

## Abundancia de juveniles y crecimiento de *Pinna carnea* (Mytiloidea: Pinnacea) en cultivo suspendido

N. Narváez<sup>1</sup>, C. Lodeiros<sup>1\*</sup>, L. Freitas<sup>1</sup>, M. Nuñez<sup>1</sup>, D. Pico<sup>1</sup> y A. Prieto<sup>2</sup>

1 Lab. Acuicultura, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná 6101, Venezuela. Fax: 093-315902/512276

2 Dpto. Biología, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, Cumaná 6101, Venezuela.  
Correo electrónico: clodeiro@ci.udo.edu.ve clodeiro@sucre.udo.edu.ve

\* Autor de correspondencia

Recibido 29-IX-1999. Corregido 13-VI-2000. Aceptado: 16-VI-2000.

**Abstract:** We quantified the abundance of juvenile *Pinna carnea* at Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela, using collectors suspended at 8 m depth for 16 months and then evaluated their subsequent growth in suspended enclosures over 14 months in relation to concurrent measures of temperature and planktonic food availability. All body components showed a rapid increase during the first four-five months. There was a decrease in somatic tissue mass and great variability in growth coincident at first spawning, suggesting a negative effect of gonadal production on somatic growth. A multiple regression analysis indicated a strong relationship between tissue growth and food availability as measured by organic sestonic matter. Although we determined an adequate spat abundance for culture activities (80 spat per collector-30x60 cm), spat collection was limited, mainly from February through April. In addition to high variability in growth and negative influence of environmental factors during unfavorable periods, the muscles production required in 14 months, suggesting that *P. carnea* is not appropriate for commercial production of muscle. However, the high weight of all edible tissues mass attained (21 g) and the high survival rate in all experimentation (>96%) suggests that *P. carnea* is fit for aquaculture.

**Key words:** Growth, spat production, bivalve, suspended culture, *Pinna carnea*.

En el Caribe, particularmente en el nororiente de Venezuela, existe un gran interés por desarrollar el cultivo de bivalvos marinos. Desde 1960 el Instituto Oceanográfico de Venezuela y otras instituciones de investigación, han realizado estudios que han permitido evaluar la factibilidad de cultivo del mejillón marrón *Perna perna* y la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* y la americana *C. virginica* (Vélez y Lodeiros 1990). Recientemente, las investigaciones se han concentrado en la posibilidad de desarrollar el cultivo de pectínidos tales como *Euvola (Pecten) ziczac*, *Lyropecten (Nodipe-*

*ten) nodosus* y *Argopecten nucleus* (Vélez y Lodeiros 1990, Lodeiros *et al.* 1998).

El carácter tropical del mar Caribe ofrece una gran diversidad de especies, muchas de las cuales podrían ser adaptadas al cultivo para incrementar su producción. Dentro de estas especies se encuentra el bivalvo *Pinna carnea* Gmelin (1791), comúnmente denominado "rompe chinchorro", "hacha", "abánico" o "concha pluma". Esta especie posee un músculo similar al de muchos pectínidos, grupo que posee una atención prioritaria entre los moluscos, lo cual ha conducido a

incrementar su proporción en la producción a nivel mundial (New 1997).

*Pinna carnea* es un bivalvo de la familia Pinnidae, que se distribuye en el Atlántico Occidental desde el Sur de Florida y Bermuda hasta Brasil, habitando comúnmente enterrada en fondos areno-fangoso de aguas con poca profundidad, hasta unos 20 m. Las conchas son estrechas y frágiles, con color variable, oscilando desde pardo a rosado naranja. Es una especie grande, reportándose tallas hasta unos 300 mm (Díaz y Puyana 1994); aunque en el nororiente de Venezuela, esta especie puede alcanzar los 409 mm (observación personal).

La información sobre *P. carnea* es escasa, existen solamente dos estudios realizados en el Caribe Colombiano (García *et al.* 1997, Castellanos *et al.* 1997), los cuales sugieren que la especie es hermafrodita con una esporádica separación de sexos, reproducción continua a través del año, con una máxima actividad entre julio-octubre, estimándose que existen dos épocas de alto reclutamiento de juveniles en colectores artificiales, comprendidas entre junio-agosto y octubre-enero.

Los estudios en otras especies del género *Pinna* han sido también escasos, *Pinna rugosa*, una especie similar a *Pinna carnea*, es comercializada en México y ha mostrado ser una especie de gran interés para aumentar la producción mediante el cultivo (Cendejas *et al.* 1985, Arizpe y Félix 1986, Arizpe 1987, 1995).

En el presente trabajo se evalúa la factibilidad biológica del cultivo en suspensión del bivalvo *Pinna carnea* bajo tres aspectos fundamentales, la disponibilidad de "semillas" o juveniles, la tasa de crecimiento y la influencia de los factores ambientales sobre el crecimiento del bivalvo.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la costa sur del Golfo de Cariaco, Venezuela en aguas alejadas a la localidad de Turpialito (64° 02' 00" W y 10° 26' 56" N).

Desde el 28 de marzo 1993 hasta el 28 de julio 1994, se estableció un bioensayo de captación de semillas de *P. carnea*, utilizando como sustrato de fijación, ocho colectores artificiales de malla plástica revestida de monofilamento, suspendidos a 8 m de profundidad, donde existe mayor concentración zooplanctónica (Lodeiros C., datos no publicados). Los colectores se sujetaron a un tubo de PVC atado a una línea larga o "long line", ubicado a unos 300 m de la costa. Cada mes, los ocho colectores fueron extraídos del sistema y reemplazados de inmediato. Los colectores con el material biológico fueron retenidos en bolsas plásticas identificadas y transportadas al laboratorio, donde se colocaron individualmente en bandejas plásticas para efectuar la separación de los organismos, los cuales se preservaron en envases de vidrio con una solución de alcohol al 80 %. Los juveniles de *P. carnea* fueron cuantificados y separados con un microscopio estereoscópico, realizando la identificación de la especie según Warmke y Abbott (1975) y Díaz y Puyana (1994).

La experiencia de crecimiento se llevó a cabo desde 13 mayo 1997 hasta 15 julio 1998. Unos 350 ejemplares de  $62.6 \pm 8.33$  mm de longitud dorso-ventral obtenidos con colectores artificiales en la zona de estudio, fueron colocados en cestas plásticas modificadas "tipo españolas" suspendidas de un "long line" a 8 m de profundidad. Mensualmente la densidad de individuos en cada cesta de cultivo se mantuvo con el número de individuos que ocuparon un 1/3 del volumen de las mismas.

