

PROMOCIÓN DEL PERIFITON PARA EL CULTIVO DE CAMARÓN BLANCO: HACIA UNA ACUICULTURA ECOLÓGICA

Domenico VOLTOLINA ¹; Juan Manuel AUDELO-NARANJO ²; Emilio ROMERO-BELTRÁN³; María del Rosario PACHECO-MARGES ⁴; Lucero LÓPEZ-VALENZUELA ⁴

RESUMEN

La finalidad de este trabajo fue verificar el crecimiento individual y la supervivencia de *Litopenaeus vannamei* (peso medio: 3.5 ± 0.3 g) cultivados durante 38 días en tanques cilíndricos de 1.0 m³, adicionados con 7.1 m² de sustrato artificial, usando densidades de siembra de 8 a 32 organismos m⁻². No se usaron cambios de agua y la única fuente de alimento fue el perifiton presente en los sustratos. Al final del experimento, el peso medio y la supervivencia fueron 6.4 g y 91.4-93.2% en los tratamientos con las menores densidades (8 y 16 organismos m⁻²), y resultaron significativamente mayores ($P < 0.05$) de los 4.3-4.8 g y 64.1-65.6% de los tratamientos con mayor densidad. La calidad del agua se mantuvo en niveles aceptables, por lo cual se concluye que el cultivo de *L. vannamei* basado en perifiton en sistemas cerrados con baja densidad es una técnica sostenible y amigable con el ambiente.

Palabras clave: Biopelículas; sustratos artificiales; calidad de agua; crecimiento; *Litopenaeus vannamei*

PROMOÇÃO DO PERIFITON NO CULTIVO DO CAMARÃO BRANCO: RUMO À AQUICULTURA ECOLÓGICA

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar o crescimento individual e a sobrevivência de juvenis de *Litopenaeus vannamei* (peso médio de 3,5 ± 0,3 g), mantidos durante 38 dias em tanques cilíndricos de 1 m³, com 7,1 m² de substrato artificial, em densidades de estocagem de 8 a 32 camarões m⁻². Não houve troca de água e a única fonte de alimento foi o perifiton que se desenvolveu sobre os sustratos. Ao final do experimento, o peso médio e a sobrevivência foram 6,4 g e 91,4-93,2% nos tratamentos com baixa densidade (8 e 16 organismos m⁻²), significativamente superiores ($P < 0,05$) aos valores de 4,3-4,8 g e 64,1-65,6% obtidos nos tratamentos com densidades mais altas. A qualidade da água manteve-se dentro dos limites aceitáveis, indicando que o cultivo baseado na produção de perifiton, em sistemas fechados com baixa densidade de camarões é uma técnica ambientalmente sustentável para a produção de *L. vannamei*.

Palavras chave: Biofilme; sustratos artificiais; qualidade da água; crescimento; *Litopenaeus vannamei*

PROMOTION OF PERIPHYTON FOR WHITE SHRIMP CULTURE: TOWARDS AN ECOLOGICAL AQUACULTURE

ABSTRACT

The aim of this work was to determine the individual growth and survival of *Litopenaeus vannamei* juveniles (mean wet weight 3.5 ± 0.3 g), kept during 38 days in 1 m³ cylindrical tanks added with 7.1 m² of artificial substrate, at densities between 8-32 organisms m⁻². There were no water exchanges and the only food source was the periphyton growing on the artificial substrates. The final mean weight and survival in the two low-density systems (8 and 16 organisms m⁻²) were 6.4 g

Nota Científica: Recebida em 03/01/2013 – Aprovada em 15/06/2013

¹ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Laboratorio de Estudios Ambientales UAS-CIBNOR, Mazatlán, Sinaloa, México

² Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. Apartado Postal 610 –Mazatlán - Sinaloa - C.P. 82000 – México. e-mail: jmaudelo@gmail.com (autor de correspondencia)

³ Instituto Nacional de Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera, Mazatlán, Sinaloa, México

⁴ Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias del Mar, Cuerpo Académico Camaronicultura y Piscicultura, Mazatlán, Sinaloa, México

and 91.4-93.2%, significantly higher ($P < 0.05$) than the 4.3-4.8 g and 64.1-65.6% obtained in the two high density systems. Water quality remained within acceptable limits throughout the experiment, indicating that periphyton-based culture in low density closed systems is an environment-friendly and sustainable technique for *L. vannamei* production.

Keywords: Biofilms; artificial substrates; water quality; growth; *Litopenaeus vannamei*

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos presentes en los sistemas acuáticos contribuyen a la fijación del carbono orgánico y de los nutrientes disueltos y particulados. De esta manera participan en su reciclamiento, ya que aportan su biomasa como fuente de alimento y de energía para los demás eslabones de la trama trófica (POMEROY *et al.*, 2007).

