

*Research Article*

## **Crecimiento, supervivencia e influencia de factores ambientales en tres cohortes de la ostra perla *Pinctada imbricata*, en cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, Venezuela**

**Eileen Pérez<sup>1,2</sup>, César Lodeiros<sup>2,3</sup>, Dulce Semidey<sup>2</sup>, Eduardo Uribe<sup>4</sup> & Luis Freitas<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Nueva Esparta  
Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras, Porlamar, Venezuela

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

<sup>3</sup>Escuela Superior Politécnica del Litoral, Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas  
Guayaquil, Ecuador

<sup>4</sup>Departamento de Acuicultura, Universidad Católica del Norte, Sede Coquimbo, Chile  
Corresponding author: César Lodeiros (cesarlodeirosseijo@yahoo.es)

**RESUMEN.** Se evaluó el crecimiento y supervivencia de ejemplares de la ostra perla *Pinctada imbricata* (semillas de 16-24 mm de longitud antero-posterior de la concha) pertenecientes a tres cohortes (CI, CII y CIII) durante tres períodos ambientales diferentes, en cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, Venezuela. Los cultivos se realizaron en cestas japonesas suspendidas en una línea a 2-3 m de profundidad. La CI fue cultivada de octubre 2007 a abril 2008 (comprende periodos de surgencia y relajación), la CII de junio 2008 a febrero 2009 (dominado por la relajación de la surgencia costera) y la CIII de febrero a julio 2009 (dominado por surgencia costera). Mensualmente se registró el número de gasterópodos del género *Cymatium* reclutados en las cestas, longitud de la concha, supervivencia de las ostras, masa de la concha, músculo, resto de tejidos y organismos incrustantes (fouling) en las conchas. La temperatura del agua se registró continuamente, mientras que la salinidad, clorofila-*a*, seston y oxígeno disuelto fue quincenalmente. Los resultados sugieren que las variables que afectaron significativamente la tasa de crecimiento, fueron la temperatura y disponibilidad de alimento, mientras que la disminución de la supervivencia se asoció a la incidencia de *Cymatium* spp. Las mayores tasas de crecimiento y supervivencia se observaron en los ejemplares cultivados en el periodo de surgencia costera (CIII), caracterizado por alta disponibilidad fitoplanctónica y baja temperatura.

**Palabras clave:** cultivo de bivalvos, temperatura, fitoplancton, surgencia costera, *Cymatium*, Mar Caribe.

## **Growth, survival and environmental effects on three cohorts of the pearl oyster *Pinctada imbricata*, under suspended culture at Cariaco Gulf, Venezuela**

**ABSTRACT.** The growth and survival of individuals of the pearl oyster *Pinctada imbricata* (spats of 16-24 mm antero-posterior shell length) belonging to three different cohorts (CI, CII and CIII) were evaluated in suspended culture at Cariaco Gulf, Venezuela, during three contrasting environmental periods. The cultures were made in pearl nets suspended at 2-3 m from a long line. Cohort CI was cultured from October 2007 to April 2008 (covering the period of stratification and upwelling waters of the area), the CII from June 2008 to February 2009 (dominated by the remission of the coastal upwelling and the start of the same) and the CIII from February 2009 to July 2009 (coastal upwelling period). Monthly determinations included the number of gastropods of the genus *Cymatium* spp., recruited in the culture baskets, shell length, oyster survival, and mass of the shell, muscle and other tissues, as well as, the fouling mass on the shells. Water temperature was continuously recorded, while salinity, chlorophyll, and dissolved oxygen seston biweekly. Results obtained from the different cohorts studied suggest that the variables that significantly affect growth rates were temperature and food availability, whereas the survival rate was inversely associated with incidence of *Cymatium* spp. The highest rates of growth and survival were observed in individuals of *P. imbricata* that were grown in the influenced by coastal upwelling period (CIII). This evidence suggests that at this period characterized by higher availability of phytoplanktonic food and low temperatures is the most suitable for the cultivation of the *P. imbricata* in the southeastern Caribbean.

**Keywords:** bivalve culture, temperature, coastal upwelling, temperature, phytoplankton, *Cymatium*, Caribbean Sea.

## INTRODUCCIÓN

Desde tiempos de la conquista de América la ostra perla *Pinctada imbricata* (Röding, 1798) constituyó un recurso marino que fue objeto de desmedida extracción para la obtención de perlas, lo cual provocó el agotamiento de la mayoría de los bancos naturales del Mar Caribe (Cervigón, 1997). Este recurso fue explotado para la obtención de perlas hasta mediados del siglo pasado, cuando el interés cambió para el consumo de su carne. En la actualidad, en algunas comunidades de la zona costera de Venezuela (oriente y occidente) el recurso representa cierta importancia socioeconómica como sustento, por cuanto su producción anual alcanza a 800 ton, provenientes principalmente del banco de Isla de Cubagua, Estado Nueva Esparta que presenta signos de sobreexplotación y desplazamiento por colonización de la pepitona *Arca zebra* (Lodeiros & Prieto, 2013).

*Pinctada imbricata* es una de las especies con mayor interés para su cultivo en el Caribe (Lovatelli & Sarkis, 2011), particularmente en Colombia y Venezuela, donde algunos estudios muestran su factibilidad biológica para lograrlo (Velasco *et al.*, 2008; Lodeiros & Freitas, 2008). El cultivo a mediana escala podría ser sustentado con semillas y juveniles recolectados a partir de sustratos artificiales, donde se ha observado reclutamientos de cierta importancia (Jiménez *et al.*, 2000). No obstante, para una producción masiva se necesita la obtención de semillas con reproducción inducida en condiciones controladas. En cualquiera de los casos, la optimización del crecimiento en condiciones de cultivo exterior es clave para la producción sostenida de esta especie (Lodeiros *et al.*, 2011; Lodeiros & Prieto, 2013).

El bivalvo *P. imbricata* es dioico, con individuos protándricos, su reproducción es asincrónica con actividad durante casi todo el año (Marcano, 2005; León *et al.*, 1987). En el Caribe los porcentajes mayores de individuos maduros se han observado en los períodos de marzo-abril y de junio-septiembre, mientras que los períodos de mayor intensidad de desove ocurren en mayo-junio, septiembre-octubre y diciembre-febrero. Por lo tanto, se considera que es una especie con una estrategia reproductiva oportunista o conservadora, dependiendo de la disponibilidad trófica, característica de varias especies de bivalvos tropicales (Freitas *et al.*, 2014).

Uno de los principales problemas que han enfrentado los estudios para determinar la factibilidad biológica del cultivo de varias especies de bivalvos en el Mar Caribe, ha sido la incidencia de algunas especies de gasterópodos depredadores de la familia Rannellidae (= Cymatidae), que han causado importantes mortalida-

des en bivalvos cultivados, como *Euvola ziczac* (Freitas *et al.*, 2000), *Pinna carnea* (Narváez *et al.*, 2000; Velasco & Borrero, 2004), *Crassostrea rhizophorae* (Núñez *et al.*, 2010; Malavé *et al.*, 2012b) y *Pinctada imbricata* (Lodeiros *et al.*, 2002; Semiday *et al.*, 2010; Malavé *et al.*, 2012a). Esto se debe a que algunas especies de la familia Ranellidae presentan una etapa planctónica en su desarrollo temprano, característica que les permite acceder a las cestas de cultivo suspendidas en la columna de agua, desarrollando allí su capacidad depredadora (Malavé *et al.*, 2012a).

De manera general, se tiene establecido que los mares tropicales, como el Mar Caribe, son sistemas oligotróficos. No obstante, en algunas zonas costeras donde existe un aporte orgánico y nutrientes provenientes de descargas de ríos o procesos de surgencia costera asociados a los vientos alisios, producen un aumento en la producción, como sucede en el noreste venezolano (Miloslavich & Klein, 2008), alcanzando valores  $>231 \text{ mg C m}^{-2}$  (Mandelli & Ferráz-Reyes, 1982). Durante el periodo de surgencia que domina la primera mitad del año (enero-julio), la temperatura varía de 21-25°C y el fitoplancton es muy superficial, con mayor densidad en los primeros 20 m y máximos de 300 cel mL<sup>-1</sup>, pero en ocasiones se han registrado hasta 2600 cel mL<sup>-1</sup>, siendo los máximos de clorofila-*a* superficial de 8 µg L<sup>-1</sup> (Varela *et al.*, 2003). En contraste, el periodo de relajación de la surgencia costera (agosto-noviembre), se caracteriza por la estratificación de la columna de agua, baja productividad primaria y altas temperaturas (26-29°C) (Mandelli & Ferráz, 1982; Ferráz-Reyes, 1989).

