

*Nota de Investigación/Research Note*Evaluación del tipo de cestos de cultivo para la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* suspendidas en *long line* y balsaEvaluation of culture enclosures for the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* suspended from raft and long-line systemsC Lodeiros¹, E Buitrago², A Guerra³¹ Laboratorio de Acuicultura, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná 6101, Edo. Sucre, Venezuela. E-mail: cesarlodeirosseijo@yahoo.es.² Estación de Investigaciones Marinas de Margarita, Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Punta de Piedras, Isla Margarita, Edo. Nueva Esparta, Venezuela.³ Centro de Investigaciones Marinas, Xunta de Galicia, Vilanova de Arousa 36620, Pontevedra, España.**Resumen**

Se evaluó el crecimiento y la supervivencia de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* (30 mm de longitud máxima) bajo cultivo en dos sistemas de flotación (balsa o batea y *long line* o línea madre) y tres tipos de cestos (cestos ostrícolas, linternas y canastas utilizadas para el transporte de pescado), a una densidad de 750 ind m⁻² en la Laguna La Restinga, Isla Margarita, Venezuela, durante seis meses. No existieron diferencias significativas en el crecimiento de la concha (longitud y masa) debido al sistema de cultivo o las cestos; sin embargo, las ostras cultivadas en el sistema de balsa mostraron mayor crecimiento del tejido, siendo las linternas donde los organismos alcanzaron mayor tejido al final del estudio, en un orden del 40% más alto que las ostras mantenidas en *long line*. En cuanto a la supervivencia las ostras no mostraron diferencias significativas en los sistemas utilizados, pero sí en las cestos, donde al final del estudio, la supervivencia acumulativa en las cestos ostrícolas, suspendidos en el *long line* o en las balsas (52–56%) fue significativamente superior a la de las linternas (36–39%) y éstas a las de canastas de pescado (24–25%). Se sugiere la utilización de balsas descartando el uso de cestos para el transporte de pescado para el cultivo suspendido de *C. rhizophorae* en sistemas lagunares.

Palabras clave: cultivo de ostras, moluscos, oleaje, Caribe.

Abstract

We evaluated the growth and survival of the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* (30 mm maximum length) reared in two suspended-culture systems (raft and long-line) using three types of enclosures (oyster enclosures, lantern nets and enclosures based on crates used to transport fish), at a density of 750 ind m⁻², in La Restinga Lagoon, Margarita Island, Venezuela, over the course of six months. No significant differences were found in shell growth (length and mass) due to the system and enclosures used; however, raft-cultured oysters showed better tissue growth. At the end of the study, the oysters in lantern nets suspended from rafts obtained a tissue mass that was around 40% higher than that of the rest of the oysters cultured in the other enclosures. Significant differences in oyster survival were not observed for the raft and long-line systems used, but the cumulative survival at the end of the study was significantly higher for the oyster enclosures (52–56%) than for the lantern nets (36–39%) and fish crates (24–25%). We therefore recommend employing rafts and discarding the use of crate-type enclosures in the culture of *C. rhizophorae* in lagoon systems.

Key words: oyster culture, mollusks, wave action, Caribbean.

Introducción

Las variables ambientales son los factores más estudiados para el desarrollo del cultivo de moluscos bivalvos, destacando entre ellas la temperatura, la salinidad y la disponibilidad de alimento, así como la depredación y los organismos y material que se depositan sobre las conchas o *fouling* (Griffiths y Griffiths 1987, Thompson y MacDonald 1991, Lodeiros y Himmelman 2000). No obstante, existen otros factores más inherentes al cultivo, como el efecto que las olas ejercen sobre

Introduction

Environmental variables are the factors that have been given most attention in the study of the development of bivalve mollusk culture, the most important being temperature, salinity and food availability, in addition to predation and the accumulation of organisms and material deposited on the shells, known as *fouling* (Griffiths and Griffiths 1987, Thompson and MacDonald 1991, Lodeiros and Himmelman 2000). There are, however, other factors more intrinsic to the culture, such as the

los sistemas de cultivo, que puede afectar al crecimiento y supervivencia de bivalvos marinos (Freites *et al.* 1999) dependiendo de la especie y el sistema de cultivo (en suspensión, fijo, etc.).

