

## **Crecimiento y supervivencia de la ostra perlífera *Pinctada imbricata* (Röding 1798), bajo diferentes sistemas de confinamiento en cultivo suspendido**

Márquez Adrian<sup>1,3\*</sup>, Lodeiros César<sup>1,2,3</sup>, Semidey Dulce<sup>1</sup>, Carpio Miguel<sup>3</sup>, Graziani César<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Biología de Moluscos, Universidad de Oriente, Cumaná 6101, Venezuela.

\*Correo electrónico: ajmm16@yahoo.com.

<sup>2</sup>Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná 6101, Venezuela

<sup>3</sup>Fundación para la Investigación y Desarrollo de la Acuicultura en el Edo. Sucre, Venezuela

<sup>4</sup>Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, Núcleo Sucre, Cumaná 6101, Venezuela

---

### **RESUMEN**

La ostra perla, *Pinctada imbricata*, tiene un doble interés económico en el oriente de Venezuela, dado su consumo y producción de perlas. Se evaluó el crecimiento de la concha, músculo y resto de tejidos, así como la supervivencia de juveniles (longitud de concha de 19,1±2,22 mm) y la influencia de los factores ambientales (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, seston, biomasa fitoplanctónica y comunidad incrustante ó “fouling”), en organismos confinados en cilindros de PVC, cilindros de malla plástica, cestas abiertas y cestas cerradas, suspendidos en un “long line”. Los ensayos se realizaron en la Bahía de Mochima, estado Sucre, Venezuela, durante siete meses. El crecimiento y la supervivencia fueron similares en los diferentes elementos de confinamiento, no existiendo diferencias significativas en todos los parámetros de crecimiento estudiados. Los organismos cultivados en las cestas abiertas presentaron la mayor pendiente en la relación entre la longitud de la concha y la masa de los tejidos. El patrón de crecimiento tuvo una asociación positiva con la disponibilidad de alimento (concentración de seston y clorofila *a*), evidenciando la influencia de este factor en el crecimiento de *P. imbricata*. Al no poderse detectar diferencias significativas en los parámetros de crecimiento entre los elementos de cultivo, se sugiere la utilización del elemento que produce menores costos (cilindros de malla plástica). Los resultados muestran poca factibilidad de la especie para ser cultivada en la Bahía de Mochima en siete meses, ya que no se alcanzó la talla mínima de comercialización (50 mm longitud de la concha) y la supervivencia fue 40-60%. No obstante, se sugiere prolongar el tiempo de cultivo hasta alcanzar la talla comercial.

*Palabras clave:* cultivo suspendido, *Pinctada imbricata*, Bahía de Mochima, Mar Caribe

---

### **Growth and survival of the pearl oyster *Pinctada imbricata* Röding 1798 under different systems of confinement in suspended culture**

#### **ABSTRACT**

The pearl oyster, *Pinctada imbricata*, has a double economic interest in eastern Venezuela, since it is used for human consumption and production of pearls. The growth of the shell, muscle and remaining tissues, as well as the survival of juveniles (shell length of 19,1±2,22 mm) and the influence of environmental factors (temperature, salinity, oxygen seston, phytoplanktonic biomass, and fouling) were evaluated in organisms confined in 4 different culture elements: cylinders made of PVC, cylinders of plastic mesh, open baskets and closed baskets, suspended in a “long line”. The essays were performed in Mochima Bay, Sucre state, Venezuela, during seven months. The growth and survival rates were similar in the different confinement elements, without significant differences in any of the several growth parameters evaluated. The animals cultured in open baskets showed the largest slope

among the relationships between shell length and mass of tissues. The growth pattern had a positive association with food availability (seston and chlorophyll *a* concentrations), which confirms the influence of these parameters on the growth of *P. imbricata*. Since there were not significant differences among the growth parameters in the different culture elements, the use of the element with the least cost (cylinder of plastic mesh) is suggested. The results show the low possibility for the species to be cultured in Mochima Bay in 7 months, since the commercial size (50 mm shell length) could not be attained and survival was 40-60%. Nevertheless, the suggestion is made for the culture time to be increased until reaching commercial size.

**Keywords:** cultivo suspendido, *Pinctada imbricata*, Bahía de Mochima, Mar caribe.

## INTRODUCCIÓN

La ostra perla *Pinctada imbricata* se distribuye en el Atlántico occidental, desde Carolina del Norte hasta Brasil. En el nororiente de Venezuela forma bancos naturales densos, los cuales han sido explotados desde la época de la colonia, principalmente, en las islas de Cubagua y Margarita con el objetivo de extraer sus perlas (Makenzie *et al.*, 2003). A partir de los años 1970, la explotación de esta especie diverge en la utilización de su carne para consumo, y en la actualidad supone aún un valioso recurso económico en la región nororiental de Venezuela, especialmente en el estado Nueva Esparta, donde los bancos naturales producen un promedio de 380 t de carne (Gómez, 1999); no obstante, León (2009), alerta que dichos bancos muestran síntomas de agotamiento.

En Venezuela se han realizado trabajos sobre la reproducción de *P. imbricata* que conducen a establecer que posee una actividad reproductiva a través de todo el año, lo cual permite un continuo reclutamiento de juveniles para ser utilizados como semilla en los cultivos (Ruffini 1984, León *et al.*, 1987, Jiménez *et al.*, 2000). Otros trabajos muestran que *P. imbricata* posee un rápido y continuo crecimiento en condiciones de cultivo en suspensión, obteniendo tallas de 50 a 60 mm a los 7 meses con supervivencias elevadas (Lodeiros *et al.*, 2002). Estas características, unido al interés de producción dual (carne y perlas) ha permitido considerarla con gran potencial para ser cultivada masivamente en Venezuela y el Caribe (Lovatelli y Sarkis, 2011; Lodeiros *et al.*, 2011), por lo que estudios de optimización de las técnicas de cultivo deben desarrollarse (Lodeiros y Freitas, 2008). En este sentido, se hace necesaria la búsqueda de elementos de cultivo o de confinamiento para el mantenimiento de los organismos.

Recientemente, Semidey *et al.*, (2009), encontraron que el uso de cuerdas, en cultivos con elementos verticales, constituye una alternativa factible que podría disminuir los costos del cultivo de la ostra perla *P. imbricata*, sugiriendo estudios de optimización de este sistema. El presente estudio evalúa el crecimiento y la supervivencia de *P. imbricata* en cultivo suspendido en cuatro diferentes elementos de confinamiento verticales utilizando elementos de mayor superficie que las cuerdas utilizadas por Semidey *et al.*, (2009), estimando, además la influencia de los factores ambientales sobre el crecimiento y la supervivencia de la especie durante el periodo de estudio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las “semillas” o juveniles de *P. imbricata* fueron obtenidos manualmente a partir de estructuras de cultivo establecidas en la Estación Marina Fernando Cervigón de la Universidad de Oriente, ubicada en la Isla de Cubagua, estado Nueva Esparta (10°49'32.90"N , 64° 9'48.65"O; Figura 1).

