

Crecimiento y supervivencia de la madre perla *Pinctada imbricata* (Röding 1798), bajo condiciones de cultivo suspendido, en cuerdas y cestas perleras

Dulce Semidey¹, Adrian Marquez^{1,2} y César Lodeiros^{1,2,3*}

¹Universidad de Oriente (UDO), Grupo de Investigación en Biología de Moluscos, Cumaná 6101, Venezuela.

*Correo electrónico: cesarlodeirosseijo@yahoo.es.

²Fundación para la Investigación y Desarrollo de la Acuicultura del estado Sucre, Cumaná 6101, Venezuela.

³UDO, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Cumaná 6101, Venezuela.

RESUMEN

Se evaluó el crecimiento y la supervivencia de juveniles de la madre perla *P. imbricata* mantenidas durante seis meses en cuerdas y cestas perleras suspendidas de un *long line* (Bahía de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela). Se sembraron semillas de 15 mm y se determinó mensualmente la supervivencia, así como la longitud de la concha y masas del músculo, resto de tejido y biso. La variación en la salinidad, temperatura, clorofila *a*, seston, oxígeno disuelto y *fouling* en la concha se determinó cada 15 días. Las ostras en seis meses alcanzaron tallas de longitud dorso-ventral cercanas a los 50 mm. El patrón de crecimiento en longitud de la concha fue similar para ambos sistemas de cultivo; no obstante, al final del experimento, las ostras de las cuerdas alcanzaron valores del biso mayores, y las de las cestas en el largo de la concha. No existieron diferencias significativas en el peso de los tejidos. La supervivencia mostró un patrón similar en ambos sistemas de cultivo, aunque una notable disminución ocurrió en las cestas para enero asociado a la incidencia del gastrópodo *Cymatium* sp. La biomasa fitoplanctónica estuvo relacionada positivamente con el crecimiento de *P. imbricata*, mostrando ser un factor importante en la modulación del crecimiento. Los resultados obtenidos sugieren la factibilidad de la utilización de cuerdas para el cultivo de *P. imbricata*.

Palabras clave: cultivo de bivalvos, Caribe, *Cymatium*, ostra perlera.

Growth and survival of the Atlantic pearl oyster *Pinctada imbricata* Röding 1798, under suspended culture conditions using hanging ropes and pearl nets

ABSTRACT

Growth and survival of juvenile pearl mother *Pinctada imbricata* was evaluated through six months of culture in suspended hanging ropes and pearl nets using a longline in Turpialito Bay, Cariaco Gulf, Venezuela. Pearl oyster seeds 15 mm long were cultured, evaluating survival, shell length, muscle, rest of the body and byssus mass monthly. Variations of salinity, temperature, chlorophyll *a*, seston, solved oxygen and shell fouling, were determined every two weeks. After six months, the oyster reached dorso-ventral length close to 50 mm. Shell growth pattern was similar for both types of culture, although byssus mass was higher in hanging ropes, while shell length was greater in pearl nets. No significant differences were found in body mass. Survival showed similar patterns in both culture systems, although a decrease in numbers occurred in January for the oysters in pearl nets, associated to the presence of the gastropod *Cymatium* sp. The phytoplanktonic biomass was positively

correlated to growth in *P. imbricata*, showing to be an important factor in growth modulation. The results suggest the use of the rope system for the culture of *P. imbricata*.

Keywords: bivalve culture, Caribbean, *Cymatium*, pearl Oyster.

INTRODUCCIÓN

En la zona nororiental de Venezuela se ha prestado particular atención al cultivo de varias especies de moluscos bivalvos, tales como el mejillón marrón *Perna perna*, la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* y la ostra americana *Crassostrea virginica*, las cuales han sido objeto de cultivo comercial, así como otras especies con las cuales se han desarrollado cultivos experimentales como los pectínidos *Euvola (Pecten) ziczac*, *Nodipecten (Lyropecten) nodosus* y *Argopecten nucleus*, el mejillón verde *Perna viridis*, el hacha o rompechinchorro *Pinna carnea* y las ostras perleras *Pteria colymbus* y *Pinctada imbricata* (Lodeiros y Freites, 2008).

El cultivo de *P. imbricata* ofrece un interés dual de producción, dirigido ya sea para el consumo o para la producción de perlas. *P. imbricata* pertenecientes al orden Pteroida, familia Pteriidae; presenta una concha redondeada, frágil, nacarada en el interior y en su exterior colores que varían desde marrón, y amarillo hasta el verde. Se distribuye en el Atlántico occidental, desde Carolina del Norte hasta Brasil (Lodeiros *et al.*, 1999). En Venezuela habita principalmente en la zona costera nororiental, donde se desarrolla una actividad socioeconómica relevante, debido a la extracción artesanal para comercializar la pulpa y no para la extracción de perlas, como se hacía en la época de la colonia (León *et al.*, 1987; Mackenzie *et al.*, 2003).

En Venezuela, se han realizado trabajos sobre la reproducción de *P. imbricata* (Ruffini, 1984; León, 1986), condujeron a establecer que la especie posee una reproducción con actividad a lo largo de todo el año, lo cual permitiría un continuo reclutamiento de juveniles para ser utilizados como semilla para los cultivos (Jiménez *et al.*, 2000). Por otro lado, Lodeiros *et al.* (2002), estudiaron el crecimiento y la supervivencia de *P. imbricata* demostrando que posee un mejor crecimiento y supervivencia en condiciones de cultivo suspendido en comparación con el de fondo. Estos resultados han mostrado una gran factibilidad del cultivo de *P. imbricata* en condiciones de cultivo suspendido.

Algunos países han desarrollado el cultivo de moluscos bivalvos aplicando las técnicas clásicas japonesas, basadas en la captación de las postlarvas en el medio ambiente marino y utilizando diferentes elementos de cultivo como las cestas perleras *pearl nets* (Ventilla, 1982). No obstante, la adquisición y/o construcción de cestas supone elevados costos de inversión, lo cual conduce a realizar esfuerzos para innovar con otros elementos de cultivo. Hasta el presente, los estudios realizados para determinar la factibilidad del cultivo de *P. imbricata* han utilizado, cestas y bolsas de malla plástica y *pocket nets* o red de bolsillo (Urban, 2000; Lodeiros, 2002; Velasco y Barros, 2010); sin embargo, se estima que *P. imbricata*, por segregar biso, de forma similar a los mitílicos, pueda adaptarse al sistema de cultivo en cuerdas, como los usados en el cultivo para mejillones, lo cual indudablemente disminuiría los costos de producción con una mayor rentabilidad.

