



CULTIVO DE *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) EN UN SISTEMA CON AGUA DE MAR RECIRCULADA, COMO ALTERNATIVA A LOS CULTIVOS SEMI-INTENSIVOS TRADICIONALES

CULTURE OF *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) IN RECIRCULATED SEAWATER, AS AN ALTERNATIVE TO THE TRADITIONAL SEMIINTENSIVE SYSTEMS

Ricardo Ernesto Anaya Rosas*¹ y Luis Fernando Bückle Ramírez²

¹Universidad Estatal de Sonora. Fraternidad S/N, entre 5 de Mayo e Hidalgo, Benito Juárez, Sonora. México. CP 85294. Tel: 643 4350028. ²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Carretera Tijuana-Ensenada No. 3918, Ensenada B. C., México. CP 22860. Tel: 646 1750500.

RESUMEN

Se realizó un cultivo de *Litopenaeus vannamei* en un sistema de recirculación para evaluar parámetros de producción tales como: la tasa de crecimiento, la sobrevivencia, la conversión alimentaria y la sanidad del cultivo, como una alternativa para los cultivos tradicionales. Se utilizaron tres estanques de fibra de vidrio de 7m³ cada uno conectado a un sistema de filtración mecánica-biológica. En cada estanque se instalaron 31 cortinas de tela mosquitero de 1,2x0,9 m. Cada estanque se sembró con 7,440 postlarvas (PI₋₁₂) y se alimentaron tres veces al día con Camaronina® 40%, hasta los 3 g y con Camaronina® 35 % desde los 3 g hasta la cosecha. Se llevaron registros diarios de temperatura, oxígeno, pH y salinidad, los cuales presentaron promedios de 28,8±0,6 °C; 7,1±0,5 mg·L⁻¹; 7,9±0,3 y 28,3±0,4 ups respectivamente. El amonio, los nitritos, los nitratos y los fosfatos registraron 0,18±0,18, 0,109±0,15, 0,55±0,41 y 20,76±10,92 ppm respectivamente. Se obtuvieron una talla de 9 g, factor de conversión alimenticio de 0,9:1, 65% de sobrevivencia y un rendimiento de 6,1 kg/m² de espejo de agua. Con estos parámetros es posible la producción de camarón en sistemas de recirculación, sin embargo, se debe investigar los aspectos económicos y técnicos a escala comercial.

Palabras clave: Cultivo a alta densidad, recirculación del agua, producción, *Litopenaeus vannamei*.

ABSTRACT

We performed a culture of *Litopenaeus vannamei* in a recirculation system to evaluate production parameters such as growth rate, survival, feed conversion, and health, and thus have an alternative to traditional crops. Were used three fiberglass tanks 7m³ each, connected to a mechanical biological filtration system. In each pond were installed 31 mosquito net curtains of 1.2x0.9 meters. Each tank was planted with 7440 post larvae (pl₋₁₂) and fed three times per day with Camaronina® 40%, until they reach 3 grams and with Camaronina® 35% from the 3 grams to harvest. There were kept daily records of temperature, oxygen, ph and salinity, which had a mean 28.8±0.6 °C, 7.1±0.5 mg·L⁻¹, 7.9±0.3 and 28.3±0.4 ups respectively, while ammonium, nitrite, nitrate y phosphates were 0.18±0.18, 0.109±0.15, 0.55±0.41 y 20.76±10.92 ppm respectively. We obtained a size of 9 grams, a food conversion factor of 0.9:1, 65% survival and a yield of 6.1 kg/m² of water surface. With these parameters it is possible the production of shrimp in recirculating systems. However, research should be carried on the economic and technical aspects on a commercial scale.

Keywords: High density culture, water recirculation, production, *Litopenaeus vannamei*.

INTRODUCCIÓN

Litopenaeus vannamei es la especie de camarón que se cultiva en México y se realiza en un sistema definido como semi-intensivo (Whetstone *et al.*, 2002). Desde principios de los años 90, en los cultivos de camarón blanco de la región noroeste del país se presentaron enfermedades como el virus del taura (TSV, por sus siglas en inglés), así como bacterias del género *Vibrio* sp. De 1997 a 1999 hubo una recuperación en las producciones ya que no ocurrieron problemas con enfermedades, pero en el año 2000 surgió el virus de la mancha blanca (WSSV por sus siglas en inglés) que generó una epizootia y produjo mortalidades del 80 al 100 % en la mayoría de las granjas de camarones. Desde entonces el virus de la mancha blanca ha causado mortalidades durante 6 u 8 años consecutivos poniendo en riesgo la subsistencia de la industria camaronera mexicana y sobre todo en los últimos tres años (COESAES, 2012).