Debido a la variabilidad ambiental que ocurre en el sureste del Caribe, los procesos fisiológicos de muchos invertebrados marinos se ven afectados, en particular los moluscos bivalvos (Lodeiros & Himmelman, 1994, 2000). Por lo tanto, se puede esperar que las cohortes de *P. imbricata* reclutadas en diferentes periodos del año estarían influenciadas de distinta manera por los parámetros ambientales que modulan el crecimiento de los moluscos bivalvos, como temperatura y disponibilidad trófica. En el presente estudio se evaluó el crecimiento y supervivencia de tres cohortes de la ostra perla *P. imbricata* cultivadas en periodos con condiciones ambientales contrastantes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las semillas de *P. imbricata* se recolectaron manualmente de diferentes mallas de remplazo que fueron colocadas como parte del mantenimiento de jaulas de cultivo experimental de peces, instaladas en la bahía de Charagato, Isla de Cubagua, Venezuela, en tres periodos diferentes del año (10 octubre 2007, 16 junio

2008 y 27 febrero 2009), en que se establecieron tres cohortes experimentales (CI, CII y CIII). El mismo día de la colecta se transportó cada cohorte vía marítima hasta la Estación Hidrobiológica de Turpialito, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Estado de Sucre, para establecer el cultivo en la ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco (10°26'56"N, 64°02'00"W).

Antes del inicio de cada bioensayo, las semillas de las diferentes cohortes se mantuvieron durante 8 días en cestas perleras japonesas (*pearl nets*; 35×35×40 cm) para su aclimatación. Estas cestas se suspendieron en una línea de cultivo (*long line*) a 2-3 m de profundidad. Posteriormente, los individuos de cada cohorte se seleccionaron por talla para obtener un grupo más homogéneo y así minimizar las diferencias al inicio de los experimentos (CI: 16,8 ± 1,96; CII: 16,9 ± 1,55 y CIII: 24,6 ± 2,24 mm de longitud de la concha). En todos los bioensayos se utilizó un criterio de siembra del 25-30% de la base de la cesta, según lo recomendado por Ventilla (1982), que para los individuos de rango de talla de 15-25 mm correspondió a 60 ind/cesta para CIII y 130 ind/cesta para CI y CII. En un total de 15 cestas por cohorte se colocaron 3900 individuos (CI y CII) y 915 individuos (CIII). La disminución de la densidad del cultivo (*desdoble*) se realizó mensualmente siguiendo el mismo criterio de ocupación inicial de la base de la cesta.

El cultivo experimental de la CI se desarrolló de octubre 2007 a abril 2008, abarcando el final del periodo de estratificación de la columna de agua y parte del periodo de surgencia continua en la región. La CII se desarrolló de junio 2008 a febrero 2009, incluyendo el periodo completo de estratificación e inicio de surgencia costera, y la CIII el periodo de febrero-julio 2009, durante casi la totalidad del periodo de surgencia costera.

Mensualmente se extrajeron tres réplicas o cestas de cada cohorte experimental. El crecimiento se determinó en una submuestra de 10 a 15 ejemplares colectados al azar en cada réplica, a los cuales se les extrajeron los epibiontes y se les midió la longitud de la concha en su eje antero-posterior máximo con un vernier digital Mitutoyo (0,01 mm de precisión). Mediante la deshidratación en una estufa a 60-70°C por 72 h se determinó la masa seca de la concha, músculo y resto de tejido con una balanza analítica (0,0001 g de precisión).

El porcentaje de ostras vivas en cada muestreo (*supervivencia*) se determinó en cada réplica. Los individuos muertos y muestreados fueron sustituidos por aquellos que fueron mantenidos en 10 réplicas colocadas para este fin. Estas cestas se mantuvieron en

idénticas condiciones que las réplicas experimentales (*densidad, tipo de cesta, profundidad, desdobles, etc.*).

Para evaluar la influencia de los parámetros ambientales sobre el crecimiento y supervivencia, se registró la temperatura de manera continua cada 30 min utilizando termógrafos electrónicos (Sealog, Vemco Ltd., Halifax, Canadá) sumergidos a 2 m, en paralelo con los cultivos. El resto de los parámetros ambientales se determinó quincenalmente. Para ello se tomaron muestras de agua por triplicado con una botella Niskin de 2 L a la profundidad del cultivo. Se utilizaron submuestras de agua para determinar el contenido de oxígeno disuelto por el método de Winkler (Strickland & Parson, 1972) y la salinidad se midió con un refractómetro Atago S/Mill: 0-100.

El resto de agua de mar de cada réplica se filtró con un tamiz de 153 µm, para eliminar el macroplankton. Luego se trasladó al laboratorio en contenedores de plástico opaco de 2 L, donde se filtró al vacío con filtros Whatman GFF (0,7 µm de diámetro de poro), con un equipo Millipore. Luego se lavó el filtro con la muestra con formiato de amonio al 3% para eliminar las sales. Estos filtros fueron deshidratados a 60°C por 24 h para determinar el seston total, orgánico e inorgánico por métodos gravimétricos. La biomasa fitoplanctónica se estimó mediante la concentración de clorofila-*a*, siguiendo el método espectrofotométrico (Strickland & Parson, 1972).

Los organismos incrustantes definidos como los epibiontes y material depositado en la concha del bivalvo fouling, se consideraron como un factor biótico ambiental. Se retiraron mensualmente de la concha para determinar su masa seca mediante deshidratación en una estufa a 60°C por 72 h. Además, en cada cesta de cultivo se registró el número de *Cymatium* spp., gasterópodos que han sido caracterizados como depredadores de bivalvos en la región (Freites *et al.*, 2000; Malavé *et al.*, 2012).

A partir de los incrementos intermensuales en la longitud de la concha de las réplicas experimentales de cada cohorte, se determinaron los parámetros K (velocidad de crecimiento) y  $L_{\infty}$  (longitud infinita) por el método de Fabens (1965), para determinar el parámetro de desempeño  $\Phi'$  (Phi prima), que integra K y  $L_{\infty}$  en la relación de  $\Phi' = \log K + 2 \log L_{\infty}$ , utilizada como un índice de condición de crecimiento en peces e invertebrados marinos (Pauly & Munro, 1984). Tanto  $\Phi'$ , como las tasas de crecimiento y supervivencia al final del experimento, se analizaron mediante un ANOVA simple, considerando las cohortes como factor (Zar, 1984). A las variables que presentaron diferencias significativas se aplicó un análisis *a posteriori* de Duncan. La normalidad y homogeneidad de varianzas fueron previamente determinadas (observación gráfica

de la dispersión de residuales). Para estimar la condición de los organismos en las diferentes cohortes se realizaron regresiones entre la longitud de la concha y la masa de tejidos somáticos (resto de tejidos y músculo), utilizando todos los organismos. Las pendientes de cada una de las regresiones fueron contrastadas mediante las comparaciones de pendientes, siguiendo las recomendaciones en Zar (1984). Para todos los análisis y pruebas estadísticas se utilizó la probabilidad de  $P = 0,05$ .

Para identificar la influencia de los parámetros ambientales sobre el crecimiento se realizó un análisis de regresión múltiple, determinando modelos descriptivos de los parámetros de crecimiento (componentes del cuerpo), expresados como la tasa de crecimiento específica en cada periodo de muestreo en función de los parámetros ambientales (variables independientes), expresados como la media en el periodo de muestreo. En este análisis se utilizaron regresiones paso a paso o "stepwise", para cada parámetro de crecimiento, siguiendo las recomendaciones de Hair *et al.* (1992). Previamente, para determinar los parámetros ambientales que tuvieron mayor influencia sobre el crecimiento y biomasa de las ostras, se realizaron matrices de correlación parcial y solamente las variables significativamente correlacionadas (Pearson,  $P < 0,05$ ) con cada parámetro de crecimiento se utilizaron para la regresión paso a paso.

## RESULTADOS

### Dimensión de la concha

La cohorte CII estuvo expuesta al periodo más extenso de cultivo (8 meses) y los individuos presentaron el menor incremento en la longitud de la concha ( $0,13 \text{ mm día}^{-1}$ ), mientras que los individuos de las CI y CIII mostraron valores de  $0,18 \text{ mm día}^{-1}$  (6 meses de cultivo) y  $0,15 \text{ mm día}^{-1}$  (5 meses de cultivo). Sin embargo, estas diferencias no fueron significativas ( $P > 0,05$ ). Los individuos de la CII mostraron un estancamiento del crecimiento de agosto a mediados de diciembre 2008 ( $0,04 \text{ mm día}^{-1}$ ), pero en los últimos dos meses de cultivo (fines de diciembre 2008-febrero 2009), el crecimiento fue progresivo, presentando incrementos mayores a los reportados en los meses anteriores ( $0,25 \text{ mm día}^{-1}$ ). Contrariamente, los individuos de la CIII comenzaron su crecimiento con tasas elevadas, pero al final del periodo (mediados de mayo-julio 2009) presentaron una disminución en el incremento de la longitud ( $0,015 \text{ mm día}^{-1}$ ). Los individuos de la CI crecieron de forma continua durante todo el periodo cultivo (octubre 2007-abril 2008). Al final de cada periodo de crecimiento, las cohortes CI,

CII y CIII alcanzaron tallas de  $49,6 \pm 3,77$ ;  $50,7 \pm 2,37$  y  $49,1 \pm 1,33 \text{ mm}$ , respectivamente (Fig. 1).