La ostra de mangle, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) (fig. 1) es una de las especies más prometedoras para establecer cultivos a gran escala en el Caribe y Brasil (Hernández 1990, Lodeiros *et al.* 2005). En Venezuela, estudios recientes (Buitrago *et al.* 1999, 2000; Villarroel *et al.* 2004; Butriago y Alvarado 2005) abordan una serie de factores como la disponibilidad de semilla, influencia de factores ambientales incluyendo el *fouling*, el crecimiento en diferentes localidades y factores inherentes al cultivo de importancia para optimizar el crecimiento y la supervivencia. Como una continuación a estos estudios, aquí se evalúa el crecimiento y la supervivencia de *C. rhizophorae* en las clásicas linternas japonesas, en cestos ostrícolas y en un tipo de cesto derivado de cajas de transporte de pescado, lo cual resultaría más barato y adaptable al cultivo en la zona. Estos tipos de cestos fueron suspendidos de una batea o balsa y de un *long line* o línea madre, debido a que ambos sistemas soportan diferencias estructurales y de flotabilidad.

Materiales y métodos

El experimento se desarrolló en el cuerpo central de la Laguna de La Restinga, en la Isla Margarita, Venezuela (10.9874521°N; 64.1621834°W), durante seis meses (junio a noviembre de 2002).

El crecimiento y la supervivencia de las ostras se evaluó en dos sistemas suspendidos (balsa o batea y *long line*) y tres tipos de cestos, utilizando semillas de un mes de edad seleccionadas con unos 30 mm de longitud máxima de la concha, obtenidas con colectores artificiales según la metodología de Buitrago y Alvarado (2005). Las semillas se sembraron a una densidad de 750 ind m⁻² en tres tipos de cestos (fig. 2): (a) cestos ostrícolas utilizados habitualmente para el cultivo de ostra en batea en Galicia (España), de material plástico, cilíndricos con un diámetro de 40 cm y 8 cm de altura por compartimiento (Guerra 2002); (b) canastas utilizadas localmente para el transporte de pescado, de forma rectangular, de 60 cm de largo, 40 cm de ancho y 15 cm de alto; y (c) linternas cilíndricas de 40 cm de diámetro y 10 cm de altura de compartimiento, utilizadas para el cultivo de pectínidos (Ventilla 1982, Avendaño *et al.* 2001). Las cestos ostrícolas y las canastas de pescado eran de plástico rígido, mientras que las linternas presentaban mayor flexibilidad por estar revestidas de una malla. Todas las cestos se suspendieron de una balsa flotante y de un *long line* de 20 m de longitud con boyas de flotación superficiales, sumergidos a una profundidad de 1 m de la superficie en una zona de 6 m de profundidad. Se utilizaron cuatro réplicas para cada uno de los cestos utilizados, tanto en la balsa como en el *long line*; una de las réplicas fue utilizada para mantener la densidad de los individuos en las tres réplicas experimentales restantes, a efectos de reposición por causa de mortalidad o pérdida incidental.

effect of wave action on the culture systems, which may have repercussions on the growth and survival of marine bivalves (Freites *et al.* 1999) depending on the species and culture system (suspended, fixed, etc.).

The mangrove oyster, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) (fig. 1) is one of the species with a promising future for the development of large-scale cultures in the Caribbean and Brazil (Hernández 1990, Lodeiros *et al.* 2005). In Venezuela, recent studies have been conducted (Buitrago *et al.* 1999, 2000; Villarroel *et al.* 2004; Butriago and Alvarado 2005) that deal with a number of different topics, such as the availability of spat, the impact of environmental factors including fouling, growth in different locations and important factors intrinsic to the culture in order to optimize the growth and survival rates. Continuing along the lines of these studies, this paper evaluates the growth and survival of *C. rhizophorae* cultured in classic Japanese lantern nets, oyster enclosures and a type of enclosure based on the crates used to transport fish, which turned out to be less expensive and more adaptable to the culture in this area. These types of enclosures were hung from a raft and a long-line or mainline, since both methods are able to withstand differences in structure and floatability.

Material and methods

The experiment was carried out in the central body of La Restinga Lagoon, on Margarita Island, Venezuela (10.9874521°N; 64.1621834°W), over the course of six months (June to November 2002).

The growth and survival rates of the oysters were evaluated in two types of suspended-culture systems (raft and long-line) and in three types of enclosures, using selected one-month-old spat with a maximum shell length of around 30 mm, obtained with artificial collectors according to the methodology proposed by Buitrago and Alvarado (2005). The spat were sown



Figura 1. Ostra de mangle, *Crassostrea rhizophorae*.
Figura 1. Mangrove oyster, *Crassostrea rhizophorae*.

