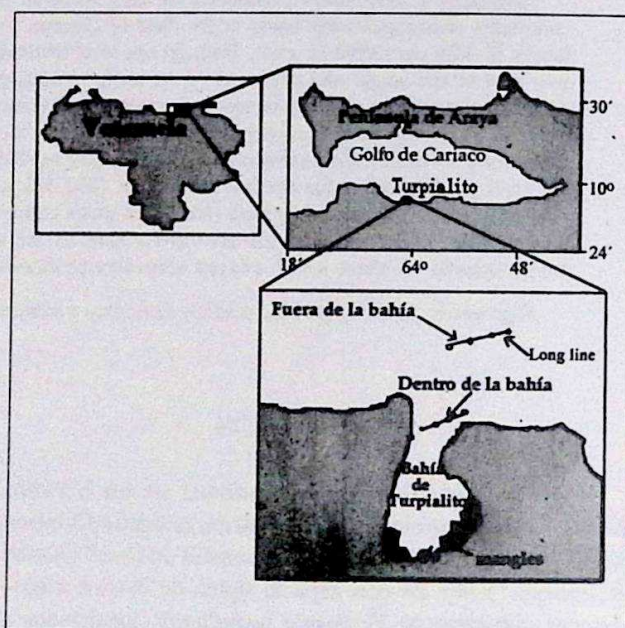


Fig. 1. Mapa que muestra la ubicación de los dos sitios de estudio (dentro y fuera de la bahía), ubicados en la estación de Turpialito, Golfo de Cariaco, Nororiente de Venezuela.

Muestreos

Los individuos fueron muestreados al inicio del bioensayo y posteriormente, a intervalos de 30 días, aproximadamente. En cada muestreo fueron tomados al azar cinco individuos por réplica experimental, para un total de 15 individuos por grupo experimental (dentro y fuera de la bahía). Estos fueron disecados, separando músculos, gónada, glándula digestiva, tejido remanente y concha; obteniendo adicionalmente los organismos y el material adherido a cada concha. Todos estos componentes fueron previamente pesados y secados hasta obtener peso constante, a una temperatura de 70 °C por 72 horas. La altura de la concha se midió a través del eje antero-posterior, con un vernier de 0,01 cm de apreciación. La supervivencia se determinó en cada muestra contando los bivalvos vivos y muertos en cada réplica. Una vez realizado el muestreo, las réplicas remanentes se mezclaron y se distribuyeron al azar. En cada muestreo las cestas fueron reemplazadas por otras limpias para minimizar el efecto del biofouling, que puede causar un efecto significativo sobre el crecimiento de los individuos en cultivo en suspensión (CLAERBOUDT *et al.* 1994, LODEIROS & HIMMELMAN 1996).

La producción de cada tejido por intervalo de muestreo se determinó utilizando la fórmula $P=N \cdot \Delta M$ (Crisp, 1971). Donde P es la producción, N es el promedio de densidad en el intervalo y ΔM es el incremento de peso promedio el mismo lapso. La pérdida de peso por mortalidad (eliminación) se evaluó utilizando la fórmula $E=-M \cdot \Delta N$, donde M es el promedio de la masa individual en el intervalo, ΔN es la disminución de individuos en el mismo lapso y E es la eliminación.

VARIABLES AMBIENTALES

La biomasa fitoplanctónica se midió semanalmente a partir de muestras tomadas a la misma profundidad en la que fueron colocados ambos grupos de individuos experimentales (4 m). Tres alícuotas de 500 ml se filtraron en un filtro Whatman GF/F. La clorofila *a* se determinó por espectrofotometría de acuerdo al método descrito por STRICKLAND & PARSON (1972). La densidad fitoplanctónica se obtuvo de muestras de 300 ml fijadas con formalina neutralizada (5%). De éstas, se utilizaron submuestras de 50 ml que se colocaron en cámaras de sedimentación por 24 horas y las microalgas fueron contadas en un microscopio inverso, usando el método de Uthermöhl (1958). Los componentes orgánicos e inorgánicos del seston fueron determinados gravimétricamente, mediante su combustión previa de la muestra en una mufla a 450 °C por 4 h. La temperatura se evaluó continuamente en ambos sistemas usando un termógrafo electrónico.

MÉTODOS ESTADÍSTICOS

Con la finalidad de estimar las diferencias entre la producción de cada tejido en cada muestreo entre los bivalvos dentro y fuera de la bahía se utilizó un ANOVA, comprobando previamente la homogeneidad de las varianzas por el Test de Bartlett. Igualmente, para analizar las posibles relaciones entre la producción de cada tejido en los individuos cultivados fuera y dentro de la bahía y las variables ambientales se empleó un análisis de correlación de Pearson (ZAR, 1984)

RESULTADOS

VARIABLES AMBIENTALES

Biomasa fitoplanctónica. Expresada como la concentración de la clorofila *a*, ésta fue más alta dentro de la bahía que fuera de la misma (Fig. 2A). Por otro lado, las mayores concentraciones observadas dentro de la bahía (9,47 $\mu\text{g l}^{-1}$) y fuera de la misma (1,59 $\mu\text{g l}^{-1}$) ocurrieron en los meses de julio y agosto. A partir del mes de septiembre y hasta mediados de noviembre, fueron observadas bajas concentraciones de la clorofila *a*.