Para estimar el crecimiento, mensualmente se recolectaron de diez a quince ejemplares y se les determinó la dimensión de la concha (axis dorso-ventral máximo) con la ayuda de un vernier digital Mytutoyo (0.01 mm de apreciación), las masas secas de los componentes del cuerpo (concha, gónada, músculo aductor, glándula digestiva o hepatopáncreas y el resto de tejido somático) y la masa seca de los organismos y el material adheridos a la concha o "fouling", deshidratando por tratamiento a 60 °C durante 72h. En cada muestreo, los individuos vivos se cuantificaron para estimar la sobrevivencia.

Para estimar la influencia ambiental en el crecimiento bajo condiciones de cultivo, se determinó la temperatura y parámetros para evaluar la disponibilidad de alimento como el seston total, orgánico, inorgánico y la biomasa fitoplanctónica estimada mediante clorofila *a*. La temperatura se registró de manera continua a intervalos de cinco minutos con un termógrafo electrónico (Sealog, Vemco Ltd, Halifax) colocado a la misma profundidad de cultivo. Con una periodicidad semanal se tomaron muestras de agua con una botella Niskin 2L de capacidad, las cuales fueron transferidas a una botella plástica y transportadas al laboratorio. Submuestras de agua de 500-1000 mL fueron concentradas en filtros MSF (0.7µm de diámetro poro), utilizando un equipo Millipore de filtración al vacío. Los filtros con las muestras concentradas fueron lavadas con formiato de amonio 3 % y almacenadas a -20 °C hasta su posterior análisis. Todas las submuestras, previa a la filtración fueron tamizadas con una malla de 153 µm de diámetro de poro, en función de eliminar el material no particulado. El seston total, inorgánico y orgánico se determinó por métodos gravimétricos y la clorofila *a* por métodos colorimétricos según las recomendaciones de Strickland y Parsons (1972).

Para la evaluación de los parámetros de crecimiento y los incrementos del "fouling", se determinó la normalidad de los datos y se aplicó un análisis de varianza simple o de una vía (ANOVA-1), tomando en cuenta el tiempo como factor y los muestreos o meses como tratamientos del mismo. Como todos los parámetros mostraron diferencias significativas cuando se les aplicó el ANOVA-1 ( $P < 0.05$ ), se utilizó un análisis "a posteriori" de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ), para diferenciar las medias de los valores absolutos entre los meses sucesivos, en virtud de determinar crecimiento o decrecimientos significativos.

La influencia de los factores ambientales sobre el crecimiento se evaluó a través de un análisis de regresión múltiple ("stepwise",  $P = 0.05$ ), considerando la proporción de incremento mensual (en cada muestreo) de cada

uno de los componentes del cuerpo como variable dependiente y la media de los valores de los factores ambientales entre los muestreos como variables independientes. Previo al análisis, los datos fueron transformados logarítmicamente siguiendo las recomendaciones de Hair *et al.* (1992).

## RESULTADOS

La captación de juveniles con los colectores artificiales se limitó a los seis primeros meses del año, principalmente en febrero, marzo y abril, llegando a alcanzar su máxima fijación en marzo 1993 con unos 83 individuos por colector (Fig. 1). En los meses correspondientes al segundo semestre, la fijación fue mínima o nula, lo que sugiere que la especie no posee un comportamiento reproductivo continuo.

La sobrevivencia mensual fue del 100% durante todo el período de estudio, excepto en los dos primeros meses de experimentación (junio y julio 1997), cuando la sobrevivencia

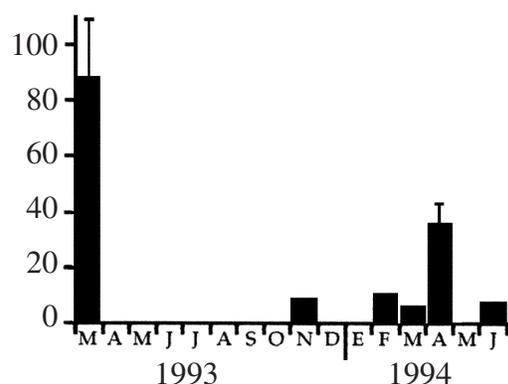


Fig. 1. *Pinna carnea*. Abundancia anual de juveniles obtenidos en colectores artificiales (30 x 60 cm), en Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. Las líneas verticales indican el error estándar.

Fig. 1. *Pinna carnea*. Annual abundance of juvenile on artificial collectors (30 x 60 cm) in Turpialito in the Golfo de Cariaco, Venezuela. Vertical bars represent standard errors.

mensual bajó a 94-96%. Los organismos muertos que se encontraron para esas fechas, estaban asociados al gasterópodo de depredador *Cymatium poulseni*.

El crecimiento en dimensiones de la concha fue acelerado durante los cuatro primeros meses (hasta el 15 agosto 1997) alcanzando tallas medias de  $155.1 \pm 12.77$  mm, para posteriormente permanecer sin aumento significativo, hasta principios de marzo 1998. A partir de esta fecha, los valores aumentaron significativamente hasta el final del período experimental (15 julio 1998), cuando los ejemplares obtuvieron la talla media de  $186.3 \pm 16.99$  mm (Fig. 2a). Esta misma tendencia de crecimiento se observó en la masa de la concha ( $r^2=0.94$ ,  $P<0.0001$ ), aunque el período inicial de crecimiento acelerado fue más prolongado (cinco meses) y el crecimiento significativo en marzo se estableció con una pendiente mayor, alcanzando  $63.6 \pm 19.10$  g de masa seca al final de la experimentación (Fig. 2b).

En todos los tejidos somáticos estudiados, el crecimiento tuvo una tendencia a incrementar significativamente hasta el 15 agosto 1997 (Fig. 3a, b y c). Posteriormente, la masa seca del músculo se mantuvo sin cambio significativo hasta el 20 de noviembre 1997 y el resto de tejido somático hasta 23 de enero 1998. En contraste con la masa seca de la glándula, la cual disminuyó significativamente desde el 15 de agosto 1997 hasta el 23 de enero 1998. Desde el 20 de noviembre 1997, la tasa de crecimiento para el músculo fue negativa, produciéndose un descenso significativo hasta el 23 de enero 1998. A partir de esta fecha en todos los tejidos se observó un aumento significativo hasta el siete de mayo 1998, para luego no registrarse aumentos significativos, exceptuando en el último mes de experimentación, cuando los tejidos alcanzaron masas de  $1.4 \pm 0.33$ ;  $0.4 \pm 0.17$ ;  $3.6 \pm 1.29$  g para el músculo, glándula y resto de tejido somático, respectivamente.