El presente trabajo, estudia el crecimiento y la supervivencia de *P. imbricata* bajo condiciones de cultivo suspendido confinadas en cuerdas y cestas perleras (*pearl nets*). Dada la importancia de la influencia de los factores ambientales en los organismos bajo cultivo en la zona (Lodeiros y Freites, 2008), en el presente estudio se determinan una serie de factores ambientales y su asociación con el crecimiento y la supervivencia de las ostras bajo cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la costa aledaña a la Estación Hidrobiológica de Turpialito del Instituto Oceanográfico de Venezuela de la Universidad de Oriente (EHT-IOV-UDO), ubicada en el Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela (10° 26' 56" N 64° 02' 00" O).

Las "semillas" o juveniles de *P. imbricata* fueron colectadas de forma manual de estructuras de cultivo de peces en la estación marina Fernando Cervigón de la Universidad de Oriente ubicada en la Isla de Cubagua, estado Nueva Esparta y transportadas en

contenedores isotérmicos a la EHT-IOV-UDO, donde se aclimataron durante una semana, manteniéndolas en cestas perleras (*pearl nets*) suspendidas de un *long line* a la profundidad de 4m. Luego de la aclimatación, las semillas se seleccionaron por talla para obtener un grupo homogéneo ($14,7 \pm 2,99$ mm).

Las juveniles se sembraron en 18 cuerdas de media pulgada y 18 cestas perleras, con la finalidad de extraer 3 réplicas mensuales, durante un período de 6 meses (octubre de 2007 hasta abril de 2008). En cada cuerda y cesta se sembraron 10 semillas. La siembra en las cuerdas se realizó en un espacio de 15 cm de largo utilizando una malla biodegradable, diseñada para la siembra de mejillones. Esta malla permite, en los primeros días, sostener las semillas en la cuerda, mientras ellas segregan biso para adherirse, después de un tiempo aproximado de 10-15 días, la malla se degrada y los organismos quedan fijos a la cuerda. Aunque, la siembra inicial es diferente en relación a su área en los sistemas, el efecto de la densidad de siembra es minimizado por el comportamiento gregario de la especie.

El crecimiento y la supervivencia de los organismos se estimaron con una periodicidad mensual, colectándose tres réplicas de cada uno de los sistemas de cultivo. El crecimiento se determinó en todos los organismos colectados midiendo la longitud del bivalvo en su eje antero-posterior máximo con un vernier digital (Mytutoyo; 0,01 mm de apreciación). Aparte de ello, se determinó la biomasa seca, disecando cada concha para obtener el músculo, restos de tejido y biso, luego de someterlos a un tratamiento de deshidratación (60-70 °C/72 h) para ser pesados en una balanza analítica (0,0001g de precisión). La supervivencia se estimó mensualmente mediante el recuento de los ejemplares vivos en cada réplica de los elementos de cultivos.

Para estimar la influencia de los factores ambientales en el crecimiento y la supervivencia, se registraron variables relacionadas con la modulación fisiológica del crecimiento en moluscos bivalvos (Lodeiros y Himmelman, 2000). La temperatura se determinó cada 30 min utilizando un termógrafo electrónico Minilog-Vemco instalado en el lugar de experimentación, mientras que la concentración de oxígeno disuelto, la salinidad y la disponibilidad de alimento fueron determinados quincenalmente a través de la toma de muestras de agua por triplicado

en el sitio de cultivo, con una botella Niskin de 2 l de capacidad. Submuestras de agua fueron utilizadas para determinar el oxígeno por el método de Winkler según recomendaciones de Strickland y Parsons (1972) y la salinidad a través de un refractómetro manual. El resto del agua fue filtrada a través de un tamiz de 153 μ m para eliminar el macroplankton y depositada en contenedores oscuros para ser trasladados al laboratorio de Acuicultura del Instituto Oceanográfico de Venezuela de la Universidad de Oriente, donde se filtró (muestras de 1 l) a través de filtros Whatman GFF (0,7 μ m de tamaño de poro) usando un equipo de filtración Millipore. La disponibilidad de alimento se estimó mediante la determinación del seston y sus componentes (biomasa fitoplanctónica, seston total, orgánico e inorgánico). La biomasa fitoplanctónica se estimó mediante la determinación de la concentración de la clorofila *a*, determinada por métodos colorimétricos. El seston y sus fracciones orgánicas e inorgánicas se determinaron por métodos gravimétricos, siguiendo recomendaciones en Strickland y Parsons (1972).

El *fouling*, o material y organismos epibiontes sobre la concha del bivalvo, se estimó como otro factor biótico ambiental. Este material fue extraído de la concha para determinar su masa seca mediante un tratamiento de deshidratación a 60-70 °C por 48 h. De igual manera, la incidencia de depredadores se consideró como otro factor ambiental, por lo que se estimó la incidencia mensual del gasterópodo *Cymatium* sp. en ambos sistemas de cultivo.

Análisis estadísticos

Para comparar el crecimiento de *P. imbricata* en ambos sistemas de cultivo a cada uno de los parámetros de crecimiento se les aplicó un análisis de varianza doble (ANOVA II), tomando como factores el tiempo (meses) y los sistemas de cultivo (cestas perleras y cuerdas). A los factores que mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) se les aplicó un análisis *a posteriori* de Duncan ($P = 0,05$). Previa utilización de los estadísticos paramétricos antes mencionados, se determinó la normalidad y homogeneidad de varianzas en función de cumplir los supuestos para la utilización de dichos estadísticos. Todas estas pruebas se realizaron siguiendo las recomendaciones en Zar (1984).