Por otro lado, el fitoplancton cuantificado por su concentración celular del mismo (Fig. 2C), mostró un patrón que se corresponde, de manera general, con el de la clorofila *a*, observando la mayores densidades de estos organismos al inicio del periodo experimental (julio y agosto), con picos aislados que se corresponden con ocasionales aumentos de poblaciones de grupos específicos de microalgas, tales como microflagelados, dinoflagelados y cocolitofóridos. El pico más alto observado en el mes de agosto se debió a un "bloom" de la diatomea *Nitzschia seriata*. No obstante, no se pudo establecer una correlación entre la concentración de la clorofila *a* y la concentración de organismos fitoplanctónicos en ninguno de los dos sitios (Bahía: $r = -0,182$; $P = 0,5$; Fuera de esta: $r = 0,519$; $P = 0,102$).

Seston. Las concentraciones del material total particulado (MTP) observado en ambos sitios presentaron tendencias similares a lo largo de todo el periodo experimental (Fig. 2B), correspondiendo las mayores concentraciones con los meses de julio y agosto, luego de lo cual disminuyeron paulatinamente hasta mediados del mes de noviembre. Esta situación es similar a la observada en las tendencias de las curvas de las concentraciones del material inorgánico particulado (MIP) ocurridas en ambos sitios (Fig. 2D) mostrando una alta correlación con el MTP en la bahía ($r = 0,988$; $P < 0,001$) y fuera de esta ($r = 0,809$; $P < 0,001$). La máxima concentración

del MTP ocurrido a principios del mes de agosto, se correspondió con un incremento de la concentración de la MIP, tanto en la bahía ($65,60 \text{ mg l}^{-1}$) como fuera de ella ($36,33 \text{ mg l}^{-1}$). En contraste con el MIP, el material orgánico particulado (MOP) fue mayor dentro de la bahía que afuera (Fig. 2F), con excepción del mes de septiembre donde las concentraciones de la MOP resultaron ser más bajas. Los máximos de MOP fueron alcanzados en la bahía a finales del mes de julio ($10,26 \text{ mg l}^{-1}$), mientras que fuera de la bahía acontecieron a finales de mes de septiembre ($6,43 \text{ mg l}^{-1}$). Por otro lado, las tendencias de las curvas de la MOP de ambos sitios fueron muy diferentes a las observadas en las concentraciones de la MIP y TPM, tal y como se evidencia en la falta de correlación significativa entre estos parámetros.

Temperatura. Las tendencias de las curvas de temperaturas son similares dentro y fuera de la bahía, siendo ligeramente más baja fuera de la bahía ($\pm 1^\circ\text{C}$) (Fig. 2E). Las temperaturas fueron menores de $26,0^\circ\text{C}$ durante el mes de agosto y hasta mediados de septiembre.

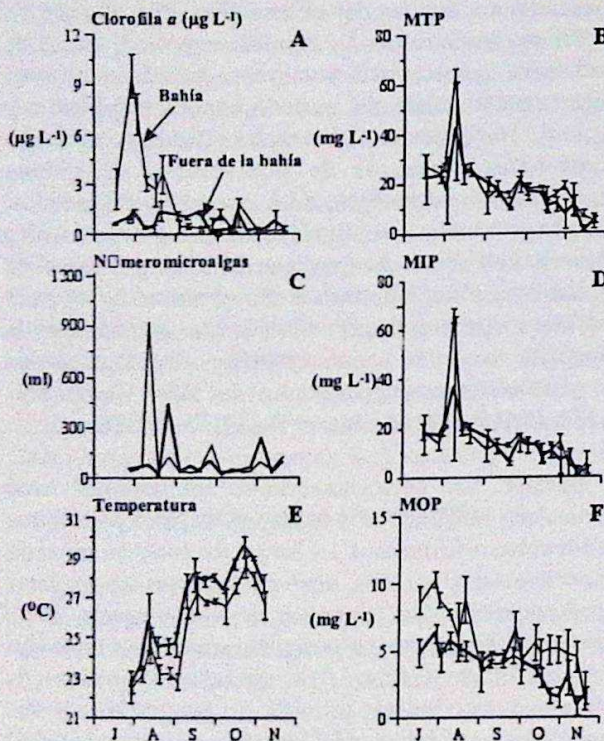


Fig. 2. Variaciones de la Clorofila *a* (A), MTP (B), números de microalgas (C), MIP (D), temperatura (E) y MOP (F), de los dos sitios estudiados. Las líneas verticales representan la desviación estandarizada (Sd).

Posteriormente, aumentaron hasta alcanzar máximos de $29,5^\circ\text{C}$ (dentro de la bahía) y $28,5^\circ\text{C}$ (fuera de la bahía) a principios de noviembre.

Crecimiento en talla y masa de la concha

En el muestreo realizado al inicio del experimento no fueron observadas diferencias significativas en las masas secas de los diferentes tejidos (ANOVA, $P > 0,2$), ni en las talla y masa seca de la concha (ANOVA, $P > 0,9$), de ambos grupos de individuos. A partir del mes de septiembre, la altura y masa seca de la concha de ambos grupos comienzan a diferenciarse significativamente (ANOVA, $P < 0,05$), debido al más alto crecimiento de los ejemplares mantenidos dentro de la bahía (Fig. 3A y B). Al final del periodo experimental tanto la masa seca como la altura de la concha de los ejemplares de la bahía fueron significativamente más altos (ANOVA, $P < 0,001$), obteniendo así, en el mes de noviembre una altura de la concha de $7,41 \pm 0,27 \text{ cm}$ (bahía) y $6,37 \pm 0,17 \text{ cm}$ (fuera de la bahía) y una masa seca de $35,06 \pm 4,69 \text{ g}$ (bahía) y $23,00 \pm 3,09 \text{ g}$ (fuera de la bahía). Además, al final del periodo de estudio se pudo observar una caída de la talla de la concha de los ejemplares mantenidos fuera de la bahía, como consecuencia de la muerte de los ejemplares más grandes, tal y como pudo ser observado durante el muestreo.