El tejido reproductivo se observó por primera vez el 18 Julio 1997 (Fig. 4a). La pro-

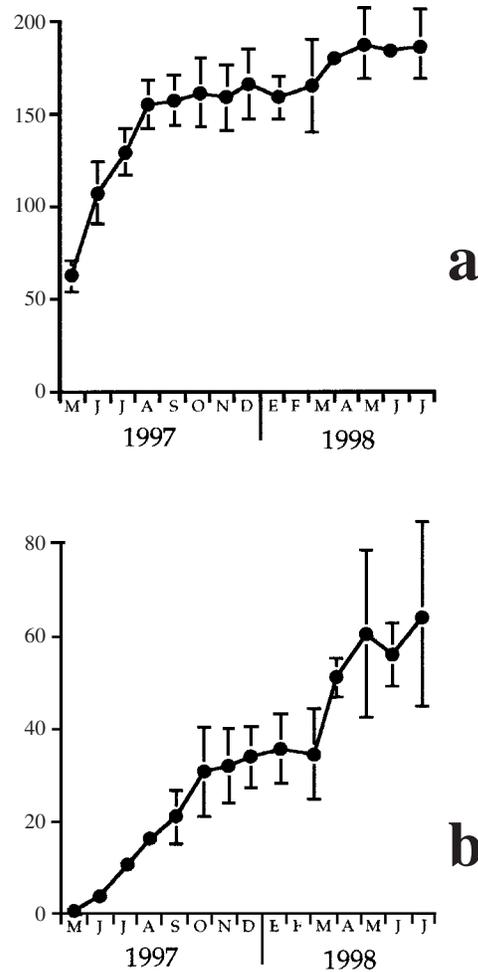


Fig. 2. *Pinna carnea*. Crecimiento de la concha en condiciones de cultivo suspendido en Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. a) Dimensión en axis dorso-ventral (mm) y b) masa seca (g). Las líneas verticales indican el error estandar.

Fig. 2. *Pinna carnea*. Shell growth in suspended culture at Turpialito in the Golfo de Cariaco, Venezuela. a) dorso-ventral dimension (mm) and b) dry mass (g). Vertical bars represent standard errors.

ducción gonadal se incrementó de forma acelerada y significativa hasta el 18 septiembre 1997, cuando la masa del tejido reproductivo disminuyó significativamente hasta 23 de enero 1998, indicando la expulsión de gametos o desove en los individuos. Posterior a este período, la masa se mantuvo con valores

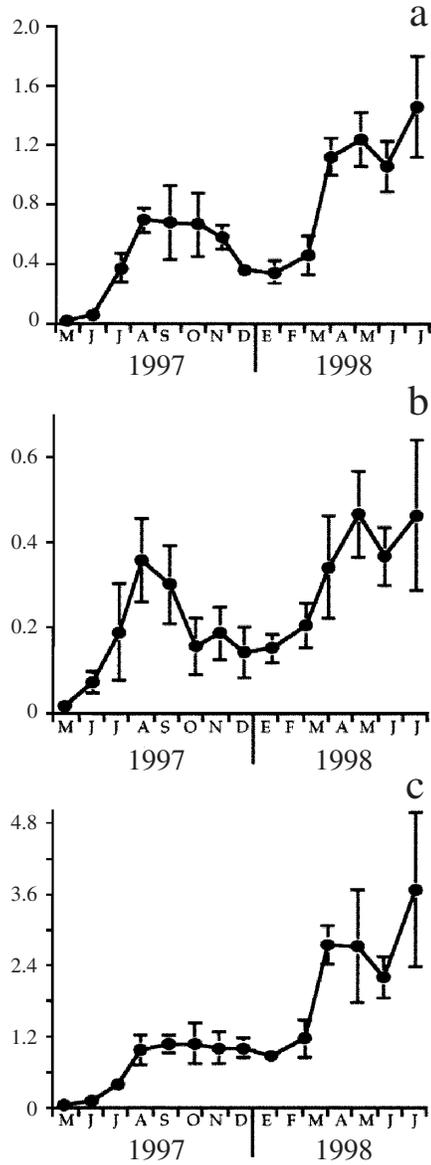


Fig. 3. *Pinna carnea*. Crecimiento del tejido somático seco (g) en condiciones de cultivo suspendido en Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. a) músculo, b) glándula digestiva y c) resto tejido somático. Las líneas verticales indican el error estándar.

Fig. 3. *Pinna carnea*. Growth of dry somatic tissues (g) in suspended culture at Turpialito in the Golfo de Cariaco, Venezuela. a) Muscle, b) gland digestive and c) remaining somatic tissues. Vertical bars represent standard errors.

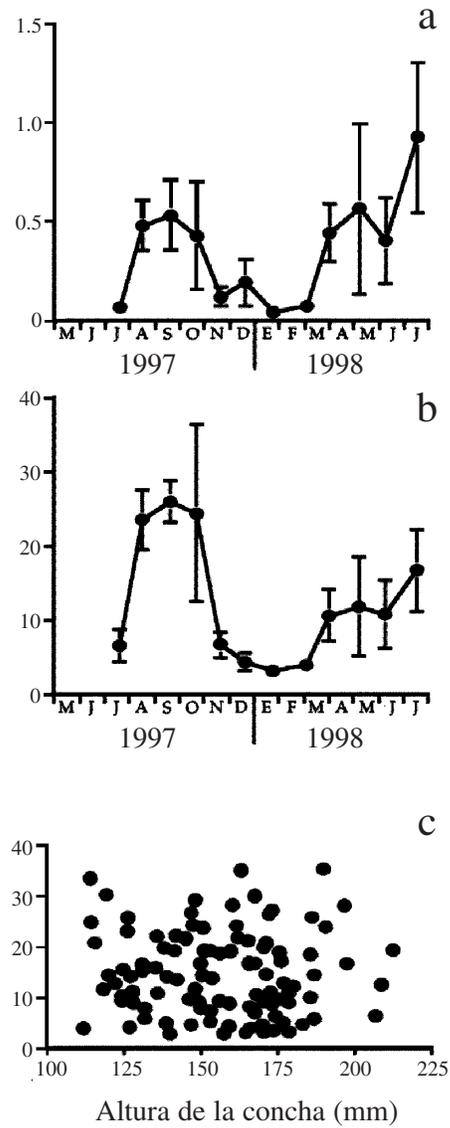


Fig. 4. *Pinna carnea*. a) Crecimiento del tejido reproductivo seco (g), b) variabilidad del índice gonadosomático relativo al periodo experimental y c) a la talla en axis dorso-ventral (mm), en condiciones de cultivo suspendido, en Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. Las líneas verticales indican el error estándar.

Fig. 4. *Pinna carnea*. a) Growth of reproductive tissues (g), b) variability in the gonadosomatic index relative to experimental period and c) to dorso-ventral dimension of the shell (mm), in suspended culture at Turpialito in the Golfo de Cariaco, Venezuela. Vertical bars represent standard errors.

mínimos hasta principios de marzo, mostrando un período de inactividad o reposo sexual, para luego, incrementar significativamente hasta el final del período de experimentación.

La proporción de la masa seca de la gónada, con respecto al tejido somático (índice gonadosomático) y la masa de la gónada, muestran una tendencia similar en el transcurso del período experimental (Fig. 4ab).