El 95% de la superficie abierta al cultivo en México se encuentra en los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit. Las granjas utilizan grandes volúmenes de agua, los cuales retornan a los cuerpos de agua costeros con una carga orgánica mayor al 200 % (Páez-Osuna, *et al.*, 1998; COESAES, 2012). El diseño de algunas granjas y parques acuícolas provoca la eutrofización de los cuerpos de agua adyacente con el consecuente deterioro de la calidad de la misma y la modificación de los factores físicos y químicos, provocando la proliferación de microorganismos patógenos tales como bacterias, virus y rickettsias, entre otros (Allan *et al.*, 1990).

Los granjeros son conscientes de los riesgos asociados al poco control de las enfermedades en los sistemas de cultivo tradicional, ya que a pesar de que se han tomado medidas precautorias y establecido reglamentos estrictos en los métodos de producción, muchos de ellos han tenido pérdidas considerables (COESAES, 2012).

Se han realizado ensayos e investigaciones en el tema de la producción de camarón en siste-

mas controlados, como canales de corriente rápida (raceways), sistemas de cero recambio de agua, sistemas de recirculación, etc. y los resultados son alentadores, generando el interés a nuevas investigaciones. Algunas de estas investigaciones son las realizadas por Barón, *et al.* (2004) que utilizando tanques circulares de 7 m² obtuvieron 8 kg·m⁻², 41,9% de sobrevivencia y una talla de 4 g en 168 días, a diferencia de lo reportado por Davis y Arnold (1992), con una siembra de 900 pl·m⁻², registraron una producción de 9 kg·m⁻², 78,8% de sobrevivencia y una talla de 12,7 g en 172 días.

Como una alternativa a los problemas sobre la producción controlada del crustáceo, se propone la utilización de sistemas de recirculación, donde el productor puede controlar los parámetros ambientales como la temperatura, el oxígeno, los desechos nitrogenados, la materia orgánica y las enfermedades (Timmons *et al.*, 2002; Sun, 2009).

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un cultivo de camarón blanco *L. vannamei* a alta densidad de siembra, en un sistema de recirculación, para evaluar la tasa de crecimiento, la tasa de mortalidad, la eficiencia alimentaria y la sanidad del camarón y con esto hacer una evaluación sobre los parámetros de producción más importantes que interesan a la actividad camaronícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema de recirculación para el cultivo de *L. vannamei* se construyó con tres estanques cilíndricos de fibra de vidrio de 2,98 m de diámetro y 1,0 m de altura con 7 m³ de volumen total cada uno. Cada estanque fue conectado a un sistema construido con dos filtros de medio granular expandible, un filtro mecánico (180 L) y un filtro biológico (180 L). Cada filtro contenía 50 L de cuentas de plástico de 3 mm de polipropileno grado PP-350, como medio filtrante (Fig. 1 A). La profundidad efectiva del agua del estanque fue de 0,84 m con un volumen total de 5,85 m³. El sistema fue llenado con agua de mar filtrada a 80 micras.

