



Effect of culture container on the survival and growth of male *Cryphiops caementarius* in individualized systems

Efecto del recipiente de cultivo sobre la supervivencia y el crecimiento de machos de *Cryphiops caementarius* en sistemas individualizados

Reyes-Avalos, W.

Universidad Nacional del Santa-Chimbote, Perú, Laboratorio de Acuicultura. Departamento Académico de Biología, Microbiología y Biotecnología. Av. Universitaria s/n Urb. Bellamar, Nuevo Chimbote, Ancash, Perú.

ABSTRACT

The individual rearing system of crustaceans avoids the physical interaction between congeners and cannibalism. The aim was to evaluate the effect of the culture container on survival and growth of male *Cryphiops caementarius* in individual systems. Two experiments were conducted with different diets. Containers of 133, 201 and 284 cm² arranged in multilevel aquariums and fiberglass tanks were used for individual culture. Communal culture was carried out as control in aquariums without containers. Culturing lasted 4 months. Shrimp males from 6.2 g to 9.1 g were used for the first experiment and from 3.6 g to 5.5 g for the second. In the first experiment, autotomy ecdysis and deaths caused by ecdysis of shrimps in individual culture affected survival (72 % to 83 %), growth and yield (0.374 kg m⁻²), although there were no significant differences ($p>0.05$). In communal culture, survival was low (17 %) due to cannibalism. In the second experiment high survival rates (87 % and 100 %) were obtained in all sizes of containers, fastest growing in containers of 284 cm² and thus increased yield (1.049 kg m⁻²). The

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: December 22th 2014.

Accepted/Aceptado: March 05th 2015.

RESUMEN

El sistema de crianza individual de crustáceos evita la interacción física entre congéneres y el canibalismo. El objetivo fue evaluar el efecto del recipiente de cultivo sobre la supervivencia y el crecimiento de machos de *Cryphiops caementarius* en sistemas individualizados. Se realizaron dos experimentos con dietas diferentes. Para el cultivo individual se emplearon recipientes de 133, 201 y 284 cm², dispuestos en multiniveles dentro de acuarios y tanques de fibra de vidrio. Como control se realizó el cultivo comunal en acuarios sin recipientes. El cultivo duró 4 meses. Se emplearon camarones machos de 6.2 g a 9.1 g para el primer experimento y entre 3.6 g a 5.5 g para el segundo experimento. En el primer experimento, las ecdisis con autotomía y las muertes por ecdisis de los camarones en cultivo individual afectaron la supervivencia (72 % a 83 %), el crecimiento y la producción (0.374 Kg m⁻²), aunque no hubo diferencias significativas ($p>0.05$). En cultivo comunal la supervivencia fue baja (17 %) debido al canibalismo. En el segundo experimento se obtuvieron alta supervivencia (87 % y 100 %) en todos los tamaños de recipientes, mayor crecimiento en los recipientes de 284 cm² y con ello mayor producción (1.049 Kg m⁻²). El cultivo individual con recipientes instalados en multiniveles se presenta como una opción viable para evitar la interacción física y el canibalismo de adultos de la especie.

Corresponding Author:

Reyes-Avalos, W., Universidad Nacional del Santa-Chimbote, Perú, Laboratorio de Acuicultura, Departamento Académico de Biología, Microbiología y Biotecnología. Av. Universitaria s/n Urb. Bellamar, Nuevo Chimbote, Ancash, Perú. Cel. +51(989) 993 299. E-mail: wreyes_avalos@hotmail.com

individual cultivation containers installed in multilevel comes as a viable option to avoid physical interaction and cannibalism in adults of the species.

KEY WORDS

Growth, shrimp, *Cryphiops*, culture, containers.

Introduction

Shrimp *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) is distributed in almost every river from the Peruvian Coast, but it abounds in Arequipa (16° - 17°S) where it has been extracted (Zacarías and Yépez, 2008) from the past 50 years, with intense fishing effort, affecting populations (Viacava *et al.*, 1978). Given the situation, the strategy of reproductive closures (January – April from the austral hemisphere), minimum amount of capture and re-establishment of population has allowed the recovery of populations (PRODUCE, 2013). Hence, the species has always been and will be of great economic and scientific importance, and it is studied in ecological, biological, nutritional, reproductive, population, culture, and other aspects. Nevertheless, even when there are experiences in production of post-larvae (Guerra *et al.*, 1987; Morales, 1997; Meruane *et al.*, 2006; Reyes, 2008), commercial culture has not been established due to the duration and low survival in larva culture and the strong interaction and cannibalism in communal post-larvae, juvenile juveniles (Zúñiga and Ramos, 1987; Reyes *et al.*, 2006) and adult culture (Reyes, 2011), although the existence of artisanal cultures that have the same mortality problems is known.

Cannibalism is a communal culture problem of *C. caementarius*. Culture of specimens of 9 g in high density (50 shrimps m⁻²) causes high mortality (75 %) due to cannibalism when the open water system flow is low (30 L min⁻¹ and even with shelter (Ponce, 1997). Despite that, the species is potential for commercial culture (Brack, 2000) and it is priority in biocommerce in Peru (Lleellish *et al.*, 2005), but it is convenient to solve the cannibalism problem.

In communal culture of crustaceans, density enhances interaction and cannibalism affects growth, survival and production (Jones and Ruscoe, 2000; Ahvenharju,

PALABRAS CLAVE

Crecimiento, camarón, *Cryphiops*, cultivo, recipientes.

Introducción

El camarón *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) se distribuye en casi todos los ríos de la costa peruana pero abunda en Arequipa (16° - 17°S) desde donde se extrae (Zacarías y Yépez, 2008) desde hace 50 años con intenso esfuerzo pesquero afectando las poblaciones (Viacava *et al.*, 1978). Ante esta situación la estrategia de las vedas reproductivas (Enero-Abril del hemisferio austral), la talla mínima de captura y los repoblamientos permiten recuperar las poblaciones (PRODUCE, 2013). Por ello, la especie siempre ha sido y será de importancia económica y científica, y es estudiada en aspectos ecológicos, biológicos, nutricionales, reproductivos, poblacionales, de cultivo, entre otros. Sin embargo, aun cuando hay experiencias en producción de postlarvas (Guerra *et al.*, 1987; Morales, 1997; Meruane *et al.*, 2006; Reyes, 2008), el cultivo comercial no se ha establecido por la duración y baja supervivencia en larvicultura y por la fuerte interacción y el canibalismo en cultivo comunal de postlarvas, juveniles (Zúñiga y Ramos, 1987; Reyes *et al.*, 2006) y adultos (Reyes, 2011), pero se conoce de cultivos artesanales que poseen los mismos problemas de mortalidad.

El canibalismo es un problema en cultivo comunal de *C. caementarius*. El cultivo de ejemplares de 9 g en alta densidad (50 camarones m⁻²) ocasiona elevada mortalidad (75 %) por canibalismo cuando es bajo el flujo de agua en sistema abierto (30 L min⁻¹) y aún con refugios (Ponce, 1977). A pesar de ello, la especie es potencial para cultivo comercial (Brack, 2000) y prioritaria para biocomercio en el Perú (Lleellish *et al.*, 2005), pero es conveniente solucionar el problema del canibalismo.

En cultivo comunal de crustáceos la densidad acentúa la interacción y el canibalismo que afecta el crecimiento, la supervivencia y la producción (Jones y Ruscoe, 2000; Ahvenharju, 2007). Una estrategia para aliviar este problema es el uso de sustratos artificiales, como ha sido reportado en *Homarus gammarus* (Richards y Wickins, 1979), *Astacus leptodactylus* (Ulikowski y Krzywosz, 2006), *Cherax tenuimanus*, *C. albidus* (Wangpen, 2007), *Macrobrachium rosenbergii* (Tidwell y Coyle, 2008). Esto de hecho se aplica en los cultivos intensivos de estas especies para reducir las agresiones entre individuos y mejorar las tasas de supervivencia.

2007). A strategy to relief this problem is the use of artificial substrates, as it has been reported in *Homarus gammarus* (Richards and Wickins, 1979), *Astacus leptodactylus* (Ulikowski and Krzywosz, 2006), *Cherax tenuimanus*, *C. albidus* (Wangpen, 2007), *Macrobrachium rosenbergii* (Tidwell and Coyle, 2008). This is applied in intensive cultures of this species to reduce aggressions between individuals and to improve survival rates.

Another developing strategy is the use of different size recipients (150 cm² a 1200 cm²) for the individual culture of adults of *C. tenuimanus*, *A. astacus* and *Pacifastacus leniusculus* (Jussila, 1997), *C. quadricarinatus* (Manor *et al.*, 2002) and *H. gammarus* (Kristiansen *et al.*, 2004), which results allow to improve growth, survival and production of aggressive species. This system of individual culture is used in females of *C. caementarius* where physical interaction is avoided between congeners and cannibalism with it, achieving high survival rate (89 %) (Reyes, 2011); however it has not been experimented with males, which are more aggressive than females and grow faster from the 6 cm of total length due to the higher development of one of the chelipeds, with which a higher weight gain is initiated (Viacava *et al.*, 1978).