Durante el período diez de agosto-20 octubre 1997 el índice mostró sus más altos valores (23-26%), con un alto índice de dispersión al final, seguido de una significativa y marcada disminución en noviembre con un bajo índice de dispersión, indicando que el desove comenzó de forma parcial en octubre 1997 culminando de forma total hacia el 20 noviembre 1997. Para el segundo proceso de reproducción (cuatro marzo-15 julio), aunque se registró la mayor producción gonadal (Fig. 4a), el índice gonadosomático mostró valores inferiores que en el primer período reproductivo (18 julio-20 noviembre), debido a un segundo y mayor incremento en masa de los tejidos somáticos (Fig. 4a,b y c). En este segundo período de reproducción las medias mostraron índices elevados de dispersión, sugiriendo la ocurrencia de desoves parciales. Observaciones visuales de las gónadas en cuanto a la diversidad de color y textura en dichos muestreos, soportan los resultados analizados. La relación de la talla con respecto al índice gonadosomático (Fig. 4c) mostró una alta dispersión de los valores, sustentando la existencia de desoves parciales antes señalados. Esta dispersión claramente comienza a partir de los 120 mm, sugiriendo esta talla como la mínima para la reproducción.

El patrón de la temperatura se caracterizó por una gran variabilidad (Fig. 5a). Entre el período de junio a principios de septiembre 97, se registraron los mínimos valores de temperatura, manteniéndose entre los 22.2 y 25.5 °C; posteriormente, se manifestó un incremento marcado de temperatura de 4 °C, alcanzando

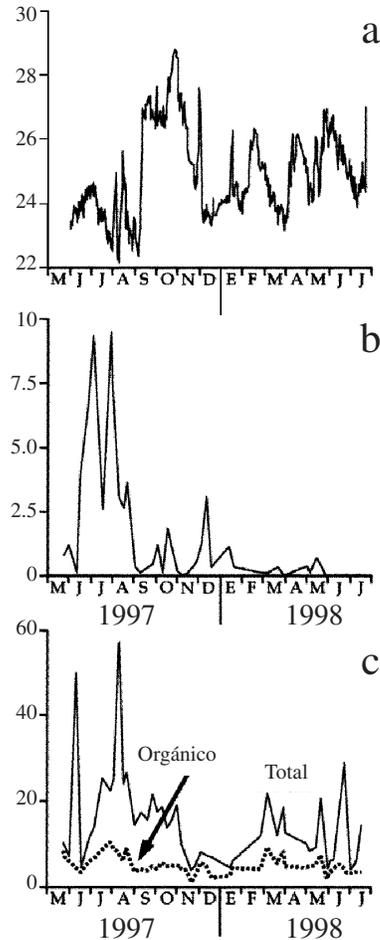


Fig. 5. a) Variación de la temperatura (°C), b) biomasa fitoplanctónica estimada por clorofila *a* ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) y c) seston total y orgánico (mg), durante el período de experimentación en Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela.

Fig. 5. a) Variation in temperature (°C), phytoplankton biomass estimated by chlorophyll *a* ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) and c) total and organic seston (mg), during the study period at Turpialito in the Golfo de Cariaco, Venezuela.

los 27-29 °C hasta finales de octubre 97, cuando la temperatura bajó notablemente, para luego mantenerse con una gran variabilidad entre los 23.4 y los 26.8 °C hasta el final del período de experimentación.

La biomasa fitoplanctónica, estimada mediante clorofila *a*, mostró también un patrón de gran variabilidad, donde los altos valores de

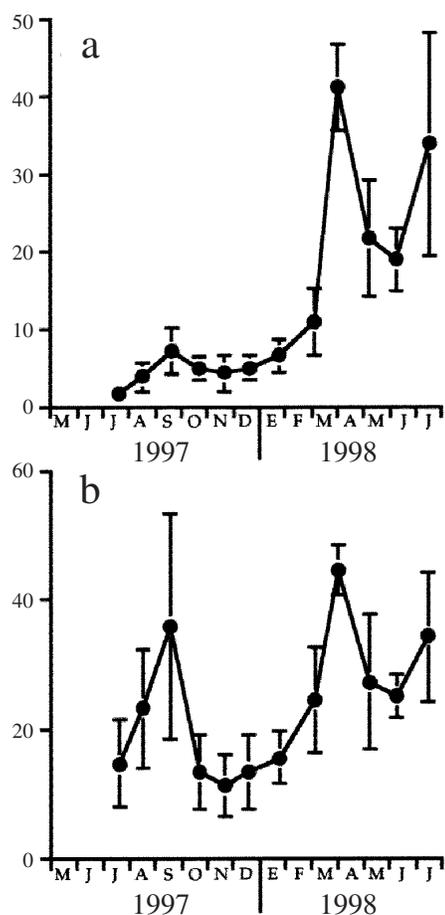


Fig. 6. *Pinna carnea*. a) Variación mensual de la masa seca del "fouling" (g) y b) su proporción (%) relativa a la masa seca de la concha, en condiciones de cultivo suspendido, en Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. Las líneas verticales indican el error estándar.

Fig. 6. *Pinna carnea*. a) Monthly variation in the dry mass of fouling organisms on shells (g), and b) its mass as a proportion (%) of dry shell mass, in suspended culture in Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. Vertical bars represent standard errors.

clorofila *a* se obtuvieron en los primeros 7 meses (Fig. 5b). A partir de principios de junio hasta agosto 97 los valores se mantuvieron por encima de  $2.5 \mu\text{gL}^{-1}$ , alcanzando concentraciones sobre los  $9 \mu\text{gL}^{-1}$ . En los períodos restantes, generalmente, la clorofila *a* se mantuvo por debajo de  $1 \mu\text{gL}^{-1}$ , exceptuando

picos pequeños (hasta  $2.7 \mu\text{gL}^{-1}$ ) en octubre y diciembre 1997. Una tendencia similar a la de clorofila *a* se observó en el seston (Fig. 5c). Los períodos con alto contenido de material particulado, generalmente se registraron entre junio-noviembre 1997 ( $6\text{-}59 \text{mgL}^{-1}$  y  $5\text{-}10 \text{mgL}^{-1}$  para el seston total y su fracción orgánica, respectivamente) y a partir de febrero con mayor variabilidad y generalmente de menor magnitud. El seston orgánico mostró valores bajos con respecto al seston total, indicando que el mayor aporte al seston, generalmente en más del 50%, es de materia inorgánica particulada.

El "fouling" sobre la concha y su proporción con respecto a la misma, durante el transcurso del período experimental mostró similar tendencia de variabilidad periódica (Fig. 6a,b). En general los valores medios se mantuvieron por debajo de 8 g de masa seca del "fouling", sin mostrar diferencias mensuales significativas, hasta el mes de marzo 1998, representando estos valores menos del 24.5 % de la masa seca de la concha. Posterior a este período, un aumento significativo fue observado en abril 1998, a partir de donde se observaron con disminuciones e incrementos significativos hasta el final del período de experimentación. Estos valores estuvieron entre el 25 y 45% de la masa seca de la concha.