La CIII presentó el mayor índice de desempeño de crecimiento ( $\Phi'$ ) con un valor medio entre las réplicas de  $4,8 \pm 0,07$ , presentando el crecimiento más rápido en longitud desde el inicio del cultivo. Este valor fue significativamente mayor ( $P < 0,05$ ) al de las cohortes CI y CII ( $4,5 \pm 0,17$  y  $4,1 \pm 0,52 \text{ mm}$ ).

### Masa seca de la concha y de los tejidos blandos

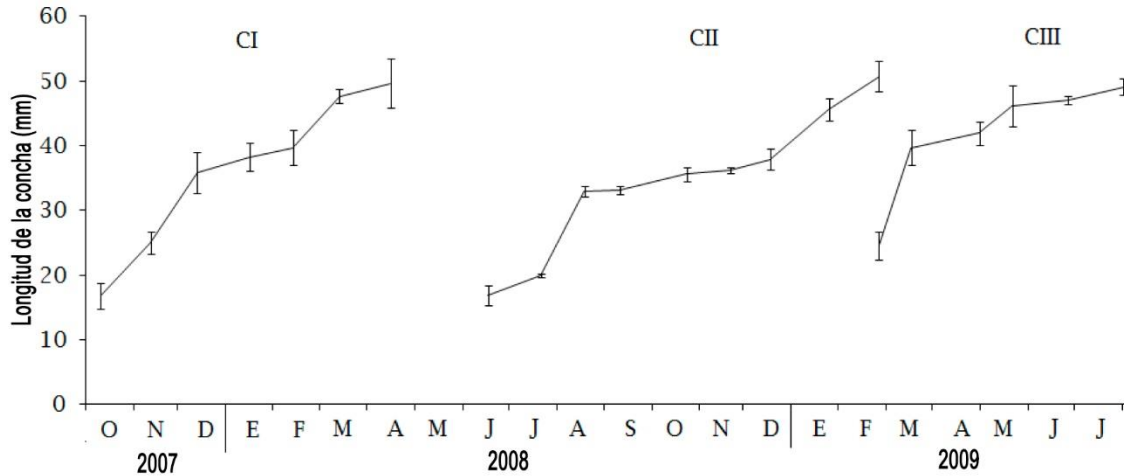
Contrariamente a lo descrito para la longitud de la concha, las cohortes CII y CIII presentaron diferencias significativas en sus incrementos en masa ( $P < 0,05$ ), con valores de  $0,02$  y  $0,04 \text{ g día}^{-1}$  respectivamente. El aumento en masa de la concha de la CIII se manifestó durante todo el periodo de cultivo (Fig. 2). En forma similar a las variaciones observadas en los incrementos de longitud de la concha, se observó un menor incremento en peso de la concha en los individuos de la CII, con promedio de  $0,006 \text{ g día}^{-1}$  de agosto a mediados de diciembre 2008. Las ostras de la CII alcanzaron la menor masa de la concha ( $5,3 \pm 0,68 \text{ g}$ ), respecto a las CIII y CI, con valores de  $6,9 \pm 0,17$  y  $6,3 \pm 0,62 \text{ g}$ , respectivamente.

El patrón de crecimiento de la masa del resto de tejidos se correlacionó significativamente con el músculo ( $P < 0,05$ ;  $r = 0,43$ ), durante los periodos de cultivo de las diferentes cohortes. La biomasa del resto de los tejidos y del músculo de los individuos de las diferentes cohortes (Figs. 3a-3b), mostró diferencias significativas en el incremento del crecimiento durante los tres periodos de cultivo ( $P < 0,05$ ). Al final del estudio, los individuos de las CI y CIII presentaron masas superiores en ambos tejidos. Así la CIII presentó los mayores valores ( $0,6 \pm 0,04 \text{ g}$  resto de tejidos y  $0,2 \pm 0,01 \text{ g}$  músculo); seguida por la CI ( $0,4 \pm 0,02 \text{ g}$  resto de tejidos y  $0,2 \pm 0,01 \text{ g}$  músculo), mientras que la CII presentó los menores valores ( $0,3 \pm 0,09 \text{ g}$  resto de tejidos y  $0,1 \pm 0,01 \text{ g}$  músculo).

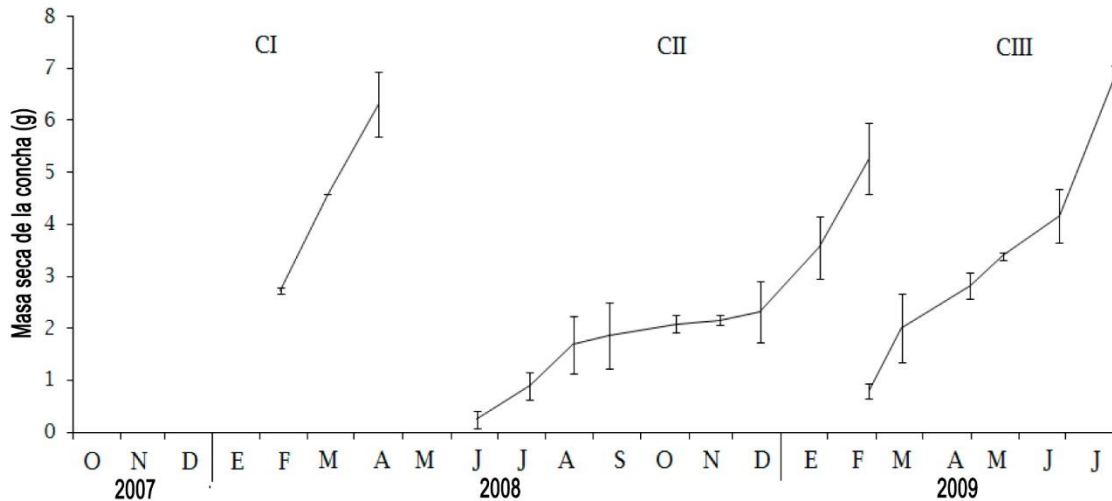
Al evaluar la relación entre la longitud de la concha y la masa de tejidos (músculo y resto de tejidos) del total de las ostras colectadas para cada cohorte, se encontró una regresión lineal significativa ( $P < 0,05$ ) y positiva en todas las relaciones. Las pendientes (b) de la relación longitud de la concha respecto a la masa de los tejidos fueron significativamente diferentes (t-Student,  $P < 0,05$ ) en las tres cohortes, manteniendo la relación de mayor a menor valor de  $\text{CIII} > \text{CI} > \text{CII}$  con coeficientes de  $0,51$ ;  $0,28$  y  $0,09$  respectivamente.

### Tasa de supervivencia

La cohorte CIII tuvo una tasa de supervivencia mensual elevada con valores de 90-100%, mientras que las CI y CII presentaron una disminución de la supervivencia desde el inicio del cultivo, con aumentos en algunos



**Figura 1.** Longitud del eje antero-posterior máximo de la concha de las cohortes CI, CII y CIII de *Pinctada imbricata*, cultivadas en la Estación de Turpialito, Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela.



**Figura 2.** Masa seca de la concha de las cohortes CI, CII y CIII de *Pinctada imbricata*, cultivadas en la Estación de Turpialito, Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela.