Para estimar la condición de los organismos en las diferentes tratamientos se realizaron regresiones entre la longitud de la concha y la masa de los compartimientos (músculo, tejido y biso) utilizando todos los organismos. Las pendientes de cada una de las regresiones fueron contrastadas para cada uno de los tratamientos de un parámetro, a través de las comparaciones de pendientes, siguiendo las recomendaciones en Zar (1984).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El patrón de crecimiento estuvo caracterizado por tasas elevadas en los primeros meses (para las cestas hasta mediados de diciembre 2007 y para cuerdas hasta mediados de enero 2008), seguido de un estancamiento continuo hasta el final del experimento en los organismos de las cuerdas, y una longitud de la concha mayor para los organismos de las cestas (Figura 1). Al final del estudio la longitud alcanzada fue significativamente mayor ($P < 0,05$) para los organismos de las cestas ($49,4 \pm 3,85$ mm) y ($41,76 \pm 3,08$ mm) para las cuerdas.

El patrón de crecimiento del músculo en los organismos cultivados para ambos sistemas se muestra en la Figura 2a, alcanzando al final del experimento $0,23 \pm 0,07$ g para las cestas y $0,20 \pm 0,07$ g para las cuerdas, sin diferencias significativas ($P > 0,05$).

El resto de tejidos de los organismos cultivados en las cuerdas muestra un crecimiento abrupto de diciembre 2007 a enero 2008 con un período de crecimiento nulo entre enero y marzo, para luego presentar una disminución al final del estudio; en contraste, los organismos en las cestas mantuvieron un crecimiento continuo en sus tejidos (Figura 2b). Los organismos en cestas alcanzaron valores mayores ($0,39 \pm 0,109$ g) a los de las cuerdas ($0,29 \pm 0,09$ g); sin embargo, las diferencias no fueron significativas ($P > 0,05$).

La masa del biso fue similar durante todo el período experimental para ambos sistemas (Figura 3), excepto en el último mes, cuando los organismos de las cuerdas obtuvieron significativamente ($P < 0,05$) más del doble de la masa obtenida por los organismos de las cestas ($0,07 \pm 0,02$ y $0,02 \pm 0,01$ g, respectivamente).

Relaciones longitud de la concha y masa de tejidos y biso

A pesar de las diferencias encontradas al final del estudio, la relación de la longitud de la concha con respecto a las masas secas del músculo, resto de tejidos y el biso, fueron diferentes, mostrando significativamente ($P < 0,05$) mayores pendientes en las relaciones de los organismos cultivados en cuerdas (Figura 4).

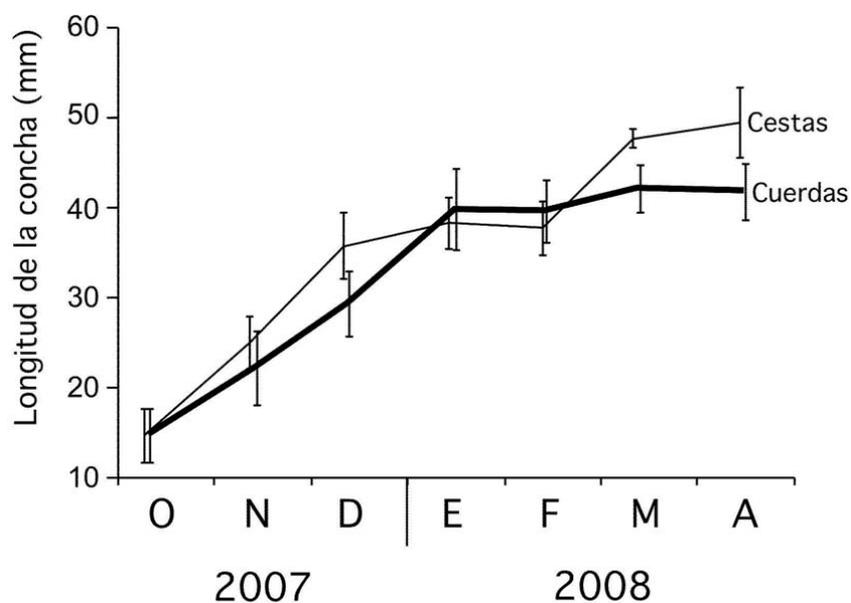


Figura 1. Crecimiento en longitud de la concha de *Pinctada imbricata* bajo condiciones de cultivo suspendido en cuerdas y cestas perleras, en la Bahía de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela.

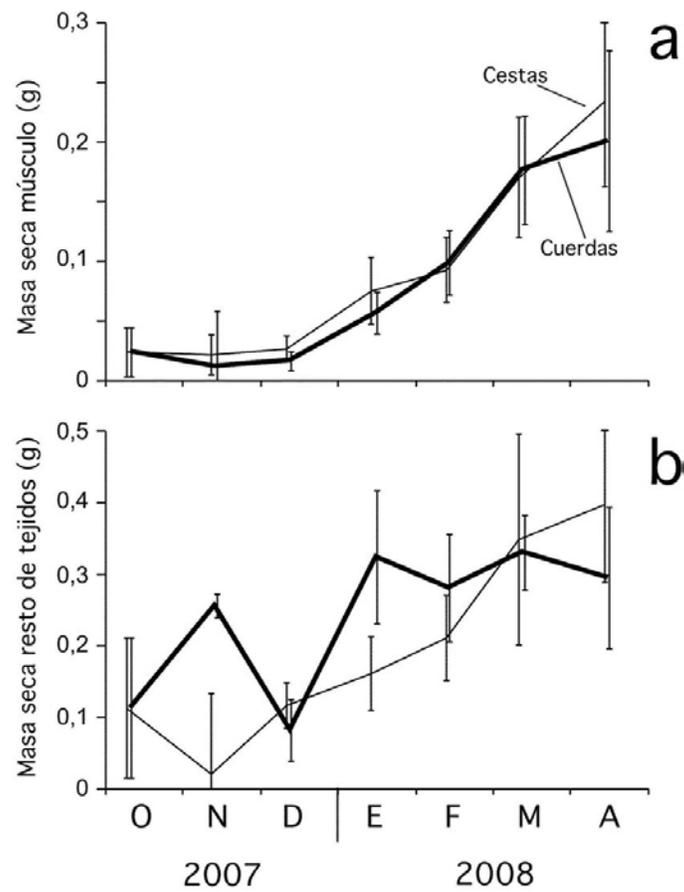


Figura 2. Variación de la masa seca del músculo (a) y el resto de tejido (b) de *Pinctada imbricata* bajo condiciones de cultivo suspendido en cuerdas y cestas perleras en la Bahía de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela.