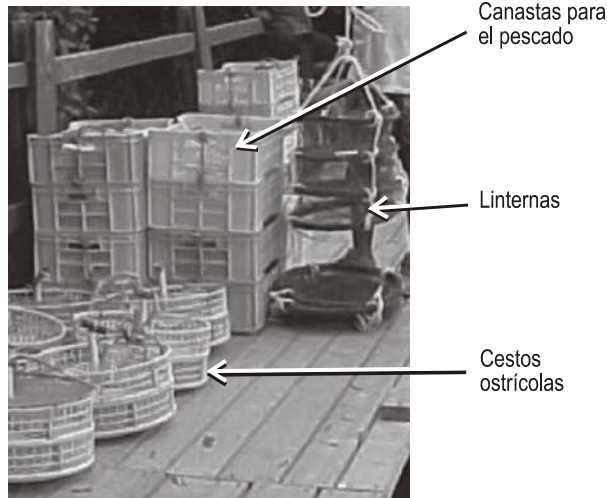


Figura 2. Tipos de cestos utilizadas en el presente estudio.
Figure 2. Types of enclosures used in this study.

El crecimiento en longitud y masa seca de la concha y del tejido, así como la supervivencia, se determinaron mensualmente. Para las mediciones de la longitud se utilizó un vernier digital con apreciación de 0.01 mm. Las determinaciones de la masa seca (60°C/72 h) del tejido y de la concha se realizaron con cinco ejemplares tomados al azar de cada réplica. De igual manera, se estimaron la masa seca de los organismos y el material adherido a la concha o *fouling*, previamente sustraídos de la concha con el fin de evaluar el efecto de su peso en el crecimiento y la supervivencia. Esta última se estimó contando las ostras vivas y muertas en cada una de las réplicas experimentales en los diferentes tiempos de muestreo.

Al inicio del experimento se realizaron medidas de la longitud de la concha de 30 individuos en cada uno de los lotes utilizados para cada tipo de cestos, determinando, a través de una ANOVA I, que no existieron diferencias significativas ($P > 0.05$).

Para identificar qué factor produce una variabilidad significativa en los diferentes parámetros de crecimiento, así como en la supervivencia y el *fouling*, se aplicó un ANOVA II al final del experimento, considerando el sistema de cultivo y el tipo de cestos como factores. Cuando las diferencias fueron significativas ($P < 0.05$) en el factor tipo de cestos, para determinar las diferencias de una manera específica se contrastaron las medias de todos los tratamientos con un análisis de comparaciones múltiples de Duncan.

Resultados

Crecimiento de la concha

En general, el patrón de crecimiento de la longitud de la concha y su masa en todos los tratamientos fue de incrementos continuos, siendo más acentuado en el último mes del experimento (fig. 3a, b). El crecimiento en longitud de la

at a density of 750 ind m⁻² in three types of enclosures (fig. 2): (a) oyster enclosures commonly used in oyster raft culture in Galicia (Spain), consisting of plastic cylinders of 40 cm in diameter and each compartment measuring 8 cm in height (Guerra 2002); (b) enclosures used locally to transport fish, rectangular in shape, measuring 60 cm in length, 40 cm in width and 15 cm in height; and (c) cylindrical lanterns used to cultivate pectinids, having a diameter of 40 cm and a compartment height of 10 cm (Ventilla 1982, Avendaño *et al.* 2001). The oyster enclosures and fish crates were made of rigid plastic, while the lanterns, lined with netting, were more flexible. All of the enclosures were suspended from a floating raft and a long-line (20 m in length) with floating buoys on the surface, submerged at a depth of 1 m from the surface in a water column 6 m deep. Four experimental replicas were carried out for each enclosure employed on both the raft and long-line system. One of these replicas was used to maintain the density of the specimens in the three other experimental replicas, for restocking purposes in the event of mortality or accidental loss.

The growth in mass and shell and in tissue dry weight, as well as the survival rate were determined monthly. The length was measured with a digital vernier caliper of 0.01-mm precision. The dry mass (60°C/72 h) of the tissue and shell was determined in five specimens selected at random from each replica. Also estimated was the dry mass of the organism and material attached to the shell, known as fouling, after being removed from the shell to evaluate the effect of their weight on growth and survival. The latter value was estimated by counting both live and dead oysters in each experimental replica over the course of the different sampling times.

At the beginning of the experiment the shell length of 30 individuals was measured in all of the batches used in each type of enclosure. Based on an ANOVA I, no significant differences ($P > 0.05$) were found.