El análisis de regresión múltiple para los parámetros de crecimiento en función de los factores ambientales no mostraron un valor predictivo significativo ( $P > 0.05$ ) del crecimiento de la concha (Cuadro 1). Contrariamente, el resto de los parámetros que mostraron una relación altamente predictiva ( $r^2 > 0.55$ ,  $P < 0.003$ ), exceptuando la glándula digestiva donde el valor predictivo fue bajo ( $r^2 = 0.28$ ) aunque significativo ( $P < 0.037$ ). En dichos modelos el seston orgánico mostró ser el único factor predictivo, exceptuando en la relación para el músculo, donde la variabilidad es explicada en un 82% por la interacción de los factores seston orgánico y temperatura.

CUADRO 1

*Modelos finales de los análisis de regresión múltiple. Relaciones entre la tasa específica de crecimiento de los parámetros de crecimiento e índice gonadosomático de Pinna carnea como una función de las variables ambientales. Los predictores potenciales fueron la temperatura del agua, el sestón total, orgánico e inorgánico y la biomasa fitopláctónica, estimada por clorofila a. Las variables no incluidas en el modelo fueron rechazadas a un nivel de significancia  $P=0,05$ . Las variables independientes incluidas en el modelo son ordenadas de forma decreciente, según su correlación. Temperatura = T y sestón orgánico = SO.*

TABLE 1

*Final models in the multiple regression analyses. The relationship between the specific growth rate in the growth parameters and gonadosomatic index of Pinna carnea as a function of environmental variables. Potential predictors were water temperature, total, organic and inorganic seston, and phytoplanktonic biomass estimated by chlorophyll a. Variables not listed in the models were rejected ( $P=0.05$ ) and significant variables are listed in the order of decreasing correlation. Temperature = T and organic seston = SO.*

Parámetro de crecimiento	Modelo	$r^2$	P
Alto	—	—	NS
Largo	—	—	NS
Ancho	—	—	NS
Concha	—	—	NS
Músculo	$0.502 T + 0.611 SO - 0.478$	0.82	<0.0001
Glándula	$0.559 SO + 0.361$	0.28	<0.0379
Resto de tejido	$0.620 SO + 0.292$	0.55	<0.0023
Gónada	$1.576 SO - 0.810$	0.61	<0.0027
I. gonadosomático	$0.745 SO + 0.158$	0.65	<0.0016

## DISCUSIÓN

Ninguna información sobre aspectos biológicos de *Pinna carnea* en el Golfo de Cariaco se encuentra disponible. En el Caribe Colombiano, García-Valencia *et al.* (1997) determinaron que la reproducción es constante y presenta dos épocas de máximo reclutamiento de juveniles, comprendidas entre junio-agosto y octubre-enero. Estos resultados difieren de los encontrados en el presente estudio, donde la máxima recolecta se presentó en el primer semestre del año. Gran parte de la diferencia, en cuanto a los períodos de captación de *P. carnea* en ambas regiones, son posiblemente debidos a efectos relativos a la diferencia geográfico-climática y su influencia en la hidrología de sus cuerpos de agua. Aparte de los períodos reproductivos, la depredación en el colector o bien el suceso de fijación correlativo con variables ambientales adversas pudieron

ser determinantes de la diferencia en las épocas de recolecta en las regiones antes señaladas. Una observación que soporta esta hipótesis, es que la ausencia de juveniles de *Pinna carnea* encontrada en el presente estudio, dentro de períodos de estratificación de la columna de agua asociados a períodos de condiciones ambientales desfavorables en la zona de estudio (Lodeiros y Himmelman 1994, Lodeiros 1996), es correlativa con una alta abundancia de gasterópodos, muchos de los cuales, al crecer podrían ejercer actividades depredativas de bivalvos en los colectores (Márquez 1996; Lodeiros *et al.* 1997).

La no captación de juveniles a través de todo el año y el establecimiento de un período de reposo sexual (20 noviembre 1997-cuatro marzo 1998) sugiere que la especie en el Golfo de Cariaco no posee un comportamiento de reproducción continua a través del año, como el reportado para el Caribe Colombiano. En el

Golfo de Cariaco, muchas especies han mostrado este comportamiento, como el caso de *Euvo-la ziczac* que posee dos períodos de reproducción al año (Vélez *et al.* 1987; Lodeiros y Himmelman 1994); sin embargo, la mayoría de las especies estudiadas: *Argopecten nucleus* (Lodeiros *et al.* 1993), *Lyropecten nodosus* (Vélez *et al.* 1987), *Pinctada imbricata* (Marcano 1984, Ruffini 1984, León y Millan 1996, Villalba 1995, Lodeiros *et al.* 1997), *Pteria colymbus* (Lodeiros *et al.* 1999), *Tivela mactroides* (Prieto 1980), *Arca zebra* (Mora 1985), y *Donax denticulatus* (Vélez *et al.* 1985), muestran una reproducción continua a través del año, característica de zonas tropicales.

El modelo resultante del análisis de regresión múltiple, indicando al seston orgánico como un predictor positivo del incremento de la gónada y del índice reproductivo, sugiere que la disponibilidad de alimento es un factor determinante para el crecimiento reproductivo. La correlatividad del seston orgánico con los períodos de máxima incidencia de vientos alisios, sugieren una adaptabilidad estacional de los procesos reproductivos de *P. carnea* a la surgencia establecida en el Golfo de Cariaco y su comportamiento reproductivo, es un ejemplo más de la divergencia en estrategias reproductivas que acontecen en el Golfo de Cariaco, producto de una variabilidad ambiental ocasionada por efectos de la surgencia (Lodeiros y Himmelman 1994).

La disminución de la masa de los tejidos somáticos coincidió con el primer período reproductivo observado en el presente estudio, sugiriendo que existe una influencia de la reproducción en el crecimiento somático, tal como ocurre en *Lyropecten nodosus* en condiciones de cultivo suspendido en el área de estudio, donde la disminución de masas del tejido somático, en el proceso reproductivo, ha mostrado un metabolismo activo de transferencia energética del soma hacia la gónada (Lodeiros C., datos no publicados). Todo ello sugiere que la disponibilidad de alimento no es suficiente para soportar tanto el crecimiento somático como reproductivo; esta transferencia de energía del tejido somático hacia el tejido ger-

minial, en el proceso reproductivo, también ha sido observada en otros bivalvos (Gabbott 1983, Barber y Blake 1991, Bricelj y Shumway 1991). A partir del primer desove, los individuos no mostraron un crecimiento sostenido, sin incrementos aparentes de la concha y en los tejidos somáticos, característicos de un período de estrés fisiológico. Esta baja condición fisiológica de los individuos, posiblemente fue debida a la condición ambiental desfavorable acontecida para ese período (poca disponibilidad de alimento y altas temperaturas), unido a la condición de postdesove. La condición de estrés en períodos de desove ha sido un fenómeno observado en especies de zonas templadas (Worrall y Widdows 1984, Newell y Barber 1988) y zonas tropicales; por ejemplo, en la vieira tropical *Euvo-la ziczac* de bancos naturales ubicados en el Golfo de Cariaco, la capacidad oxidativa de las mitocondrias del músculo se encuentra reducida, coincidiendo con una disminución de los sustratos energéticos (Guderley *et al.* 1995, Boadas *et al.* 1997). Todo ello indica que factores intrínsecos (reproducción) y extrínsecos (períodos ambientales adversos) pudieron influenciar a *P. carnea* y producir un cese del crecimiento.