The aim was to evaluate the effect of the culture recipient on the survival and growth of males of *C. caementarius* in individualized systems.

Materials and Methods

Biological material: male shrimps of 6.2 g to 9.1 g were used for the first experiment and from 3.6 g to 5.5 g for the second. In both cases, shrimp from the Pativilca River (10°39'50"S - 77°40'02"O) at 352 masl were captured. Caught shrimp were introduced in plastic cups of 200 mL (cups were holed to allow water flow) and they were placed in plastic boxes (45 L) with water from the same river with intermittent aeration. Density was of 77 shrimps per box. Terrestrial transportation lasted 5 h. In the laboratory, shrimps were acclimated during 10 days in the same transportation system and fed from the third day of acclimation.

Culture system from the first experiment: individual culture was made in circular transparent recipients of 133 cm², 201 cm² and 284 cm² (6 cm, 7 cm and 8 cm height, respectively), each one with cuts in the laterals to allow water flow where pellet feed was intro-

Otra estrategia que se está desarrollando es el uso de recipientes de diferentes tamaños (150 cm² a 1,200 cm²) para el cultivo individual de adultos de *C. tenuimanus*, *A. astacus* y *Pacifastacus leniusculus* (Jussila, 1997), *C. quadricarinatus* (Manor *et al.*, 2002) y *H. gammarus* (Kristiansen *et al.*, 2004), cuyos resultados permiten mejorar el crecimiento, la supervivencia y la producción de especies agresivas. Este sistema de cultivo individual es empleado en hembras de *C. caementarius* donde se evita la interacción física entre congéneres y con ello el canibalismo lográndose alta supervivencia (89 %) (Reyes, 2011); pero no ha sido experimentado en machos que son más agresivos que las hembras y crecen más rápido desde los 6 cm de longitud total por el mayor desarrollo de uno de los quelípodos con el cual se inicia una mayor ganancia en peso (Viacava *et al.*, 1978).

El objetivo fue evaluar efecto del recipiente de cultivo sobre la supervivencia y el crecimiento de machos de *C. caementarius* en sistemas individualizados.

Materiales y Métodos

Material biológico: se emplearon camarones machos de 6.2 g a 9.1 g para el primer experimento y de 3.6 g a 5.5 g para el segundo experimento. Para ambos casos se capturaron camarones del río Pativilca (10°39'50"S - 77°40'02"O) a 352 msnm. Los camarones capturados se introdujeron en vasos de plástico de 200 mL (los vasos se agujerearon para permitir el flujo de agua) y se acondicionaron en cajas de plástico (45 L) con agua del mismo río y con aireación intermitente. La densidad fue de 77 camarones por caja. El transporte terrestre duró 5 h. En el laboratorio los camarones se aclimataron por 10 días en el mismo sistema de transporte y se alimentaron a partir del tercer día de aclimatación.

Sistema de cultivo del primer experimento: el cultivo individual se realizó en recipientes circulares transparente de 133 cm², 201 cm² y 284 cm² (6 cm, 7 cm y 8 cm de altura, respectivamente), cada uno con aberturas en los laterales para permitir el flujo de agua y con un tubo que sobresalía el nivel de agua por donde se introdujo alimento peletizado. Cada tamaño de recipiente se dispuso en dos grupos de tres niveles que se colocaron dentro de cada acuario (0.60 m de largo, 0.31 m de ancho y 0.35 m de alto, con área de 0.186 m² y volumen efectivo de 55 L). El control fue el cultivo comunal en acuarios sin recipientes pero con tres tubos de PVC (15 cm x 1" Ø) como refugios. El experimento se realizó por triplicado. Cada acuario tuvo un filtro biológico percolador (2.5 L) con flujo de agua de 1.5 L min⁻¹. La densidad fue de 32 camarones m⁻².

duced. Each recipient size was disposed in two groups of three levels that were placed inside each aquarium (0.60 m length, 0.31 m width y 0.35 m height, with area of de 0.186 m² and effective volume of 55 L). Control was communal culture in aquariums with no recipients but three PVC tubes (15 cm x 1" Ø) as shelters. The experiment was made in triplicate. Each aquarium had a percolate biological filter (2.5 L) with water flow of 1.5 L min⁻¹. Density was of 32 shrimps m⁻².

Culture system from the second experiment:

this experiment was implemented due to the difficulties of the shedding of shrimps from the first experiment. Same circular recipients from the previous experiment were used, but they were placed in three groups of five levels that were placed within each fiberglass tank (0.60 m depth, 0.50 m major diameter and 0.45 m minor diameter, bottom area of 0.159 m² and effective volume of 100 L). Each tank had three percolate biological filters each with 2.5 L with water flow of 4.5 L min⁻¹. Density was 94 shrimp m⁻².

Feed: shrimp from the first experiment were fed with commercial balance (Nicovita®) for sea shrimp (40 %

Sistema de cultivo del segundo experimento: este experimento se implementó debido a las dificultades en la muda de los camarones del primer experimento. Se emplearon los mismos recipientes circulares del experimento anterior, pero estos se dispusieron en tres grupos de cinco niveles que se colocaron dentro de cada tanque de fibra de vidrio (0.60 m de profundidad, 0.50 m de diámetro mayor y 0.45 m de diámetro menor, con área del fondo de 0.159 m² y volumen efectivo de 100 L). Cada tanque tuvo tres filtros biológicos percoladores cada uno de 2.5 L con flujo de agua de 4.5 L min⁻¹. La densidad fue de 94 camarones m⁻².

Alimento: los camarones del primer experimento se alimentaron con balanceado comercial (Nicovita®) para camarón de mar (40 % de proteína, 5 % de grasa, 10 % de ceniza y 5 % de fibra). Para los camarones del segundo experimento, se formuló y elaboró alimento con insumos regionales (Tabla 1), cuya composición proximal (30 % de proteína total, 8.1 % de lípidos y 4.6 % de fibra, con 2,600 kcal g⁻¹) se calculó según Pezzato (1996). La ración diaria (08:00 y 19:00 h) para ambos experimentos fue del 6 % de la biomasa, reajustándose mensualmente.

Table 1.
Composition (%) of balanced feed for *C. caementarius* males.

Tabla 1.
Composición (%) del alimento balanceado para machos de *C. caementarius*.

Supplies	%
Fish flour	30.00
Soy flour	21.00
Corn flour	16.70
Fish oil	2.00
Soil oil	0.50
Corn oil	0.50
Soy lecithin ¹	1.00
Rice powder	22.00
Molasses	3.00
Zeolite	2.00
Regular salt	1.00
Complexvit ²	0.30
Paprika flour ³	0.025

1. Commercial purified soy lecithin (insipid soy in soft capsules, phosphatidic content >60 %).

2. Includes (kg-1): Vitamins A 8 g; E 7 g; B1 8 g; B2 16 g; B6 11.6 g; B12 0.02 g; C 6 g; D3 5 g; K3 1 g; nicotinamide 10 g; niacin 6 g; Biotin 0.3 g DL Methionine 20 g; Calcium pantothenate 47 g; Sodium chloride 27 g; Potassium choride 34 g; Magnesium sulfate 7 g; Maca 5 g and excipients.

3. Paprika flour (*Capsicum annum*) was used as supplement in the diet.

1. Lecitina de soya purificada comercial purificado de soja (soya insípida en cápsulas blandas, fosfatídico contenido >60 %).

2. Comprende (kg-1): Vitaminas A 8 g; E 7 g; B1 8 g; B2 16 g; B6 11,6 g; B12 0,02 g; C 6 g; D3 5 g; K3 1 g; nicotinamida 10 g; niacina 6 g; Biotina 0,3 g DL Metionina 20 g; Pantotenato de calcio 47 g; El cloruro de sodio 27 g; Cloruro de potasio 34 g; El sulfato de magnesio 7 g; Maca 5 g y excipientes.

3. Harina de Paprika (*Capsicum annum*) fue utilizado como suplemento en la dieta.

protein, 5 % fat, 10 % ash and 5 % fiber). For shrimp from the second experiment, feed was prepared with regional input (Table 1), which proximate composition (30 % total protein, 8.1 % lipids and 4.6 % fiber, with 2600 kcal g⁻¹) was calculated according to Pezzato (1996). Daily serving (08:00 and 19:00 h) for both experiments was 6 % from the biomass, with monthly adjustment.