To identify the factor that caused significant variability in the different growth parameters, survival and fouling, an ANOVA II was used at the end of the experiment, considering the culture method and type of enclosure as factors. When significant differences ($P < 0.05$) were found in the enclosure type factor, a more specific determination of the differences was done by comparing the mean values of all the culture treatments using Duncan's multiple comparison analysis.

Results

Shell growth

In general, the growth pattern of the shell length and its mass in all the different culture treatments showed continuous increments, the most pronounced increase occurring during the last month of the experiment (fig. 3a, b). The growth in shell length was greater in oysters held in lantern nets and on rafts and less pronounced in animals suspended from the long-line. The other enclosures, suspended from both the long-line and rafts, had lower values (fig. 3a). The same trend of increasing

concha fue más pronunciado en las ostras mantenidas en las linternas y en las balsas y menor en las mantenidas en el *long line*. Los restantes cestos, sean en el *long line* o en las balsas, mantuvieron valores inferiores (fig. 3a). La misma tendencia de mayor crecimiento de las ostras en las linternas y en la balsa se evidenció en la masa seca de la concha (fig. 3b). Al final del experimento no existieron diferencias significativas ni para la longitud ni para la masa de la concha atribuibles al sistema o tipo de cestos de cultivo (ANOVA II, $P > 0.05$).

Crecimiento del tejido

El patrón de crecimiento de los tejidos de las ostras en las diferentes cestos de cultivo fue irregular, mostrando incrementos y decrecimientos en los diferentes meses (fig. 3c). Al final del experimento, el análisis de varianza de dos factores mostró diferencias significativas en el crecimiento del tejido de las ostras debida al sistema y a los cestos de cultivo (ANOVA II, $P < 0.05$), sin interacción, mostrando valores mayores de crecimiento en el sistema de balsa. El crecimiento obtenido mediante el tratamiento de linternas en balsa (0.71 ± 0.04 g) fue significativamente mayor (Duncan, $P < 0.05$) a los demás en más del 40% (fig. 3b).

Fouling en las ostras

El análisis de varianza, al final del experimento, determinó diferencias significativas entre el tipo de cestos (ANOVA II, $P < 0.05$), mostrando que en las linternas y los cestos se presenta significativamente mayor *fouling* que sobre las canastas de pescado (Duncan, $P < 0.05$), las cuales mostraron menos del 29% del *fouling* observado en los otros tipos de cestos (fig. 4).

Supervivencia

El análisis de varianza mostró diferencias significativas en las ostras entre cestos de cultivo (ANOVA II, $P < 0.05$) y no entre los sistemas utilizados (ANOVA II, $P > 0.05$). Las ostras cultivadas en las canastas de pescado fueron las que tuvieron el menor porcentaje de supervivencia, significativamente menor a las de cestos y linternas (Duncan, $P < 0.05$).

La supervivencia, estimada por la mortalidad acumulativa al final del estudio (fig. 5), fue siempre significativamente mayor en los tratamientos con cestos ostrícolas, fueran éstos suspendidos en el *long line* o en las balsas (52–56%), que en las linternas (36–39%) o las canastas de pescado (24–25%) (Duncan, $P < 0.05$).

Discusión

Los resultados del presente estudio muestran diferencias en el crecimiento y la supervivencia de *C. rhizophorae* utilizando diferentes tipos de cestos de cultivo suspendidos en *long line* y balsa. Así, las ostras cultivadas en las linternas suspendidas en el sistema de balsas mostraron más del 40% de la masa de los

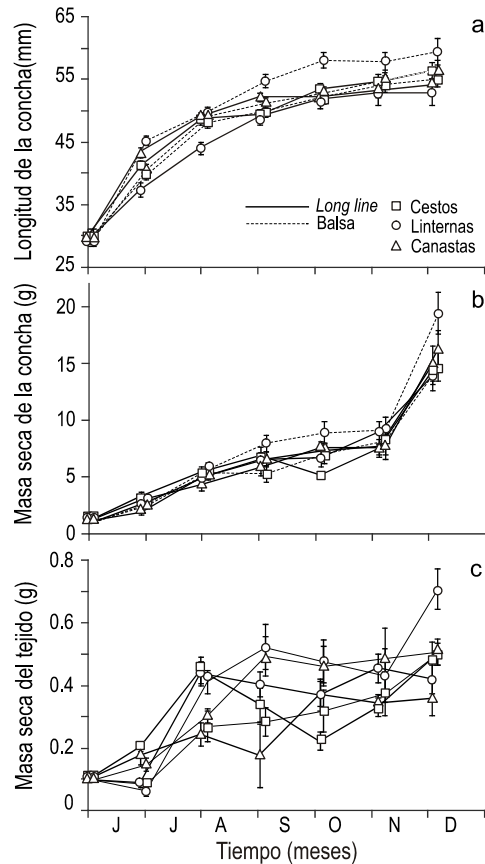


Figura 3. Crecimiento en longitud (a), masa seca de la concha (b), y masa seca de los tejidos blandos (c) de *Crassostrea rhizophorae* en la Laguna de La Restinga, Isla Margarita, Venezuela, cultivada en dos sistemas (balsa y *long line*), y en tres tipos de cestos (cestos ostrícolas, linternas japonesas y canastas de pescado). Las líneas verticales indican la desviación estándar con respecto a la media.