Supervivencia e incidencia del "Biofouling"

Supervivencia. La supervivencia de los ejemplares mantenidos en ambos long line tuvo un descenso similar y ligero, entre julio-agosto (Figura 4A). Posteriormente, la supervivencia de los ejemplares mantenidos fuera de la bahía comenzó a disminuir de manera significativa ($P < 0,01$) en relación con los ejemplares ubicados dentro de la bahía, por lo que al final del estudio, la supervivencia de estos ejemplares fue un 31% menor.

"Biofouling". En los dos primeros meses del periodo experimental, la masa seca del "biofouling" fijado sobre la concha de los pectinidos se vio incrementada de manera similar en ambos grupos (Fig. 4B). A partir del periodo septiembre-octubre el peso seco del "fouling" en los ejemplares mantenidos fuera de la bahía se incrementó, mientras que para los ejemplares mantenidos dentro de la bahía disminuyó, probablemente debido al pastoreo de algunos peces observados "in situ", dentro de las cestas. No obstante, a pesar de que la media de la masa del "fouling" de los ejemplares mantenidos fuera de la bahía mostró valores más altos al final del estudio, éstos no fueron significativamente diferentes (ANOVA, $P > 0,1$).

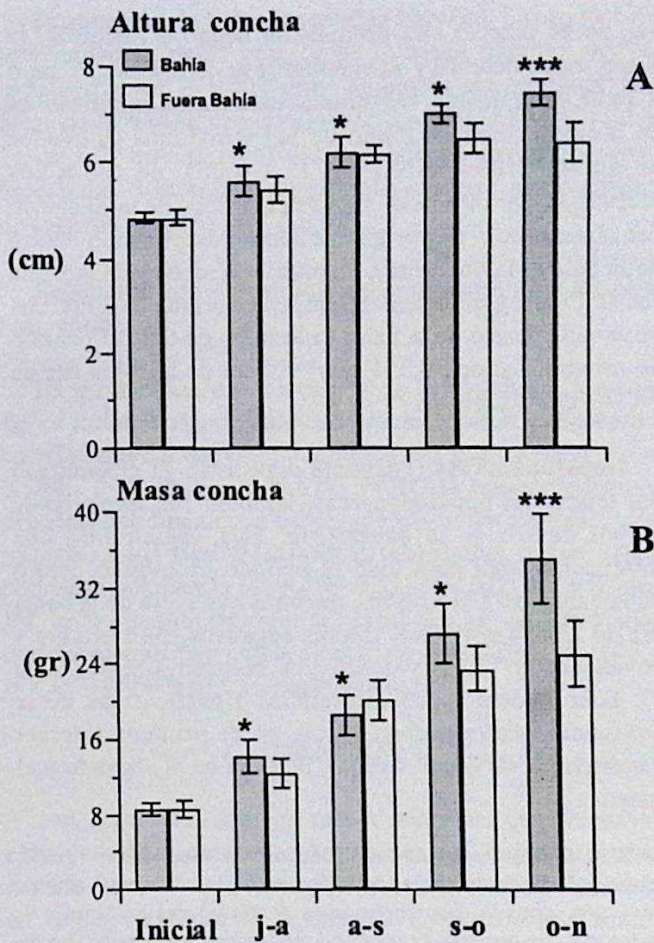


Fig. 3. Variaciones en la masa seca (A) y altura de su concha (B) de individuos de *N. nodosus*, ubicados en dos sitios diferentes. Las líneas verticales representan la desviación estandarizada (Sd).

Producción de tejidos

Músculo. La producción secundaria (g/cesta/mes) del músculo de los individuos cultivados en ambos sitios se incrementó desde julio hasta septiembre, decreciendo luego desde octubre hasta noviembre, periodo donde se observó una producción negativa (Fig. 5A). Al comparar ambos sitios fueron detectadas diferencias significativas en la producción de músculo en el primero ($P < 0,009$), tercero ($P < 0,001$) y el cuarto muestreo ($P < 0,032$), pero no en el segundo ($P = 0,353$). Por otro lado, en el periodo agosto-septiembre fue observada la mas alta producción secundaria de músculo fuera de la bahía (50,700 g/m²), mientras que dentro de la misma ocurrió en el periodo julio-agosto (69,179 g/m²) (Tabla 1). En ambos sitios, la producción total de músculo durante todo el periodo experimental fue de 134,002 g/m² (dentro de la bahía) y 82,256 g/m² (fuera de la bahía) (Tabla 1).

Gónada. La producción de gónadas sigue la misma tendencia del tejido muscular en ambas zonas presentando la máxima producción entre septiembre y octubre, valores negativos entre octubre y noviembre (Fig. 5B). La disminución de la masa de la gónada entre octubre y noviembre fue debido a un desove de la especie, a juzgar por el aspecto de las mismas (flácidas y traslúcidas). Se estima que en ese periodo cada pectínido fuera de la bahía perdió aproximadamente 0,05 g de peso seco de gónada, en comparación con 0,12 g que pierde dentro de la misma. Se determinaron diferencias significativas de la producción de gónadas en ambos sitios en el segundo (ANOVA, $P < 0,002$), y tercer muestreo ($P < 0,001$), pero no en el primero ($P = 0,35$) y cuarto muestreo ($P = 0,15$). Por otro lado, la máxima generación total de gónadas a lo largo del periodo de estudio fue observada dentro de la bahía (32,021 g/m²), mientras que fuera de la misma fue de 14,103 g/m² (Tabla 1).