Los juveniles de *P. imbricata* recogidos se transportaron en cavas isotérmicas con láminas de goma espuma para evitar la mezcla y la resuspensión de partículas en el interior de las mismas, hasta llegar a la Estación del IDEA-FIDAES ubicada en la Bahía de Mochima, estado Sucre (10°20'49.50"N, 64°20'42.30"O; Figura 1), donde se realizó el ensayo de cultivo. Las semillas fueron aclimatadas durante 2 semanas, manteniéndolas en linternas suspendidas en una línea larga o “long line” a 1,5 m de profundidad. Posteriormente, se sembraron en cuatro diferentes elementos de confinamiento (cilindros de policloruro de vinilo –PVC, cilindros de malla plástica del mismo diámetro de los de PVC (7,59 cm), cestas abiertas y cestas cerradas de malla plástica, suponiendo que la superficie de fijación era similar para 12 organismos

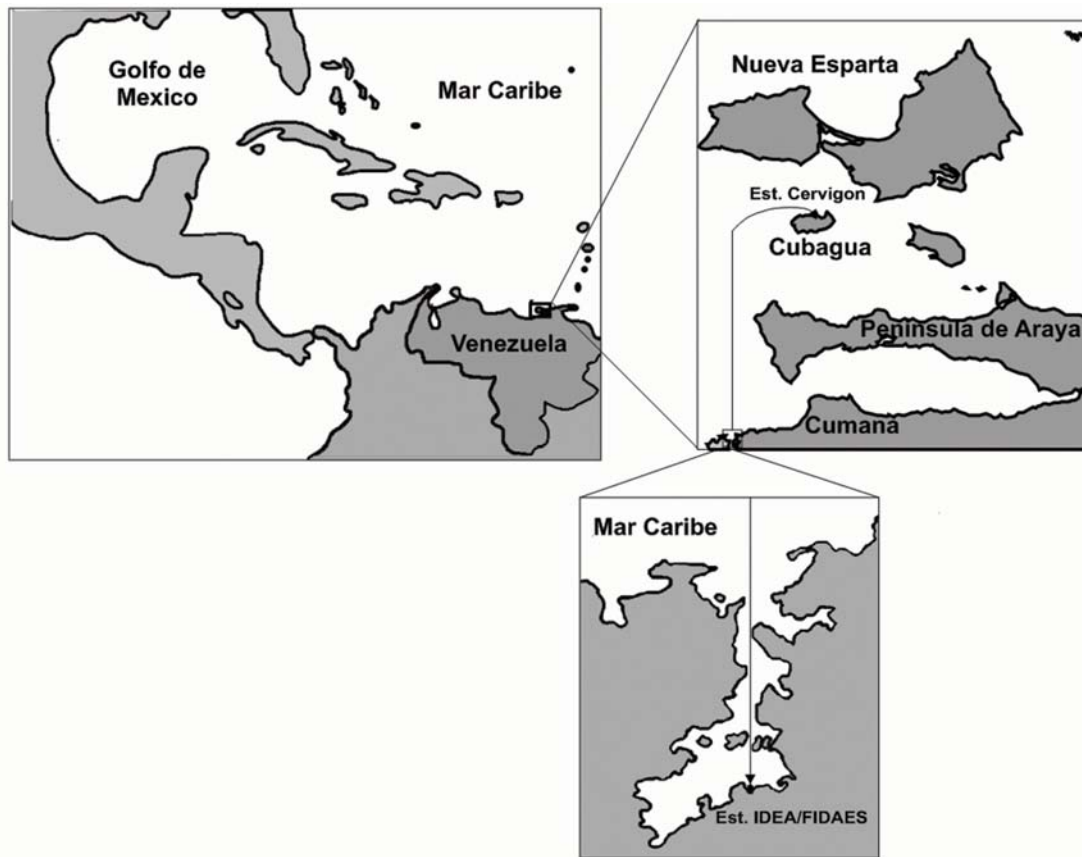


Figura 1. Ubicación del lugar del desarrollo del cultivo experimental, Bahía de Mochima, estado Sucre, Venezuela.

de  $19,1 \pm 2,22$  mm de longitud antero-posterior, sembrados en cada una de las 21 réplicas para cada elemento de cultivo. El experimento duró siete meses desde principios de mayo hasta principios de diciembre 2008.

Una muestra representativa de las semillas fue sustraída inicialmente para realizar los análisis merísticos correspondientes. Para la siembra en las cuerdas, se utilizó una malla biodegradable (tejido textil de algodón), utilizada para la siembra de mejillones. La razón de esta malla fue sostener las semillas en la cuerda mientras segrean el biso con el cual se adhieren al sustrato rígido; después de un tiempo aproximado de 10-15 días la malla se degrada y las semillas de *P. imbricata* quedan fijadas al sustrato.

La evaluación del crecimiento y la supervivencia de los organismos se estimó con una periodicidad mensual. Durante cada muestreo se sustrajeron tres réplicas de cada uno de los elementos de cultivo. El crecimiento se determinó en todos los organismos

recogidos midiendo la longitud antero-posterior de la concha con un vernier digital Mytutoyo (0,01 mm de precisión) y la biomasa seca del músculo y restos de tejido con un tratamiento de deshidratación (60-70 °C/72 h). La supervivencia se evaluó, mensualmente, mediante el recuento de los ejemplares vivos en los elementos de cultivos.

Para evaluar la influencia de los factores ambientales en el crecimiento y la supervivencia de *P. imbricata* en el lugar del cultivo, la temperatura fue registrada cada 30 min, utilizando un termógrafo electrónico (Sealog, Vemco) y se tomaron muestras de agua, quincenalmente, con una botella Niskin (2 l de capacidad). De éstas se obtuvieron submuestras para determinar el oxígeno disuelto por el método de Winkler y la salinidad con un refractómetro de 0,1 de precisión; el resto del agua se transfirió a un contenedor plástico opaco y se transportó al laboratorio para efectuar la determinación de seston total, fracciones orgánicas y la concentración de clorofila *a*. Previamente el agua fue filtrada a través de un tamiz de 153  $\mu$ m para eliminar el macroplankton.

Posteriormente, muestras de 1 l se filtraron al vacío con un equipo millipore, a través de filtros Whatman GFF (0,7  $\mu\text{m}$  de diámetro de poro) para concentrar el material suspendido; dicho material fue lavado con agua destilada y los filtros se deshidrataron a 60°C/24 h para determinar el seston total y sus fracciones orgánicas mediante métodos gravimétricos y la clorofila *a* mediante métodos colorimétricos siguiendo las recomendaciones en Strickland y Parsons (1972).

El “fouling”, considerado como material y organismos epibiontes fijados a la concha del bivalvo, se consideró como otro factor biótico ambiental y fue extraído de la concha para determinar su masa seca mediante un tratamiento de deshidratación a 60-70°C/48h.

Previa utilización de los estadísticos paramétricos, se determinó la normalidad y homogeneidad de varianzas en función de cumplir los supuestos para la utilización de los mismos. Para la evaluación del crecimiento en todos sus parámetros (dimensión de la concha, masa seca del músculo y resto de tejidos) se les aplicó un análisis de varianza simple (ANOVA I) al final del experimento. En los casos de variables que mostraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ), se aplicó un análisis, *a posteriori*, de Scheffé ( $P = 0,05$ ). Para estimar la condición de los organismos bajo diferentes tratamientos se realizaron regresiones de la longitud de la concha y la masa de los compartimientos (músculo, tejido y concha), utilizando todos los organismos. Las pendientes de las regresiones en cada tratamiento fue contrastada a través de pruebas de comparación de pendientes. Todas estas pruebas se realizaron siguiendo las recomendaciones descritas en Zar (1984).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Crecimiento

Para todos los elementos de cultivo, en los periodos de mayo-junio y de octubre-diciembre se observó un incremento sostenido en la longitud y masa seca de la concha (Figura 2). Sin embargo, durante el periodo agosto-septiembre se observó un relativo estancamiento de crecimiento, para luego continuar hasta el final del experimento. Las tallas y biomásas de la concha en cada elemento de cultivo al final del ensayo fueron: 32,5 $\pm$ 0,41mm y 3,3 $\pm$ 0,18 g para las cestas cerradas, 34,0 $\pm$ 0,52 mm y 3,6 $\pm$ 0,15 g para

las cestas abiertas, 32,8 $\pm$ 1,41mm y 4,2 $\pm$ 0,21 g para los cilindros de PVC y de 31,9 $\pm$ 0,10 mm y 4,1 $\pm$ 0,33 para los cilindros de malla plástica. Los promedios alcanzados en estos dos parámetros al final del experimento no mostraron diferencias significativas entre elementos de cultivo ( $P > 0,05$ ).