La temperatura y la disponibilidad de alimento son los factores ambientales considerados de mayor incidencia en el crecimiento de bivalvos marinos (MacDonald y Thompson 1985, Wallace y Reinsnes 1985, Griffiths y Griffiths 1987, Thompson y MacDonald 1991, Lodeiros y Himmelman 1994). En el presente estudio, los resultados obtenidos de los análisis de regresión múltiple entre los parámetros de crecimiento en función de las variables ambientales estudiadas no mostraron relación significativa en cuanto al crecimiento de la concha, por lo que se descarta la posible modulación ambiental en el crecimiento de la misma. Ello soporta además, las argumentaciones de que la producción de concha no requiere grandes cantidades de energía señalado para otros bivalvos (Thompson y MacDonald 1991, Lodeiros y Himmelman 1994). Los demás parámetros de crecimiento, exceptuando la glándula digestiva, mostraron una relación

predictiva con la fracción orgánica del seston, sugiriendo a la disponibilidad de alimento como el principal factor que modula la variabilidad del crecimiento. La disponibilidad de alimento ha sido señalada como el factor principal que modula el crecimiento en *Euvola ziczac* y *Lyropecten nodosus* en el Golfo de Cariaco (Rengel 1995, Lodeiros 1996); sin embargo, el seston fue descartado como el factor determinante de la disponibilidad de alimento en estos estudios, siendo la biomasa fitoplanctónica el factor determinante. Ello sugiere posiblemente un comportamiento diferencial en la asimilación energética de *P. carnea* y los pectínidos antes mencionados. La no asociación de estos individuos en su hábitat natural soporta la hipótesis antes señalada.

El "fouling" es otro factor que podría incidir en la sobrevivencia y crecimiento de muchos organismos marinos. Muchos autores sugieren que el crecimiento de organismos marinos en cultivo está limitado por el "fouling" (Lodeiros y Himmelman 1996); sin embargo, otros no reportan efecto alguno (Bourne *et al.* 1989, Minchin y Duggan 1989, Wallace y Reinsnes 1985, Widman y Rhodes 1991). Las relaciones no predictivas obtenidas de las relaciones entre los parámetros de crecimiento y este factor descartan la hipótesis de que los organismos del "fouling" pudieran afectar el crecimiento de *P. carnea*.

Existe la posibilidad de que la presencia de depredadores en las cestas de cultivo causen un efecto negativo en la sobrevivencia de dichos organismos. En el Caribe Colombiano, García *et al.* (1997) reportaron para *P. carnea* un promedio mensual de sobrevivencia por debajo del 65% asociada a la presencia de depredadores (gasterópodos y crustáceos). A diferencia del Caribe Colombiano, en el presente estudio se observó un alto índice de sobrevivencia durante todo el período experimental (100%), excepto en los dos primeros meses cuando la sobrevivencia bajó a 96-94%. Los organismos muertos estaban asociados a la presencia de gasterópodos depredadores, específicamente *Cymatium poulsoni*. Es de esperar, entonces, que el depredador llega a la

cesta, en estado larvario y se desarrolla rápidamente pudiendo depredar a los juveniles de *P. carnea*. Esta depredación por *C. poulsoni* ha sido ya descrita en los inicios del cultivo suspendido de *E. ziczac* (Vélez *et al.* 1995, Freitas *et al.* 1995). Un estudio reciente de Freitas *et al.* (1999) sobre la acción depredadora de *C. poulsoni* y otros tales como los decápodos *Mithrax forceps*, *Pilumnus caribbaeus* y *Melippe nodifrons* y los gasterópodos *Cymatium piliare* y *Cymatium muricinum*, confirma la gran influencia negativa que pueden tener, estos organismos en el cultivo intermedio de bivalvos en zonas tropicales. En vista de ello, se recomienda un control, al menos mensual, de las cestas en los primeros meses de crecimiento, en función de extraer a los depredadores.

El músculo de *P. carnea* es semejante al de los pectínidos. Nuestros resultados indican que al cabo de un año de cultivo en cestas suspendidas, el bivalvo alcanza tallas de músculo de 1.1 g de masa seca, equivalentes a 3.8 g de masa húmeda. Considerando uno a dos meses de producción de semillas (colecta natural o en condiciones controladas), la producción podría establecerse en unos 14 meses. Este tiempo se muestra inadecuado para establecer producciones de cultivo en el trópico, esto y la talla del músculo que es alcanzada, que aunque comercial, es la de menor precio en el mercado (Dore 1991), unido a una recolecta de semillas moderada (<80 individuos por colector) y no continua, permite sugerir que el cultivo en condiciones suspendidas en el Golfo de Cariaco de *P. carnea*, en función de producir músculos parece inadecuado. Por otra parte, la gran variabilidad de crecimiento muscular dependiente de factores intrínsecos y extrínsecos, soportan la consideración anterior. No obstante, el músculo es tan solo el 18.6% del tejido completo, el cual es comestible en su totalidad, obteniéndose una masa húmeda total alcanzada de 20.5 g, tejido considerable para la producción, ello unido a la alta sobrevivencia acontecida, sugiere proponer a *P. carnea* como una especie potencial para el cultivo alternativo, posiblemente con otras especies captadas naturalmente, tales como las ostras perleras *Pteria colymbus* y

*Pinctada imbricata*, las cuales se captan continuamente y con una abundancia elevada, soportando un crecimiento adecuado bajo condiciones de cultivo suspendido. (Lodeiros *et al.* 1997, Lodeiros *et al.* 1999, Pico *et al.* 1999). Otra alternativa que podría incrementar el interés para el cultivo de *P. carnea* sería la producción masiva de semillas en condiciones controladas, en tal sentido se recomienda un estudio de factibilidad de producción de semillas en "hatchery".

#### AGRADECIMIENTOS

El proyecto fue parcialmente financiado por el Departamento de Biología Pesquera del Instituto Oceanográfico de Venezuela y el Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente. Los autores agradecen al personal de la Estación Hidrobiológica de Turpialito, en especial a A. Sotillet por la asistencia técnica.