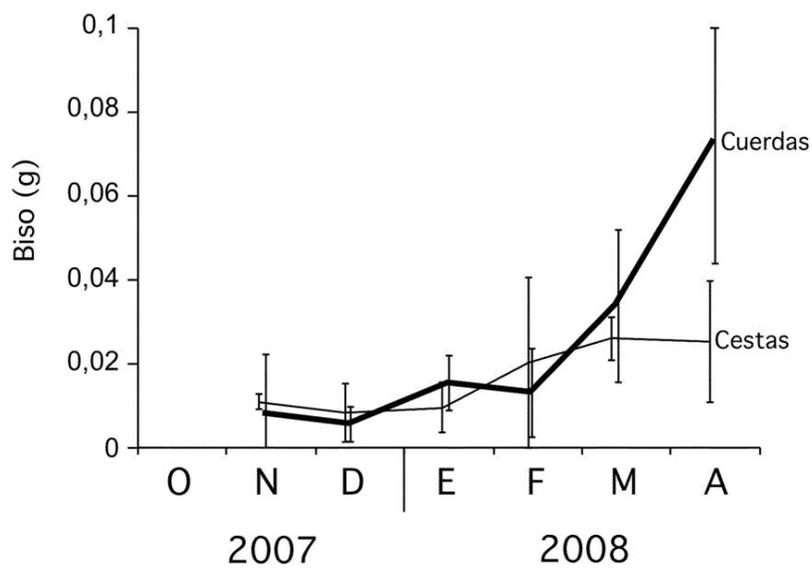


Figura 3. Crecimiento del biso de *Pinctada imbricata* bajo condiciones de cultivo suspendido en cuerdas y cestas perleras, en la Bahía de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela.

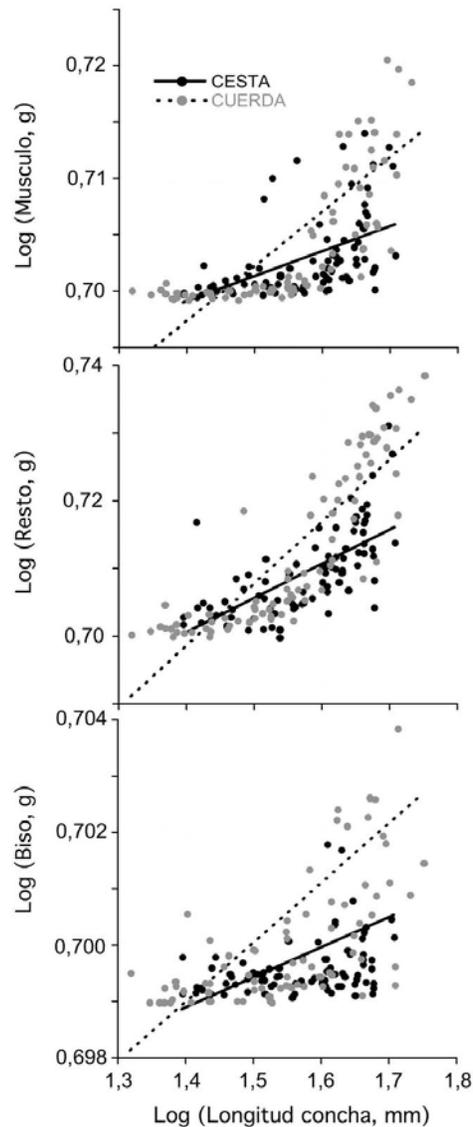


Figura 4. Relación logarítmica de la longitud con el músculo, resto de tejidos y biso de *Pinctada imbricata* cultivada en cestas y cuerdas.

Supervivencia e incidencia de *Cymatium* sp.

Los organismos en cuerdas se mantuvieron entre 70-80% de supervivencia durante todo el período de estudio; mientras que en el sistema cestas hubo mortalidades notables, particularmente durante mediados de diciembre 2007, enero de 2008 y mediados de febrero y marzo 2008 (Figura 5a). Al final del estudio se alcanzó un promedio de 57% de supervivencia para los ejemplares en cestas y 78% para los de cuerdas. En la Figura 5b, se observa la cuantificación del número de *Cymatium* sp. encontrados en ambos sistemas de cultivo donde, en

el mes de enero se encontró en el sistema de cestas la mayor cantidad de este gasterópodo.

Factores ambientales

La temperatura durante los dos primeros meses de muestreo (octubre y noviembre 2007) fue alta: 28,4-28,2 °C (Figura 6a), para luego disminuir paulatinamente hasta mediados del mes de mayo y abril de 2008, cuando se registraron las temperaturas mínimas 22,4-23,8 °C. En cuanto la concentración de oxígeno (Figura 6b), los valores no presentaron fluctuaciones periódicas notables y se mantuvieron sobre los 4 mg/l.