Por lo anterior, la promoción del crecimiento de microorganismos en los sistemas de cultivo intensivo de organismos acuáticos permite una mejor utilización del alimento formulado a través del ciclo microbiano (bacterial loop) (VAN DAM *et al.*, 2002), y sirve a la vez para aumentar la productividad natural y mantener en niveles aceptables la calidad del agua. Una forma eficiente de lograr esta doble finalidad en los cultivos de peces o de camarones es el uso de sustratos sumergidos, que tienen la función de incrementar la superficie disponible para la formación de biopelículas compuestas por bacterias y microalgas (perifiton) (THOMPSON *et al.*, 2002), cuyo contenido de proteínas de alta calidad y perfiles de aminoácidos, de ácidos grasos y de vitaminas resultan adecuados para satisfacer los requerimientos nutricionales de peces y camarones.

Además, por la rápida y continua renovación de su biomasa, el perifiton constituye una fuente importante de alimento natural (FERNANDES DA SILVA *et al.*, 2008; KHATOON *et al.*, 2009; BECERRA-DÓRAME *et al.*, 2012) que permite una eficiente transferencia de nutrientes a los niveles tróficos superiores, por lo cual favorece el crecimiento de los organismos objetivo (ARAYA *et al.*, 2010; SAIKIA, 2011; GARCÍA-GONZÁLEZ *et al.*, 2012).

Esto es un importante aspecto de la acuicultura de baja densidad basada en el uso principal o exclusivo de perifiton, y representa una estrategia con fundamentación ecológica que

se ha mencionado como una opción viable para el cultivo orgánico de varias especies de peces (MILSTEIN *et al.*, 2008; KOSÁROS *et al.*, 2010), que es una técnica de producción sustentable basada en la estimulación de la producción del alimento natural y que restringe el uso de fertilizantes sintéticos, evita los agentes químicos terapéuticos, y promueve las buenas prácticas de manejo acuícola (NATURLAND, 2012).

Sin embargo, la información actual no es suficiente para el cultivo orgánico del camarón, ya que esta tecnología se estudió exclusivamente en cultivos intensivos, utilizando alimento formulado como fuente primaria de alimento (ZHANG *et al.*, 2010; AUDELO-NARANJO *et al.*, 2011).

En un trabajo anterior se evaluó el efecto del perifiton en cultivos cerrados experimentales de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) con densidades de entre 8 y 32 camarones m^{-2} , durante 40 días en el periodo de verano, en el cual se observó que la calidad del agua se mantuvo en niveles adecuados y que la productividad natural resultó suficiente para supervivencias superiores al 90% en todos los tratamientos (AUDELO-NARANJO *et al.*, 2012).

Este estudio se realizó con el fin de comparar la calidad del agua, el crecimiento y la producción de *L. vannamei* en cultivos iniciados con las mismas densidades de siembra usadas en el experimento anterior (8 a 32 camarones m^{-2}), en una situación estacional en la cual las bajas temperaturas y la menor insolación pudieran resultar menos favorables para el crecimiento del perifiton.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento duró 38 días, entre el 27 de octubre y el 3 de diciembre de 2009, y se realizó en un área adyacente a la estanquería de la granja El Cabezal, Mazatlán, Sinaloa (23°25'N, 106°18'O), la cual facilitó los juveniles de *L. vannamei* (peso fresco medio individual: 3.5 ± 0.3 g) utilizados en este estudio.

Los cultivos experimentales se realizaron en tanques cilíndricos de polietileno de 1 m³ de capacidad, a cielo abierto y con fotoperiodo natural. Se usaron cuatro tratamientos en triplicado, con densidad de siembra de 8, 16, 24 y 32 camarones m⁻² de área de fondo de los tanques (T8, T16, T24 y T32, respectivamente). Los cultivos se mantuvieron sin recambios de agua, con reposición semanal de las pérdidas por evaporación (aproximadamente 4% del volumen total) con agua procedente del estero adyacente a la granja, y con aireación continua (3-5 L min⁻¹) para promover el recambio del agua en contacto con las superficies sumergidas.

No se adicionó alimento formulado, por lo cual la alimentación se basó exclusivamente en el perifiton desarrollado en el fondo y paredes del tanque (4.8 m²) y en los 7.1 m² de sustrato artificial (Aquamats®, Meridian Applied Technology Systems) adicionados a cada tanque, que se ubicaron verticalmente formando una cortina circular a una distancia de 10 cm de las paredes de las unidades de cultivo.