Ahora bien, a diferencia de la concha, el crecimiento del músculo de las ostras (Figura 3a) en todos los elementos de cultivo muestra un aumento constante durante los dos primeros meses de estudio, seguido de un estancamiento hasta finales del mes de septiembre, para luego reiniciar el crecimiento en los subsiguientes meses, con variantes dependiendo de los elementos de cultivo: los organismos de las cestas cerradas se mantuvieron sin crecimiento y los organismos de los cilindros de PVC presentaron un estancamiento muy marcado. Al final del experimento las masas del músculo alcanzadas fueron de 0,06 $\pm$ 0,015 g para las cestas cerradas, 0,10 $\pm$ 0,010 g para las cestas abiertas, 0,08 $\pm$ 0,004 g para los cilindros de PVC y 0,09 $\pm$ 0,010 g para las mallas plástica. En el caso del resto del tejido (Figura 3b), aunque en los dos primeros meses existió un crecimiento rápido, notablemente mayor para los organismos de las cestas, el subsiguiente comportamiento fue similar al del músculo, caracterizado por un general decrecimiento en todos los elementos del cultivo en el mes de julio, con un estancamiento posterior hasta finales del mes de septiembre, excepto para las ostras de los cilindros de PVC, cuyo estancamiento se inició a partir del segundo mes de estudio.

Posteriormente, los organismos de todos los elementos de cultivo reinician su crecimiento. Al final del experimento las ostras alcanzaron 0,21 $\pm$ 0,017g en las cestas cerradas, 0,24 $\pm$ 0,041 g en las cestas abiertas, 0,26 $\pm$ 0,013 g en los cilindros de PVC y 0,21g $\pm$ 0,002 en los cilindros de malla plástica. Tanto para el músculo como para el resto del tejido, las masas alcanzadas al final del estudio no mostraron diferencias significativas entre elementos de cultivo ( $P > 0,05$ ). Las relaciones lineales de los compartimientos masa del músculo, resto de tejido y concha en función de la longitud de la concha de todos los organismos analizados en cada uno de los elementos de cultivo (Figura 4) fueron significativas (ANOVA,  $P > 0,001$ ;  $r^2 > 0,34$ ).

Al comparar las pendientes de dichas regresiones lineales en cada uno de los compartimientos, siempre

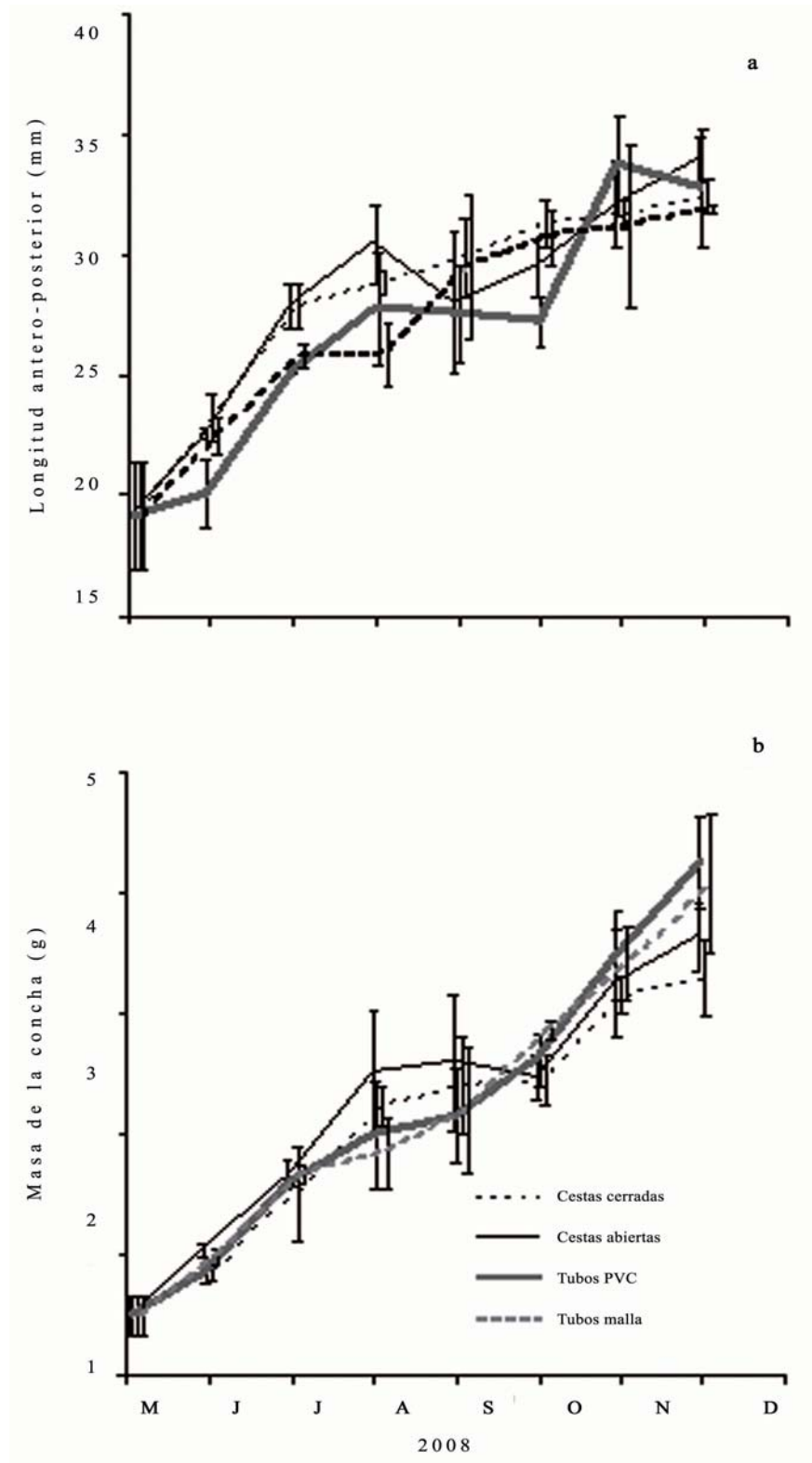


Figura 2. Variación mensual del promedio de la longitud antero-posterior (a) y masa seca de la concha (b) de *P. imbricata* en cuatro diferentes elementos de cultivo suspendido en la Bahía de Mochima.