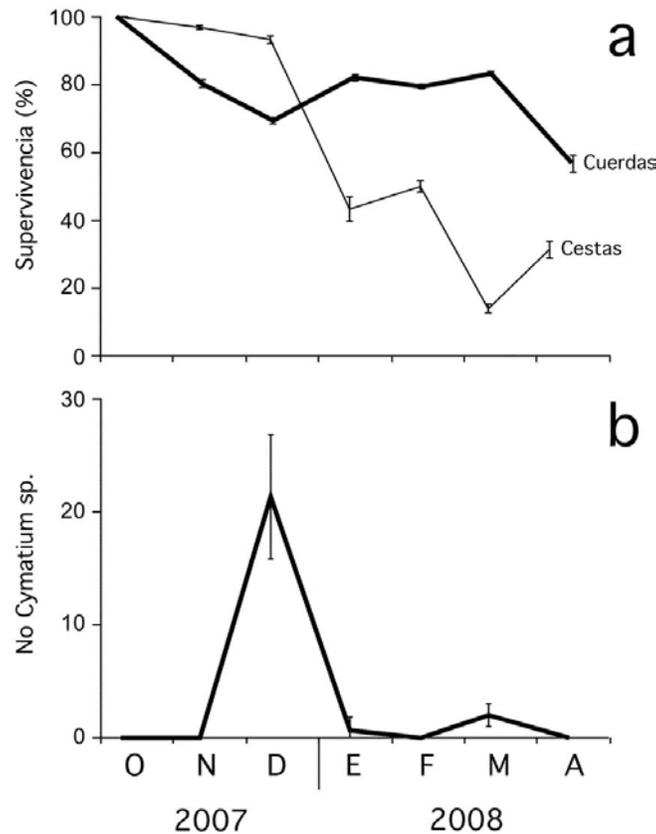


Figura 5. Supervivencia de *Pinctada imbricata* (a) y número de *Cymatium* sp. (b), encontrados bajo condiciones de cultivo suspendido en cuerdas y cestas perleras en la Bahía de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela.

De igual manera, la salinidad (Figura 6c) mostró poca variabilidad manteniéndose entre los 36 y 38‰, con valores anómalos de 35‰ a mediados del mes de diciembre 2007 y 39‰ en enero 2008.

La biomasa fitoplanctónica, estimada por la clorofila *a*, muestra un patrón inverso al de la temperatura (Figuras 7a y 6a), manteniéndose con valores por debajo de 0,5 $\mu\text{g/l}$ los 4 primeros meses (hasta finales de diciembre 2007), para posteriormente incrementarse hasta 1,70 $\mu\text{g/l}$ para el mes de marzo, lo que contrasta con los valores bajos de temperatura ocurridos durante el mismo período. En el último mes del experimento (abril) los valores de clorofila *a* descienden a 0,70 $\mu\text{g/l}$. El seston total se muestra con una gran variabilidad a través del año, obteniéndose valores desde 6 a 24 mg/l con períodos máximos en noviembre 2007, febrero y abril 2008; sin embargo, el seston orgánico se mantiene sin variabilidad periódica con valores de 2 a 6 mg/l (Figura 7b).

Durante los 5 primeros meses del bioensayo se observaron pocos organismos incrustantes en la concha de *P. imbricata* (Figura 8); no obstante, a partir de febrero la biomasa del *fouling* se incrementó exponencialmente en ambos sistemas, alcanzando valores mayores en los organismos cultivados en cuerdas ($9,42 \pm 2,65$ g para las cuerdas y $7,29 \pm 2,44$ g para las cestas), sin diferencias significativas ($P > 0,05$).

Los ejemplares de *P. imbricata* para ambos sistemas mostraron un crecimiento significativo y similar durante el período experimental. Sin embargo, al final del estudio los valores fueron diferentes para algunos parámetros de crecimiento: la longitud dorso-ventral fue superior para los individuos cultivados en las cestas perleras, en contraste con la masa del bisco que resultó ser mayor en los individuos en cuerdas. En los demás parámetros de crecimiento (tejidos) no existieron diferencias significativas.

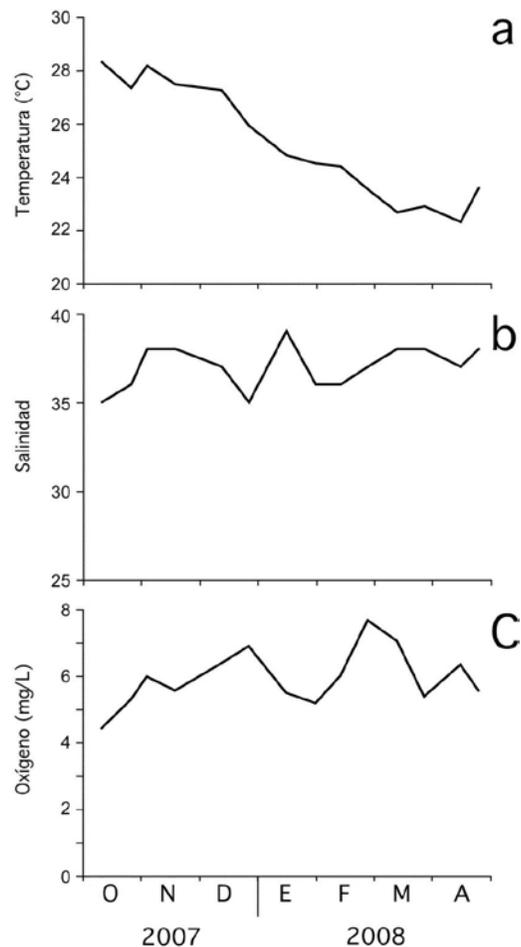


Figura 6. Variación de la temperatura (a), oxígeno disuelto (b) y la salinidad (c) durante el periodo del cultivo experimental en la Bahía de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela.

La mayor longitud dorso-ventral de la concha de los organismos en las cestas probablemente fue debido a la protección de la malla, la cual no permite organismos depredadores que pudieran eliminar lamelas de crecimiento nuevo en la concha, y así determinar mayor longitud en dichos organismos. Aunque en el presente estudio, no se determinó la cantidad y medida de estas lamelas de crecimiento, se observó que los organismos de las cestas poseían más y mayores lamelas y eran de concha más frágil.

El biso está compuesto por filamentos que segregan algunos bivalvos para la fijación a substratos; al final del experimento, tanto para los organismos cultivados en cuerdas como cestas perleras, la masa del biso se incrementó, probablemente, por la necesidad de soportar la demanda de mayor peso debido a encuentro de *fouling* depositada en la concha y del

propio organismo en los últimos meses del bioensayo. Este resultado se observó particularmente en los organismos cultivados en cuerdas debido a que, al no poseer un sustrato horizontal, el biso debía sostener el peso de la ostra, el *fouling* y contrarrestar mayormente el efecto de oscilación del sistema (debido al oleaje).