Figure 3. Growth in length (a), shell dry mass (b) and soft tissue dry mass (c) of *Crassostrea rhizophorae* in La Restinga Lagoon, Margarita Island, Venezuela, cultured using two methods (raft and long-line) and in three types of enclosures (oyster enclosures, lantern nets and fish crates). Vertical lines indicate the standard deviation relative to the mean.

growth in the oysters held in lantern nets hung from rafts was also observed in the dry mass of the shell (fig. 3b). At the end of the experiment no significant differences were found for either the shell length or mass that might be attributable to the method or type of enclosure used in the culture (ANOVA II, $P > 0.05$).

Tissue growth

The growth pattern of oyster tissue in the different culture enclosures was irregular, increasing and decreasing in the different months (fig. 3c). At the end of the experiment, the two-factor ANOVA revealed significant differences in the tissue growth of the oysters owing to the culture method and type of enclosure (ANOVA II, $P < 0.05$), without any interaction, showing higher values for the raft method. Growth in the

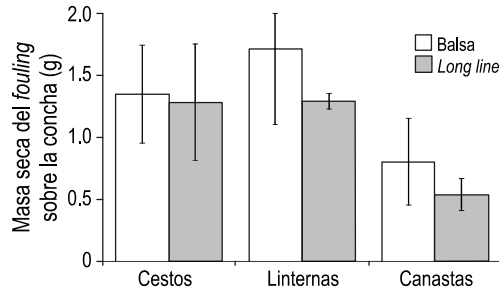


Figura 4. Masa seca del fouling acumulado al final del experimento sobre la concha de *Crassostrea rhizophorae* en la Laguna de La Restinga, Isla Margarita, Venezuela, cultivada en dos sistemas (balsa y *long line*), y en tres tipos de cestos (cestos ostrícolas, linternas japonesas y canastas de pescado). Las líneas verticales indican la desviación estándar con respecto a la media.

Figure 4. Dry mass of the fouling accumulated at the end of the experiment on the shell of *Crassostrea rhizophorae* in La Restinga Lagoon, Margarita Island, Venezuela, cultured using two methods (raft and long-line) and in three types of enclosures (oyster enclosures, lantern nets and fish crates). Vertical lines indicate the standard deviation relative to the mean.

tejidos de las ostras mantenidas en *long line*. Estas diferencias pueden haber sido inducidas por la capacidad de los sistemas para soportar la perturbación del oleaje. De esta manera, los resultados serían acordes con la mayor resistencia a la perturbación de la estructura de la balsa, como un sistema integrado de flotación, que el *long line* que sólo tiene boyas de flotación superficiales. Si bien, la Laguna de La Restinga es un cuerpo protegido del régimen de oleaje en la zona, el continuo tránsito de embarcaciones de turismo en la laguna produce ondulaciones notables. Éstas podrían inducir un mayor estrés en las ostras por no encontrarse adheridas a la estructura de los cestos, tal como ocurre con *Euvola ziczac* en cultivo suspendido, donde el crecimiento y la supervivencia se ven afectados por el movimiento que producen las olas en el *long line*, a diferencia de *Nodipecten nodosus*, una especie que se fija mediante el biso a las estructuras de cultivo (Freites *et al.* 1999).

En el sistema de *long line* se experimentó con una menor carga de cultivo que en las balsas, en las cuales se establecieron al mismo tiempo otros experimentos que suponían mayor biomasa filtradora, por lo que era de esperarse mayor disponibilidad de alimento para los organismos en el sistema *long line*. Dado que las ostras en este sistema mostraron el menor crecimiento, las diferencias establecidas entre los dos sistemas no sería al factor disponibilidad de alimento.