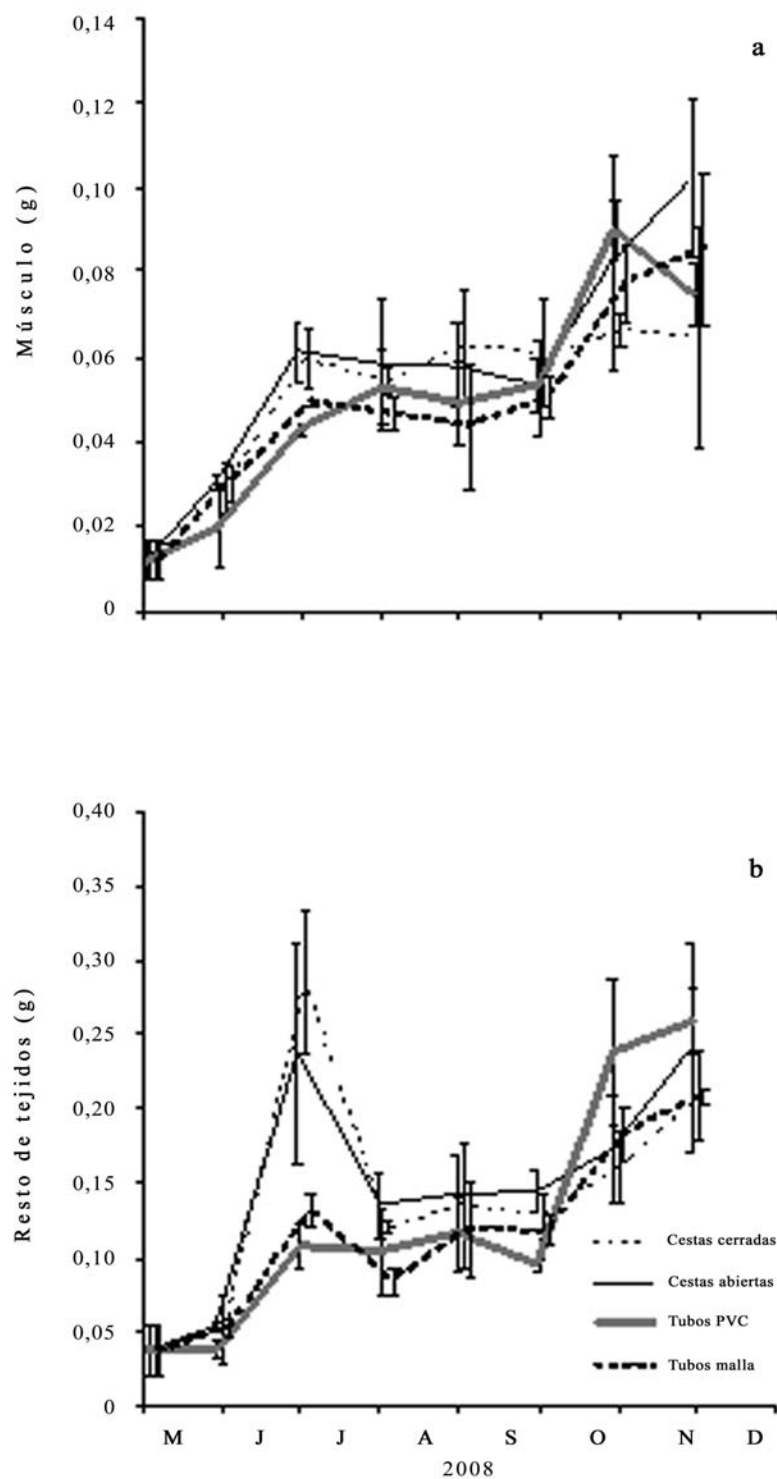


Figura 3. Variación mensual del promedio de la biomasa seca del músculo (a) y resto de tejidos (b) de *P. imbricata* en los cuatro diferentes elementos de cultivo suspendido en la Bahía de Mochima.

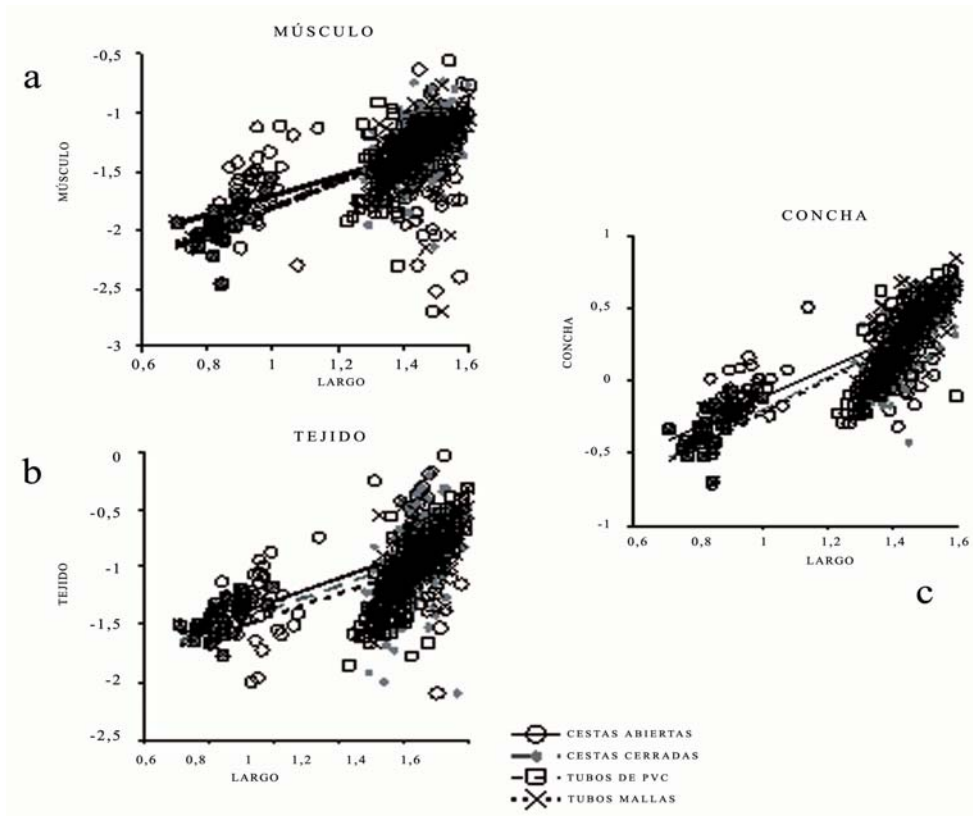


Figura 4. Relación de la longitud antero-posterior con las masas secas del músculo (a), resto de tejidos (b) y la concha (c) de los organismos en los diferentes elementos de cultivo suspendido en la Bahía de Mochima.