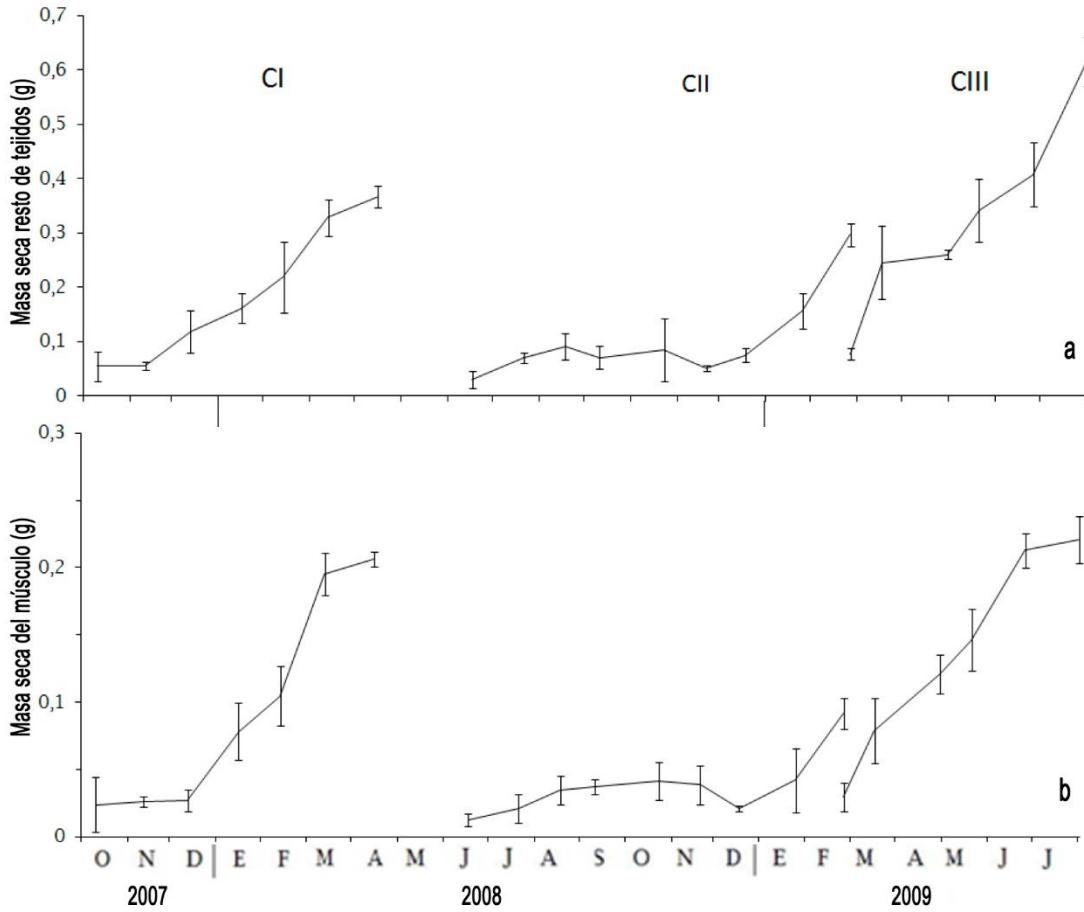
meses de estudio (Fig. 4). La CI presentó una marcada caída de la supervivencia a mediados de diciembre 2007, entre enero y mediados de febrero 2008 y marzo 2008, con el menor valor de supervivencia en marzo ( $26 \pm 1,2\%$ ). La CII presentó una leve disminución de la supervivencia desde el inicio del cultivo en junio hasta mediados de agosto 2008 (de 100% a 82%), luego en noviembre 2008 y al final del experimento (febrero 2009), momento en que presentó los menores valores de  $52 \pm 5,1$  y  $40 \pm 3,6\%$ , respectivamente.

#### Factores ambientales

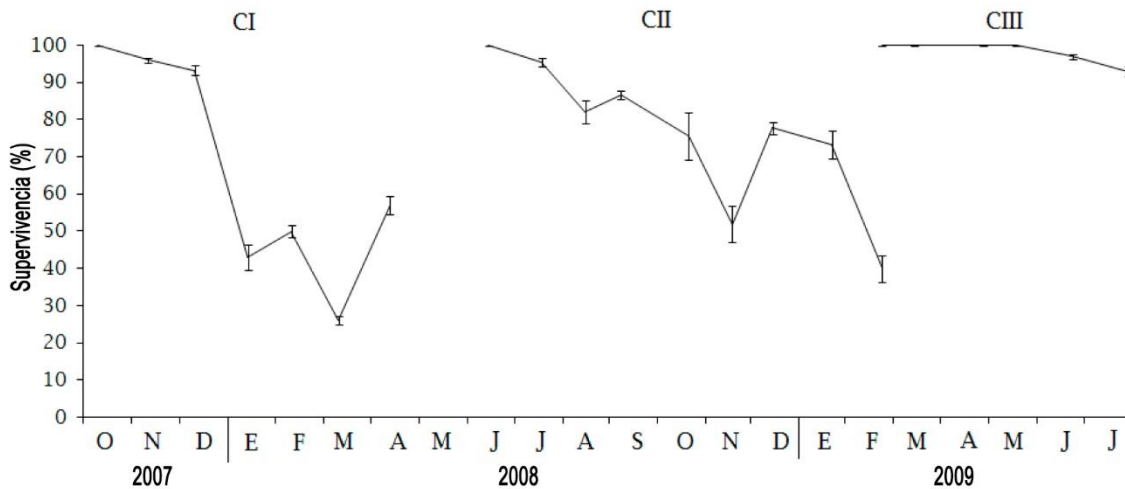
Durante los primeros meses de cultivo de la cohorte CI (octubre 2007-marzo 2008), los epibiontes se mantuvieron bajos  $1,8 \pm 0,76$  g; pero al final del periodo

(abril 2008) se observó un aumento abrupto de  $7,2 \pm 2,34$  g (Fig. 6). En contraste, la CII presentó valores muy bajos ( $1,1 \pm 0,22$  g) durante todo el periodo de cultivo, mientras que la CIII presentó valores intermedios, que no superaron  $4,5 \pm 1,34$  g. Al final del experimento, todas las medias de las cohortes fueron significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ).

La incidencia del gasterópodo *Cymatium* spp., se observó en las cestas de cultivo de todas las cohortes (Fig. 5). Durante el periodo de crecimiento de la CI, se observó una alta incidencia de *Cymatium* spp. (21 ind/cesta), específicamente en diciembre 2007, presentando una notable incidencia comparativamente con la CII y CIII. Después de dos meses (marzo 2008) se registraron solo 2 ind/cesta. La supervivencia de las



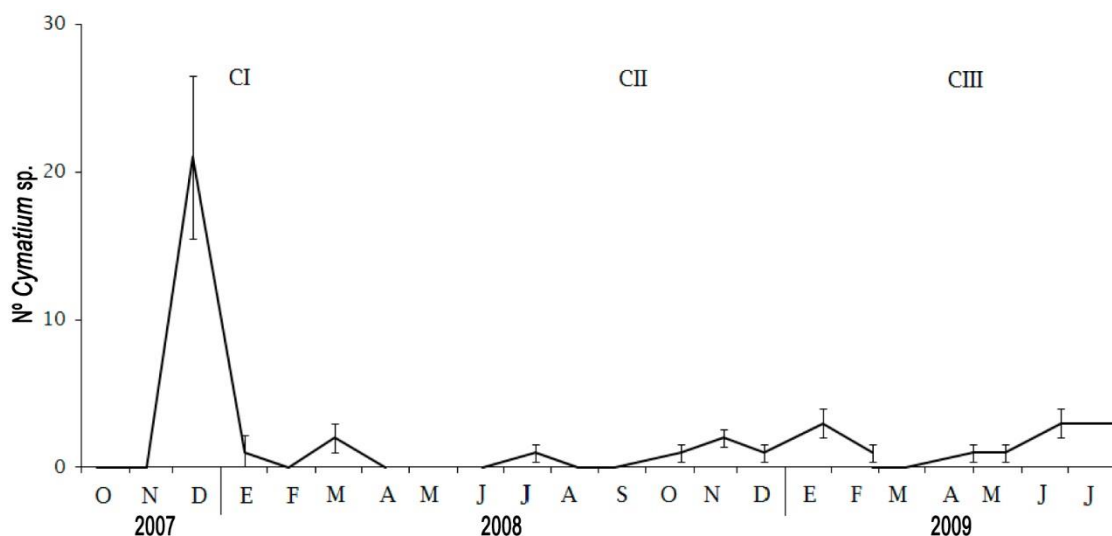
**Figura 3.** Variabilidad en a) la masa seca del resto de tejido somático y b) músculo de las cohortes CI, CII y CIII de *P. imbricata*, cultivadas en la Estación de Turpialito, Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela.