Growth, survival and production: monthly samplings were made during four months from all seeded population in each experiment and using such data weight growth (El-Sherif and Ali, 2009), survival and production were determined:

$$\text{Absolute growth (g)} = X_2 - X_1$$

$$\text{Percentage profit (\%)} = (X_2 - X_1 / X_1) \times 100$$

$$\text{Absolute growth rate (g day}^{-1}\text{)} = X_2 - X_1 / t_2 - t_1$$

$$\text{Specific growth rate (\% weight-day}^{-1}\text{)} = [\ln X_2 - \ln X_1] / t_2 - t_1 \times 100$$

$$\text{Survival (\%)} = N_1 \times 100 / N_0$$

$$\text{Production (Kg m}^{-2}\text{)} = \text{Average rate (g)} \times \text{final density (shrimps m}^{-2}\text{)} / 1000$$

Where: X_1 and X_2 humid weight (g), initial and final; t_1 and t_2 duration in days; $\ln X_1$ y $\ln X_2$ natural logarithm of initial and final weight. N_0 and N_1 is the initial and final number of seeded shrimp.

Shedding: period and frequency of shedding were determined only in the first experiment because aquarium glasses allowed to observe the exoskeletons expelled after the ecdysis. To determine if deaths of shrimp were or not related to the ecdysis, shedding of death shrimp was evaluated according to Reyes and Lujan (2003) and classified according to Aiken (1969).

Water quality: solid waste that were expelled from the culture recipients and accumulated in the aquariums and tanks were extracted twice a week and this allowed to replenish the volume of extracted water between the 5 % and 10 % per week. Physical and chemical water parameters included weekly recording of dissolved oxygen and temperature by a digital Oximeter Sension8 (± 0.01 mg L⁻¹; $\pm 0.01^\circ\text{C}$), pH with a digital pH-meter 110 (± 0.01 units), CO₂, total hardness and total alkalinity according to Fukushima *et al.*, (1982) and total ammonium, nitrites and nitrates with the colorimetric Test Nutrafin (± 0.05 mg L⁻¹).

Crecimiento, supervivencia y producción: se realizaron muestreos mensuales durante cuatro meses de toda la población sembrada de cada experimento y con los datos se determinaron el crecimiento en peso (El-Sherif y Ali, 2009), la supervivencia y se estimó la producción:

$$\text{Crecimiento absoluto (g)} = X_2 - X_1$$

$$\text{Ganancia porcentual (\%)} = (X_2 - X_1 / X_1) \times 100$$

$$\text{Tasa de crecimiento absoluta (g día}^{-1}\text{)} = X_2 - X_1 / t_2 - t_1$$

$$\text{Tasa de crecimiento específica (\% peso día}^{-1}\text{)} = [\ln X_2 - \ln X_1] / t_2 - t_1 \times 100$$

$$\text{Supervivencia (\%)} = N_1 \times 100 / N_0$$

$$\text{Producción (Kg m}^{-2}\text{)} = \text{Peso promedio (g)} \times \text{densidad final (camarones m}^{-2}\text{)} / 1000$$

Donde: X_1 y X_2 el peso húmedo (g), inicial y final; t_1 y t_2 la duración en días; $\ln X_1$ y $\ln X_2$ el logaritmo natural del peso inicial y final. N_0 y N_1 es el número inicial y final de camarones sembrados.

Muda: el período y la frecuencia de muda se determinaron solo en el primer experimento porque los vidrios de los acuarios permitieron observar los exoesqueletos expulsados después de la ecdisis. Para determinar si las muertes de los camarones estuvieron o no asociadas al proceso de la ecdisis se evaluaron la muda de los camarones muertos según Reyes y Luján (2003) y se clasificaron según Aiken (1969).

Calidad del agua: los desechos sólidos que salieron de los recipientes de cultivo y se acumularon en los acuarios y tanques fueron extraídos dos veces por semana y esto permitió reponer el volumen de agua extraída entre el 5 % y 10 % por semana. Los parámetros físicos y químicos del agua comprendió el registro semanal de oxígeno disuelto y temperatura mediante un Oxímetro digital Sension8 (± 0.01 mg L⁻¹; $\pm 0.01^\circ\text{C}$), el pH con un pH-metro digital 110 (± 0.01 unidades), el CO₂, dureza total y alcalinidad total según Fukushima *et al.*, (1982) y amonio total, nitritos y nitratos con el Test colorimétrico Nutrafin (± 0.05 mg L⁻¹).

Análisis estadístico: para ambos experimentos se empleó el diseño completamente al azar. La normalidad de los datos se determinó mediante la prueba de kolmogorov-Smirnov. Las diferencias entre las medias de los tratamientos se determinaron por análisis de varianza simple y con la prueba de Duncan, en todos los caso con el nivel de significancia de 95 %. Se usó el programa estadísticos SPSS versión 18 para Windows.

Statistical Analysis: for both experiments, design was used completely randomly. Data normality was determined by the test of Kolmogorov-Smirnov. Differences between the means of the treatments were determined by a simple variance analysis and with the test of Duncan, in all the cases, with significant levels of 95 %. The statistical program SPSS version 18 for Windows was used.

Results and Discussion

First experiment

Shrimp survival in individual culture varied with no significant differences ($p > 0.05$) between 72 % and 83 %; in contrast, control was 16.67 % and significantly lower ($p > 0.05$) than the other treatments (Table 2), but this was caused by cannibalism. Shrimp deaths not associated with the ecdysis process were least frequent and presented isolated in time; instead, deaths during ecdysis and ecdysis with the biggest cheliped autotomy were presented in similar proportions in the third and fourth months of culture. The loss of the higher cheliped represented a reduction between 30 % and 40 % of total weight, and the regeneration of the cheliped was produced in 21.0 ± 1.6 days, and in the next shedding. Shrimps that performed ecdysis with no inconvenient decreased between treatments during culture (Figure 1A).

Shrimp deaths during ecdysis process were classified in three states: 1) Death at the beginning of ecdysis: they characterized for not having dorsal membrane rupture that joints the cephalothorax with the abdomen, producing muscle swelling; 2) Death at the middle of the ecdysis: shrimp died with the exoskeleton of the cephalothorax pulled forward; 3) Death at the end of ecdysis: shrimps first fought during several days to completely strip off the exoskeleton which was trapped in the periopods, mainly the bigger cheliped, producing swelling and the subsequent deterioration of the muscle of that region. In the three states there was no opening of the ecdysial sutural line in the articulations of the periopods.

Shrimp growth was similar ($p > 0.05$) between individual culture treatments; however, higher tendency was obtained in the recipients of 201 cm² (Table 2). Control shrimp lost the chelipeds with higher frequency; in addition, they grew apparently more because only one shrimp survived in each repetition. The period between shedding

Resultados y Discusión

Primer experimento

La supervivencia de los camarones en cultivo individual varió sin diferencias significativas ($p > 0.05$) entre 72 % y 83 %; en cambio en el control fue de 16.67 % y significativamente menor ($p < 0.05$) a los demás tratamientos (Tabla 2) pero esta fue ocasionada por canibalismo. Las muertes de los camarones no asociadas al proceso de ecdisis fueron menos frecuentes y se presentaron aisladas en el tiempo; en cambio, las muertes durante la ecdisis y las ecdisis con autotomía del quelípodo más grande se presentaron en similares proporciones en el tercer y cuarto mes de cultivo. La pérdida del quelípodo mayor representó una reducción entre 30 % y 40 % del peso total, y la regeneración del quelípodo se produjo en 21.0 ± 1.6 días y en la siguiente muda. Los camarones que realizaron ecdisis sin inconvenientes disminuyeron entre tratamientos durante el cultivo (Figura 1A).

Las muertes de los camarones durante el proceso de la ecdisis se clasificaron en tres estados: 1) Muerte al inicio de la ecdisis: se caracterizaron porque no hubo ruptura de la membrana dorsal que une el cefalotórax con el abdomen produciéndose abultamiento muscular. 2) Muerte a la mitad de la ecdisis: los camarones murieron con el exoesqueleto del cefalotórax levantado hacia adelante. 3) Muerte al final de la ecdisis: los camarones primero lucharon por varios días por despojarse completamente del exoesqueleto que quedó atrapado en los periópodos, principalmente en el quelípodo mayor, produciéndose hinchamiento y el subsecuente deterioro del músculo de esa región del cuerpo. En los tres estados no hubo abertura de la línea de sutura ecdisial en las articulaciones de los periópodos.

El crecimiento del camarón fue similar ($p > 0.05$) entre tratamientos del cultivo individual; sin embargo, mayor tendencia se obtuvo en los recipientes de 201 cm² (Tabla 2). Los camarones del control perdieron los quelípodos con mayor frecuencia; además, crecieron aparentemente más porque solo sobrevivió un camarón de cada repetición. El período entre mudas fue de 35.85 ± 15.31 días en los recipientes de 133 cm², de 32.22 ± 8.57 días en 201 cm² y de 24.33 ± 0.57 días en 284 cm², sin diferencias significativas ($p > 0.05$) y cuyo promedio fue de 30.80 ± 10.15 días. El color del cuerpo de los camarones al final del cultivo individual fue ligeramente más claro que al inicio del cultivo.