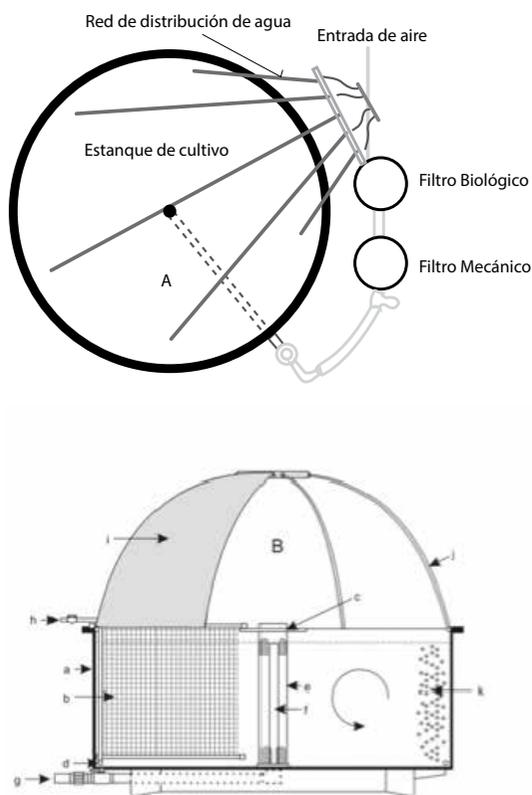


Figura 1. A) Sistema de recirculación de agua de mar para cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. B). Sección transversal del estanque de cultivo (7m³). (a) Estanque; (b) cortina vertical (1,2 · 0,9 m); (c) anillo de acrílico; (d) difusor de aire; (e) tubo externo de PVC (20 cm Φ); (f) tubo interno de PVC (15 cm Φ); (g) descarga de agua; (h) entrada de aire; (i) cubierta plástica para mantener la temperatura; (h) estructura de soporte para la cubierta plástica; (k) burbujas de aire. Las flechas dentro del estanque indican el sentido de la circulación del agua.

Figure 1. A). Recirculating system of sea water for cultivation of white shrimp *Litopenaeus vannamei*. B). Cross-section of the pond of cultivation (7m³). (a) pond; (b) vertical curtain (1.2·0.9 m); (c) ring of acrylic; (d) air diffuser; (e) external pipe of PVC (20 cm Φ); (f) PVC inner tube (15 cm Φ); (g) water discharge; (h) entry of air; (i) plastic cover to keep the temperature; (h) support structure for the plastic cover; (k) air bubbles. The arrow in the pond indicate the direction of the movement of the water.

En cada estanque se colocaron 31 cortinas de malla mosquitero plástica, con el fin de aumentar el sustrato para los organismos. Se suministró aireación y control de la temperatura con un calentador de titanio de 1000 vatios.

Las postlarvas de una talla de 7 mm fueron seleccionadas en el laboratorio Aremar, S.A. de C.V. de Puerto Peñasco, Sonora, México. Se observó que tuvieran un desarrollo branquial completo, sin deformaciones en el rostro, ni necrosis en el exosqueleto y que no tuvieran incrustaciones de algas, protozoos o materia orgánica en las branquias. Para el transporte de las postlarvas se usó el método tradicional en bolsas de plástico transparentes, con 20 L de agua de mar filtrada, desinfectada y oxigenada a saturación, se colocaron 400 pl \times L⁻¹ en cada una se les agregó nauplios de artemia viva recién eclosionados y se colocaron en hieleras para su transporte.

Cada estanque de cultivo se sembró con 7440 Pl₁₂. La salinidad de los estanques se ajustó de 35 a 28 ups en tres semanas agregando agua dulce (Barón *et al.*, 2004). El alimento se proporcionó tres veces al día, a las 07:00, 13:00 y 19:00 horas (Casillas-Hernández, 2006) con Camaronina® 40% de proteína cruda desde la siembra hasta los 3 g y con Camaronina® 35% de proteína cruda hasta la cosecha, de acuerdo a la tabla de alimentación para camarón blanco (Villalón, 1991; Barón *et al.*, 2004). Se utilizó un visor fabricado con un tubo de PVC de 3X15" tapado por un extremo con un círculo de acrílico transparente, para observar el consumo de alimento y ajustar las raciones diarias.

El filtro mecánico de 180 L se vaciaba todos los días y se reemplazaba el agua en una relación de 4:1 (agua de mar:agua dulce) para mantener la salinidad en 28 ups. Durante los primeros 50 días el filtro mecánico se lavó una vez al día y posteriormente dos veces al día, hasta la cosecha, lo que representa un recambio diario del 2,57% y 5,1% a partir del día 50 y hasta la cosecha. El tiempo de retención promedio del agua recirculada en los estanque se mantuvo en 87 \pm 1,3 min. En los primeros 35 días de

experimentación la recirculación del agua en los estanques se disminuyó de 19 a 15 veces por día.

Se instaló un plástico transparente sobre los estanques para mantener la temperatura del agua, de tal manera que se pudiese abrir y cerrar a voluntad para mantener el calor generado por la irradiación solar.