Con respecto al tipo de cestos de cultivo, las ostras en las canastas de pescado fueron las que mostraron menor crecimiento y menor supervivencia. Esto también pudo estar asociado a la perturbación ejercida por las olas, debido a que la superficie de la base de las canastas es lisa, sin hendiduras, a diferencia de los cestos españoles y particularmente de las linternas, lo cual generaría un mayor estrés por desplazamiento y choque entre los organismos y la estructura del cesto de

lantern nets hung from rafts (0.71 ± 0.04 g) proved to be significantly (about 40%) higher (Duncan, $P < 0.05$) than in the other enclosures (fig. 3b).

Fouling in oysters

At the end of the experiment, the ANOVA II revealed significant differences ($P < 0.05$) in the type of enclosure used. The lantern nets and oyster enclosures were found to be subjected to a greater amount of fouling than the fish crates (Duncan, $P < 0.05$), which presented 29% less fouling than the other two (fig. 4).

Survival

The ANOVA II showed significant differences ($P < 0.05$) between the oysters reared in the different enclosures, but did not reveal any differences ($P > 0.05$) between the culture systems used. The cultures in fish crates had the lowest survival rate, significantly lower than those carried out in oyster enclosures and lantern nets (Duncan, $P < 0.05$).

The survival rate, which was estimated by the cumulative mortality at the end of the study (fig. 5), was always significantly higher in the treatments using oyster enclosures suspended from both the long-lines and rafts (52–56%), than in those using lantern nets (36–39%) or fish crates (24–25%) (Duncan, $P < 0.05$).

Discussion

The results of this study show differences in the growth and survival of the oyster *C. rhizophorae* using different types of enclosures suspended from long-lines and rafts. The oysters reared in lantern nets suspended from the raft-culture system

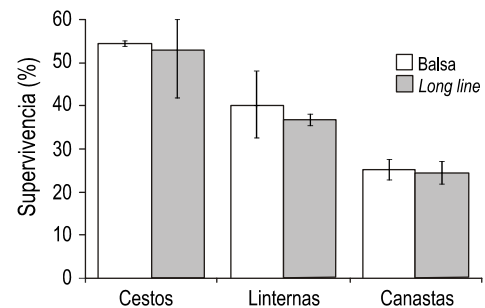


Figura 5. Supervivencia acumulada de *Crassostrea rhizophorae* en la Laguna de La Restinga, Isla Margarita, Venezuela, cultivada en dos sistemas (balsa y *long line*), y en tres tipos de cestos (cestos ostrícolas, linternas japonesas y canastas de pescado). Las líneas verticales indican la desviación estándar con respecto a la media.

Figure 5. Accumulated survival of *Crassostrea rhizophorae* in La Restinga Lagoon, Margarita Island, Venezuela, cultured using two methods (raft and long-line) and three types of enclosures (oyster enclosures, lantern nets and fish crates). Vertical lines indicate the standard deviation relative to the mean.

cultivo. Así, la perturbación se ve minimizada por las hendiduras en los cestos y particularmente en las linternas, las cuales poseen mayor flexibilidad debido a su revestimiento con malla, de mayor luz, que sirve para sujetar las ostras.

Una hipótesis alternativa o adicional está relacionada a la menor disponibilidad de alimento en las canastas de pescado. Los niveles de biomasa fitoplanctónica estimados por clorofila *a* son elevados en la zona donde se desarrolló el cultivo experimental ($>4 \mu\text{g L}^{-1}$, E Buitrago, datos no publicados), lo que sugiere que la disponibilidad de alimento no es una limitante para los organismos bajo cultivo; la superficie de la base de las canastas de pescado limita el flujo vertical de agua, y con ello el de alimento y el de desechos metabólicos como heces y pseudofeces, a diferencia de los cestos tipo español y particularmente de las linternas que permiten tanto el flujo horizontal como vertical.

Otro factor que podría haber afectado diferencialmente es el *fouling* sobre la concha de las ostras, debido a que éstas poseen una disposición horizontal y el peso del *fouling* puede interferir en la apertura de sus valvas, afectando así el proceso de filtración (Lodeiros 2002). No obstante, el *fouling* fue significativamente menor sobre las ostras que mostraron menos crecimiento y supervivencia (canastas de pescado). El mayor peso obtenido de *fouling*, 1.7 g, representando 20% de la concha superior (estimada como la mitad del peso del total de la concha), no ejerció efecto notable. Estos resultados sustentan la hipótesis de que *C. rhizophorae* puede soportar un peso hasta tres veces mayor al de su concha superior, lo que se corroboró en análisis paralelos a este estudio (C Lodeiros, datos no publicados).