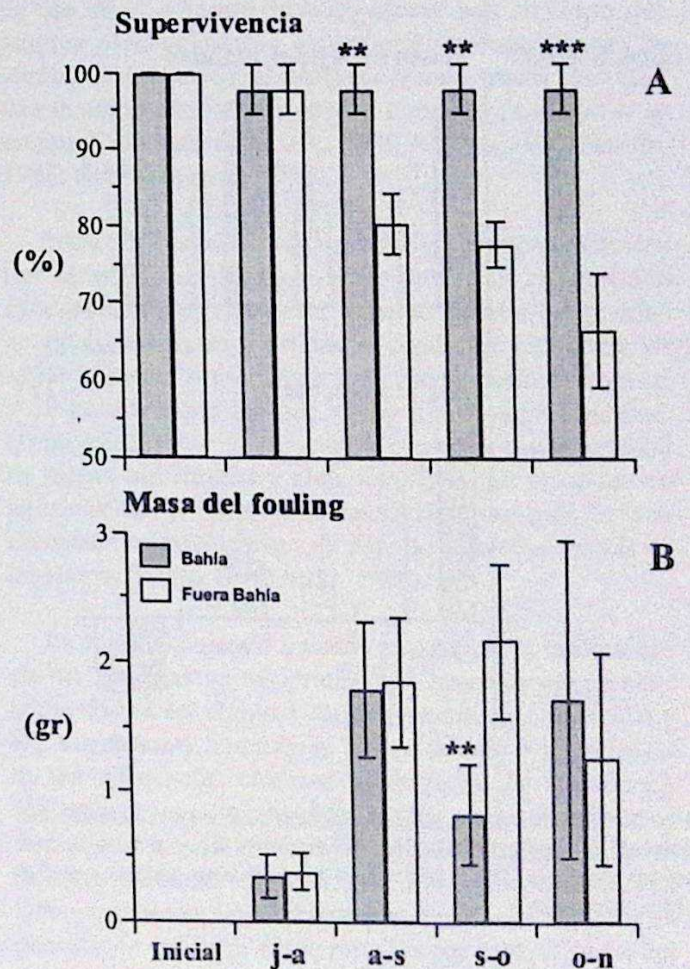


Fig. 4. Variaciones de la supervivencia (A) y la masa del biofouling (B), de individuos de *N. nodosus*, ubicados en los dos sitios diferentes. Las líneas verticales representan la desviación estandarizada (Sd).

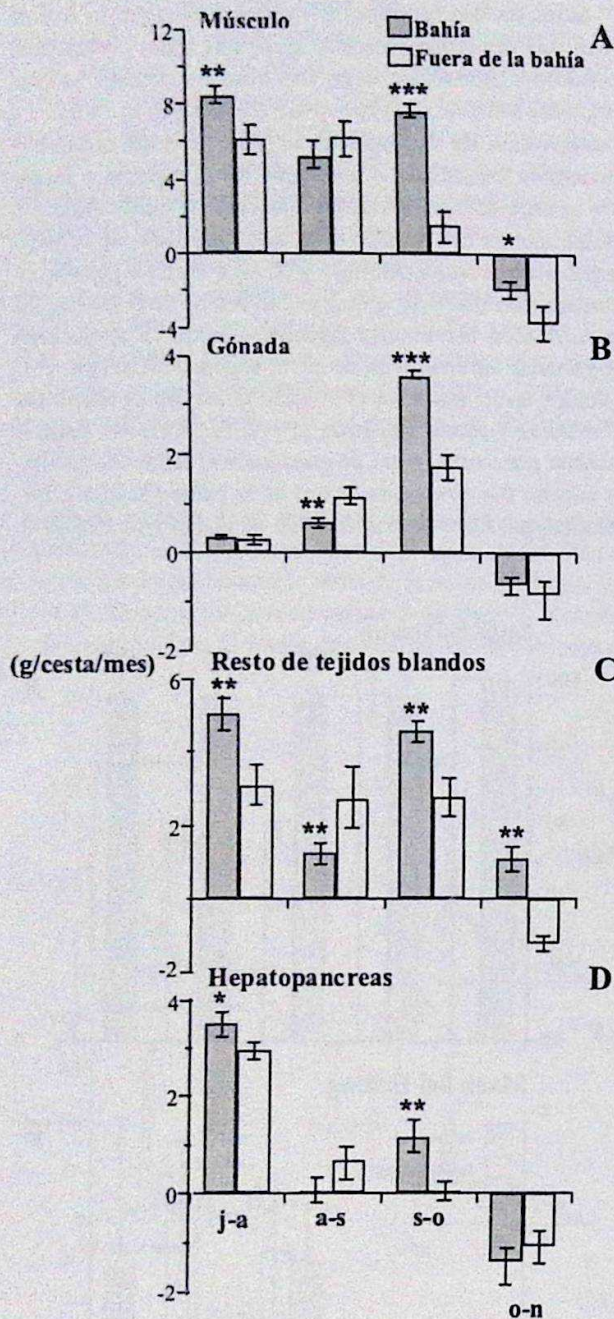


Fig. 5. Variación de la producción secundaria (g/cesta/mes) del músculo (A), gónada (B), glándula digestiva (C) y el resto de sus tejidos somáticos (D), de individuos de *N. nodosus*, ubicados en dos sitios diferentes.