Las mejores producciones de camarones se obtuvieron en los recipientes de 133 cm² y 201 cm²; siendo significativamente mayor ($p < 0.05$) que en los recipientes de 284 cm²

Table 2.
Growth, survival and production of *C. caementarius* in different sizes of culture containers installed in aquariums, for four months.

Tabla 2.
Crecimiento, supervivencia y producción de *C. caementarius* en diferentes tamaños de recipientes de cultivo instalados en acuarios, durante cuatro meses.

Parameters	Individual culture recipients size			
	133 cm ²	201 cm ²	284 cm ²	Control
TW Initial (g)	9.10 ± 0.50 ^a	8.72 ± 1.68 ^a	7.95 ± 1.34 ^{ab}	6.29 ± 0.27 ^b
TW Final (g)	13.72 ± 1.86 ^a	13.79 ± 3.07 ^a	12.29 ± 3.87 ^a	18.00
AG (g)	4.63 ± 1.39 ^a	5.08 ± 1.70 ^a	4.34 ± 2.58 ^a	11.65
PY (%)	50.45 ± 13.26 ^a	58.03 ± 16.78 ^a	52.21 ± 24.93 ^a	183.46
AGR (g day ⁻¹)	0.039 ± 0.012 ^a	0.042 ± 0.014 ^a	0.036 ± 0.022 ^a	0.097
SGR (% day ⁻¹)	0.338 ± 0.075 ^a	0.378 ± 0.089 ^a	0.342 ± 0.143 ^a	0.868
Survival (%)	83.33 ± 16.67 ^a	72.22 ± 9.61 ^a	72.22 ± 34.70 ^a	16.67 ^b
Production (kg m ⁻²)	0.374 ± 0.110 ^a	0.335 ± 0.037 ^a	0.313 ± 0.217 ^{ab}	0.094 ^b

TW= Total Weight. AG= Absolut Growth. PY=Percentual Yield. AGR=Absolut Growth Rate. SGR = Specific Growth Rate. Data with equal letters in a row indicate there is no significant statistic difference ($p>0.05$).

PT= Peso Total. CA= Crecimiento Absolut. GP= Ganancia Porcentual. TCA= Tasa de Crecimiento Absoluta. TCE= Tasa de crecimiento específico. Datos con letras iguales en superíndices en una fila indican que no hay diferencia estadística altamente significativa ($p>0.05$).

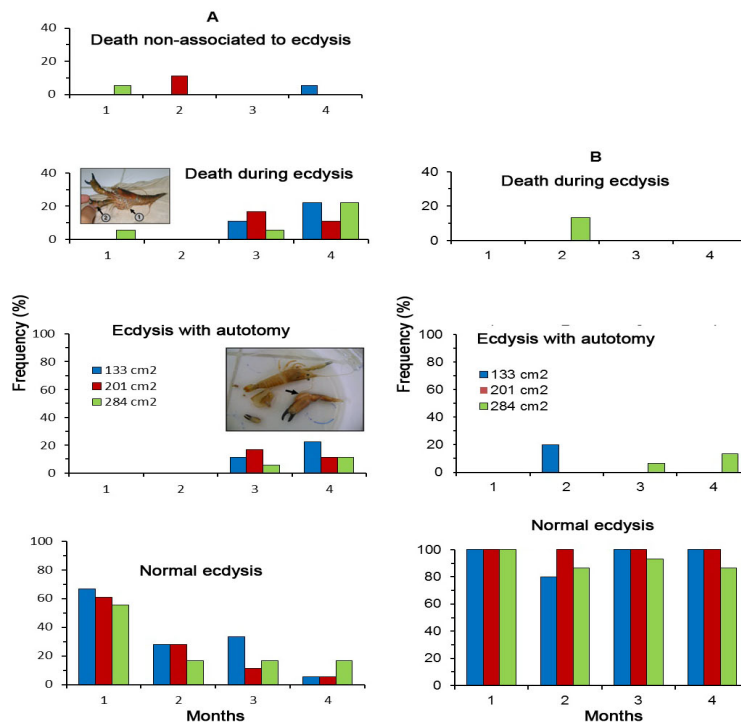


Figure 1. Frequency normal ecdysis and ecdysis deaths in males *C. caementarius* culture in individual containers of different sizes installed in aquariums (A) and fiberglass tanks (B). In the photo are notes: 1) exoskeleton is trapped in periopods, 2) muscular swelling in the suture ecdysial line of the biggest cheliped. The arrow points to the muscle swelling ecdysial autotomized cheliped suture.

Figura 1. Frecuencia de ecdisis normal y de muertes por ecdisis en machos de *C. caementarius* cultivados en recipientes individuales de diferentes tamaños instalados en acuarios (A) y tanques de fibra de vidrio (B). En las fotos se observa: (1) exoesqueleto queda atrapado en los periópodos, (2) hinchamiento muscular en la línea de sutura ecdisial del quelípodo mayor. La flecha señala el hinchamiento muscular en la sutura ecdisial de periópodo autotomizado.

Table 3.
Physical and chemical parameters (mean \pm standard deviation)
of the water aquarium of cultivation of *C. caementarius*.

Tabla 3.
Parámetros físicos y químicos (Media \pm desviación estándar)
del agua de acuarios de cultivo de *C. caementarius*.

Parameters	Individual culture recipients size			
	133 cm ²	201 cm ²	284 cm ²	Control
Temperature (C°)	23.27 \pm 1.19 ^a	23.26 \pm 0.34 ^a	23.00 \pm 0.32 ^a	22.99 \pm 0.22 ^a
O ₂ (mg L ⁻¹)	5.58 \pm 0.11 ^a	5.55 \pm 0.07 ^a	5.53 \pm 0.31 ^a	6.11 \pm 0.20 ^b
CO ₂ (mg L ⁻¹)	1.86 \pm 0.19 ^a	1.75 \pm 0.17 ^a	1.86 \pm 0.49 ^a	0.97 \pm 0.06
Total hardness (mg L ⁻¹)	222.78 \pm 16.44 ^a	213.11 \pm 8.70 ^a	201.11 \pm 4.82 ^a	206.106 \pm 16.04 ^a
Total alkalinity (mg L ⁻¹)	44.89 \pm 2.87 ^a	43.72 \pm 3.75 ^a	47.50 \pm 3.64 ^a	44.81 \pm 4.84 ^a
PH (unit)	7.72 \pm 0.05 ^a	7.71 \pm 0.02 ^a	7.72 \pm 0.02 ^a	7.69 \pm 0.10 ^a
Total ammonium (mg L ⁻¹)	0.00 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.01 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.01 ^a
Nitrites (mg L ⁻¹)	0.19 \pm 0.12 ^a	0.14 \pm 0.09 ^a	0.23 \pm 0.06 ^a	0.38 \pm 0.04 ^b
Nitrates (mg L ⁻¹)	4.87 \pm 0.23 ^a	5.96 \pm 1.85 ^a	5.70 \pm 1.62 ^a	5.44 \pm 0.51 ^a

Data with equal letters in superindex in a same vow indicate there is no significant difference ($p > 0.05$).

Datos con letras iguales en superíndice en un mismo voto indican que no hay diferencia significativa ($p > 0.05$).

was of 35.85 ± 15.31 days in the recipients of 133 cm², of 32.22 ± 8.57 days in 201 cm² and 24.33 ± 0.57 days in 284 cm², with no significant differences ($p > 0.05$) and which average was 30.80 ± 10.15 days. The color of the shrimps' bodies at the end of the individual culture was slightly clearer than at the beginning of the culture.

The best shrimp productions were obtained in the recipients of 133 cm² and 201 cm²; being significantly higher ($p < 0.05$) than in recipients of 284 cm² which was similar to control (Table 2). Physical and chemical parameters of aquarium water in individual and control cultures varied similarly ($p > 0.05$), except than in the latter there was a high content of O₂ and nitrites, and low content of CO₂ (Table 3).

Second experiment

All shrimp survived during culture in the recipients of 133 cm² and 201 cm², but in 284 cm² survival rate was 86.67 %, with no significant differences ($p > 0.05$) between treatments (Table 4). Deaths of shrimps during the ecdysis process were produced in the recipients of 284 cm² in the second culture month but in lower proportion. Ecdysis of shrimps with autotomy of the bigger cheliped was presented in the recipients of 133 cm² during the second month and in the recipients of 284 cm², in the third and fourth months of culture; in both cases it was in low proportion. All cultured shrimps in the recipients of 201 cm² performed ecdysis with no inconvenient (Figure 1B).

que fue similar al control (Tabla 2). Los parámetros físicos y químicos del agua de los acuarios de cultivo individual y del control variaron de manera similar ($p > 0.05$); excepto que en este último hubo alto contenido de O₂ y nitritos, y bajo contenido de CO₂ (Tabla 3).