Aunque las ostras en las linternas fueron las que mostraron mayor crecimiento y supervivencia, no hubo diferencias significativas con respecto a las de cestos españoles, por lo que los dos tipos de cestos son recomendables para el cultivo en suspensión en la Laguna de La Restinga. No obstante, los resultados de esta investigación muestran que la optimización del crecimiento de *C. rhizophorae* bajo condiciones de cultivo, debe en parte tener en cuenta la perturbación por las olas, pudiéndose optimizar el crecimiento con diseños que permitan inmovilizar las ostras, tal como ocurre con la fijación de los organismos a las raíces de los mangles en el ambiente natural. En este sentido, el sistema de fijación de ostras mediante cemento a cuerdas en el cultivo de *Ostrea edulis* en Galicia (Guerra 2002) es una de las estrategias utilizadas para evitar la perturbación por las olas. Esta técnica, evidentemente demanda mucha mano de obra y es viable sólo en ciertas regiones y con especies de alto valor unitario como *O. edulis*. En vista de ello, es recomendable para el cultivo de ostras en suspensión, el diseño de cestos con receptáculos que permitan la inmovilización de los organismos. Una alternativa de sistema de cultivo, podría ser diseñar *long lines* sumergidas a media agua, debido a que el efecto de las olas es minimizado en este tipo de sistemas (Freites *et al.* 1999); no obstante, el uso de este tipo de *long line* no es factible en sistemas lagunares costeros debido a su poca profundidad. En este sentido, un sistema que podría

had a more than 40% increase in tissue mass compared with those held in the long-line method. These differences may be due to the system's ability to withstand wave action. The results therefore indicate that, as an integrated flotation system, the raft structure is more resistant to wave action than the long-line with its surface floating buoys. Although La Restinga Lagoon is protected from the area's wave regime, the continuous passage of tourist vessels in the lagoon causes a substantial amount of wave action. These disturbances could produce more stress in oysters when they are not attached to the structure of the enclosure, as occurs with *Euvola ziczac* in suspended culture, where growth and survival are affected by the movement in the long-lines caused by wave action, in contrast to *Nodipecten nodosus*, a species that uses its byssus to attach itself to the culture structures (Freites *et al.* 1999).

The long-line cultures had less load stress than those suspended from rafts, from which other experiments were being conducted. These experiments had a greater amount of filtering biomass, so it was assumed that there would be a more abundant supply of food for organisms cultivated with the long-line system. Since the oysters in this system exhibited a lower growth rate, the differences found between the two systems could not be attributed to food availability.

With regard to the type of culture enclosure, the oysters reared in fish crates had the lowest growth and survival values. This could also be associated with the disturbance produced by wave action, given that the bottom surface of these crates is smooth without any slits. This would generate more stress owing to the movement and contact between the organism and the culture enclosure. The action is minimized by slits in the enclosures, like in the Spanish-type enclosures and especially in the lanterns, which are more flexible because of their net lining, their greater width also helping to hold the oysters in place.

An alternative or additional hypothesis is related to the lower availability of food in the fish crates. The levels of phytoplanktonic biomass estimated using chlorophyll *a* are high in the area where the experimental culture was carried out ($>4 \mu\text{g L}^{-1}$, E Buitrago, unpublished data), therefore food availability did not seem to be a limiting factor for the organisms under culture. The bottom surface of the fish crates limits the vertical flow of water and with it the flow of food and metabolic wastes such as feces and pseudofeces, unlike the Spanish oyster enclosures and lantern nets, in particular, which allow for both a horizontal and vertical flow.

Another factor that might have had a differential impact is the fouling on the shells. Since the oysters are arranged horizontally, the weight of this fouling might interfere with the opening of their valves, obstructing the filtration process (Lodeiros 2002). However, fouling was significantly lower in oysters exhibiting a lower growth and survival rate (fish crates). The highest fouling weight obtained, 1.7 g, accounting for 20% of the upper shell (estimated as half of the total shell weight), did not have a substantial impact. These results support the conclusion reached in analyses parallel to this study

tener ventajas podría ser alguno en estructuras fijas, por lo que se sugiere realizar pruebas para validar esta alternativa.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración del personal técnico del departamento de Cultivos de la Estación de Investigaciones Marinas de Margarita de La Fundación La Salle de Ciencias Naturales. El estudio fue financiado por el proyecto FONACIT-2000001415. El primer autor (C Lodeiros) preparó el trabajo durante su año sabático, sostenido por la Secretaría de Estado de Educación y Universidades del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España.