Resto de los tejidos. En el resto de los tejidos también se observaron las mismas variaciones similares a las descritas en los otros componentes, con la excepción de

que no se detectó una producción negativa dentro de la bahía, entre octubre y noviembre (Fig. 5C, Tabla 1), pero sí fuera de la misma, registrando diferencias significativas en la producción de tejido de los individuos cultivados en ambos sitios (ANOVA, $P < 0,05$), en todos los muestreos. Por otro lado, durante el periodo de julio-agosto fue observada la mayor generación de dicho tejido dentro de la bahía (41,468 g/m²), mientras que dentro de la bahía fue de 25,437 g/m², mientras que la producción total máxima observada dentro de la bahía, a lo largo de todo el periodo de estudio, fue de 98,351 g/m² y fuera de la bahía fue de 60,743 g/m² (Tabla 1).

Hepatopaneas (Glándula digestiva). El crecimiento del tejido del hepatopaneas, también fue ligeramente mayor dentro de la bahía (Fig. 5D), registrando una producción total para todo el periodo de estudio dentro de la bahía de 27,681 g/m², mientras que fuera de la bahía fue de 23,554 g/m², con valores negativos entre octubre y noviembre de -11,129 y -8,830 g/m², respectivamente (Tabla 1). Fueron detectadas diferencias significativas de la producción entre ambos sitios, en el primero y tercer muestreo (ANOVA, $P < 0,05$), pero no en el segundo y el cuarto.

TABLA 1. Resultados de las producciones secundarias (g/m²), dentro y fuera de la bahía, de cada uno de los diferentes tejidos (músculo, gónada, hepatopaneas y restos) del pectínido *N. nodosus* y sus respectivas producciones totales, para cada uno de los cuatro periodos de cultivo.

Dentro de la bahía					
Tejidos	Periodos (meses)				Produc. Total
	Jul - Agost	Agost - Sept	Sept - Oct	Oct - Nov	
Músculo	69,179	18,366	62,551	-16,094	134,002
Gónada	2,637	5,080	29,741	-5,437	32,021
Hepatopaneas	28,681	0,746	9,580	-11,129	27,878
Resto de tejidos	41,468	10,254	37,481	9,148	98,351
Total de Tejidos	141,965	34,446	139,353	-23,512	292,252

Fuera de la bahía					
Tejidos	Periodos (meses)				Produc. total
	Jul - Agost	Agost - Sept	Sept - Oct	Oct - Nov	
Músculo	49,800	50,700	12,618	-30,862	82,256
Gónada	2,354	5,304	14,335	-7,890	14,103
Hepatopaneas	24,579	7,395	0,410	-8,830	23,554
Resto de tejidos	25,437	22,657	22,734	-10,085	60,743
Total de Tejidos	102,170	86,056	50,097	-57,667	180,656

Producción de todos los tejidos blandos. La producción total obtenida en el interior de la bahía durante todo el estudio fue de 291,503 g/m², mientras que la observada fuera de la misma apenas alcanzó los 180,653 g/m² (Tabla 1), por lo que al final del periodo de estudio fueron detectadas diferencias significativas entre ambos sitios de cultivo (ANOVA, $P < 0,001$).

Relaciones entre la producción secundaria y los factores ambientales

La producción de músculo y de la glándula digestiva de los individuos cultivados dentro de la bahía, presentaron correlaciones positivas y significativas con la MOP ($r^2 = 0,580$; $P < 0,05$ y $r^2 = 0,678$; $P < 0,01$) respectivamente, mientras que fuera de la bahía, además de las correlaciones positivas y significativas establecidas entre estos compartimientos y la MOP ($r^2 = 0,633$; $P < 0,05$ y $r^2 = 0,746$; $P < 0,01$) respectivamente, también se observó una correlación positiva con la clorofila *a* ($r^2 = 0,680$; $P < 0,05$ y $r^2 = 0,739$; $P < 0,01$), respectivamente.

DISCUSIÓN

Los resultados indican que *N. nodosus* generó mayor cantidad de biomasa en todos los tejidos estudiados cuando fue cultivado dentro de la bahía, que los colocados en la parte externa de la misma. A pesar de que ambos sitios estaban situados a corta distancia, se entiende que las diferencias obedecen a factores ambientales de cada sitio en particular. Las mayores diferencias en la producción secundaria de ambos sitios se observaron en la producción total de músculo y de la gónada de los ejemplares ubicados dentro de la bahía que casi duplicaron los valores de los obtenidos fuera de la bahía. Estos resultados concuerdan con los de FREITES *et al.* (2003) que observaron las mayores tasas de crecimiento dentro de la bahía, sugiriendo que el ambiente externo de la bahía no tiene recursos alimenticios suficientes para satisfacer las necesidades energéticas de los pectínidos, durante el periodo estudiado.