Segundo experimento

Todos los camarones sobrevivieron durante el cultivo en los recipientes de 133 cm² y 201 cm², pero en 284 cm² la supervivencia fue de 86.67 %, sin diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos (Tabla 4). Las muertes de los camarones durante el proceso de ecdisis se produjeron en los recipientes de 284 cm² en el segundo mes de cultivo pero en baja proporción. Las ecdisis de los camarones con autotomía del quelípodo mayor se presentaron en los recipientes de 133 cm² durante el segundo mes y en los recipientes de 284 cm² en el tercer y cuarto mes de cultivo; en ambos casos fue en baja proporción. Todos los camarones cultivados en los recipientes de 201 cm² realizaron ecdisis sin inconvenientes (Figura 1B). El mayor crecimiento en cultivo individual se obtuvo en los recipientes de 284 cm² tanto en peso, CA y TCA que fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) a los obtenidos en 133 cm² (Tabla 4).

La producción de camarones fue directamente proporcional con el tamaño de los recipientes y las mayores y significativas ($p < 0.05$) producciones fueron obtenidos en los recipientes de 201 cm² y 284 cm² (Tabla 4). Los parámetros físicos y químicos del agua de los tanques variaron de manera similar ($p > 0.05$) en todos los tratamientos (Tabla 5).

Table 4.
Growth, survival and production of *C. caementarius* in different sizes of culture containers installed in fiberglass tanks, for four months.

Tabla 4.
Crecimiento, supervivencia y producción de *C. caementarius* en diferentes tamaños de recipientes de cultivo instalados en tanques de fibra de vidrio, durante cuatro meses.

Parameters	Individual culture recipients size					
	133 cm ²		201 cm ²		284 cm ²	
TW Initial (g)	3.68 ±	0.23 ^a	4.03 ±	0.72 ^a	5.53 ±	1.62 ^a
TW Final (g)	8.09 ±	1.37 ^a	9.99 ±	0.62 ^a	13.20 ±	1.99 ^b
AG (g)	4.41 ±	1.17 ^a	5.95 ±	1.13 ^{ab}	7.67 ±	1.82 ^{bc}
PY (%)	119.06 ±	25.41 ^a	154.33 ±	59.33 ^a	147.85 ±	58.52 ^a
AGR (g day ⁻¹)	0.037±	0.009 ^a	0.050±	0.009 ^{ab}	0.064±	0.015 ^{bc}
SGR (% day ⁻¹)	0.650±	0.095 ^a	0.567±	0.462 ^a	0.741±	0.197 ^a
Survival (%)	100.00 ±	0.00 ^a	100.00 ±	0.00 ^a	86.67 ±	11.55 ^a
Production (kg m ⁻²)	0.764±	0.129 ^a	0.942±	0.059 ^b	1.049±	0.059 ^b

TW= Total Weight. AG= Absolut Growth. PY=Percentual Yield. AGR=Absolut Growth Rate. SGR=Specific Growth Rate. Data with equal letters in superindex in a row indicate there is no significant statistic difference ($p>0.05$).

PT= Peso Total. CA= Crecimiento Absolut. GP = Ganancia Porcentual. TCA= Tasa de Crecimiento Absoluta. TCE= Tasa de Crecimiento Especifico. Datos con letras iguales en superíndices en una fila indican que no hay diferencia estadística altamente significativa ($p>0.05$).

The higher growth in individual culture was obtained in the recipients of 284 cm² in size, CA and TCA, which were significantly different ($p<0.05$) to those obtained in 133 cm² (Table 4).

Shrimp production was straight proportional to the size of recipients and the higher and more significant productions ($p<0.05$) were obtained in recipients of 201 cm² and 284 cm² (Table 4). Physical and chemical parameters of tank water varied similarly ($p>0.05$) in all treatments (Table 5).

Both experiments with male shrimps of *C. caementarius* that were implemented in this study differed in diet, which impedes to perform statistical comparisons (aquariums vs tanks), therefore, they are treated independently. This is the first time that individual culture with males from the species is made, and physical interaction of animals and cannibalism, which are problems that affect the establishment of commercial culture.

First experiment

Male shrimp survival in individual culture varied between 72 % to 83 % not existing significant differences ($p>0.05$) between treatments, except with control. Similar results in survival (73 % to 95 %) is reported in males of *C. quadricarinatus* in individual culture and

Los dos experimentos con camarones machos de *C. caementarius* que se implementaron en este estudio difirieron en la dieta, lo cual impide realizar comparaciones estadísticas (acuarios vs tanques), por ello son tratados de manera independiente. Es la primera vez que se realiza el cultivo individual con machos de la especie, donde se evitó la interacción física de los animales y el canibalismo que son problemas que afectan el establecimiento del cultivo comercial.

Primer experimento

La supervivencia de camarones machos en cultivo individual varió entre 72 % a 83 % no existiendo diferencias significativas ($p>0.05$) entre tratamientos, excepto con el control. Similares resultados en supervivencia (73 % a 95 %) es reportado en machos de *C. quadricarinatus* en cultivo individual y en recipientes más grandes (201 cm² a 490 cm²) (Manor *et al.*, 2002). La disminución de la supervivencia de los camarones en cultivo individual, en este primer experimento, no se debieron a la interacción física y canibalismo, ni al tamaño de los recipientes ni a problemas técnicos del sistema de cultivo, sino principalmente a muertes durante el proceso de la ecdisis conocida como el síndrome de muerte por muda, reportado por primera vez en la especie, y cuyas causas son desconocidas. Las muertes durante la ecdisis pasaron por tres estados similares a lo descrito por Aiken (1969) para *O. virilis*. En otros crustáceos este síndrome es atribuido a deficiencias nutricionales (D'Abramo *et al.*, 1981) y a desbalance hormonal (Aiken, 1969; Chung *et al.*, 1999) y son reportados en *Orconectes*

Table 5
Physical and chemical parameters (mean \pm standard deviation)
of the water fiberglass tanks of cultivation of *C. caementarius*.

Tabla 5
Parámetros físicos y químicos (Media \pm desviación estándar)
del agua de tanques de fibra de vidrio de crianza de *C. caementarius*.

Parameters	Individual culture recipients size		
	133 cm ²	201 cm ²	284 cm ²
Temperature (C°)	21.48 \pm 0.25 ^a	21.52 \pm 0.37 ^a	21.50 \pm 0.99 ^a
O ₂ (mg L ⁻¹)	5.77 \pm 0.26 ^a	6.15 \pm 0.38 ^a	5.88 \pm 0.44 ^a
CO ₂ (mg L ⁻¹)	1.64 \pm 0.73 ^a	1.50 \pm 1.02 ^a	2.52 \pm 1.78 ^a
Total hardness (mg L ⁻¹)	155.55 \pm 20.37 ^a	146.66 \pm 23.09 ^a	153.33 \pm 17.64 ^a
Total alkalinity (mg L ⁻¹)	53.34 \pm 5.77 ^a	55.57 \pm 5.09 ^a	55.57 \pm 1.93 ^a
Total ammonium (mg L ⁻¹)	0.01 \pm 0.01 ^a	0.01 \pm 0.01 ^a	0.00 \pm 0.00 ^a
Nitrites (mg L ⁻¹)	0.18 \pm 0.09 ^a	0.11 \pm 0.05 ^a	0.10 \pm 0.07 ^a

Data with equal letters in superindex in a same vow indicate there is no significant difference.

Los datos con letras iguales en superíndice en un mismo voto indican que no hay diferencia significativa.

bigger recipients (201 cm² to 490 cm²) (Manor *et al.*, 2002). Survival decrease of shrimp in individual culture, in this first experiment, was not due to physical interaction nor cannibalism, or the size of the recipients nor technical issues of the culture system, but mainly to deaths during the ecdysis process better known as the death syndrome for shedding, reported for the first time in the species and which causes are unknown. Deaths during ecdysis went through three similar states to those described by Aiken (1969) for *O. virilis*. In other crustaceans, this syndrome is attributed to nutritional deficiencies (D'Abramo *et al.*, 1981) and to hormonal unbalance (Aiken, 1969; Chung *et al.*, 1999) and reported in *Orconectes virilis* (Aiken, 1969; Evans and Jussila, 1997), *Panulirus homarus* (Tomas, 1972) and *H. americanus* (Browser and Rosemark, 1981).

In addition, in individual culture shrimps, there was ecdysis with autotomy from the bigger cheliped that affected growth because this loss represented a reduction between 30 % and 40 % of the total weight, even though the lost cheliped did not regenerated in short time probably due to the biomechanical function that it fulfills (Levinton *et al.*, 1995; Buřič, 2009). In *C. caementarius*, the presence of this appendix also possesses commercial and culinary importance.

On the other hand, the light coloring of the shrimp bodies at the end of individual culture indicates loss of pigments, probably due to nutritional deficiency of commercial feed

virilis (Aiken, 1969; Evans y Jussila, 1997), *Panulirus homarus* (Tomas, 1972) y *H. americanus* (Browser y Rosemark, 1981).