#### RESUMEN

Se evaluó la abundancia de juveniles de *Pinna carnea*, el crecimiento y su relación con factores ambientales en cultivo suspendido en Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. La abundancia se determinó usando colectores suspendidos a 8 m de profundidad en "long line" durante 16 meses. El crecimiento se determinó en cestas de cultivo en un "long line" a 8 m de profundidad y la temperatura y disponibilidad de alimento fueron registrados durante 15 meses. Todos los componentes del cuerpo se incrementaron rápidamente durante los primeros cuatro-cinco meses, posteriormente la masa de todos los tejidos somáticos muestran disminución y gran variabilidad en el crecimiento, coincidiendo con el primer período de desove, lo cual sugiere una influencia negativa de la gametogénesis en el crecimiento somático. Un análisis de regresión múltiple indicó una alta relación del crecimiento y la disponibilidad de alimento. Aunque se determinó una adecuada abundancia de juveniles (máximo 80 por colector-30x60 cm), la recolecta no fue continua. Esta característica, junto con la alta variabilidad del crecimiento y la influencia negativa de los factores ambientales en períodos desfavorables, además de la obtención de músculos de talla comercial en 14 meses, sugieren que la especie no es apropiada para la producción de músculos. Sin embargo, la elevada masa total de sus tejidos comestibles (21 g) y la alta sobrevivencia (>96%), sugieren a *P. carnea* para ser cultivada.

#### REFERENCIAS

- Arizpe, O. & R. Félix. 1986. Crecimiento de *Pinna rugosa* (Sowerby, 1835) en la Bahía de la Paz, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México 13: 167-172.
- Arizpe, A. 1987. Reclutamiento y Mortalidad de *Pinna rugosa* (Sowerby, 1835) en condiciones semicontroladas en la Bahía de la Paz, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México 14: 249-254.
- Arizpe, A. 1995. Mortality, growth and somatic secondary production of the bivalve, *Pinna rugosa* (sowerby), in suspended and bottom culture in Bahía de la Paz, Mexico. Aquaculture Res. 26: 843-853.
- Barber, B.J. & N.J. Blake. 1991. Reproductive physiology, p. 377-428. In Shumway S.E. (ed.). Scallops: biology, ecology and aquaculture. Developments in Aquaculture and Fisheries Science Vol. 21, Elsevier. Nueva York.
- Boadas, M., O. Nusetti, F. Mundarain, C. Lodeiros & H.E. Guderley. 1997. Seasonal variation in the properties of muscle mitochondria from the tropical scallop, *Euvola (Pecten) ziczac*. Mar. Biol. 128: 247-255.
- Bourne, N., C. Hudgson & C. Whyte. 1989. A manual for scallop culture in British Columbia. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 215 p.
- Bricelj, V.M. & S. Shumway. 1991. Physiology: Energy acquisition and utilization, p. 305-346. In Shumway S.E (ed). Scallops: biology, ecology and aquaculture. Developments in Aquaculture and Fisheries Science Vol. 21, Elsevier. Nueva York.
- Castellanos, C., J. Urban & F. Borrero. 1997 Variación estacional y espacial en la fijación de postlarvas de seis especies de bivalvos (*Pinctada imbricata*, *Ptereria colymbus*, *Pinna carnea*, *Nodipecten nodosus*, *Argopecten nucleus* y *Euvola ziczac*) en el Caribe Colombiano, Región Santa Marta. Resúmenes expandidos, Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar (VII COLACMAR). Vol. I, p. 155.
- Cendejas, J.M, M.G Caravallo, L.M Juarez. 1985. Experimental spat collection and early growth of the pen shell *Pinna rugosa* (Pelecypoda: Pinnidae), from the gulf of California. Aquaculture 48: 331-336.
- Diaz, J. & M. Puyana. 1994. Moluscos del Caribe Colombiano. COLCIENCIAS, Fundación NATURA. INVE-MAR. Bogotá, 323 p.
- Dore, I. 1991. Shellfish: a guide to oysters, mussels, scallop, clams and similar products for the commercial

- user. Van N-R. Nueva York. 93 p.
- Freites, L., B. Vera, A. Vélez & C. Lodeiros. 1995. Efecto de la densidad sobre el crecimiento y la supervivencia de juveniles de *Euvola (Pecten) ziczac* (L.) bajo condiciones de cultivo suspendido. *Ciencias Marinas* 21: 361-372.
- Freites, L., Lodeiros C. & J.H. Himmelman. 1999. Impact of recruiting gastropod and decapod predators on the scallop *Euvola ziczac* (L.) in suspended culture. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 244: 295-303.
- Gabbott, P.A. 1983. Developmental and seasonal metabolic activities in marine molluscs. In Hochachka P. W. (ed.). *The mollusca*. Academic. Nueva York.
- García-Valencia, C., J. Urban & F. Borrero. 1997. Dinámica poblacional de la hacha *Pinna carnea* (Gmelin, 1791) (Bivalvia: Pinnidae) del Caribe Colombiano, Región Santa Marta. Resúmenes expandidos, Congreso Latinoamericano sobre ciencias del mar (VII COLACMAR) Vol. I, p. 354.
- Griffiths, C.L. & R.J. Griffiths. 1987. Bivalvia. p. 1-88. In Pandian J.H. & F.J. Vernberg (eds.). *Animal Energetics*. Academic. Nueva York.
- Guderley, H. E., F.R. Rojas & O. Nusetti. 1995. Metabolic specialization of mitochondria from scallop phasic muscles. *Mar. Biol.* 122: 409-416.
- Hair, J.F., R.E. Anderson, L.R. Tatham & W.C. Black. 1992. *Multivariate data analysis with regard to*. MacMillan. Nueva York. 544 p.
- León, S. & Q. Millán. 1996. Variación del índice de condición y de la composición bromatológica de la ostra perliera *Pinctada imbricata* Röding, 1798 (Mollusca: Bivalvia) de las Cabeceras, Islas de Cubagua, Venezuela. *Mem. Cienc. Nat. La Salle.* 146: 23-31.
- Lodeiros, C., L. Freites, M. Nuñez & J.H. Himmelman. 1993. Growth of the Caribbean scallop *Argopecten nucleus* (Born 1780) in suspended culture. *J. Shellfish Res.* 12: 291-294.
- Lodeiros, C. & J.H. Himmelman. 1994. Relations among environmental conditions and growth in the tropical scallop *Euvola (Pecten) ziczac* (L.) in suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture*. 119: 345-358.
- Lodeiros, C. & J.H. Himmelman. 1996. Influence of fouling on the growth and survival of the tropical scallop, *Euvola (Pecten) ziczac* (L. 1758) in suspended culture. *Aquaculture Res.* 27: 749-756.
- Lodeiros, C.J. 1996. Influence des facteurs environnementaux sur la croissance du pétoncle tropical *Euvola (Pecten) ziczac* (L. 1758) cultivé en suspension au Golfo de Cariaco, Venezuela. Ph.D. thesis, Université Laval, Québec, Canada.
- Lodeiros, C., N. Narváez, J. Rengel, B. Márquez, M. Jiménez, N. Marín & L. Freites. 1997. Especies de bivalvos marinos con potencialidad para ser cultivados en el nororiente de Venezuela. Un estudio preliminar. XLVII Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia AsoVac, Noviembre 1997, Valencia.
- Lodeiros, C., J.J. Rengel, L. Freites, F. Morales & J.H. Himmelman. 1998. Growth and survival of the tropical scallop *Lyropecten (Nodipecten) nodosus* maintained in suspended culture at three depths. *Aquaculture* 165: 41-50.
- Lodeiros C., J.J. Rengel & J.H. Himmelman. 1999. Growth of *Pteria colymbus* (Röding, 1789) in suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *J. Shellfish Res.* 18: 155-158.
- MacDonald, B. & R. Thompson. 1985. Influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magallanicus*. I. Growth rates of shell and somatic tissue. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 25: 279-294.
- Mandelli, E. & E. Ferraz-Reyes. 1982. Primary production and phytoplankton dynamic in a tropical inlet, Gulf of Cariaco, Venezuela. *Inst. Revue. Ges. Hydrobiol.* 67: 85-95.
- Marcano, V. 1984. Aspectos biológicos de la reproducción en la ostra perla *Pinctada imbricata* (Röding, 1798) (Mollusca: Bivalvia) de Punta Las Cabeceras, Isla de Cubagua, Venezuela. Tesis de Grado, Departamento de Biología, Universidad de Oriente.
- Márquez, B. 1996. Variación estacional de la fijación de la ostra negra *Pteria colymbus* (Röding, 1798) (Bivalvia: Pteriidae) a diferentes profundidades en la localidad de Turpialito, Golfo de Cariaco, Edo. Sucre, Venezuela. Tesis de grado, Departamento de Biología, Universidad de Oriente.
- Minchin, D. & C.B. Duggan. 1989. Biological control of the mussel in shellfish culture. *Aquaculture* 81: 97-100.
- Moigis, A. G. 1986. Variación anual de la productividad primaria del fitoplancton en el Golfo y en la Fosa de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 25: 115-126.