Estos resultados resaltan la magnitud del estrés alimenticio que puede ocurrir en algunas áreas o sitios del Golfo de Cariaco, durante periodos de baja disponibilidad de alimento de origen fitoplanctónico. A pesar de lo adverso de las condiciones ambientales, observadas en los meses de octubre y noviembre (escasa disponibilidad de alimento y altas temperaturas), los individuos ubicados dentro de la bahía mostraron escasa pero positiva producción en el resto de los tejidos, en comparación con la producción negativa detectada en los del área externa. Esto indica que

los primeros pudieron conservar un balance energético positivo, aún a pesar de la alta demanda de reservas energéticas que exige la actividad reproductiva, mientras que los individuos localizados fuera de la bahía generaron menor cantidad de tejido reproductivo. Estos resultados concuerdan con los mostrados por RODHOUSE *et al.* (1984a), donde observaron que durante el invierno (escaso alimento fitoplanctónico), la población del mejillón *Mytilus edulis* distribuida en la zona intermareal utilizaron una mezcla de alimento dominada por el detritus orgánico, lo que les suplió de energía suficiente para satisfacer su metabolismo básico y además, lograr un desarrollo gametogénico. En contraste, los mejillones alejados de la zona intermareal no mostraron este desarrollo gametogénico.

Todo esto indica que la mayor producción de los individuos ubicados dentro de la bahía pudiera estar relacionada con la mayor proporción de MOP observado en ese sitio. Algunos investigadores han señalado que aunque el fitoplancton es importante como fuente de alimento en bivalvos, el detritus orgánico puede contribuir con la alimentación en periodos donde el fitoplancton es escaso (CRANFORD & GRANT, 1990; WILSON, 1987; BROWN, 1988; KLEINMAN *et al.* 1996).

Estos resultados también coinciden con los reportados por MACDONALD & THOMPSON (1985), en el pectínido *Placopecten magellanicus*, especie de alta longevidad de aguas templadas y árticas, y donde los individuos de aguas someras presentaron una mayor producción total y de gónadas que los que viven a mayor profundidad, atribuyendo estas diferencias a la mayor disponibilidad de ración alimenticia y altas temperaturas, presentes en aguas someras. Similares resultados también se han mostrado en poblaciones de *Mytilus edulis* en costas de Inglaterra (BAYNE & WORRAL 1980).

Es conocido que en muchos pectínidos, la maduración de las gónadas es soportada por reservas energéticas acumuladas en algunos tejidos somáticos (músculo y hepatopancreas). También se ha demostrado la importancia de las diferencias cualitativas de la ración alimenticia (ácidos grasos, aminoácidos) de cada sitio en el crecimiento de diferentes tejidos y la supervivencia de las especies (BROKORDT & GUDERLEY, 2004; RUPP *et al.* 2005). Otra explicación de las diferencias entre ambos grupos de pectínidos pudiera estar relacionada con el peso del "biofouling" en los organismos, que fue significativamente mayor en septiembre y octubre en el sitio externo, periodo en el que el crecimiento de todos los tejidos se vio

disminuido, a excepción de las gónadas. En este sentido, LODEIROS & HIMMELMAN (1996) observaron un efecto negativo sobre el crecimiento de juveniles de *Euvola ziczac* y que fue atribuido al biofouling fijado sobre su concha.

La mayor parte del seston orgánico (MOP) disponible en el área de Turpialito puede ser atribuido a dos fuentes de origen: 1) A la alta productividad primaria y secundaria asociadas a las surgencias y bajas temperaturas que normalmente ocurren entre diciembre y julio en el Golfo de Cariaco (MANDELLI & FERRAZ-REYES, 1982; FERRAZ-REYES, 1989). Esta materia puede posteriormente resuspenderse de los sedimentos por acción de vientos y olas y estar disponible para muchos invertebrados filtradores. 2) A la acumulación de materia orgánica provenientes de las raíces del mangle rojo *Rhizophora mangle*, hábitat caracterizado por la concentración de materia orgánica (detritus), microalgas y bacterias que pueden ser resuspendidas y servir de alimento para organismos filtradores. SHUMWAY *et al.* (1987) observaron que tales componentes forman parte de la dieta normal de los pectínidos.

En cuanto a la reproducción, es evidente que la disponibilidad de una mayor cantidad de MOP, permitió a los ejemplares mantenidos en la bahía disponer de una mayor cantidad de energía para la formación de gametos, a juzgar por las diferencias observadas en el peso seco alcanzado por sus gónadas con respecto a la de los ejemplares mantenidos fuera de la bahía. Estos resultados concuerdan con los observados por RODHOUSE *et al.* (1984a y b) y PAGE & HUBBARD (1987), donde ejemplares que fueron mantenidos en el sitio con una mayor disponibilidad de MOP, presentaron un mayor desarrollo gonádico que el de aquellos ejemplares mantenidos en otro sitio en el cual no tuvieron a su disposición tal fuente de alimento. La caída observada en la producción de las gónadas por parte de los individuos ubicados fuera de la Bahía, fue mayor entre octubre y noviembre. Esto probablemente fue debido al mayor grado de "estrés fisiológico" causado por la escasez de recursos alimenticios, y la considerable inversión de energía para la reproducción.

La mayor producción de músculo observado entre julio y agosto en los bivalvos mantenidos dentro de la bahía (Tabla 1), se relaciona con los altos valores de fitoplancton (clorofila *a*) y de MOP, observados en ese periodo (ver Fig. 2), mientras que en el resto del periodo experimental, ésta podría ser atribuida a la mayor disponibilidad de MOP observada dentro de la bahía. Los resultados obtenidos en este estudio nos sugieren que la MOP pasa a jugar un papel importante como fuente alternativa de alimento, para aquellos

pectínidos que son mantenidos bajo condiciones suspendidas, en áreas donde la disponibilidad del alimento de origen fitoplanctónico sufre disminuciones estacionales importantes. Así, los resultados obtenidos en esta investigación, concuerdan con los de algunos estudios en los que fueron comparados diferentes sitios de cultivo de algunas especies de bivalvos, y donde el crecimiento diferencial fue atribuido a las diferencias en la concentración de la MOP (WALLACE & REINSNES, 1985; MACDONALD & THOMPSON, 1985; WILSON, 1987; BROWN, 1988; MACDONALD & BOURNE, 1987; TORO *et al.* 1995; KLEINMAN *et al.* 1996).