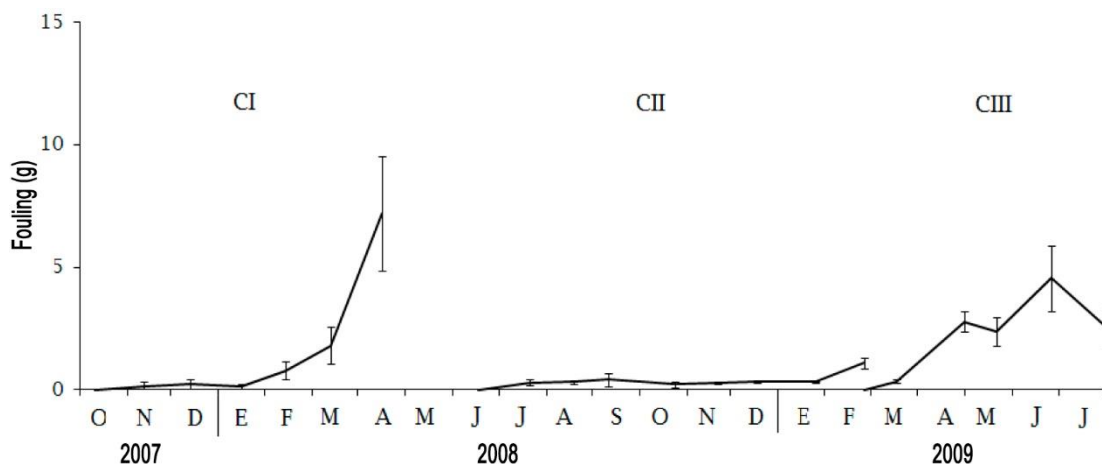
**Figura 4.** Supervivencia de las cohortes CI, CII y CIII de *Pinctada imbricata*, cultivadas en la Estación de Turpialito, Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela.

ostras disminuyó notablemente en dos oportunidades, la primera, un mes después de registrado el mayor número de *Cymatium* spp. (enero 2008) y la segunda

durante marzo 2008, cuando se registró un nuevo aumento en el número de depredadores. Durante los periodos de cultivo de las CII y CIII se cuanti-



**Figura 5.** Presencia del gasterópodo *Cymatium* spp. (individuos/cesta) durante los periodos de cultivo de las cohortes CI, CII y CIII de *P. imbricata*, cultivadas en la Estación de Turpialito, Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela.



**Figura 6.** Variaciones en la masa de epibiontes fijados sobre las conchas fouling de *P. imbricata*, de las cohortes CI, CII y CIII cultivadas en la Estación de Turpialito, Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela.

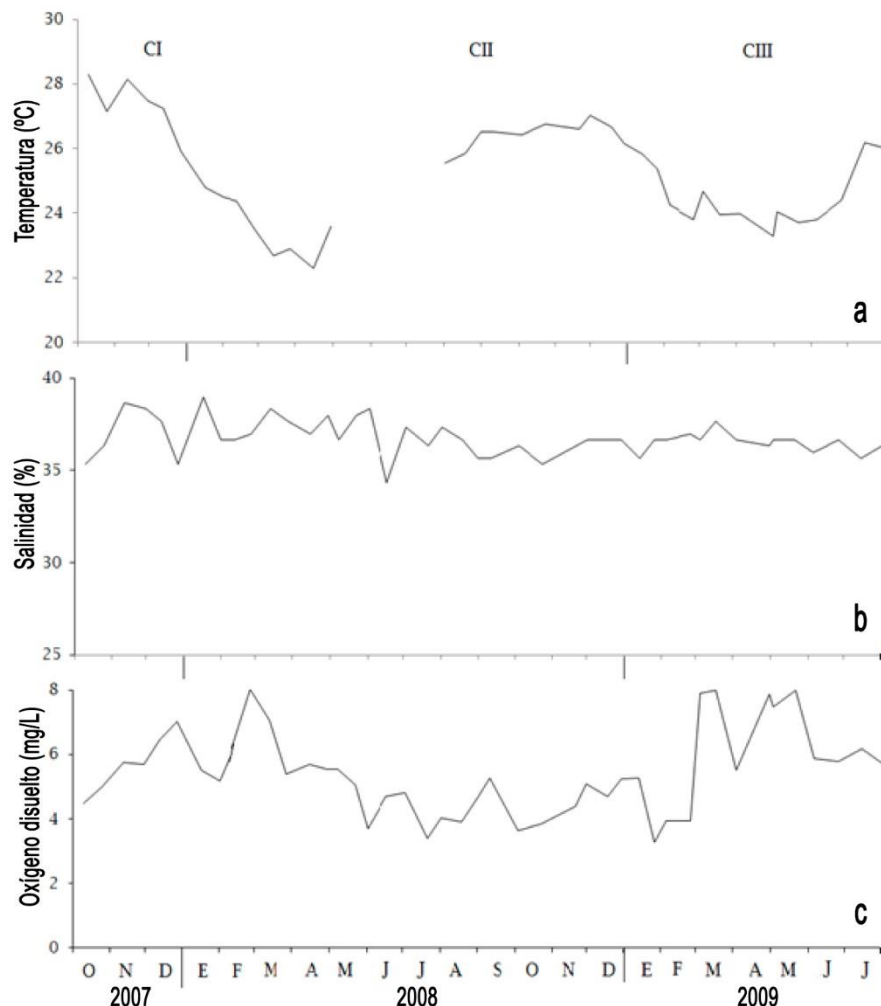
ficó un máximo mensual de 2-3 ind/cesta. No obstante, a pesar de esta relativa baja incidencia de depredadores, la supervivencia de *P. imbricata* disminuyó de manera marcada, en presencia de éstos.

La temperatura registrada durante los dos primeros meses de cultivo de la cohorte CI fue elevada (octubre y noviembre 2007), con temperaturas  $>28^{\circ}\text{C}$  (Fig. 7a), luego disminuyó gradualmente hasta mediados de mayo y abril 2008, cuando se registraron las menores temperaturas ( $22\text{-}23^{\circ}\text{C}$ ). Durante el periodo de crecimiento de CII, la temperatura se mantuvo entre  $25,7$  y  $26,4^{\circ}\text{C}$  desde agosto a diciembre 2008, luego comenzó a descender progresivamente hasta  $23,8^{\circ}\text{C}$  en febrero 2009. A partir de este mes, se inició el periodo de cultivo de la cohorte CIII con temperaturas bajas

( $23,3\text{-}24,6^{\circ}\text{C}$ ) hasta junio 2009 y un aumento en julio a  $26,1^{\circ}\text{C}$ .

La salinidad mostró escasa variabilidad durante los periodos de cultivo de las cohortes, manteniéndose entre 35 y 38 (Fig. 7b). La concentración de oxígeno disuelto fluctuó entre 4 y  $8\text{ mg L}^{-1}$  (Fig. 7c), observándose las menores concentraciones ( $<5\text{ mg L}^{-1}$ ) durante el período de estratificación de la columna de agua. En cambio en las épocas frías (surgencia) los valores de oxígeno fueron  $>7\text{ mg L}^{-1}$ .

Los valores de clorofila-*a* mostraron una asociación negativa con la temperatura, durante los cuatro primeros meses del periodo de muestreo de la cohorte CI y se mantuvieron bajo  $0,52\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$  hasta fines de diciembre 2007. Posteriormente, en marzo aumentaron



**Figura 7.** Variabilidad de a) temperatura, b) salinidad y c) concentración de oxígeno disuelto en la Estación de Turpialito, Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela.

hasta  $1,72 \mu\text{g L}^{-1}$  y en abril disminuyeron a  $0,75 \mu\text{g L}^{-1}$  (Figs. 7a-8a). Durante el periodo de crecimiento de la CII la *clor-a* se mantuvo baja ( $0,05$  y  $0,43 \mu\text{g L}^{-1}$ ) desde junio 2008 a enero 2009, pero a fines del cultivo (febrero 2009), se incrementó rápidamente hasta  $0,72 \mu\text{g L}^{-1}$ . Posteriormente, de febrero a abril 2009 (periodo de cultivo de la cohorte CIII), la *clor-a* alcanzó máximos de  $1,02 \mu\text{g L}^{-1}$  en marzo.

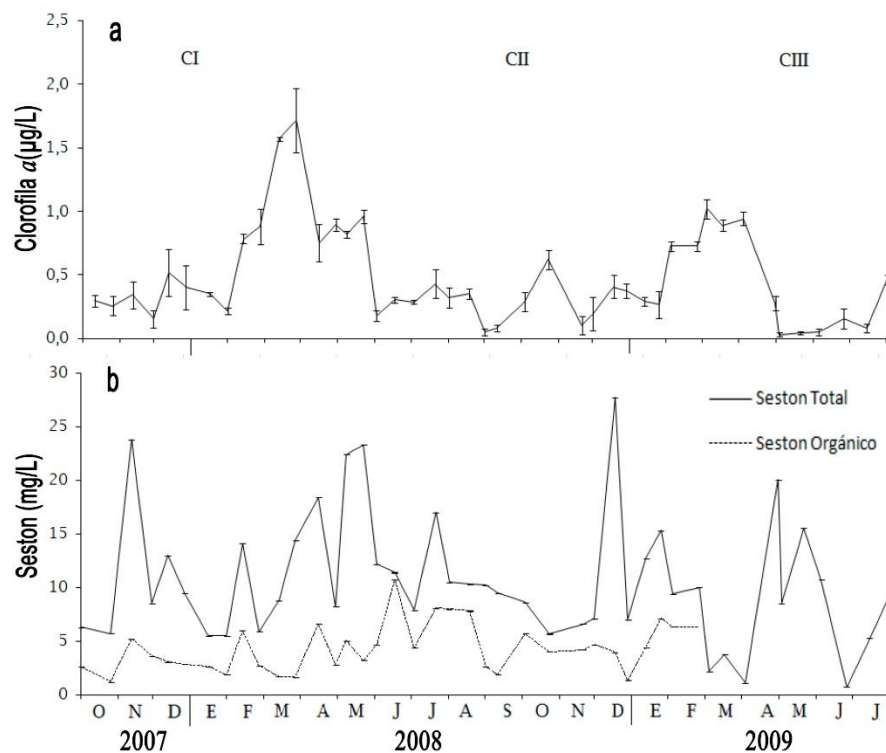
El seston total (orgánico e inorgánico) mostró un comportamiento variable durante el periodo de cultivo. Durante el cultivo de la CI se estimaron valores de  $6$  a  $24 \text{ mg L}^{-1}$  con máximos en noviembre 2007, febrero y abril 2008; sin embargo, mantuvo menor variabilidad con valores de  $1$  a  $6 \text{ mg L}^{-1}$  (Fig. 8b). Durante el cultivo de la CII, el seston total fluctuó de  $6$ - $28 \text{ mg L}^{-1}$ , mientras que el seston orgánico fue de  $1$  a  $11 \text{ mg L}^{-1}$ . Durante el cultivo de la CIII se registraron los mínimos