Esta diferencia pudo generar un mayor gasto energético de la ostra en las cuerdas para segregarse biso y con ello menor disposición energética para el crecimiento de concha y tejidos. Sin embargo, al no encontrarse diferencias significativas en los tejidos de los organismos de las cestas y las cuerdas, es posible que la demanda de energía requerida para la formación de biso no sea cuantitativamente importante para que produzca diferencias en la canalización energética entre compartimientos del cuerpo de *P. imbricata*.

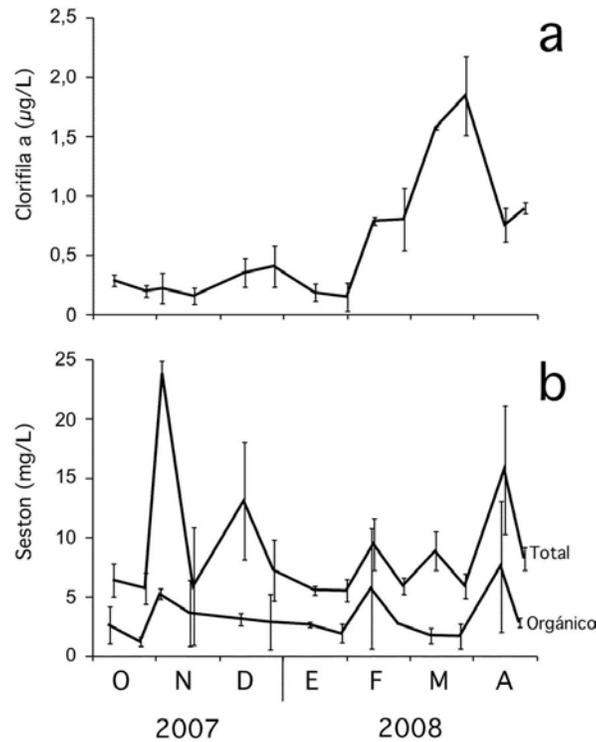


Figura 7. Variación de la clorofila *a* (a) y seston total y orgánico (b) durante el período del cultivo experimental en la Bahía de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela.

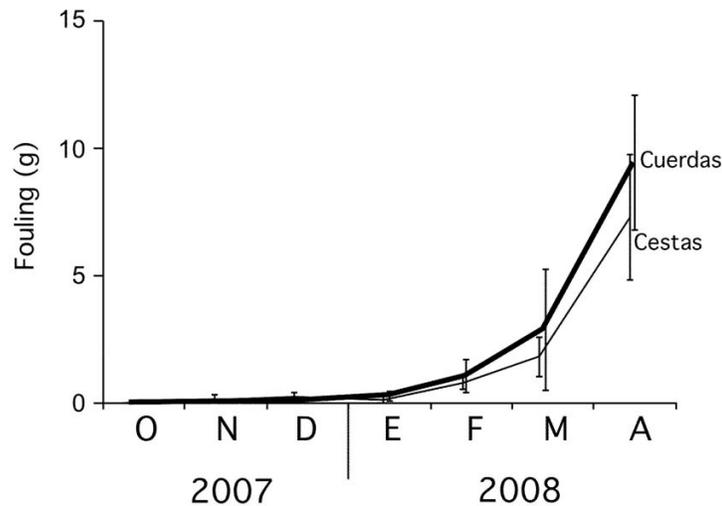


Figura 8. Variación del *fouling* depositado en la concha de *Pinctada imbricata* bajo condiciones de cultivo suspendido en cuerdas y cestas perleras en la Bahía de Turpialito en la Bahía de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela.

En mitílidos, la energía destinada a la formación del biso es <15%, lo cual no es elevada si la comparamos con la formación de concha (20-25%) o bien la producción de gametos, la cual puede llegar hasta un 90% (Griffiths y King, 1979; Hawkins y Bayne, 1985). Las relaciones longitud de la concha con los

diferentes parámetros de crecimiento mostraron que la pendiente de las mismas fueron siempre mayores para los organismos cultivados en cuerdas, sugiriendo una mejor condición fisiológica que los cultivados en cestas. Sin embargo, la mayor talla en longitud dorso-ventral de la concha y la masa de tejidos sin

diferencias estadísticas de los organismos cultivados en las cestas perleras, condicionan que el estado fisiológico de las ostras en las cuerdas sea mayor, dado que la relación longitud-masa de los organismos en cestas evidentemente se hace menor.

La mortalidad de los ejemplares en el sistema de cuerdas para los dos primeros meses puede atribuirse al efecto de la manipulación durante el montaje del experimento, contribuyendo a ello la pérdida por desprendimiento; posteriormente la supervivencia se mantuvo sobre el 80%. En contraste, con los organismos de las cestas presentaron elevadas mortalidades (>40%) entre diciembre 2007 y enero 2008, asociadas a la mayor incidencia de gasterópodos del género *Cymatium*, el cual supone una de las principales amenazas para el cultivo de moluscos bivalvos en el Golfo de Cariaco (Lodeiros y Freitas, 2008).

La diferencia de mayor incidencia de organismos *Cymatium* sp. en las cestas, que en las cuerdas pudo estar relacionada al refugio que éstas conferían a los depredadores del gasterópodo; por otro lado, probablemente las cuerdas no proporcionaron adecuado sostén al gasterópodo y caían al fondo por acción de los movimientos del oleaje a través del sistema de flotación del *long line*.

Durante los primeros meses de experimentación (octubre de 2007-enero de 2008) el crecimiento de los tejidos de los ejemplares en ambos sistemas fue lento en biomasa. Este período coincide con altas temperaturas y baja disponibilidad fitoplanctónica, asociada a los procesos de estratificación del agua en la región (Ferraz-Reyes, 1987), lo cual sugiere un estrés fisiológico en las ostras, ya que se genera una elevada demanda metabólica por las temperaturas altas y muy baja disponibilidad de alimento para contrarrestar dicha demanda energética. No obstante, la temperatura y disponibilidad de alimento no parecen haber afectado las tasas de crecimiento en talla de la concha, ya que mostraron un crecimiento inclusive acelerado en los tres primeros meses del experimento.