- Mora, J. A. 1985. Distribución por talla, ciclo gonádico e índice de engorde de la pepitona *Arca zebra* en Boca de Río, Isla de Margarita. Tesis de Grado, Departamento de Biología, Universidad de Oriente.
- New, M. 1997. Aquaculture and the capture fisheries. Balancing the scales. *World Aquaculture* 28: 11-30.
- Newell, R.I. & J.B. Barber. 1988. A physiological approach to study of bivalve molluscan diseases. *American Fisheries Society Special Publication* 18: 269-280.
- Okuda, T., J. Benitez-Alvarez, J. Bonilla & G. Cedeño. 1978. Características hidrográficas del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 17: 69-88.
- Okuda, T. 1981. Water exchange and the balance of phosphate in the Gulf of Cariaco, Venezuela, p. 274-281. *In* Richard, F.A. (ed.) *Coastal Upwelling*, Coast. Estuar. Sci.
- Pico D., Nuñez M., Narváez N. & Lodeiros C. 1999. Crecimiento de la ostra perlífera *Pinctada imbricata* Röding, 1798 en condiciones de cultivo suspendido y de fondo en el Golfo de Cariaco, Venezuela. Libro Resúmenes, II Congreso Suramericano de Acuicultura, Venezuela '99, Puerto La Cruz, Venezuela. p. 115.
- Prieto, A. 1980. Contribución a la ecología de *Tivela macroides* (Born, 1778). Aspectos reproductivos. *Bol. Inst. Oceanogr. S. Paulo* 29: 323-328.
- Rengel, J. 1995. Crecimiento y distribución de sustratos energéticos de la vieira *Nodipecten (Lyropecten) nodosus* L. 1758 bajo condiciones de cultivo suspendido, en el Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. Tesis de grado, Departamento de Biología, Universidad de Oriente.
- Ruffini, E. 1984. Desarrollo larval experimental de la ostra perla *Pinctada imbricata* (Röding, 1798) (Mollusca: Bivalvia) y algunas observaciones sobre su reproducción en el banco natural de Punta Las Cabeceras, Isla de Cubagua, Venezuela, Tesis de Grado, Universidad de Oriente.
- Simpson, J.G. & R. C. Griffiths. 1971. Upwelling and biological production in the Gulf of Cariaco, Venezuela. *MAC series Recursos y Explotación Pesqueros*, 2, 23p.
- Strickland, J.D.H. & T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Board Can. No. 167*. 310 p.
- Thompson, R. J. & B.A. MacDonald. 1991. Physiological integrations and energy partitioning, p. 347-376. *In* Shumway S.E. (ed.). *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture. Developments in Aquaculture and Fisheries Science Vol. 21*, Elsevier. Nueva York.
- Vélez, A., B. Venables & L. Fitzpatrick. 1985. Growth and production of the tropical beach clam *Donax denticulatus* (Tellinidae) in eastern Venezuela. *Carib. J. Sci.* 21: 63-73.
- Vélez, A., F. Sotillo & J. Pérez. 1987. Variación estacional de la composición química de los pectínidos *Pecten ziczac* y *Lyropecten nodosus*. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 26: 67-72.
- Vélez, A. & C. Lodeiros. 1990. El cultivo de moluscos en Venezuela, p. 345-369. *In* Hernandez A. (ed.) *Cultivo de moluscos en America Latina*. Red Regional de Entidades y Centros de Acuicultura de América Latina. CIID-Canada.
- Vélez, A., L. Freites, J.H. Himmelman, W. Senior & N. Marín. 1995. Growth of the tropical scallop, *Euvola (Pecten) ziczac* (L.), in bottom and suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture* 136: 257-276.
- Villalba, W. 1995. Biomasa de los compartimientos específicos de la producción secundaria en la ostra perla *Pinctada imbricata* (Röding 1798) de la localidad del Guamache, Edo. Sucre, Venezuela. Tesis de grado, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente.
- Wallace, J.C. & T.G. Reinsnes. 1985. The significance of various environmental parameters for growth of Iceland scallop *Chlamys islandica* (Pectinidae) in hanging culture *Aquaculture* 44: 229-242.
- Warmke, G.L. & R.T. Abbott. 1975. *Caribbean Seashells*. Dover. Nueva York. 348 p.
- Widman, J.C. & E.W. Rhodes. 1991. Nursery culture of the bay scallop, *Argopecten irradians irradians*, in suspended mesh nets. *Aquaculture* 99: 257-267.
- Worrall, C.M. & J. Widdows. 1984. Investigation of factors influencing mortality in *Mytilus edulis* L. *Mar. Biol. Letters* 5: 85-97.