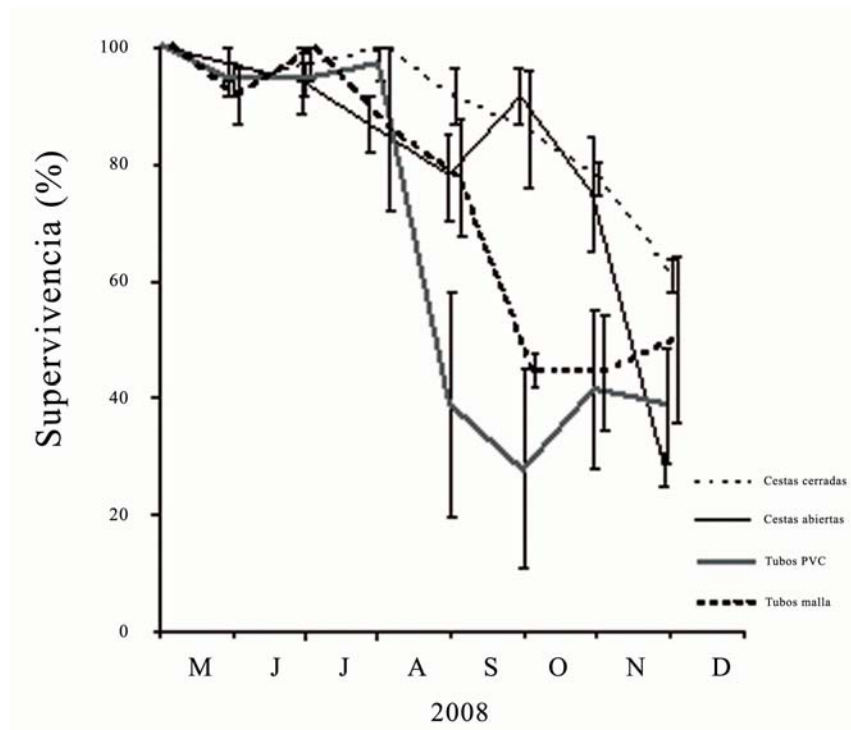


Figura 5. Variación mensual del promedio de la supervivencia de *P. imbricata* en los cuatro diferentes elementos de cultivo suspendido en Bahía de Mochima.

las cestas abiertas mostraron una mayor pendiente ( $P < 0,05$ ) que las relaciones de los otros elementos de cultivo, lo cual no mostraron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre sus pendientes.

### Supervivencia

En todos los elementos de cultivo, los promedios mensuales de las ostras mantuvieron una supervivencia  $> 80\%$  hasta el tercer mes de estudio (Figura 5), iniciándose una disminución marcada en los cilindros, particularmente, en el período agosto-septiembre, llegando a valores de supervivencia entre el 30-50%, los cuales se mantuvieron hasta el final del estudio. En contraste, la disminución del promedio de la supervivencia de las ostras contenidas en las cestas fue menos marcada, con la excepción de las cestas abiertas pues en el mes de noviembre pasó de un 80% a valores por debajo del 40% al final del estudio. Las ostras en las cestas cerradas obtuvieron la mayor supervivencia promedio por encima del 60% al final del estudio.

### Factores ambientales

La temperatura durante el periodo del experimento varió de  $26,5-28,7^{\circ}\text{C}$  entre finales de mayo y finales de julio (Figura 6a), seguido de un periodo de temperaturas elevadas ( $29,3-30,9^{\circ}\text{C}$ ) entre agosto y octubre, y una disminución hasta el final del experimento a  $24,9^{\circ}\text{C}$ . La salinidad presentó poca variabilidad, con valores que se mantuvieron entre 36 y 39‰ (Figura 6b). La concentración de oxígeno se mantuvo por encima de  $7\text{mg/l}$ , observándose valores promedios de  $7,84\text{mg/l}$  (Figura 5c).

El sestón total y sus fracciones orgánica e inorgánica (Figura 7a), así como la biomasa fitoplanctónica estimada por clorofila *a* (Figura 7b), muestran, de forma general, una correlación positiva. Durante los primeros meses del experimento los valores fueron intermedios con picos elevados a finales de junio, manteniéndose bajos hasta octubre, cuando el sestón tiende a subir, aunque los valores de Clorofila *a* se mantuvieron intermedios. Este patrón general de la variación del sestón en el tiempo es inverso al de la temperatura (Figura 6a).

Para el mes de marzo el promedio la biomasa (g) del “fouling” en la concha fue de  $0,07 \pm 0,015$  g, el cual representó un 13,8% de la masa seca de la concha (Figura 8). A partir de julio se observa un

aumento notable, especialmente, para los elementos de cilindro, sea de PVC ( $0,21 \pm 0,5$  g) o de malla ( $0,089 \pm 0,01$  g). Al final del experimento (octubre-diciembre) las masas del “fouling” son elevadas para los elementos de cilindros (PVC  $0,9 \pm 0,5$  g y malla  $0,5 \pm 0,1$  g) suponiendo más del 25% de la masa de la concha de los organismos; sin embargo, para las cestas (cerradas  $0,23 \pm 0,1$  g y abiertas  $0,15 \pm 0,04$  g), los valores promedios del “fouling” fueron notablemente menores, representando  $< 15\%$  de la masa de la concha de los organismos. A pesar de estas diferencias en los valores promedio del “fouling” entre los tratamientos, la gran variabilidad observada en los elementos de cultivo, particularmente los cilindros, no generó diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre los tratamientos.

### Relación de factores ambientales con el crecimiento

En general, tanto la dimensión de la concha y su masa, como los tejidos estudiados mostraron una correlación con el patrón general de la temperatura y la disponibilidad de alimento-sestón y biomasa fitoplanctónica (Figuras 6 y 7). Las mayores tasas de crecimiento se observaron en los primeros meses (mayo-junio) coincidentes con temperaturas medianas ( $26,5-28,5^{\circ}\text{C}$ ) y elevada disponibilidad de alimento, habiendo un estancamiento del crecimiento desde junio a octubre con temperaturas altas y baja disponibilidad de alimento. Las tasas de crecimiento aumentaron, posteriormente, cuando la temperatura descendió y aumentó la disponibilidad de alimento (Figuras 3, 6 y 7). Los patrones de los parámetros de crecimiento no mostraron correlación con los de la salinidad, la concentración de oxígeno y el “fouling”.

Para determinar la factibilidad del cultivo suspendido de moluscos bivalvos es importante escoger los elementos de confinamiento que provean mejor rendimiento. Aparte de ello, estudiar la influencia de los factores ambientales en el crecimiento suministra información importante para establecer estrategias de cultivo. El presente estudio muestra una respuesta similar del crecimiento y la supervivencia de la ostra perliera *P. imbricata* en los diferentes elementos de confinamiento utilizados en condiciones de cultivo suspendido en la Bahía de Mochima.