Diariamente se midió en los estanques la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y el oxígeno ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) con un oxímetro (YSI Mod. 50B), el pH con un potenciómetro YSI™ modelo 36 y la salinidad con un refractómetro (Vista A366ATC \pm 1,0 ups). Cada semana se hicieron mediciones de nitrógeno amoniacal total (NAT) con el método de salicilato, de nitritos ($\text{N}\cdot\text{NO}_2$) con el método de diazotización, de nitratos ($\text{N}\cdot\text{NO}_3$) con el método de reducción de cadmio y de fosfatos ($\text{P}\cdot\text{PO}_4$) con el método de molibdovanadato y digestión con persulfato. La absorbancia fue medida con el espectrofotómetro Hach DR/890. Con la misma frecuencia se realizaron muestreos de crecimiento, pesando 70 camarones de cada estanque de cultivo y en otros 10 adicionales, se realizaban observaciones de patología en fresco (Lighthner, 1996).

Después de 83 días de cultivo se realizó la cosecha y se calcularon los principales parámetros de producción, a los cuales se les aplicó un análisis de varianza que se hizo con el paquete STATISTICA con un modelo de análisis completamente al azar (Zar, 1984).

RESULTADOS

Calidad del Agua

El diseño y la operación del sistema fueron los correctos en términos de la calidad del agua que se mantuvo (Whetstone *et al.*, 2002; Barón *et al.*, 2004), los factores ambientales estuvieron dentro de los niveles adecuados para la especie, lo que se indica en la tabla 1, que representa los promedios semanales de los tres estanques. Los niveles de oxígeno siempre fueron cercanos a saturación, el sistema de aireación proporcionó la circulación necesaria para impedir la acumulación de materia orgánica y el posterior deterioro del agua.

Producción de Alimento Natural en las Cortinas Verticales

Sobre la superficie de las cortinas y en las paredes de los estanques crecieron las macroalgas *Ulva* sp., *Lyngbya* sp., *Cladophora* sp., *Ulva flexuosa* Wulfen, *Feldmannia irregularis*, Kützing–Hamel, que los camarones consumieron durante el ciclo de cultivo. La primera especie que se desarrolló sobre las cortinas fue *U. flexuosa* y posteriormente se incorporaron las otras especies. Las macroalgas crecieron en las paredes de los estanques y en toda la superficie de las cortinas desde el fondo hasta el nivel del agua. Con el visor de PVC se observó que los camarones se alimentaron de las macroalgas (Fig. 2 A). En el análisis del contenido intestinal de los camarones, se observó que la dieta consistió en una mezcla de alimento balanceado y macroalgas lo que permitió obtener un factor de conversión alimenticia (FCA) de 0,9:1 considerando solamente el alimento balanceado en base seca (Fig. 2 B).

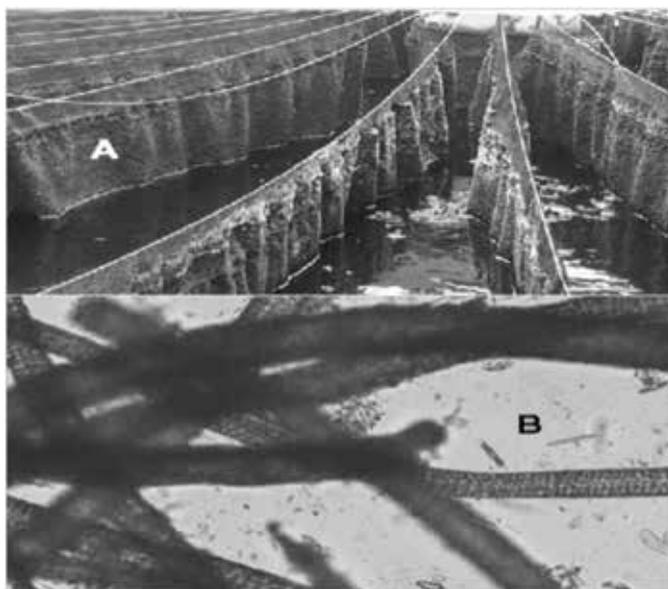


Figura 2. Distribución de las cortinas en el estanque de cultivo; nótese la macroalgas crecidas en las paredes de las cortinas (A). Restos de macroalgas encontradas en el tracto digestivo de los camarones (B).

Figure 2. Distribution of the curtains in the pond of cultivation; note the macroalgae floods on the walls of the curtains (A). Remains of seaweeds found in the digestive tract of the shrimp (B).

Tabla 1. Promedio semanal de los valores físicos y químicos del cultivo de camarón en sistema cerrado.
Table 1. Weekly report of the physical and chemical properties of the shrimp farming in closed system.