de seston total ( $0,7 \text{ mg L}^{-1}$ ) a fines de junio 2009, aunque a fines de abril se obtuvieron valores de hasta  $20 \text{ mg L}^{-1}$ . El seston orgánico durante este periodo, no fue registrado debido a errores en la manipulación de las muestras.

#### **Relación entre los factores ambientales y los parámetros de crecimiento**

Los modelos desarrollados por los análisis múltiples de la variabilidad de las tasas de crecimiento provenientes de todas las cohortes, en función de las variables ambientales, indicaron que la disponibilidad de alimento (*clor-a* y seston total), explicó la mayor variabilidad en el crecimiento, otros factores, aunque no incluidos en todos los modelos, fueron los organismos incrustantes y la temperatura, ambos con coeficientes negativos (Tabla 1).





**Figura 8.** Variabilidad de a) clorofila-a, b) seston total y orgánico en la Estación de Turpialito, Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela.

## DISCUSIÓN

El incremento diario de la longitud de la concha no mostró diferencias significativas entre las cohortes estudiadas. No obstante, estas diferencias se observaron en la integración de su tasa de crecimiento y la longitud asintótica esperada de las curvas de crecimiento de estas cohortes, parámetros que fueron establecidos a través del índice de desempeño del crecimiento  $\Phi'$ . Este índice mostró comportamientos diferentes para cada cohorte, que claramente fue afectado por el momento en que se realizó la siembra y las condiciones ambientales presentes durante su cultivo. Durante el periodo de surgencia costera, se desarrollaron las condiciones más favorables debido a las bajas temperaturas y alta disponibilidad de alimento, y las menos favorables fueron en el período de estratificación de la columna debido a las mayores temperaturas y baja disponibilidad de alimento. La temperatura es uno de los factores fundamentales que influyen en las tasas fisiológicas, crecimiento y mortalidad de la ostra perlera (Yukihira *et al.*, 2000), debido a que es una importante variable exógena que afecta el funcionamiento fisiológico de los organismos poiquiloterms (Newell & Branch, 1980, Bayne & Newell, 1983). La relación entre el aumento de la disponibilidad de fitoplancton y el incremento en las

tasas de crecimiento ha sido observada en muchos bivalvos cultivados en aguas tropicales como el Golfo de Cariaco (Lodeiros & Himmelman, 1994; Vélez *et al.*, 1995) y la Bahía de Mochima (Mengual *et al.*, 2011), así como en aguas templadas (Bernard, 1983; Bayne & Newell, 1983; Griffiths & Griffiths, 1987; Thompson & MacDonald, 1991). Así, los bajos valores en la tasa de crecimiento de la masa de *P. imbricata* se registraron de julio a diciembre, periodo con altas temperaturas y baja disponibilidad fitoplanctónica, asociada a una estratificación en la columna de agua, sugiriendo una elevada demanda metabólica causada por las mayores temperaturas. Esta condición no pudo ser compensada por el alimento debido a su escasa disponibilidad, y en consecuencia conlleva a una menor formación de tejidos.

La cohorte CIII con un  $\Phi' = 4,8$  mostró un crecimiento de mayor desempeño debido a un prolongado desarrollo en la época de surgencia y por tanto, mayor disponibilidad trófica. La CI con un  $\Phi' = 4,5$  mantuvo un crecimiento intermedio debido a que su desarrollo se efectuó durante el período de estratificación; no obstante, aprovechó el corto periodo de surgencia acontecida al final de su periodo experimental. En contraste, la CII presentó el menor índice ( $\Phi' = 4,1$ ) como consecuencia de un crecimiento relativamente

**Tabla 1.** Modelo del análisis de regresión múltiple “stepwise” que describe la relación entre la tasa de crecimiento específica de la longitud de la concha, masa de la concha, resto de tejidos somáticos y músculo de *Pinctada imbricata* de todas las cohortes cultivadas y las variables ambientales. Clor-*a*: clorofila-*a*, Seston T: seston total, Temp: temperatura,  $r^2$ : coeficiente de regresión.

Parámetros de crecimiento	Modelo	$r^2$	<i>P</i>
Longitud de la concha	-0,01 + 1,93 (Clor- <i>a</i> ) + 0,72 (incrustante)	22	0,010
Masa seca del resto de tejidos	-0,37 + 2,09 (Clor- <i>a</i> )	18	0,007
Masa seca del músculo	8,15 - 0,47 (Seston T) - 5,02 (Temp)	27	0,003

lento debido a que esta cohorte se cultivó durante el periodo de estratificación. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Lodeiros *et al.* (2002) en poblaciones de cultivo y Marcano *et al.* (2005) en poblaciones naturales, que obtuvieron un incremento en el crecimiento de los individuos durante el periodo de surgencia costera por el aumento de fitoplancton. Además, Lodeiros & Himmelman (2000) mostraron que la concentración de clor-*a* fue un buen predictor del crecimiento para la cohorte del pectínido *Euvola ziczac*, cultivado en pleno periodo de surgencia costera en la misma zona de estudio.

Las tasas de crecimiento de las cohortes de *Pinctada imbricata* cultivadas en el Golfo de Cariaco resultaron mayores a las de poblaciones naturales del Caribe, como la de Guamachito en la Península de Araya ( $\Phi' = 4,0$ ) y la Guajira Colombiana ( $\Phi' = 3,8$ ) (Urban, 2000; Marcano *et al.*, 2005) e incluso mayores a las reportadas por Verginelli & Prieto (1991) en la población de Pariche ( $\Phi' = 4,0$ ), Golfo de Cariaco. Estos resultados sugieren que las condiciones presentes en el cultivo suspendido son más favorables para el crecimiento de *P. imbricata* que las disponibles en condiciones naturales. Esta afirmación coincide con los resultados mostrados por Lodeiros *et al.* (2002) quienes señalaron un mayor crecimiento de *P. imbricata* en cultivo suspendido que en el fondo marino.

Algunas de las disminuciones observadas en la masa de CII fueron particularmente evidentes en el resto de tejidos y en el músculo, sobre todo entre agosto-septiembre y noviembre-diciembre. Aunque en el diseño experimental no se consideró la condición reproductiva de los individuos, probablemente las variaciones observadas estuvieron relacionadas con la transferencia de reservas energéticas desde los tejidos somáticos a la producción de tejido reproductivo. Esta interpretación se basa en los resultados de Villalba (1995), que señala en el mismo periodo del año, una caída en la masa del tejido somático de *P. imbricata* y un incremento del tejido reproductivo, sugiriendo la transferencia de energía desde el tejido somático a la gónada, para maximizar el esfuerzo reproductivo de la

especie, durante un periodo de escasa disponibilidad trófica. El gasto energético en la actividad reproductiva, las altas temperaturas que afectarían la tasa metabólica de los individuos cultivados y la relativa escasez de alimento fitoplanctónico observado durante este periodo (agosto-noviembre), explican el escaso incremento observado en los diferentes parámetros biométricos de *P. imbricata*.