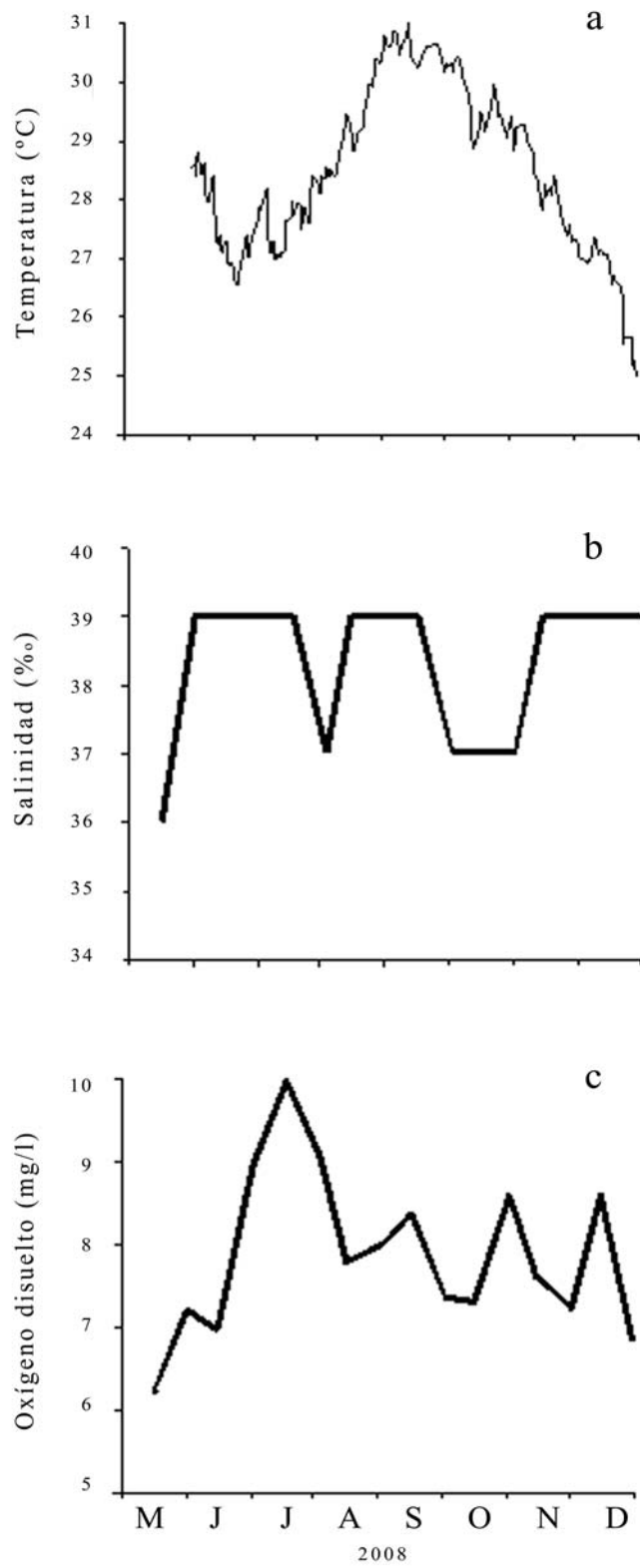


Figura 6. Variación quincenal de la temperatura (a), salinidad (b) y oxígeno disuelto (c) en el periodo mayo-diciembre 2008 en la Bahía de Mochima.

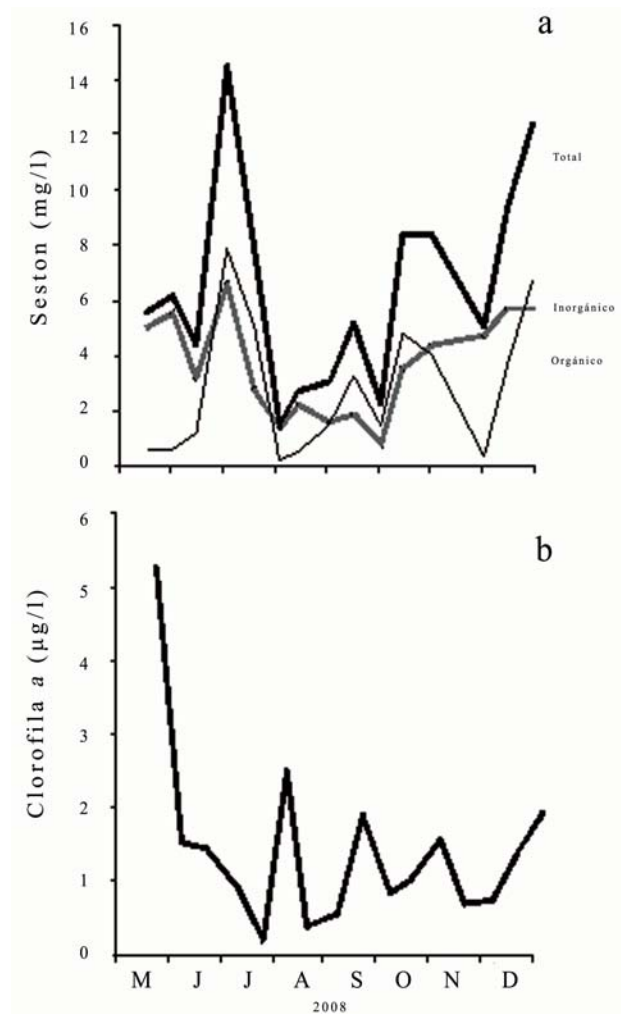


Figura 7. Variación quincenal del seston total, orgánico e inorgánico (a) y la biomasa fitoplanctónica estimada por clorofila a (b) en el periodo mayo-diciembre 2008 en la Bahía de Mochima.

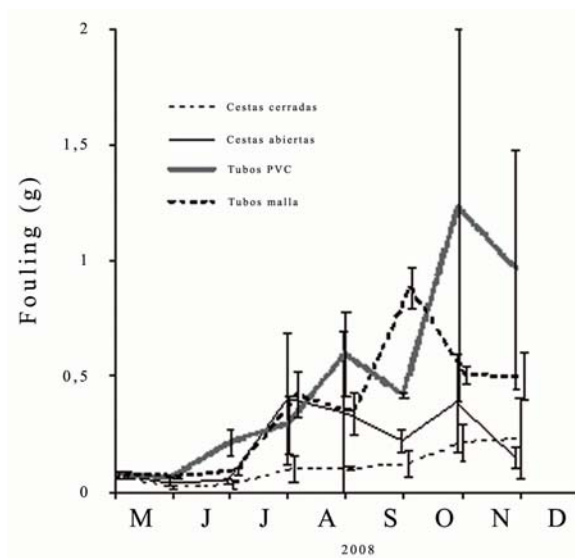


Figura 8. Variación mensual de la biomasa del “fouling” acumulado en las conchas de *P. imbricata* en cuatro diferentes elementos de cultivo suspendido en la Bahía de Mochima.

Además, la variabilidad registrada en el crecimiento de la ostra perlífera se encuentra condicionada por las alteraciones de los factores ambientales.

La ostra perlífera bajo cultivo suspendido mostró un crecimiento similar en los cuatro elementos de confinamiento ensayados durante los siete meses de estudio, alcanzando un aumento en masa de sus tejidos (músculo y resto de tejidos) entre el 470-739% de la masa y 110-120% de la dimensión de la concha inicial. Sin embargo, las tallas obtenidas al final del experimento estuvieron por debajo de la comercial establecida oficialmente para la explotación de sus bancos naturales (50 mm, INSOPESCA, resolución 009, Caracas 18 junio 2002-Gaceta Oficial, República Bolivariana de Venezuela).

Además de ello, la supervivencia alcanzada en los cuatro elementos osciló entre el 40-60% al final del estudio. Estos resultados muestran que, bajo las condiciones ambientales imperantes en la Bahía de Mochima, es necesario un período de cultivo mayor a siete meses para que la ostra perlífera alcance la talla comercial.

En base a los resultados obtenidos, se sugiere la utilización del elemento de cultivo más económico. Aunque los organismos en las cestas cerradas mostraron una mayor supervivencia, la elaboración de estos elementos de cultivo demandaría mayor material y mano de obra que los otros elementos de cultivo (cilindros), por eso no se recomienda para el cultivo de *P. imbricata*. Mientras, los cilindros de malla plástica y de PVC proporcionan mayor facilidad para realizar la cosecha. Aunque los cilindros de PVC implican menor labor de confección que los de malla plástica, este último material es más barato y flexible lo que facilita la confección de los cilindros y permitir un mayor flujo de agua lo que proporciona más alimento para las ostras. En vista de ello, el cilindro de malla plástica es el elemento de cultivo aconsejable para futuros desarrollos en el cultivo en suspensión de *P. imbricata*.