Semana	Temperatura	DE	Oxígeno	DE	Salinidad	DE	pH	DE
1	28,08	0,31	7,33	0,10	35,00	0,00	8,25	0,16
2	28,04	0,54	7,55	0,06	30,71	0,25	8,15	0,03
3	28,35	0,40	7,77	0,20	28,14	0,00	8,30	0,09
4	28,91	0,47	7,79	0,24	28,10	0,30	8,25	0,04
5	28,53	0,72	7,85	0,30	27,95	0,50	8,20	0,00
6	30,08	0,61	7,40	0,26	28,29	0,15	8,07	0,01
7	29,03	0,29	6,71	0,10	28,09	0,08	7,99	0,06
8	29,04	0,29	6,71	0,04	28,29	0,52	7,80	0,09
9	29,44	0,52	6,67	0,11	28,29	0,29	7,75	0,06
10	28,75	0,09	6,86	0,05	28,95	0,16	7,68	0,09
11	28,88	0,17	6,72	0,03	28,57	0,14	7,55	0,03
12	28,85	0,37	6,43	0,10	28,20	0,20	7,43	0,00
Semana	NAT	DE	Nitritos	DE	Nitratos	DE	Fosfatos	DE
1	0,07	0,11	0,003	0,001	0,533	0,153	---	---
2	0,02	0,01	0,025	0,003	0,367	0,058	---	---
3	0,01	0,02	0,026	0,001	0,000	0,000	---	---
4	0,03	0,06	0,003	0,005	0,167	0,058	5,200	4,950
5	0,03	0,03	0,007	0,012	0,367	0,058	9,567	1,617
6	0,13	0,06	0,057	0,040	0,433	0,058	13,333	2,797
7	0,46	0,15	0,135	0,121	0,733	0,115	28,467	4,888
8	---	---	---	---	---	---	---	---
9	0,44	0,09	0,127	0,025	0,667	0,115	29,100	5,730
10	0,33	0,14	0,103	0,006	0,800	0,100	30,000	8,888
11	---	---	---	---	---	---	---	---
12	0,30	0,30	0,533	0,066	1,500	0,265	29,667	2,887

Promedios semanales de las 3 unidades de cada sistema. Temperatura (°C); Oxígeno (mg l⁻¹); Salinidad (ups); Potencial de hidrógeno (pH); NAT, Nitrógeno Amoniacal Total (mg l⁻¹); Nitritos (mg l⁻¹); Nitratos (mg l⁻¹); Fosfatos (mg l⁻¹); DE., ± Desviación Estándar.

Crecimiento, Sanidad y Producción

En la patología en fresco practicada cada semana no se detectaron signos clínicos de enfermedades virales, bacterianas, hongos y/o nutricionales que afectaran el crecimiento ni la sobrevivencia ni la apariencia. En la tabla 2 se muestra los resultados promedio del estado de salud de los camarones en los tres estanques (Lighthner, 1996).

En la figura 3a se observa la distribución de tallas de las postlarvas sembradas, la cual tuvo un coeficiente de variación de 6,58 %. La figura 3b presenta la distribución de tallas de los camarones en el día de la cosecha, que muestra un coeficiente de variación de 8,79 %. La tabla 3 muestra los principales parámetros de producción del camarón en donde se alcanzó un peso aproximado de

Tabla 2. Resultado del estado de salud de los camarones.

Table 2. Result of the health state of the shrimp.

Semana	No. Org.	Branquias (g.i.)	Intestino (g.i.)	Lípidos Índice	Hepato-páncreas (g.)	Nec. (g.)	Pig. (g.)	Flacidez (g.)	Telson Col.	Seg. Ant. (g.)
3	30	1,0	1,0	3,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	30	1,0	1,0	3,7	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	30	1,0	1,0	4,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,07	0,0
6	30	1,0	1,0	3,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	30	1,0	1,0	3,9	1,0	0,0	0,13	0,0	0,17	0,0
8	30	1,0	1,0	3,7	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	30	1,0	1,0	3,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,20	0,0
10	30	1,0	1,0	3,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,10
11	30	1,0	1,0	4,0	1,0	0,0	0,03	0,07	0,07	0,03
12	30	1,0	1,0	4,0	1,1	0,0	0,10	0,07	0,07	0,20

Resumen de los grados de afectación en las branquias, intestinos, hepatopáncreas y los grados indicadores de estrés de los camarones (promedio de los tres estanques de cultivo) con base a la escala propuesta por Lighthner (1996) para camarón blanco (*L. vannamei*). Nec., necrosis del exoesqueleto; Pig., pigmentación del exoesqueleto; Seg. Ant., segmentación de las antenas; g., grado; g.i., grado de afectación.