En general, las mortalidades observadas en las diferentes cohortes se podrían atribuir, en su casi totalidad, a la depredación causada por los gasterópodos de la familia Rannellidae. Esta afirmación se basa en que solo se observaron ejemplares de *Cymatium* spp. en las cestas de cultivo. El gasterópodo *Thais haemastoma floridana* (Conrad, 1837) también ha sido observado en las cestas de cultivo en aguas del Mar Caribe, atribuyéndole mortalidades importantes (Brown & Richardson, 1988). Sin embargo, esta especie no se observó en ninguna de las cohortes estudiadas, al igual que otros invertebrados marinos, como algunos decápodos depredadores de los géneros *Mythrax* sp. y *Pilumnus* sp. (Freites *et al.*, 2000), pero se diferencian en su acción de *Cymatium* porque quiebran las conchas de los bivalvos, y esto tampoco se observó en los ejemplares muertos de *P. imbricata*. Los gasterópodos de la familia Ranellidae, entre los cuales se encuentra el género *Cymatium*, representa una de las principales amenazas para el cultivo de moluscos bivalvos en el Mar Caribe, al ejercer una acción depredadora en los juveniles bajo cultivo (Freites *et al.*, 2000; Lodeiros & Freites, 2008).

En este sentido, los organismos de las cohortes CI y CII registraron los menores porcentajes de supervivencia (58 y 71% respectivamente), siendo relacionados con la presencia de *Cymatium* spp. En el caso de la cohorte CI, este depredador invadió las cestas de cultivo durante el inicio del periodo de surgencia afectando su supervivencia. Malavé *et al.* (2012a) en su estudio del reclutamiento del gasterópodo en las cestas de cultivo, obtuvo reclutas durante casi todo el año, con mayor abundancia durante el periodo de surgencia costera de febrero a julio.

En CII, el número de *Cymatium* spp. registrados en las cestas no fue tan elevado, pero sí suficiente como para causar mortalidades en las ostras, que probablemente se encontraban estresadas por la baja disponibilidad trófica y altas temperaturas. Freitas *et al.* (2000) mostraron una tasa de depredación >90% en juveniles del pectínido *E. ziczac* ocasionada por solo 1 *Cymatium*/cesta. Esta alta tasa se debe al método de ataque que desarrollan estos gasterópodos, que consiste en la proyección de la probóscide que inocula una toxina que mata al bivalvo de manera casi inmediata, sin necesidad de perder tiempo en la perforación de la concha observada en otras especies de gasterópodos depredadores de bivalvos, Esta habilidad convierte a las especies de *Cymatium* en eficientes depredadores (Freitas *et al.*, 2000).

Contrariamente, los organismos de la cohorte CIII mostraron los porcentajes mayores de supervivencia a lo largo de todo el periodo de cultivo (98%), a pesar de la presencia de los *Cymatium* spp. en las cestas. Esto se atribuiría a una mayor cantidad de organismos incrustantes, tales como otras especies de bivalvos o invertebrados, que también son presas de estos depredadores y que probablemente pudieron satisfacer las demandas del depredador, disminuyendo así su efecto sobre las ostras de cultivo.

Otro factor que puede influir negativamente en el crecimiento y supervivencia de las ostras perleras en cultivos suspendidos son los epibiontes fijados a la concha (Alagarswami & Chellam, 1976; Mohammad 1976; Taylor *et al.*, 1997). Según Scardino *et al.* (2003), *P. imbricata* mostró niveles de incrustantes relativamente altos bajo en condiciones de cultivo y además, su densidad se correlacionó positivamente con la edad de la concha. Estos epibiontes, como moluscos bivalvos, balanos, ascidias, briozoarios, esponjas y algunas especies de poliquetos forman verdaderas comunidades sobre las conchas y superficies de las cestas de cultivo. La mayoría son filtradores y pueden competir por partículas suspendidas con los bivalvos cultivados (Claereboudt *et al.*, 1994). Además, los epibiontes de las conchas de algunos bivalvos marinos como los pectínidos, pueden interferir con su funcionamiento vital (por ejemplo, la correcta apertura y cierre de las valvas y una tasa de filtración reducida) y en consecuencia, afectar su crecimiento (Lodeiros & Himmelman, 1996). En este estudio, los epibiontes de las conchas de *P. imbricata* aumentaron progresivamente en los periodos de cultivo de las cohortes CI y CIII, coincidiendo con los meses de mayor biomasa fitoplanctónica y surgencia. Sin embargo, los epibiontes no parecen haber afectado al crecimiento y supervivencia de los individuos de estas cohortes, que presentaron el mayor crecimiento y menor mortalidad,

a pesar de la gran cantidad de epibiontes. Según Lodeiros (2002) la fijación o disposición vertical de *P. imbricata*, impide el efecto negativo de los epibiontes por causa del peso, a diferencia de otros organismos de disposición horizontal, como el pectínido *Euvola ziczac*.

Los resultados del análisis de regresión múltiple confirman la influencia de los parámetros ambientales sobre el crecimiento de *P. imbricata* bajo condiciones de cultivo, particularmente la disponibilidad de alimento (clorofila-*a* y seston total), ya que fue la variable común en los modelos predictivos. La concentración de oxígeno disuelto y la salinidad mantuvieron escasa variación: 3-8 mg L<sup>-1</sup> y 34-38, respectivamente. Estas concentraciones se encuentran dentro del intervalo fisiológico normal donde se desarrollan los moluscos bivalvos (Bernard, 1983; Griffiths & Griffiths, 1987; Segnini, 2003, O'Connor & Lawler, 2004), por lo tanto, esto explicaría su falta de participación significativa en la explicación de la varianza observada en las variables biométricas.

Las tres cohortes estudiadas alcanzaron tallas similares de la concha y estuvieron comprendidas entre 49 y 50 mm. De éstas cabe destacar la cohorte CIII porque los individuos de *P. imbricata* solo necesitaron en la práctica 5 meses para alcanzar 49,1 mm de longitud. Esta tasa de crecimiento se puede considerar elevada si se considera que la CI y CII, tardaron entre 7 y 8 meses para alcanzar una talla similar. Estos resultados son similares a los determinados por Lodeiros *et al.* (2002) en esta misma especie, que registraron tallas máximas de 55 mm de longitud dorso-ventral de la concha, en 8 meses de cultivo suspendido (junio 1998-febrero 1999). En contraste, Márquez *et al.* (2011) encontraron que en la Bahía de Mochima, Estado Sucre, Venezuela, los ejemplares de *P. imbricata* no alcanzaron tallas comerciales de 50 mm en 7 meses de cultivo, hecho que fue asociado a la baja disponibilidad trófica.

Los resultados muestran que las cohortes de *P. imbricata* en cultivo suspendido estuvieron influenciadas por la variabilidad de los parámetros ambientales del Golfo de Cariaco, mostrando un mayor o menor crecimiento en las épocas de surgencia o relajación, respectivamente. Esto evidencia que este periodo caracterizado por una alta disponibilidad de alimento fitoplanctónico y bajas temperaturas es el más adecuado para el cultivo de esta especie.

### AGRADECIMIENTOS

El estudio fue financiado por el Fondo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (FONACIT) de

Venezuela a través del programa Misión Ciencia y el proyecto UDO-FONACIT 2011000344. Parte de la participación de C. Lodeiros se realizó durante su vinculación al Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, a través del Proyecto Prometo de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de Ecuador.