Este comportamiento en el crecimiento de la concha, independiente de la cantidad de alimento disponible también ha sido observado en otros bivalvos, y en el Golfo de Cariaco, como en la vieira *Euvola ziczac* (Lodeiros y Himmelman, 2000) u otros pectínidos (Thompson y MacDonald, 1991),

sugiriendo que la fijación de carbonato de calcio en la concha no requiere de las grandes cantidades de energía, como las demandadas para la producción de otros compartimientos, particularmente tejido reproductivo (Sudent y Vahl, 1982).

El crecimiento en biomasa (músculo y resto de tejido) se aceleró al incrementarse la disponibilidad de alimento, a partir del mes de febrero de 2008 con el aumento de la biomasa fitoplanctónica. Este aumento en la producción de fitoplancton ocurre debido al fenómeno de surgencia costera característico de la zona y con ello la mayor producción primaria, ejercida principalmente por fitoplancton (Okuda *et al.*, 1978; Ferraz-Reyes, 1987). Esta relación entre el aumento de la disponibilidad del fitoplancton y la aceleración de las tasas de crecimiento fue observada tanto en bivalvos cultivados en el Golfo de Cariaco (Lodeiros y Himmelman, 1994; Vélez *et al.*, 1995), como en otras regiones (Bernard, 1983; Bayne y Newell, 1983; Griffiths y Griffiths, 1987; Bricelj y Shumway, 1991; Thompson y MacDonald, 1991).

Al igual que la biomasa fitoplanctónica, el seston total muestra una correlatividad con el crecimiento de *P. imbricata*, pensando que también este factor podría modular su crecimiento. Sin embargo, la mayor variabilidad y cantidad del seston total obtenida en el presente trabajo es debido al seston inorgánico, en más del 60% del seston total, lo cual produciría una dilución del seston orgánico no adecuado para organismos filtradores (Widdows *et al.*, 1979; Griffiths y Griffiths, 1987; Lodeiros y Himmelman, 2000). Asimismo, el seston orgánico, el cual contiene además de fitoplancton otros materiales orgánicos en suspensión, no mostró una correlatividad con el crecimiento de *P. imbricata*. En este sentido, los resultados indican que el crecimiento en biomasa se encuentra modulado principalmente por la biomasa fitoplanctónica.

La variabilidad en la concentración de oxígeno, así como de la salinidad no fue de una magnitud que pudiera ejercer un efecto fisiológico en los organismos. Por otra parte, el *fouling* mostró un aumento significativo al final del estudio en ambos sistemas, más no parece haber afectado al crecimiento de los organismos. Ello concuerda con la observación de que el efecto negativo del *fouling* depositado en las conchas de los bivalvos se ve minimizado en aquellos con fijación o disposición vertical como *P. imbricata*,

a diferencia de otros organismos de disposición horizontal como algunos pectínidos (Lodeiros, 2002).

Los resultados muestran que en ambos sistemas la ostra perla *P. imbricata* cultivada en la localidad de Turpialito, Golfo de Cariaco alcanzó en tan solo seis meses de cultivo tallas cercanas a la permitida legalmente por extracción en Venezuela, estas tallas son similares a las reportadas por Lodeiros *et al.* (2002) en condiciones de cultivo suspendido utilizando cestas españolas.

A pesar que el Ministerio de Agricultura y Tierras en su resolución MAT-No.009 del 2002 (12/08/2002; No. 37.503) prohíbe la extracción de ejemplares menores de 50 mm para su comercialización, la ostra perla se comercializa a menor talla en el nororiente de Venezuela, llegándose a vender en puestos artesanales en tallas menores de 40 mm. Esto es debido a la elevada proporción tejido/concha que posee este organismo (>40%), el cual a pequeñas tallas muestra una cantidad de tejido adecuado para su comercialización.

No obstante, para efecto de la administración del recurso, es recomendable la talla normada, ya que según datos de Rufini (1984) a los 30 mm, muchos de los organismos no alcanzan su primera madurez sexual y no proporcionan descendencia al medio; asimismo, la reproducción de *P. imbricata* es protándrica, y en general, no desarrollan gónadas femeninas sino hasta después de los 40 mm, sugiriendo tallas superiores de extracción o producción como estrategia de administración del recurso. En vista de ello, se sugiere una prolongación del tiempo de cultivo, tal vez uno o dos meses más (8-9 meses en total), para obtener tallas legalmente comerciales. De esta manera, el cultivo de *P. imbricata* podría coadyuvar al mantenimiento y repoblación del recurso ostra perla, el cual desde épocas de la colonia ha sido sobreexplotado.

Dado que, al final del experimento no existieron diferencias significativas en el tejido de las ostras en cestas y cuerdas, que constituye la parte consumible, y que en las cuerdas existió una baja incidencia del depredador *Cymatium* sp., estando las ostras con mejor condición fisiológica, unido a la percepción de menores costos para la elaboración del sistema de cuerdas, se sugiere la utilización de cuerdas para el cultivo de *P. imbricata*.

En vista de ello, se hace necesario optimizar estas técnicas para obtener mayores rendimientos. En este sentido, se requiere futuros estudios con elementos de cultivo verticales con mayor superficie de siembra.

CONCLUSIONES

En un período de seis meses la madre perla *P. imbricata* cultivada en cuerdas y en cestas perleras en seis meses alcanzaron tallas de longitud dorso-ventral similares a la permitida para su extracción (50 mm).

El patrón de crecimiento en longitud de la concha fue similar para ambos elementos de cultivo; no obstante, al final del experimento, las ostras de las cuerdas alcanzaron valores del biso mayores, mientras que en las cestas lo alcanzaron en el largo de la concha. No existieron diferencias en los tejidos.

La supervivencia mostró un patrón similar en ambos sistemas de cultivo, aunque una notable disminución ocurrió en las cestas hacia enero asociado a la incidencia de *Cymatium* sp.

La biomasa fitoplanctónica estuvo relacionada positivamente con el crecimiento de *P. imbricata*, mostrando ser un factor importante en la modulación del crecimiento.