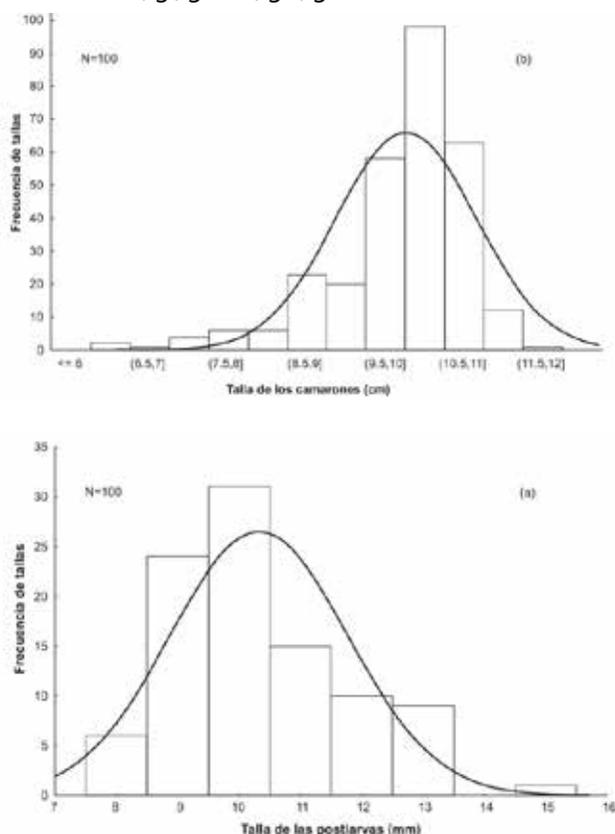


Figura 3. Distribución de tallas de los organismos en la siembra (a) y en el día de la cosecha (b).

Figure 3. Size distribution of the organism at the seedtime (a) and on the day of the harvest (b).

9 g con una tasa de crecimiento de 1,18 g-sem⁻¹. La sobrevivencia registró 65 % y en tanto que el FCA fue de 0,9:1. En este experimento se obtuvo una biomasa de 6,1 kg·m⁻² de espejo de agua. El análisis de varianza de las tasas de crecimiento de los camarones de los tres estanques indica que no hubo diferencias significativas con una f=0,07.

Tabla 3. Parámetros de producción obtenidos en un sistema cerrado de cultivo de camarón blanco *L. vannamei*. F. C. A., factor de conversión alimenticia; % Sob., porcentaje de sobrevivencia al momento de la cosecha.

Table 3. Production parameters obtained in a closed system of cultivation of white shrimp *Litopeaeus vannamei*. F. C. A., feed conversion factor; % Sob., survival rate at the time of the harvest.

	Peso (g)	% Sob.	Biomasa	F. C. A.
Estanque 1	8,91	64,92	43,03	0,92
Estanque 2	9,10	65,19	44,13	0,89
Estanque 3	8,84	67,18	42,18	0,88
Media	8,95	65,75	43,11	0,90

DISCUSIONES

Se considera que el uso de esta tecnología es viable para el cultivo de *L. vannamei*, además que la instalación de las cortinas de tela mosquitera resultaron benéficas tanto para el incremento de la superficie como sustrato para los camarones como para la producción de alimento natural.

En las investigaciones de Bradvolt y Browdy (2001) donde cultivaron juveniles de camarón en estanques rectangulares con fondo arenoso y sustratos verticales, la producción natural fue considerada como un aporte positivo al desarrollo de los organismos, al igual que Tacon *et al.* (2002) en un ensayo de ocho semanas cultivando juveniles de *Penaeus monodon*, los mejores resultados se obtuvieron con los organismos cultivados en agua verde al aire libre, esto debido quizá al aporte de la producción algal.