Es evidente que en las zonas pocas profundas (hábitat caracterizado por la acción moderada del oleaje y consecuente resuspensión de material sedimentario rico en materia orgánica), esta especie tendría a su disposición la fuente de energía necesaria para sobrellevar aquellos periodos en los que la disponibilidad de alimento de origen fitoplanctónico no es suficiente. Esto supone en sí, una estrategia de cultivo para disminuir el impacto ambiental que puede ejercer sobre aquellos ejemplares mantenidos bajo condiciones de cultivo suspendido, durante la estación caracterizada por una baja productividad primaria y altas temperaturas, en el Golfo de Cariaco o zonas con similares condiciones ambientales.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Fondo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas FONACIT y al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente su aporte financiero para la realización de este estudio. Se agradece a A. SOTILLET y AQUILES ROJAS por la colaboración técnica y al personal obrero de la Estación Hidrobiológica de Turpialito.

REFERENCIAS

- ABBOTT, R. & T. DANCE. 1974. *Compendium of Seashells*. P. Dotton, Inc., New York, USA, 400 pp.
- ACOSTA, V., L. FREITES & C. J. LODEIROS. 2000. Efecto de la densidad sobre el crecimiento y la supervivencia de juveniles del pectínido *Lyropecten (Nodipecten) nodosus* (Pteroida: Pectinidae), bajo condiciones de cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 48: 799-806.
- BAYNE B. L. & C. M. WORRAL. 1980. Growth and production of mussels *Mytilus edulis* from two populations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 3: 317-328.

- BROKORDT, K. B. & H. GUDERLEY. 2004. Energetic requirements during gonad maturation and spawning in scallops: Sex differences in *Chlamys islandica*. *J. Shellfish Res.* 23: 25-32.
- BROWN, J. R. 1988. Multivariate analyses of the role of environmental factors in seasonal and site-related growth variation in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 45: 225-236.
- CLAERBOUDT, M., D. BUREAU, J. CÔTÉ & J. H. HIMMELMAN. 1994. Fouling development and its effects on the growth of juvenile giant scallops (*Placopecten magellanicus*, Gmelin, 1791) in suspended culture. *Aquaculture* 121: 327-342.
- CRAEYMEERSCH, J. A., P. M. J. HERMAN & P. M. MEIRE. 1986. Secondary production of an intertidal mussel (*Mytilus edulis* L) population in the Eastern Scheldt (S. W. Netherlands). *Hydrobiologia* 133: 107-115.
- CRANFORD, P. J. & J. GRANT. 1990. Particle clearance and absorption of phytoplankton and detritus by the sea scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 137: 105-121.
- CRISP, D. J. 1971. Energy flow measurements. In: N. A. Holme & A. D. McIntyre (eds). *Methods for the study of marine benthos*. IBP Hand book. (16): 197-279.
- DE LA ROCHE, J. P., B. MARÍN, L. FREITES & A. VÉLEZ. 2002. Embryonic development and larval and post-larval growth of the tropical scallop *Lyropecten* (= *Nodipecten*) *nodosus* (L. 1758) (Mollusca: Pectinidae), under controlled conditions (hatchery). *Aquacult. Res.* 33: 819-827.
- EMERSON, C. W., J. GRANT, A. MALLET & C. CARVER. 1994. Growth and survival of sea scallops *Placopecten magellanicus*: effects of culture depth. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 108: 119-132.
- FERRAZ-REYES, E. 1989. Influencia de los factores físicos en la distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en el Golfo de Cariaco (Venezuela). *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela, Univ. Oriente* 28(1-2): 47-56.
- FREITES, L., C. J. LODEIROS, N. NARVÁEZ, G. ESTRELLA & J. M. F. BABARRO. 2003. Growth and survival of the scallop *Lyropecten* (= *Nodipecten*) *nodosus* (L., 1758) in suspended culture in the Cariaco Gulf (Venezuela), during a non-upwelling period. *Aquacult. Res.* 34: 709-718.
- HERNÁNDEZ, A. 1990. *Cultivo de moluscos en América Latina*. Red Regional de Entidades y Centros de Acuicultura de América Latina. CIID-Canada. 405 pp.
- KLEINMAN, S., B. G. HATCHER, R. E. SCHEIBLING, L. H. TAYLOR & A. W. HENNIGAR. 1996. Shell and tissue growth of juvenile sea scallops (*Placopecten magellanicus*) in suspended and bottom culture in Lunenburg Bay, Nova Scotia. *Aquaculture* 142: 75-97.
- LANGTON R. W., W. ROBINSON & D. SCHICK. 1987 Fecundity and reproductive effort of sea scallop *Placopecten magellanicus* from the Gulf of Maine. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 37: 19-25.
- LAUDIEN, J., T. BREY & W. E. ARNTZ. 2003. Population structure, growth and production of the surf clam *Donax serra* (Bivalbia: Donacidae) on two Namibian Beachs. *Estuar. Coast. Shelf Scienc.* 58: 105-115.
- LODEIROS, C. J. & J. H. HIMMELMAN. 1996. Influence of fouling on the growth and survival of the tropical scallop, *Euvola* (*Pecten*) *zizac* (L. 1758) in suspended culture. *Aquacult. Res.* 27: 749-756.
- _____. 2000. Identification of factors affecting growth and survival of the tropical scallop *Euvola* (*Pecten*) *zizac* in suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture* 182: 91-114.
- _____, J. RENGEL, L. FREITES, F. MORALES & J. HIMMELMAN. 1998. Comparison of growth and survival of the tropical scallop *Nodipecten* (*Lyropecten*) *nodosus*, maintained at three depths in suspended culture. *Aquaculture* 165: 41-50.
- LOMOVASKY, B. J., T. BREY, E. MORRICONI & J. CALVO. 2002. Growth and production of the venerid bivalve *Eurhomalea exalbida* in the Beagle Channel, Tierra del Fuego. *J. Sea Res.* 48: 209-216.
- MACDONALD, B. A. & R. J. THOMPSON. 1985. Influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. I. Growth rates of shell and somatic tissue. *Mar Ecol. Prog. Ser.* 25: 279-294.