Referencias

- Avendaño M, Cantillanez M, Le Penne M, Lodeiros C, Freitas L. 2001. Cultivo de pectínidos iberoamericanos en suspensión. In: Maeda-Martínez AN (ed.), Los Moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura. Limusa, México, pp. 193–211.
- Buitrago E, Alvarado D. 2005. A highly efficient oyster spat collector made with recycled materials. *Aquacult. Eng.* 33(1): 63–72.
- Buitrago E, Moreno P, Lunar K, Vásquez Z. 1999. Cultivo suspendido de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* en la laguna de La Restinga, evaluación de sistemas de fijación de semilla. Memorias 29va Reunión Asociación de Laboratorios Marinos del Caribe (ALMC), Cumaná, Venezuela, p. 3.
- Buitrago E, Lunar K, Moreno P. 2000. Cultivo piloto de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) en la Laguna de La Restinga, Isla de Margarita. *Mem. FLASA*, 154: 25–38.
- Guerra A. 2002. La ostricultura. Técnicas de producción. In: Polanco E (ed.), Impulso, Desarrollo y Potenciación de la Ostricultura en España. Fundación Martín Escudero y Ediciones Mundi Prensa, Madrid, pp. 37–73.
- Freites L, Cote J, Himmelman JH, Lodeiros C. 1999. Effect of wave action on the growth and survival of the scallops *Euvola ziczac* and *Lyropecten nodosus* in suspended culture. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 239: 47–59.
- Griffiths CL, Griffiths J.S. 1987. Bivalvia. In: Pandian JH, Vernberg FJ (eds.), *Animals Energetics*. Vol. 2. Academic Press, New York, pp. 1–88.
- Hernández A. 1990. Cultivo de Moluscos en América Latina. Editorial Guadalupe, Bogotá, 405 pp.
- Lodeiros C. 2002. Cuestión de peso y posición. *Rev. Biol. Trop.* 50: 875–878.
- Lodeiros C, Himmelman JH. 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, Alio J, Marcano J. 2005. Actividad extractiva de moluscos en Venezuela. In: Fernández J, Rey M, Guerra A. (eds.), *Recursos Marinos y Acuicultura de las Rías Gallegas*. VIII Foro, pp. 353–367.
- Thompson RJ, MacDonald BA. 1991. Physiological integrations and energy partitioning. In: Shumway SE, Sandifer PA (eds.), *An International Compendium of Scallops Biology and Culture*.

that *C. rhizophorae* can resist a weight three times greater than that of its upper shell (C Lodeiros, unpublished data).

Although the oysters reared in lantern nets underwent the greatest growth and survival, no significant differences were found with the Spanish oyster enclosures, which would mean that both types of enclosures could be recommended for use in suspended culture in La Restinga Lagoon. Nevertheless, the results of this research show that optimization of the growth of *C. rhizophorae*, under aquaculture conditions, should take into account the disturbance caused by wave action. Growth could be optimized with designs that would allow for the immobilization of the oysters, as occurs with the attachment of organisms to mangrove roots in the natural environment. In Galicia, the method of attaching oysters *Ostrea edulis* to culture ropes using cement is one of the strategies established to avoid disturbance from wave action (Guerra 2002). This technique obviously requires a substantial amount of labor and can only be sustained in certain regions with species that have a high unit value, such as *O. edulis*. In view of the above, for the suspended culture of oysters, it would be advisable to design enclosures with receptacles that would allow for the immobilization of the organisms. An alternative culture method could involve the design of long-lines submerged in middle waters, since wave action is diminished in this type of submerged system (Freites *et al.* 1999). The use of this type of long-line, however, is incompatible with coastal lagoon systems owing to their shallow waters. A more suitable possibility could be culture systems that use fixed structures, but more research is needed to validate this alternative.

Acknowledgements

We are grateful to the technical staff of the Aquaculture Department of the Margarita Marine Research Station (La Salle Foundation for Natural Sciences) for their collaboration. This study was financed by the project FONACIT-2000001415. The first author (C Lodeiros) prepared this paper during a sabbatical year funded by the Spanish Ministry of Education, Culture and Sports.

-
- World Aquaculture Workshops, No. 1. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, pp. 347–376.
- Ventilla R. 1982. The scallop industry in Japan. *Adv. Mar. Biol.* 20: 310–383.
- Villaruel E, Buitrago E, Lodeiros C. 2004. Identification of environmental factors affecting growth and survival of the tropical oyster *Crassostrea rhizophorae* in suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Rev. Cien. Fac. Cienc. Vet. Univ. Zulia XIV(1)*: 28–35.

*Recibido en enero de 2006;
aceptado en abril de 2006.*