Comparativamente los resultados de este experimento son significativos y demuestran la viabilidad del sistema de recirculación de agua de mar para el cultivo de camarón desde postlarvas hasta la talla comercial, donde lo que más se destaca es el control de los factores físicos-químicos que determinan la calidad del agua, así como resaltar la salud con la que se desarrollaron los organismos y sobre todo, el valor bajo que tuvo el factor de conversión alimentario de 0,9:1, que se logró con la contribución alimenticia de las macroalgas. En efecto, en el experimento de cultivo de camarones que realizaron Barón *et al.* (2004), donde también recircularon el agua y expandieron el área de cultivo con cortinas, se fijaron *Enteromorpha compressa* (Linnaeus) Greville, *E. linza* (Linnaeus) J. Agarth, y *Oscillatoria* sp. Estas especies son diferentes a las que crecieron en este experimento. Los autores proponen que los camarones se alimentaron de las macroalgas, sin demostrarlo. En este experimento las observaciones microscópicas del contenido intestinal que se hicieron cada semana, demostraron que efectivamente los camarones se alimentaron de estas

macroalgas y fue posible observar directamente cómo los camarones comían las macroalgas sin dejarlas crecer a su máxima longitud (Figura 4).

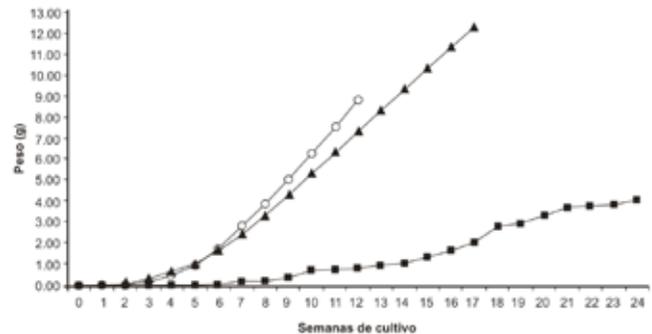


Figura 4. Comparativo de la tasa de crecimiento de *L. vannamei* en el presente experimento, el experimento de Barón *et al.* y los sistemas tradicionales semiintensivos en Sonora, México. (▲: sistemas semiintensivos; ■: Barón *et al.*; ○: este experimento).

Figure 4. Comparison of the rate of growth of *L. vannamei* in the present experiment, the experiment of Baron *et al.* and the semi traditional systems in Sonora, Mexico. (▲: semi-intensive systems; ■: Baron *et al.*; ○: this experiment).

Los trabajos sobre la crianza de *L. vannamei* en sistemas de recirculación son muy pocos y comparativamente son similares unos a otros, salvo algunas variantes en la forma de los estanques o la densidad de siembra, pero la mayoría de los resultados son satisfactorios y presentan claramente los beneficios de esta tecnología para el desarrollo de los cultivos, y aunque ninguno de los autores menciona el aspecto económico en sus investigaciones, es conocido que los sistemas de recirculación son un reto económico para la industria acuícola (Beem, 1991; Losordo *et al.*, 1998).

Uno de los aspectos que se deben de considerar en este sentido es el hecho de cultivar una especie con alto valor en el mercado y con características biológicas que permitan el buen desarrollo en cautiverio. Por esto, una aplicación viable en base a estos resultados es utilizar el diseño de este

experimento en la crianza de *L. vannamei* en la etapa de maternidad, que abarca el cultivo desde pl₁₂ de 0,004 g hasta 0,5 g, (COAES, 2012), con la posibilidad de poder controlar la producción y crecimiento de las especies de macroalgas y demás microorganismos que ayudan en el buen desarrollo del cultivo.

En los cultivos del noroeste de México en los Estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit, los productores han tenido serios problemas en la producción de camarón debido principalmente aspectos sanitarios, sin embargo, algunos han logrado obtener producciones satisfactorias ejecutando buenas prácticas de manejo. Los productores eficientes son muy pocos ya que aproximadamente representan solo el 32% del total, los que cuentan con un certificado de buenas prácticas de producción acuícola en México (COAES, 2012). Mientras la calidad de origen de las postlarvas provenientes de los laboratorios esté bien controlada, esta se reflejará en un alto grado de seguridad en el cultivo de los camarones, pero si sumado a este aspecto se incorpora la tecnología de recirculación para las primeras etapas, sobre todo la maternización, puede ser un aporte importante a la sustentabilidad de la industria.