Aun así, el uso de cestas abiertas y cerradas podrían proporcionar información sobre el biocontrol de depredadores en estos sistemas de confinamiento, específicamente del gasterópodo *Cymatium* spp., el cual es un factor negativo muy importante en el cultivo de moluscos bivalvos (Freites *et al.*, 1999). No obstante, en el presente experimento no hubo incidencia de *Cymatium* spp, en contraste a lo que se ha

reportado en cultivos de otras localidades, tales como el Golfo de Cariaco (Narváez *et al.*, 2000, Lodeiros *et al.*, 2002, Semidey, 2009), Laguna La Restinga (Buitrago *et al.*, 2009), Laguna Grande del Obispo (Nuñez, 2009) y otras latitudes como en Australia (Perron *et al.*, 1985), Brasil (Manzoni y Lacava, 1998) y Colombia (Urban, 2000). Recientemente, Semidey (2009), en un experimento en la bahía de Turpialito, Golfo de Cariaco, estado Sucre, muestra la menor incidencia de estos depredadores con la utilización de cuerdas como cultivo, a diferencia de cestas japonesas, infiriendo en el mejor uso de elementos verticales para el cultivo de *P. imbricata*. Estos resultados, y los de mayor rendimiento de los cilindros de malla plástica, reafirman el uso de este elemento para el cultivo de *P. imbricata*.

Sin embargo, en los dos primeros meses de experimento la masa de tejidos distinta al músculo (resto de los tejidos) presentó un aumento acelerado, mayormente marcado en los tratamientos en cestas, posiblemente por el desarrollo de gónadas. A pesar que en el presente trabajo no se evaluó la reproducción, el resto de los tejidos representó un aumento de volumen y cambio de color de las gónadas (caracteres propios de la reproducción) a partir de junio y hasta finales de julio.

Browne y Russel-Hunter (1978) y Toumi *et al.* (1983), exponen que cuando la disponibilidad de alimento es limitada, la reproducción es favorecida como una estrategia evolutiva. De esta manera, es probable que la especie comenzara a formar gónada canalizando, principalmente, la energía hacia reproducción a expensas de energía que pudiese ir al crecimiento somático. Este comportamiento pudo ocurrir probablemente al inicio del experimento, cuando los organismos pudieron acumular reservas en los tejidos en los meses previos a junio, momento en el cual la biomasa fitoplanctónica es baja, y luego canalizarla hacia la reproducción, comportándose como un organismo conservador.

En consecuencia, al comparar el crecimiento observado en el presente estudio con otros experimentos en cultivos suspendidos de *P. imbricata* en el Golfo de Cariaco (Lodeiros *et al.*, 2002; Pérez *et al.*, 2009; Semidey *et al.*, 2009), y otras localidades como el Caribe colombiano (Urban 2000), se evidencia una menor tasa de incremento de tamaño en la bahía de Mochima, debido, en gran parte, a una

paralización del crecimiento entre los meses de junio-octubre, pudiendo haber sido causada por el estrés provocado por la baja disponibilidad de alimento, particularmente, de la biomasa fitoplanctónica observada durante dicho periodo.

La variabilidad en los factores ambientales en las aguas de las costas del nororiente de Venezuela obedecen, principalmente, a la influencia los vientos alisios que con mayor o menor magnitud, provocan fenómenos de surgencia y estratificación del agua (Okuda *et al.*, 1978; Griffiths y Simpson, 1972; Moigis, 1986), trayendo consigo efectos sobre el crecimiento y la reproducción de los organismos acuáticos (Lodeiros y Himmelman, 1994). No obstante, la mayor o menor variabilidad de los factores ambientales puede estar asociada también a fenómenos en las microlocalizaciones en el nororiente de Venezuela. En este sentido, la Bahía de Mochima, puede considerarse un sistema semicerrado, y de menor entrada de agua que otras zonas con mayor influencia de surgencia del nororiente de Venezuela, como lo es el Golfo de Cariaco, produciendo variaciones en diferente magnitud de los factores ambientales.

De esta manera, por ejemplo, el seston total, así como su componente orgánico y la biomasa fitoplanctónica, dos factores directamente asociados con la alimentación en moluscos bivalvos, son menores en una magnitud superior al 50% en comparación con los niveles alcanzados en el Golfo de Cariaco en periodos anteriores (Lodeiros y Himmelman, 2000) e inclusive en el mismo momento que se desarrolló la presente investigación (Pérez *et al.*, 2009). Esto explicaría, en gran medida, las bajas tasas de crecimiento obtenidas en el presente trabajo, en relación a las observadas en el Golfo de Cariaco y otras localidades.

Debido a que las mayores tasas de crecimiento se observaron en el periodo de surgencia, una alternativa de mayor rendimiento para el cultivo de esta especie, particularmente en la bahía de Mochima, es que las semillas sean sembradas justo al inicio de la surgencia (diciembre-enero), en función de aprovechar los elevados niveles de seston, específicamente, de fitoplancton.

De esta manera, pudieran alcanzarse la talla comercial de la ostra perla en menor tiempo. Esta especie, aunque muestra una reproducción continua en el Golfo de Cariaco, posee picos elevados de reclutamiento en colectores artificiales al inicio del año, alcanzando los 400 individuos/colector en monofilamento 30x60 cm, y un pico aún más elevado en agosto, alcanzando los 1.100 individuos/colector (Jiménez *et al.*, 2000).

Las semillas en nuestro estudio parecen ser de la cohorte de febrero, por lo cual aprovecharon, el periodo de mayor disponibilidad de alimento cuando aun tenían una talla pequeña y menor disponibilidad (por la estratificación del agua) a tallas mayores. Es posible que la baja disponibilidad de alimento no tenga un efecto estresante en juveniles, como ocurre en la vieira *Euvola ziczac* en periodos de estratificación del agua en el Golfo de Cariaco (Lodeiros y Himmelman 2000), y que la cohorte de agosto de *P. imbricata* sea más adecuada para el cultivo en Mochima y otras localidades, dando tiempo al organismo alcanzar mayores tallas para entrar en el periodo de surgencia, con los elevados niveles de biomasa fitoplanctónica podrían generar un alimento disponible tanto para el crecimiento como para otros procesos fisiológicos dependientes de la talla y de elevada demanda energética como la reproducción. De esta manera, los organismos podrían alcanzar tallas comerciales en menor tiempo. Estas hipótesis deben ser verificadas con estudios de crecimiento e influencia de factores ambientales con semillas de diferentes cohortes.

Los valores de la concentración de oxígeno se mantuvieron por encima de 7 mg/l durante todo el periodo del experimento, lo cual muestra que los niveles de concentración de oxígeno no fueron estresantes para moluscos bivalvos. De igual manera, la variabilidad y magnitud de la salinidad se encuentran en los intervalos normales para esta especie y no parecen producir efectos negativos en el crecimiento de moluscos de hábitat submareal (Lodeiros y Himmelman, 1994; 2000).

Un factor que pudo influir en el crecimiento de la ostra perla fue el "fouling", el cual puede causar efectos negativos cuando se deposita en las cestas, por disminuir el flujo de agua a través de ellas y por consiguiente haber menos alimento, posibilidad de menor concentración de oxígeno y mayor acumulación de desechos provenientes de las mismas ostras. Otro

efecto del “fouling” sobre las ostras podría ser el ejercido por su deposición en las conchas, produciendo un efecto negativo debido al aumento de su peso e interferencias mecánicas con el cierre de las valvas, además de que se genera competencia por el alimento y se reduce el valor comercial del bivalvo (Lodeiros y Himmelman, 1996; Lodeiros, 2002).