Los resultados favorables a las cuerdas unido a la percepción de menores costos para la elaboración de las mismas, sugieren la factibilidad de la utilización de cuerdas para el cultivo de *P. imbricata*.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación ha sido financiada parcialmente por la Fundación para la Investigación y Desarrollo de la Acuicultura del estado Sucre (FIDAES) de la Gobernación del estado Sucre, Venezuela, siendo ésta su Contribución Técnica No. 15. Se agradece la colaboración del personal de la Estación Hidrobiológica de Turpialito del Instituto Oceanográfico de Venezuela de la Universidad de Oriente y la lectura crítica de Jeny. Reyes.

LITERATURA CITADA

Bayne B. and R. Newell. 1983. Physiological energetics of marine molluscs. In: Saleuddin A. y K.M. Wilbur (Eds.). The Mollusca. Academic Press, N.Y, pp. 407-515.

- Bernard F. 1983. Physiology and the mariculture of some northeastern Pacific bivalve molluscs. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 63: 24.
- Bricelj V. and S. Shumway. 1991. Physiology: Energy acquisition and utilization, **In:** Shumway S.E (Ed.). *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture. Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, Elsevier Science Publishers B.V pp 305-346.
- Ferraz-Reyes E. 1987. Productividad primaria del Golfo de Cariaco Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.*, 26: 97-110.
- Griffiths C. and J. King. 1979. Energy expended on growth and gonad output in the ribbed mussel *Aulacomya ater*. *Marine Biology.*, 53: 217-222.
- Griffiths C. and R. Griffiths. 1987. Bivalvia, **In:** Pandian J., y F.J. Vernberg (eds.). *Animal Energetics*, Academic Press, N.Y., pp 1-88.
- Hawkins C. and J. Bayne. 1985. Seasonal variation in the relative utilization of carbon and nitrogen by the mussel *Mytilus edulis*: Budgets, conversion efficiencies and maintenance requirements. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 25: 181-188.
- Jiménez M., C. Lodeiros y B. Márquez. 2000. Captación de juveniles de la madre perla *Pinctada imbricata* con colectores artificiales en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Caribb. J. Sc.*, 36: 221-226.
- León L. 1986. Estudio sobre la fijación y el índice de engorde de la ostra perla *Pinctada imbricata* Röding 1798 en tres bancos naturales del nororiente de Venezuela. Trabajo de ascenso, Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta, Margarita, Venezuela. p 63.
- León L., T. Cabrera y L. Troccoli. 1987. Estudio sobre la fijación y el índice de engorde de la ostra perla *Pinctada imbricata* Röding 1798, en tres bancos naturales del nororiente de Venezuela. *Contr. Cient.*, 12: 3-44.
- Lodeiros C. 2002. Una cuestión de peso y de posición. *Rev. Biol. Trop.*, 50(3/4): 875-878.
- Lodeiros C. and J. 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.*, 19:345- 358.
- Lodeiros C. and J. Himmelman. 2000. Identification of factors affecting growth and survival of the tropical scallop *Euvola (Pecten) ziczac* in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture*, 182: 91-114.
- Lodeiros C. y L. Freitas. 2008. Estado actual y perspectivas del cultivo de moluscos bivalvos en Venezuela **In:** Lovatelli A., U. Iker, y A. Farias (eds.). *Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en Latinoamérica*. FAO Fisheries Resources Roma. pp 135-150.
- Lodeiros C., B. Marin y A. Prieto. 1999. Catálogo de moluscos marinos de las costas nororientales de Venezuela: *Clase Bivalvia*. Edición Apudons. Venezuela. p 109.
- Lodeiros C., D. Pico, A. Prieto, N. Narváez and A. Guerra. 2002. 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 (4): 327-339.
- Mackenzie Jr. C.L., L. Troccoli and L. León. 2003. History of the Atlantic pearl-oyster, *Pinctada imbricata*, industry in Venezuela and Colombia, with biological and ecological observations. *Marine Fisheries Review* 65:1-20
- Okuda T., J. Benitez-Alvarez, J. Bonilla y G. Cedeño. 1978. Características hidrológicas del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.*, 17:69-88.
- Ruffini E. 1984. Desarrollo larval experimental de la ostra perla *Pinctada imbricata* (Röding 1798; Mollusca: Bivalvia) y algunas observaciones sobre reproducción en el banco natural de Punta Las Cabeceras, Isla de Cubagua, Venezuela. Trabajo de Pregrado. Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta, Departamento de Biología, Margarita, Venezuela. p 72.
- Strickland J. and T. Parsons. 1972. A Practical handbook of seawater analysis. Fisheries

- Research Board of Canadá. Bulletin 167. Montreal, Canadá. 2da Ed.
- Sudent J. and O. Vahl. 1982. Seasonal changes in dry weight and biochemical composition of the tissues of sexually mature and immature Iceland scallops, *Chlamys islandica*. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 61: 1001-1010.
- Thompson R.J. and B. MacDonald. 1991. Physiological integrations and energy partitioning. **In:** Shumway S.E. (ed.). Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture. Developments in Aquaculture and Fisheries Science, Elsevier Science Publishers B.V pp 347-376.
- Urban H-J. 2000. Culture potential of the pearl oyster *Pinctada imbricata* from the Caribbean. II. Spat collection, and growth and mortality in culture Systems. Aquaculture, 189: 375-388.
- Velasco L. and Barros J. 2010. Spat collection and experimental culture of the atlantic Pearl Oyster, *Pinctada imbricata* (Bivalvia: Pteriidae), under suspended conditions in the Caribbean. J. World Aquacul. Soc. 41(3):281-297.
- Vélez A., L. Freites., J. Himmelman., W. Senior and N. Marín. 1995. Growth of the tropical scallop, *Euvola (Pecten) ziczac*, in bottom and suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. Aquaculture, 136: 257-276.
- Ventilla R. 1982. The scallop industry in Japan. Adv. Mar. Biol., 20: 309-382.
- Widdows J., P. Fieth and C. Worrall. 1979. Relationships between seston, available food and feeding activity in the common musel *Mytilus edulis*. Mar. Biol., 50: 195-207.
- Zar J. 1984. Biostatistical analysis. Pentice-Hall, Inc., New Jersey. 2da Ed. p 718.