Además, en los camarones en cultivo individual hubo ecdisis con autotomía del quelípodo más grande que afectó el crecimiento porque ésta pérdida representó una reducción entre 30 % y 40 % del peso total, aunque el quelípodo perdido se regeneró en corto tiempo probablemente por la función biomecánica que cumple (Levinton *et al.*, 1995; Buřič, 2009). En *C. caementarius* la presencia de éste apéndice tiene también importancia comercial y culinaria.

Por otro lado, la ligera decoloración del cuerpo de los camarones al final del cultivo individual indica pérdida de pigmentos, probablemente por deficiencia nutricional del alimento comercial empleado, similar a lo encontrado por Kristiansen *et al.*, (2004) en cultivo individual de la langosta *H. gammarus* quienes atribuyen que el alimento comercial no provee de suficientes niveles de pigmentos naturales, siendo necesario una dieta enriquecida con carotenoides. Severa despigmentación del cuerpo de hembras de *C. caementarius* en cultivo individual atribuido a la dieta es reportado por Reyes (2011).

En el cultivo comunal (control) hubo fuerte interacción física de camarones evidenciado por la mayor pérdida de quelípodos y además, el canibalismo ocasionó baja supervivencia (17 %), la que fue significativamente menor ($p < 0.05$) a los obtenidos en cultivo individual. En el cultivo comunal de machos de la langosta *H. gammarus* se produce baja supervi-

used, similar to what was found by Kristiansen *et al.*, (2004) in individual culture of lobster *H. gammarus* who attribute that commercial feed does not provide enough levels of natural pigments, hence a diet rich in carotenoids is necessary. Severe depigmentation of the female bodies of *C. caementarius* in individual culture attributed to the diet is reported by Reyes (2011).

In communal culture (control) there was a strong physical interaction of shrimps, evidenced by the higher loss of chelipeds and besides, cannibalism caused low survival (17%), which was significantly lower ($p>0.05$) to that obtained in individual culture. In communal culture of males of lobster *H. gammarus* a low survival (9 % and 29 %) is produced due to the lack of shelter (Kristiansen *et al.*, 2004). In females of *C. caementarius* and communal culture in aquariums there was 61 % of survival at 4 months (Reyes, 2011), which corroborates the aggressive reputation of males in relation with the marked by cannibalism, especially during shedding (Viavaca *et al.*, 1978), and with it the difficulty of performing communal breeding. Ponce (1977) reports low survival (25 %) of male shrimps cultivated in cement tanks (2 m²) with low water flow in open system (30 L min⁻¹) but when the water flow was elevated (128 L min⁻¹) there was 85 % survival, even though the open flow system is not recommended because it is not applicable in places with water scarcity.

The higher estimated production in individual culture, not with significant difference ($p>0.05$) between treatments, was obtained in the recipients of 133 cm² (0.374 Kg m⁻²) despite difficulties with deaths during ecdysis; in contrast, in communal culture it was 4 times lower due to cannibalism. Similar production is reported in individual culture of *C. tenuimanus* (0.360 kg m⁻²) by Jussila (1997).

In relation with the environmental water parameters of the aquariums where the culture recipients were installed, there was no significant difference ($p>0.05$) between them, except with control for the slightly high concentration of nitrites that must have affected shrimps. Avoiding levels higher than 0.10 mg L⁻¹, is recommended to avoid delay in growth (D'Abramo *et al.*, 1995; New, 2002).

Second experiment

Male shrimp survival in individual culture was high (87 % to 100 %) and similar to the reported in males of *C. quadricarinatus* also in individual culture (Manor *et al.*, 2002). It is probable that elaborated diet allowed the normal process of shrimp shedding and in such case, they would be demanding a balanced diet with nutrients for the species. It is convenient to evaluate the use of different inputs to improve the

vencia (9 % y 29 %) por la falta de refugios (Kristiansen *et al.*, 2004). En hembras de *C. caementarius* y en cultivo comunal en acuarios se obtuvo 61 % de supervivencia a los 4 meses (Reyes, 2011), lo cual corrobora la reputación agresiva de los machos en relación al marcado canibalismo especialmente durante la muda (Viavaca *et al.*, 1978) y con ello la dificultad de realizar la crianza comunal. Ponce (1977) reporta también baja supervivencia (25 %) de camarones machos cultivados en tanques de cemento (2 m²) con bajo flujo de agua en sistema abierto (30 L min⁻¹) pero cuando el flujo de agua se elevó (128 L min⁻¹) se obtuvo 85 % de supervivencia, aunque el sistema de flujo abierto no es recomendable por no ser aplicable en lugares con escasas de agua.

La mayor producción estimada en cultivo individual, aunque sin diferencia significativa ($p>0.05$) entre tratamientos, fue obtenida en los recipientes de 133 cm² (0.374 Kg m⁻²) a pesar de las dificultades con las muertes durante la ecdysis; en cambio en cultivo comunal fue 4 veces más bajo pero debido al canibalismo. Similar producción es reportada en cultivo individual de *C. tenuimanus* (0.360 kg m⁻²) por Jussila (1997).

En relación a los parámetros ambientales del agua de los acuarios donde se instalaron los recipientes de cultivo, no hubo diferencia significativa ($p>0.05$) entre ellos, excepto con el control por la concentración ligeramente alta de nitritos que debe haber afectado a los camarones. Se recomiendan evitar niveles de nitritos mayores de 0.10 mg L⁻¹, para evitar retardo en el crecimiento (D'Abramo *et al.*, 1995; New, 2002).

Segundo experimento

La supervivencia de los camarones machos en cultivo individual fue alta (87 % a 100 %) y similar a lo reportado en machos de *C. quadricarinatus* también en cultivo individual (Manor *et al.*, 2002). Es probable que la dieta elaborada haya permitido el proceso normal de la muda de los camarones y de ser el caso estos serían exigentes a una dieta balanceada con nutrientes para la especie. Es conveniente evaluar el empleo de diferentes insumos para mejorar el proceso de la muda de la especie y determinar si la lecitina de soja u otro insumo en la dieta es efectiva para evitar los problemas con la muda, pues se conoce que en la langosta *H. americanus* la lecitina de soja disminuye significativamente el síndrome de muerte por muda debido a que mejora la asimilación del colesterol el que es precursor de la hormona de la muda (D'Abramo *et al.*, 1981; Teshima, 1997).

El crecimiento de los camarones no fue afectado por el tamaño pequeño de los recipientes de cultivo, lo cual su-

shedding process in the species and determine if soy lecithin or other is effective in diet to avoid shedding problems, since it is known that in lobster *H. americanus*, soy lecithin significantly decreases death syndrome due to the improvement of cholesterol assimilation, which is the precursor of the ecdysis hormone (D'Abramo *et al.*, 1981; Teshima, 1997).

Shrimp growth was not affected by the small size of the culture recipients, which suggests that for male shrimps the tolerance in reduced physical space and for long periods (4 months) is possible. In *C. quadricarinatus*, the size of individual breeding recipients (201 cm² to 490 cm²) negatively and significantly affect weight growth (Manor *et al.*, 2002). In addition, period between shedding (31 days) did not alter because of the size of recipients, being within the reported time for adults of the same species (Reyes and Lujan, 2003; Reyes, 2011), which would be another evidence of the tolerance to individual culture. In contrast, in *H. americanus*, physical reduced space of breeding recipients causes lengthening of intershedding period (Van Olst and Carlberg, 1978).

Higher and more significant parameters ($p < 0.05$) of growth were obtained in recipients of 284 cm² but only in CA (7.67 g) and TCA (0.064 g day⁻¹), due probably to the improvement of the ecdysis process. Nevertheless, TCA was less than what was reported for *C. quadricarinatus* in individual culture (Manor *et al.*, 2002). In contrast, data published by Ponce (1977) who performs communal culture of males of *C. caementarius* estimate CA (4.80 g a 8.30 g) and TCA (0.050 g day⁻¹ to 0.078 g day⁻¹), which were similar to our results.

TCE is a recommended parameter to evaluate the culture of crustaceans since it is based in a tendency of exponential typical growth in increase measurement of weight within time (Evans and Jussila, 1997). In the second experiment, TCE was high (0.567 % day⁻¹ to 0.741 % day⁻¹) but not significant ($p > 0.05$) between treatments; however, it is similar to what was obtained in individual culture of *C. tenuimanus* (0.4 % day⁻¹ a 0.8 % day⁻¹) which grew more than *A. astacus* and *P. leniusculus* (0.1 % day⁻¹ a 0.2 % day⁻¹) (Jussila, 1997), and less than *C. quadricarinatus* (1.37 % day⁻¹) (Manor *et al.*, 2002) and *H. gammarus* (0.98 % day⁻¹) (Kristiansen *et al.*, 2004).