En el presente estudio no se evaluó el “fouling” sobre las mallas o sobre los elementos de cultivo; sin embargo, pudo haber algún efecto en los organismos contenidos en las cestas abiertas y cerradas, ya que sus mallas se mantuvieron con mayor cantidad de “fouling”, lo cual podría haber dificultado el crecimiento de las ostras en ellas. Coincidentalmente, las conchas de estos organismos fueron las que presentaron menores niveles de acumulación de “fouling”, alcanzando hasta un 30% de la masa en relación a la concha.

Las ostras en ninguno de los elementos de cultivo muestran indicios de tener afectaciones del crecimiento. En este sentido, estos resultados revelan el escaso efecto que puede producir el “fouling” sobre los organismos de disposición vertical como lo es *P. imbricata*, de esta manera el efecto producido por fuerza antagónica del peso es menor a la desarrollada en bivalvos de posición horizontal como la vieira *E. ziczac*, por ejemplo (Lodeiros *et al.*, 2002).

### CONCLUSIONES

No se observaron diferencias significativas en el crecimiento, tanto en longitud como en biomasa, así como en la supervivencia entre los diferentes elementos de confinamiento ensayados.

Los organismos en cestas abiertas presentaron mejor condición fisiológica que los ubicados en los demás elementos de cultivo.

En ningún elemento de cultivo se alcanzó la talla comercial (50 mm) durante los siete meses de experimentación.

En general, existió asociación de los diferentes parámetros de crecimiento y los factores ambientales (Clorofila *a*, seston y temperatura), lo cual indica la modulación que ejercen estos factores ambientales sobre el crecimiento de la ostra perla en el sitio de cultivo.

### AGRADECIMIENTOS

La presente investigación ha sido financiada 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. 20.

### LITERATURA CITADA

- Browne, R. and W. Russel-Hunter. 1978. Reproduction effort in mollusks. *Oecologia* (Berlin) 37: 23-27.
- Buitrago, E., J. Buitrago, L. Freitas y C. Lodeiros. 2009. Identificación de factores que afectan al crecimiento y la supervivencia de la ostra de mangle, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), bajo condiciones de cultivo suspendido en la laguna de La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. *Zoo. Trop.*, 27(1): 79-90.
- Freitas, L., C. Lodeiros and J. 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.
- Gómez, A. 1999. Los recursos marinos renovables del estado Nueva Esparta, Venezuela. Tomo I. Invertebrados y algas. Organización Gráficas Capriles, Caracas. Venezuela. 208 p.
- Griffiths, J. y J. Simpson. 1972. Afloramientos y otras características oceanográficas de las aguas costeras del noreste de Venezuela. Serie Recursos y Explotación Pesquera, MAC/PNUD/FAO Caracas, 2: 1-72.
- 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. Sci.*, 36: 221-226.
- León, L. 2009. Los ostrales de *Pinctada imbricata* del Edo. Nueva Esparta. II reunión Técnica de la Red Suramericana de Conservación de Moluscos Bivalvos. Centro de Investigaciones Ecológicas Guayacán, Universidad de Oriente-Estación Fidaes-IDEA. 9-12 diciembre 2009.
- 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. U.D.O., 12: 3-44.
- Lodeiros, C. 2002. Cuestión de peso y posición. Rev. Biol. Trop. 50: 875–878.
- Lodeiros, C. y L. Freites. 2008. Estado actual y perspectivas del cultivo de moluscos bivalvos en Venezuela. **En:** *Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina*. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura. No. 12. Roma, FAO. pp. 135-150.
- 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, Amsterdam 119: 345±358
- Lodeiros, C. and J. 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. 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., C. 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.
- Lodeiros, C., L. Freites C. Graziani and J. Alio 2011. Cultivation of bivalve molluscs in Venezuela: diversity, potential and infrastructure for seed production. pp. 161-170.
- Lovatelli, A. and S. Sarkis. 2011. A regional shellfish hatchery for the Wider Caribbean: Assessing its feasibility and sustainability. FAO Regional Technical Workshop. 18–21 October 2010, Kingston, Jamaica. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings. No. 19. Rome, FAO. 2011. 246 p.
- Makenzie, C., L. Troccoli and L. León. 2003. History of the Atlantic pearl-oyster, *Pinctada imbricata*, industry in Venezuela and Colombia, with biological and ecological observations. Mar. Fish. Rev., 65(1): 1-20.
- Manzoni, G. y L. Lacava. 1998. Crecimiento dos gasterópodos *Thais* (Stramonita) *haemastoma* e *Cymatium parthenopheum parthenopheum* en cultivo experimental na enseada da Armação do Itapocoroy (26 ° 47'S-48° 36'W) (Penha-SC). Notas Tec. FACIMAR. 2:167-173.
- Narváez, N., C. Lodeiros, L. Freites, M. Nuñez, D. Pico y A. Prieto. 2000. Abundancia de juveniles y crecimiento de la concha abanico *Pinna carnea* (Gmelin,1791) en cultivo suspendido. Rev. Biol. Trop., 48: 785-797.
- Núñez, M. 2009. Crecimiento y sobrevivencia de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* bajo condiciones de cultivo submareal e intermareal, en la Laguna Grande del Obispo, Golfo de Cariaco, Venezuela. Trabajo de Maestría en Ciencias Marinas, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. 69 p.
- Moigis, A. 1986. Variación anual de la productividad primaria del fitoplancton en el Golfo y en la Fosa de Cariaco, Venezuela. Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente, (Cumaná, Venezuela) 25: 115-126
- Okuda, T., J. Benitez-Alvarez, J. Bonilla y G. Cedeño. 1978. Características hidrográficas del Golfo de Cariaco, Venezuela. Bol. Inst. Oceanogr. Vzla. Univ. Oriente, 17: 69-88.
- Pérez, E., D. Semidey, J. Reyes y C. Lodeiros. 2009. Crecimiento de cohortes de *Pinctada imbricata* (Röding, 1798) en cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, Venezuela: primera cohorte. Foro Iberoam. Rec. Mar. Acui. II: 389-394.
- Perron, F., G. Heslinga and J. Fagolimul. 1985. The gastropod *Cymatium muricinum*, a predator on juvenile tridacnid clams. Aquaculture, 48: 211–221.
- 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. Trabajo de Pregrado, Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 53 p.
- Semidey, D., R. Cortez, M. Nuñez, C. Malavé y C. Lodeiros. 2009. Crecimiento y supervivencia de la ostra perla *Pinctada imbricata* Röding 1798, bajo condiciones de cultivo suspendido, en cuerdas y cestas japonesas. Foro Iberoam. Rec. Mar. Acuí. II: 417-423.
- Strickland, J and T. Parsons. 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. Second edition. Fish. Res. Board of Canada. Bull.167.
- Toumi, J., T. Hakala and E. Hamkuoja. 1983. Alternative concepts of reproductive effort, costs of reproduction and selection in life history evolution. *Am. Zool.*, 23: 25-34.
- Urban, J. 2000. Culture potential of the pearl oyster *Pinctada imbricata* from the Caribbean. I. Gametogenic activity, growth, mortality and production of a natural population. *Aquaculture*, 189: 361–373.
- Zar, J. 1984. *Biostatistical Analysis*. Segunda Edición. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 718 p.