CONCLUSIONES

Los resultados expresados en este documento muestran que la producción de *L. vannamei* en sistemas de recirculación es posible, pero no está claro todavía el aspecto del coste de la producción en estos sistemas, por lo que se deberá seguir investigando al respecto y determinar si la producción de tallas comerciales es factible o si el uso de esta tecnología se debe limitar a alguna etapa del cultivo, desde la reproducción hasta la cosecha en tallas comerciales.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue apoyada por los fondos regulares del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (C.I.C.E.S.E.). Agradecemos al M. en C. Eduardo Aguirre H. del

Laboratorio AREMAR del Estado de Sonora, por la donación de las postlarvas de camarón. Extendemos nuestro reconocimiento al Ocean. Luis Ernesto Aguilar Rosas de la Universidad Autónoma de Baja California por los nombres científicos de las macroalgas y a los Técnicos Luis Murillo por su asistencia y Francisco Valenzuela por la elaboración de los dibujos.

LITERATURA CITADA

- Allan, G.L., Maguire, G.B. y Hopkins, S.J. 1990. Acute and chronic toxicity of ammonia to juvenile *Metapenaeus macleayi* and *Penaeus monodon* and the influence of low dissolved - oxygen levels. *Aquaculture*. 91: 265-280.
- Barón, S.B., Bückle, R.L.F. y Hernández, R.M. 2004. Cultivo intensivo de *Litopenaeus vannamei* Boone 1931, en un sistema de agua de mar recirculada. *Ciencias Marinas*. 30(1): 179-188.
- Beem, M., 1991. *Aquaculture: Realities and potentials when getting started*. Southern Regional Aquaculture Center Pub. No. 441. USA.
- Bratvold, D. y Browdy, C.L. 2001. Effects of sand sediment, vertical surfaces on intensive shrimp production. *The Advocate*. 73-76.
- Casillas-Hernández, R., Nolasco-Soria, H., Lares-Villa, F., García-Galano, T., Carrillo-Farnes, O. y Vega-Villasante, F. 2006. Ritmo circadiano de la actividad enzimática digestiva del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* y su efecto en el horario de alimentación. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*. 2 (2): 55-64.
- COAES. 2012. Protocolo sanitario y resultados. Recuperado el 24 de Julio del 2012. www.cosaes.com.
- Davis, D.A. y Arnold, C.R. 1998. The design, management and production of a recirculating raceway system for the production of marine shrimp. *Elsevier. Aquaculture Engineering*. 17: 193-211.
- Lightner, D.V. 1996. *A handbook of pathology and diagnostic procedures for diseases of penaeid shrimp*. World Aquaculture Society. Baton Rouge, Luisiana USA. Section 3.11.
- Losordo, M.T., Masser, M.P. y Rakocy, J. 1998. Recirculating aquaculture tank, production system: an overview a critical consideration. Southern Regional Aquaculture Center Pub. No. 451. USA.

- Reid, B. y Arnold, C.R. 1992. The intensive culture of the penaeid shrimp *Penaeus vannamei* Boone in a recirculating raceways system. *Journal of the World Aquaculture Society*. 23(2): 146-153.
- Paez-Osuna, F., Guerrero-Galván, S.R. y Ruiz, A.C. 1998. Discharge of nutrients from shrimp farming to coastal waters of the Gulf of California. *Marine Pollution Bulletin*. 38:585-592.
- Sun, W. 2009. Life cycle assessment of indoor recirculating shrimp aquaculture system. CSS University of Michigan. USA.
- Tacon, A.G.T., Cody, J.J., Conquest, L.D., Divakaran, S., Forster, I.P. y Decamp, O.E. (2002). Effect of culture system on the nutrition and growth performance in the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquaculture Nutrition*. 8: 121-137.
- Timmons, M.B., Ebeling, J.M., Wheaton, F.W., Summerflet, S.T. y Vinci, B.J. 2002. *Recirculating aquaculture systems*. Second Edition. U.S.A. Southern Regional Aquaculture Center Pub. No. 01-002. 775 USA .
- Villalón, R.J. 1991. Practical manual for semi-intensive commercial production of marine shrimp. Texas A & M University. TAMU-SG-91-501. 104 pp.
- Whetstone, J.M., Treece, G.D., Brody, C.L. y Stoke, A.D. 2002. Opportunities and constraints in marine shrimp farming. Southern Regional Aquaculture Center. Pub. No. 2600 USA.
- Zar, J.H.(1984). *Biostatistical analysis*. Prentice. Englewood Cliffs, New Jersey.