- _____, & R. J. THOMPSON. 1986. Influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. III. Physiological ecology, the gametogenic cycle and scope for growth. *Mar. Biol.* 93: 37-48.
- _____, & N. F. BOURNE. 1987. Growth, reproductive output, and energy partitioning in weathervane scallop, *Patinopecten caurinus*, from British Columbia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44: 152-160.
- MANDELLI, E. & FERRAZ-REYES, E. 1982. Primary production and phytoplankton dynamics in a tropical inlet, Gulf of Cariaco, Venezuela. *Int. Rev. Hydrobiol.* 67: 85-95.
- MONSERRAT, R. 1003. Population dynamics and secondary production of the cockle *Cerastoderma edule* (L.) in a backbarrier tidal flat of the Wadden Sea. *Scient. Mar.* 67: 429-443
- PAGE, H. M. & D. M. HUBBARD. 1987. Temporal and spatial patterns of growth in mussels *Mytilus edulis* on offshore platform: relationship to water temperature and food availability. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 11: 159-179.
- PRIETO, A., M. VÁSQUEZ, & L. RUIZ. 1999. Dinámica energética en una población del mejillón *Perna perna* (Filibranchia: Mytilidae) en el noroeste del Estado Sucre, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 47: 399-410.
- RODHOUSE, P. G., C. M. RODEN, M. P. HENSEY & T. H. RYAN. 1984a. Resource allocation in *Mytilus edulis* on the shore and in suspended culture. *Mar. Biol.* 84: 27-34.
- _____, G. M. BURNELL, M. P. HENSEY, T. OTTWAY, B. McMAHON & T. H. RYAN. 1984b. Food resource, gametogenesis and growth of *Mytilus edulis* on the shore and in suspended culture: killary Harbour, Ireland. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 64: 513-529.
- RUPP, G. S., G. J. PARSONS, R. J. THOMPSON & M. M. DE BEM. 2005. Influence of environmental factors, season and size at deployment on growth and retrieval of postlarval lion's paw scallop *Nodipecten nodosus* (Linnaeus, 1758) from a subtropical environment. *Aquaculture*, 243: 195-216.
- SHUMWAY, S. E., R. SELVIN & D. F. SCHICK. 1987. Food resources related to habitat in the scallop *Placopecten magellanicus* (Gmeling, 1791): A qualitative study. *J. Shellfish Res.* 6: 89-95.
- STRICKLAND, J. D. H. & T. R. PARSONS. 1972. A practical handbook of sea-water analysis. *Bull. Fish. Res. Board. Can. Bull.* 167: 1-311.
- TATA, A. & A. PRIETO. 1991. Producción secundaria en una población del bivalvo tropical *Tivela mactroides* (Veneridae) en el Oriente de Venezuela. *Carib. J. Sci.* 21: 28-34.
- TORO, J. E., M. A. SANHUEZA, J. E. WINTER, C. M. SENN, P. AGUILA & A. M. VERGARA. 1995. Environmental effects on growth of the Chilean oyster *Ostrea chilensis* in five mariculture locations in the Chiloé Island, Southern Chile. *Aquaculture* 136: 153-164.
- URBAN, H. J. 2000. Aquaculture potential of the Caribbean Pearl Oyster *Pinctada imbricata* I. Gametogenic activity, growth, mortality and production of a natural population, *Aquaculture* 189: 361 - 373.
- UTHERMÖHL, H. 1958. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton methodig: Mih. Verein. Theor. Angew. *Limnology* 9: 1-38.
- VENTILLA, R. F., 1982. The scallop industry in Japan. *Adv. Mar. Biol.* 20: 309-382.
- WILSON, J. H. 1987. Environmental parameters controlling growth of *Ostrea edulis* L. and *Pecten maximus* L. in suspended culture. *Aquaculture* 64: 119-131.
- WALLACE, J. C. & T. G. REINSNES. 1985. The significance of various environmental parameters for growth of the Iceland scallop *Chlamys islandica* (Pectinidae), in hanging culture. *Aquaculture* 44: 229-242.
- ZAR, J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*, 2nd Edn. Prentice-Hall, New Jersey, USA. 920 pp.

RECIBIDO: Noviembre 2005

ACEPTADO: ENERO 2006