In this second experiment, cultured shrimps in 284 cm² were those to reach 13 g average, but density increase (94 shrimp m⁻²) given by the five levels of culture recipients and the high survival (87 %) allowed the estimation of a higher production (1.049 Kg m⁻²) than the other treatments. This production was 3 times more than those reported for *C. tenuimanus* by Jussila (1997). In contrast, it was less than *C. quadricarinatus* even though the production was overestimated (4 Kg m⁻² to 15 kg m⁻²) because the internal area of each recipient is considered (Manor *et al.*, 2002) and not the total area where the

giere que los camarones machos toleran el cultivo en espacio físico bastante reducido y por largo período (4 meses). En *C. quadricarinatus* el tamaño de los recipientes individuales de crianza (201 cm² a 490 cm²) afectan negativa y significativamente el crecimiento en peso (Manor *et al.*, 2002). Además, el período entre mudas (31 días) no se alteró por el tamaño de recipientes, estando dentro del tiempo reportados para adultos de la misma especie (Reyes y Lujan, 2003; Reyes, 2011), lo cual sería otra evidencia de la tolerancia al cultivo individual. En cambio en *H. americanus*, el espacio físico reducido de los recipientes de crianza ocasiona alargamiento del período de intermuda (Van Olst y Carlberg, 1978).

Los mayores y significativos ($p < 0.05$) parámetros de crecimiento se obtuvieron en los recipientes de 284 cm² pero solo en CA (7.67 g) y TCA (0.064 g día⁻¹), probablemente debido al mejoramiento del proceso de la ecdisis. Sin embargo, la TCA fue menor a lo reportado para *C. quadricarinatus* en cultivo individual (Manor *et al.*, 2002). En cambio, de los datos publicados por Ponce (1977) quien realiza el cultivo comunal de machos de *C. caementarius*, se estiman el CA (4.80 g a 8.30 g) y la TCA (0.050 g día⁻¹ a 0.078 g día⁻¹), los que fueron similares a nuestros resultados.

La TCE es un parámetro recomendable para evaluar el cultivo de crustáceos debido a que se basa en una tendencia de crecimiento exponencial típica en mediciones de incremento en peso con el tiempo (Evans y Jussila, 1997). En el segundo experimento la TCE fue alta (0.567 % día⁻¹ a 0.741 % día⁻¹) pero no significativa ($p > 0.05$) entre tratamientos; sin embargo, es similar al obtenido en cultivo individual de *C. tenuimanus* (0.4 % día⁻¹ a 0.8 % día⁻¹) que creció más que *A. astacus* y *P. leniusculus* (0.1 % día⁻¹ a 0.2 % día⁻¹) (Jussila, 1997), y menor al obtenido en *C. quadricarinatus* (1.37 % día⁻¹) (Manor *et al.*, 2002) y *H. gammarus* (0.98 % día⁻¹) (Kristiansen *et al.*, 2004).

En este segundo experimento los camarones cultivados en 284 cm² fueron los que alcanzaron 13 g en promedio, pero el incremento de la densidad (94 camarones m⁻²) dado por los cinco niveles de recipientes de cultivo y la alta supervivencia (87 %), permitieron que se estime mayor producción (1.049 Kg m⁻²) que los demás tratamientos. Esta producción fue cerca de 3 veces más a las reportadas para *C. tenuimanus* por Jussila (1997). En cambio, fue menor a *C. quadricarinatus* aunque se sobrestiman la producción (4 Kg m⁻² a 15 kg m⁻²) porque consideran el área interna de cada recipiente (Manor *et al.*, 2002) y no el área total donde se instalaron los recipientes como el realizado en el presente estudio. Sin embargo, es conveniente continuar con las investigaciones para lograr que los camarones alcancen el tamaño comercial (20 g) en sistema de cultivo individual y mejorar la producción.

recipients were installed as the one made in this study. However, it is convenient to continue further investigation to achieve shrimp to reach commercial size (20 g) in individual culture system and so improve the production.

Kristiansen *et al.*, (2004) determine that individual culture of lobster *H. gammarus* is only effective in non-commercial systems, since the feeding, cleaning and caring chores are not economically possible, which carries shedding animals to stress and mortality in this process. Shrimp *C. caementarius* has proven to be resistant to handling conditions in the individual culture system, and this system is presented as a viable option to avoid physical interaction and cannibalism, improving adult fattening and it could even be useful to select shrimp of quick growth in weight. In addition, it is necessary to rehearse automatic feeding as suggested by Grimsen *et al.*, (1987) for a lobster plant production in individual system, since feeding of shrimp in individual culture was manual, which would make the production cost expensive. On the other hand, individual culture system could be used to evaluate the effects of different diets that improve the color and growth of the species, as it is used by Jussila (1997) in adults of *C. tenuimanus*, *A. astacus* and *P. leniusculus*, and by Kristiansen *et al.*, (2004) in *H. gammarus*. In all cases, it is necessary to evaluate the technical and economic feasibility of individual culture in watertanks.

Water environmental parameters of tanks varied similarly ($p>0.05$) between treatments, and they were found within those reported for the natural environment of the species (Viacava *et al.*, 1978; Zacarías and Yépez, 2008) and those suggested for aquatic cultures (D'Abramo *et al.*, 1995).

Acknowledgements

To Vanessa Mogollón Calderón and Adelhi Fuentes Muñoz, for their support in this investigation.

References

- Ahvenharju, T. 2007. Food intake, growth and social interactions of signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana). (Academic Dissertation). University of Helsinki. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/21910/foodinta.pdf?sequence=1>
- Aiken, D.E. 1969. Photoperiod, endocrinology and the crustacean molt cycle. *Science* 164: 149-155. <http://www.science-mag.org/content/164/3876/149>
- Brack, A. 2000. Perú biodiversidad y biocomercio, situación actual y potencial. Comité Biocomercio Perú. 81 pp.
- Browser, P.R. and Rosemark R. 1981. Mortalities of cultured lobster, *Homarus*, associated with a molt death syndrome. *Aquaculture* 23: 11-18. http://www.researchgate.net/publication/223827556_Mortalities_of_cultured_lobsters_Homarus_associated_with_a_molt_death_syndrome
- Buřič M., Kouba, A. and Kozák, P. 2009. Chelae regeneration in European alien crayfish *Orconectes limosus* (Rafinesque 1817). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 4: 394-395. DOI: 10.1051/kmae/2009016. <http://www.kmae-journal.org/articles/kmae/pdf/2009/03/kmae09037.pdf>

Kristiansen *et al.*, (2004) determinan que el cultivo individual de la langosta *H. gammarus* solo es efectivo en sistemas no comerciales, ya que las labores de alimentación, limpieza y cuidados, no son económicamente posibles, lo que conlleva al estrés de los animales en muda y a mortalidades por este proceso. El camarón *C. caementarius* ha mostrado ser resistente a las condiciones de manejo en el sistema de cultivo individual y este sistema se presenta como una opción viable para evitar la interacción física y el canibalismo, mejorar el engorde de adultos e incluso podría ser útil para seleccionar camarones de rápido crecimiento en peso. Además, es necesario ensayar la alimentación automática como lo sugerido por Grimsen *et al.*, (1987) para una planta de producción de langostas en sistema individual, dado que la alimentación de los camarones en cultivo individual fue manual lo que encarecería el costo de producción. Por otro lado, el sistema de cultivo individual podría ser utilizado para evaluar los efectos de diferentes dietas que mejoren el color y el crecimiento de la especie, como es empleado por Jussila (1997) en adultos de *C. tenuimanus*, *A. astacus* y *P. leniusculus*, y por Kristiansen *et al.*, (2004) en *H. gammarus*. En todos los casos, es necesario evaluar la factibilidad técnica y económica del cultivo individual en estanques.

Los parámetros ambientales del agua de los tanques variaron de manera similar ($p>0.05$) entre tratamientos, y se encontraron dentro de los reportados para el ambiente natural de la especie (Viacava *et al.*, 1978; Zacarías y Yépez, 2008) y a los sugeridos para cultivos acuáticos (D'Abramo *et al.*, 1995).

Agradecimientos

A la Bлга Acui. Vanessa Mogollón Calderón y a la Bach. Adelhi Fuentes Muñoz, por el apoyo en la investigación.