## REFERENCIAS

- Alagarwami, K. & A. Chellam. 1976. On fouling and boring organisms and mortality of pearl oysters in the farm at Veppalodai, Gulf of Mannar. *Indian J. Fish.*, 23: 10-22.
- Bayne, B. & R. Newell. 1983. Physiological energetic of marine mollusks. In: A. Salenium & K. Wilbur (eds.). *The Mollusca*. Academic Press, Nueva York, 4(1): 407-515.
- Bernard, F. 1983. Physiology and the mariculture of some northeastern Pacific bivalve mollusks. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 63: 24.
- Brown, K.M. & I.D. Richardson. 1988. Foraging ecology of the southern oyster drill *Thais haemastoma* (Gray): constraints on prey choice. *J. Exper. Mar. Biol. Ecol.*, 114: 123-141.
- Cervigón, F. 1997. La perla. Fondo para el desarrollo de Nueva Esparta, Editorial Exlibris, Caracas, 137 pp.
- Claereboudt, M.R., D. Bureau, J. Côté & J.H. Himmelman. 1994. Fouling development and its effect on the growth of juvenile giant scallops (*Placopecten magellanicus*) in suspended culture. *Aquaculture*, 121: 327-342.
- Fabens, A. 1965. Properties and fitting of the von Bertalanffy growth curve. *Growth*, 29: 265-289.
- Ferráz-Reyes, E. 1989. Influencia de los factores físicos en la distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en el Golfo de Cariaco (Venezuela). *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 28: 47-56
- Freites, L., J. Himmelman & C. Lodeiros. 2000. Impact of predation by gastropods and crabs recruiting onto culture enclosures on the survival of the scallop *Euvola ziczac* (L.) in suspended culture. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.*, 244: 297-303.
- Freites, L., C. Lodeiros, D. Arrieche & A.W. Dales. 2014. Reproductive tactics of marine shellfish species from north-eastern Venezuela: ecophysiological implications. In: E. Baqueiro (ed.). *Spawning: biology, sexual strategies and ecological effects*. Nova Science Publications, New York, pp. 73-105.
- Griffiths, C. & R. Griffiths. 1987. *Animal energetic*. Academic Press, New York, Vol. 2, 88 pp.
- Hair, J., R. Anderson, R. Tatham & W. Black. 1992. *Multivariate data analysis with regarding*. Macmillan Publishing, New York, 544 pp.
- Jiménez, M., C. Lodeiros & B. Márquez. 2000. Captación de juveniles de *Pinctada imbricata* en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Caribb. J. Sci.*, 36: 221-226.
- León, L., T. Cabrera & 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. Cuestión de peso y posición. *Rev. Biol. Trop.*, 50: 875-878.
- Lodeiros, C. & J. Himmelman. 1994. Relation 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. Himmelman. 1996. Influence of fouling on the growth and survival of the tropical scallop *Euvola* (*Pecten*) *ziczac* in suspended culture. *Aquaculture*, 27: 749-756.
- Lodeiros, C. & J. Himmelman. 2000. Identification of environmental factors affecting growth and survival of the tropical scallop *Euvola* (*Pecten*) *ziczac* in suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture*, 182: 91-114.
- Lodeiros, C. & A. Prieto. 2013. La ostra perla en Nueva Cádiz, pasado, presente y futuro. *Foro Iberoam. Rec. Mar. Acui.* V: 47-60.
- Lodeiros, C. & L. Freites. 2008. Estado actual y perspectivas del cultivo de moluscos bivalvos en Venezuela. In: A. Lovatelli, I. Uriarte & A. Farías (eds.). *Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en Latinoamérica*. FAO Fish. Res. Roma, pp. 135-150.
- Lodeiros, C., L. Freites, C. Grazinai & J. Alió. 2011. Cultivation of bivalve mollusks in Venezuela: diversity, potencial and infrastructure for sea production. In: A. Lovatelli & S. Sarkis (eds.). *A regional shellfish hatchery for the Wider Caribbean: assessing its feasibility and sustainability*. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings, Rome, 19:
- Lodeiros, C., D. Pico, A. Prieto, N. Narváez & 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. *Aquacul. Int.*, 10(4): 327-339.
- Lovatelli, A. & S. Sarkis. 2011. A regional shellfish hatchery for the Wider Caribbean: assessing its

- feasibility and sustainability. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings, Rome, 19: 246 pp.
- Malavé, C., L. Freitas, C. Lodeiros, J. Mendoza, L. Troccoli & A. Dales. 2012a. Annual recruitment, predation rates and biocontrol of *Linatella caudata* (Mollusca: Gastropoda) in suspended enclosure culture of the pearl oyster *Pinctada imbricata*. *Aquaculture*, 354-355: 75-83.
- Malavé, C., L. Freitas, E. Buitrago, J. Mendoza & A. Prieto. 2012b. Tasas de depredación y resistencia a periodos de exposición al aire (Emersión) del gasterópodo *Linatella* (= *Cymatium*) *caudata* (Gmeling, 1791). *Bol. Inst. Oceanogr., Univ. Oriente*, 51(2): 163-171.
- Mandelli, E. & E. Ferráz-Reyes. 1982. Primary production and phytoplankton dynamics in a tropical inlet, Gulf of Cariaco, Venezuela. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, 57: 85-95.
- Marcano, J., A. Prieto, A. Lárez, J. Alió & H. Sanabria. 2005. Crecimiento y mortalidad de *Pinctada imbricata* en Guamachito, Península de Araya, Estado Sucre, Venezuela. *Cienc. Mar.*, 31(2): 387-397.
- Márquez, A., M. Carpio, C. Graziani & C. Lodeiros. 2011. Crecimiento en diferentes sistemas de confinamiento de la ostra perlífera *Pinctada imbricata* (Röding 1798) en cultivo suspendido. *Foro Recursos Marinos Acuícolas, Rías Galicia*, 13: 243-250.
- Mengual, M., C. Lodeiros & A. Márquez. 2011. Crecimiento y supervivencia de la ostra alada *Pteria colymbus* (Röding 1798), en estructuras tubulares en la Bahía de Mochima, estado Sucre, Venezuela. *Zootec. Trop.*, 29(2): 219-229.
- Miloslavich, P. & E. Klein. 2008. Ecorregiones marinas del Caribe venezolano. In: E. Klein (ed.). *Prioridades de PDVSA en la conservación de la biodiversidad en el Caribe venezolano*. Petróleos de Venezuela S.A.-Universidad Simón Bolívar-The Nature Conservancy, Caracas, pp. 16-19.
- Mohammad, M.B.M. 1976. Relationship between biofouling and growth of the pearl oyster *Pinctada fucata* (Gould) in Kuwait, Arabian Gulf. *Hydrobiologia*, 51(2): 129-138.
- Narváez, N., C. Lodeiros, L. Freitas, M. Nuñez, D. Pico & 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.
- Newell, R.C. & G.M. Branch. 1980. The influence of temperature on the maintenance of metabolic energy balance in marine invertebrates. *Adv. Mar. Biol.*, 17: 329-396.
- Nuñez, M.P., C. Lodeiros, E. Ramirez, N. Narváez & C. Graziani. 2010. Crecimiento y sobrevivencia de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* bajo condición de cultivo intermareal y submareal. *Zoot. Trop.*, 28(2): 239-254.
- O'Connor, W.A. & N.F. Lawler. 2004. Salinity and temperature tolerance of embryos and juveniles of the pearl oyster, *Pinctada imbricata* Röding. *Aquaculture*, 229: 493-506.
- Pauly, D. & J. Munro. 1984. Once more, on the composition of growth in fish and invertebrates (ICLARM). *Fishbyte*, 2(1): 21.
- Scardino, A., R. De Nys, O. Ison, W O'Connor & P. Steinberg. 2003. Microtopography and antifouling properties of the shell surface of the bivalve molluscs *Mytilus galloprovincialis* and *Pinctada imbricata*. *Biofouling*, 19: 221-230.
- Segnini, M. 2003. Influence of salinity on the physiological conditions in mussels, *Perna viridis* and *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae). *Rev. Biol. Trop.*, 51(4): 153-158.
- Semiday, D., A. Márquez & C. Lodeiros. 2010. Crecimiento y supervivencia de la madre perla *Pinctada imbricata* (Röding, 1798), bajo condiciones de cultivo suspendido, en cuerdas y cestas perleras. *Zootec. Trop.*, 28(4): 521-533.
- Strickland, J. & T. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 167: 1-310.
- Taylor, J.J., P.C. Southgate & R.A. Rose. 1997. Fouling animals and their effect on the growth of silverlip pearl oysters, *Pinctada maxima* (Jameson) in suspended culture. *Aquaculture*, 153: 31-40.
- Thompson, R. & B. MacDonald. 1991. Physiological integrations and energy partitioning. In: S. Shumway & P. Sandifer (eds.). *An international compendium of scallops biology and culture*. Workshops of World Aquaculture Society, Baton Rouge, 14(1): 28-35.
- Urban, H. 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.
- Varela, R., F. Carvajal & F. Muller-Karger. 2003. El fitoplancton en la plataforma nororiental de Venezuela. In: P. Fréon & J. Mendoza (eds.). *La sardina (Sardinella aurita)*. Su medio ambiente y explotación en el Oriente de Venezuela. IRD Éditions, Collection Colloques et Séminaires, pp. 263-294.
- Velasco, L.A. & F.J. Borrero. 2004. Captación de semilla y cultivo experimental del hacha *Pinna carnea* Gmelin, 1791 (Bivalvia: Pinnidae) en el Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe colombiano. *Intropica*, 1: 75-83.

- Velasco, L., J. Barros, C. Trujillo, J. Gómez, L. Arias, R. Hernández & J. Rojas. 2008. State of shellfish aquaculture on the Caribbean coast of Colombia and potential site for a regional hatchery facility. In: A. Lovatelli, I. Uriarte & A. Farías (eds.). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en Latinoamérica. FAO Fish. Res. Roma, pp. 119-132.
- Vélez, A., L. Freitas, J. Himmelman, W. Senior & 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.
- 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, Estado Sucre, Venezuela. Tesis Licenciatura en Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, 54 pp.
- Verginelli, R. & A. Prieto. 1991. Producción secundaria de *Pinctada imbricata* en una población del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Acta Cient. Venez.*, 42: 138-144.
- Yukihira, H., J.S. Lucas & D.W. Klumpp. 2000. Comparative effects of temperature on suspension feeding and energy budgets of the pearl oysters *Pinctada margaritifera* and *P. maxima*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 195: 79-188
- Zar, J. 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey, 718 pp.

*Received: 9 March 2013; Accepted: 23 November 2015*