- Chung, J.S., Dirksen, H. and Webster, S.G. 1999. A remarkable, precisely timed release of hyperglycemic hormone from endocrine cells in the gut is associated with ecdysis in the crab *Carcinus maenas*, PNAS 95(23): 13103-13107. <http://www.pnas.org/content/96/23/13103.full>
- Grimsen, S., Jaques, R.N., Erenst, V. and Balchen J.G. 1987. Aspects of automation in a lobster farm plant. *Modeling, Identification and control* 8(1): 61-68. <http://www.mic-journal.no/PDF/1987/MIC-1987-1-8.pdf>
- D'Abramo, L.R., Bordner, C.E., Conklin, D.E. and Baum N.A. 1981. Essentiality of dietary phosphatidylcholine for the survival of juvenile lobster. *Journal Nutrition* 111: 425-431. <http://jn.nutrition.org/content/111/3/425.full.pdf+html>
- D'Abramo, L.R., Daniels, W.H., Fondren, M.W. and Brunson, M.W. 1995. Management practices four culture of freshwater prawns (*Macrobrachium rosenbergii*) in temperate climates. Bulletin 1030, Mississippi Agricultural & Forestry Experiment Station. Mississippi State University. Mississippi, USA. <http://msucare.com/pubs/bulletins/b1030.pdf>
- El-Sherif, M.S. and Ali, A.M. 2009. Effect of rearing systems (mono-and Poly-culture) on the performance of freshwater prawn (*M. rosenbergii*) juveniles. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 4(3): 117-128. <http://scialert.net/gredirect.php?doi=jfas.2009.117.128&linkid=pdf>
- Evans, L.H. and Jussila, J. 1997. Freshwater crayfish growth under culture conditions: proposition for a standard reporting approach. *Journal World Aquaculture Society* 28(1): 11-19. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1749-7345.1997.tb00956.x/abstract>
- Fukushima, M., Sifuentes, G., Saldaña, G., Castillo, G., Reyes, J. and Shimokawa, L. 1982. Métodos limnológicos. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.
- Guerra, A., Gómez, A., Velásquez, E. and Reyes, W. 1987. Reproducción y crianza del camarón de río. Proyectos de Investigación terminados. Universidad Nacional de Trujillo. *Área Biomédica* 4(1): 898-915.
- Jones, C.M. and Ruscoe, I.M. 2000. Assessment of stocking size and density in the production of redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Von Martens) (Decapoda: Parastacidae), cultured under earthen pond condition. *Aquaculture* 189: 63-71. [file:///C:/Users/User/Downloads/33186%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/33186%20(2).pdf)
- Jussila, J. 1997. Physiological responses of astacid and parastacid crayfishes (Crustacea: Decapoda) to conditions of intensive culture. (Doctoral dissertation). University of Kuopio, Australia.
- Kristiansen, T.S., Drengstig, A., Bergheim, A., Drengstin, T., Svensen, R., Kollsgård, I., et al. 2004. Development of methods for intensive farming of European lobster in recirculated seawater. Results from experiments conducted at Kvit-say lobster hatchery from 2000 to 2004. *Fisken og havet* 6: 1-62. https://www.imr.no/filarkiv/2003/12/Nr.6_2004_Methods_for_intensive_farming_of_European_lobster.pdf/nb-no
- Levinton, J.S., Judge, M.L. and Kurdziel, J.P. 1995. Functional differences between the major and minor claws of fiddler crabs (*Uca*, Family Ocypodidae, Order Decapoda, Subphylum Crustacea): A result of selection or developmental constraint? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 193: 147-160. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022098195001158>
- Lleellish, M., Silva, I., Martínez, C. and Del Pozo, P. 2005. Elaboración de criterios de cobertura geográfica para el establecimiento de áreas prioritarias para el desarrollo del Biocomercio. Disponible: <http://www.caf.com/attach/9/default/4CriteriosdeCoberturaGeografica.pdf>
- Manor, R., Segev, R., Pimenta, M., Aflalo, E.D. and Sagi, A. 2002. Intensification of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* culture II. Growout in a separate cell system. *Aquaculture Engineering* 26: 263-276. http://www.researchgate.net/publication/228828173_Intensification_of_redclaw_crayfish_Cherax_quadricarinatus_culture_II_Growout_in_a_separate_cell_system
- Meruane, J., Rivera, M., Morales, C., Galleguillos, C. and Hosokawa, H. 2006. Producción de juveniles en condiciones de laboratorio del camarón de río *Cryphiops caementarius* (Decapoda: Palaemonidae) en Coquimbo, Chile. *Guyana* 70(2): 228-236. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-65382006000200010
- Morales, M.C. 1997. Desarrollo larval del camarón de río *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) (Crustacea, Decapoda) en laboratorio. (Tesis Licenciado) Universidad Católica del Norte, Coquimbo Chile.
- New, M.B. 2002. Farming freshwater prawn. A manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) *FAOFish. Tech. Pap.* 428: 1-212.
- Pezzato, A.C. 1996. Balanceamiento de raciones para peces tropicales. Programa ALITE versión 1.10B.

- Ponce, J.E. 1977. Importancia del flujo de agua en los estanques-criaderos de camarón. Actas del Simposio sobre Acuicultura en América Latina, Montevideo, Uruguay, 26 de noviembre a 2 de diciembre de 1974. Documentos de Investigación. FAO, Informes de Pesca 1(159): 240-248.
- PRODUCE. 2013. Anuario estadístico pesquero y acuícola 2012. Ministerio de la Producción. Lima, Perú. Recuperado de: <http://www.produce.gob.pe/images/stories/Repositorio/estadistica/anuario/anuario-estadistico-pesca-2012.pdf> (accedido el 16-12-14).
- Reyes, W.E. and Lujan, H. 2003. Estados y subestados del ciclo de muda del camarón de río (*Cryphiops caementarius* Molina, 1872) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). En: II Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura: 808-817. http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/civa_2003_estadios_muda.pdf
- Reyes, W.E., Bacilio, S., Villavicencio, M. and Mendoza, R. 2006. Efecto de la salinidad en el crecimiento y supervivencia de postlarvas del camarón de río *Cryphiops caementarius* Molina, 1872 (Crustacea, Palaemonidae), en laboratorio. En: IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura: 341-346. <http://www.revistaquatic.com/civa2006/coms/pdf/208.pdf>
- Reyes, W.E. 2008. Efecto de dos probióticos bioencapsulados en nauplios de *Artemia franciscana* en el desarrollo larval del camarón de río *Cryphiops caementarius*, en laboratorio. Tesis Maestría. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.
- Reyes, W.E. 2011. Crecimiento, reproducción y supervivencia de hembras del camarón de río *Cryphiops caementarius* criados en recipientes individuales. *SCIENDO* 14(1-2): 75-86. http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/crecimiento_reproduccion_y_supervivencia_hembras_cryphiops_caementarius.pdf
- Richards, P.R. and Wickins, J.F. 1979. Lobster culture research. Ministry of Agriculture, Fisheries and food. Lowestoft. Laboratory Leaflet N° 47. 33 pp.[Disponible en: <http://www.cefas.co.uk/Publications/lableafllets/lableafllet47.pdf>]
- Teshima, S.I. 1997. Phospholipids and sterols. En: D'Abramo, L.R., D.E. Conklin y D.M. Akiyama (Ed.). Crustacea nutrition. *J. World Aquaculture Society* 6:85-107. <http://www.was.org/Shopping/crustacean-nutrition-volume-vi>
- Tidwell, J.H. and Coyle, S. 2008. Impact of substrate physical characteristic on grows out of freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii*, in ponds and microcosm tanks. *Journal World Aquaculture Society* 39 (3): 406-413. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1749-7345.2008.00162.x/epdf>
- Tomas, M.M. 1972. Growth of the spiny lobster, *Panulirus homarus* (Linnaeus) in captivity. *Indian Journal of Fisheries* 19(1-2): 125-129.
- Ulikowski, D. and Krzywosz, T. 2006. Impact of food supply frequency and the number of shelter on the growth and survival of juvenile narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus* Esch.). *Archives of Polish Fish.* 14(2): 225-241. [http://www.researchgate.net/publication/237235493_Impact_of_food_supply_frequency_and_the_number_of_shelters_on_the_growth_and_survival_of_juvenile_narrow-clawed_crayfish_\(Astacus_leptodactylus_Esch.\)](http://www.researchgate.net/publication/237235493_Impact_of_food_supply_frequency_and_the_number_of_shelters_on_the_growth_and_survival_of_juvenile_narrow-clawed_crayfish_(Astacus_leptodactylus_Esch.))
- Van Olst, J.C. and Carlberg, J.M. 1978. The effects on container size and transparency on growth and survival of lobster cultured individually. *Proceeding of the Annual Meeting – World Mariculture Society* 9(1-4): 469-479. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1749-7345.1978.tb00267.x/abstract>
- Viacava, M., Aitken, R. and Llanos, J. 1978. Estudio del camarón en el Perú 1975-1976. *Bol Inst. Mar del Perú* 3(5): 161-233.
- Wangpen, P. 2007. The role of shelter in Australian freshwater crayfish (*Cherax* spp.) polysystems. (Thesis Doctor of Philosophy). Curtin University of Technology.
- Zacarias, S. and Yépez, V. 2008. Monitoreo poblacional del camarón de río. Estimación de abundancia de adultos en ríos de la costa centro sur. Informe anual 2007. Instituto del Mar del Perú.
- Zúñiga, O. and Ramos, R. 1987. Balance energético en juveniles de *Cryphiops caementarius* (Crustacea, Palaemonidae). *Biota* 3: 33-43. <http://biblat.unam.mx/es/revista/biota-osorno/2>

Cite this paper/Como citar este artículo: Reyes Avalos, W. (2016). Effect of culture container on the survival and growth of male *Cryphiops caementarius* in individualized systems. *Revista Bio Ciencias* 3(4): 311-325. <http://editorial.uan.edu.mx/BIOCIENCIAS/article/view/166/231>