Para simular las condiciones naturales de un cultivo comercial, una semana antes del inicio del experimento se adicionó en el fondo de cada recipiente una capa de 10 cm del sedimento superficial (primeros 5 cm) de un estanque camaronero adyacente; esta capa se cubrió con 50 cm de agua filtrada con malla de 300 µm. Después de dos días de sedimentación de las partículas en suspensión, se procedió al llenado completo de las unidades experimentales con agua del estero. Con el fin de evitar la estratificación vertical y promover el recambio del agua en contacto con las paredes de las unidades y con la superficie de los Aquamats, se suministró aireación continua mediante un soplador (Sweetwater, 1 HP), distribuida con mangueras y con una piedra difusora por cada unidad experimental (AUDELO-NARANJO *et al.*, 2012).

La temperatura y el oxígeno disuelto se registraron diariamente a las 8:00 y a las 17:00 horas con un oxímetro YSI modelo 57 (YSI Incorporated, Yellow Springs, OH, USA), mientras que el pH y la salinidad se determinaron una vez al día a las 12:00 horas con un refractómetro Atago S/Mill-E (Atago Co., Ltd.,

Tokio, Japan) y con un potenciómetro de campo Hanna HI 98150 (Hanna Instruments, Woonsocket, RI, USA), respectivamente.

Las muestras de agua para la determinación de los nutrientes se obtuvieron a intervalos semanales y se transportaron en hieleras al laboratorio, donde se mantuvieron en congelación (-30 °C) hasta su análisis. Las concentraciones de amonio total, nitritos y nitratos se determinaron en muestras filtradas a través de un filtro de fibra de vidrio Whatman GF/C, utilizando la metodología descrita en STRICKLAND y PARSONS (1972); el porcentaje y la concentración del amonio no ionizado (NH₃) se calcularon de acuerdo a SPOTTE y ADAMS (1983).

Al inicio y al final del estudio se obtuvieron muestras en triplicado del perifiton, raspando con una espátula un área de 20 cm² del sustrato, que se usaron para estimar la biomasa de perifiton en submuestras secadas a 60 °C hasta peso constante, y para la identificación de los principales grupos taxonómicos.

Al final del experimento se contaron y pesaron todos los camarones vivos y se calcularon los valores medios del peso húmedo individual, de la supervivencia y cosecha final y de la tasa de crecimiento individual, calculada con la ecuación:

$$TC = (Pf - Pi) t^{-1}$$

en la cual, Pf es el peso final de cada organismo, Pi es el peso medio inicial y t es el número de días de duración del experimento (TREECE, 2000).

Los valores medios de las variables ambientales se compararon mediante pruebas de análisis de varianza (ANOVA) de una vía para observaciones repetidas o con las equivalentes pruebas no paramétricas de Friedman, mientras que los valores finales de peso individual, de la tasa de crecimiento diario, de la biomasa cosechada y de supervivencia (en este caso previa transformación arcoseno) se compararon mediante pruebas de ANOVA de una vía o la equivalente prueba de Kruskal-Wallis cuando los datos no fueron normales u homoscedásticos (pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Bartlett, respectivamente). En todos los casos, se utilizó el nivel de significancia de $P < 0.05$.

RESULTADOS

Los valores medios de temperatura de la mañana (25.4-25.5 °C) resultaron aproximadamente 2 °C superiores a los 27.4 °C registrados en la tarde, mientras que las concentraciones de oxígeno fueron muy similares (6.3 mg L⁻¹ en la mañana y 5.9 a 6.1 mg L⁻¹ en la tarde), el pH varió de 8.3 a 8.4, la salinidad fue de 35.5 ups, y no se encontraron diferencias significativas entre los cuatro tratamientos (Tabla 1).

La comparación de las concentraciones medias de amonio total (0.36-0.46 mg L⁻¹), nitritos (0.23-0.26 mg L⁻¹) y nitratos (0.53-0.60 mg L⁻¹) de los cuatro tratamientos no indicó diferencias significativas (Tabla 2). El amonio no ionizado presentó un comportamiento similar al amonio total y varió entre 0.051 ± 0.002 y 0.068 ± 0.001 mg L⁻¹ (promedio general: 0.06 ± 0.001 mg L⁻¹), sin diferencias entre tratamientos.

Tabla 1. Valores medios ± desviación estándar de las variables ambientales en los cultivos de *Litopenaeus vannamei* con sustrato artificial y con densidades de 8, 16, 24 y 32 organismos m⁻².

Variable	T8	T16	T24	T32
Temperatura am (°C)	25.5 ± 1.2	25.5 ± 1.3	25.4 ± 1.1	25.4 ± 1.1
Temperatura pm (°C)	27.4 ± 0.7	27.4 ± 0.8	27.4 ± 0.8	27.4 ± 0.8
O ₂ am (mg L ⁻¹)	6.3 ± 1.0	6.3 ± 1.0	6.3 ± 1.1	6.3 ± 1.0
O ₂ pm (mg L ⁻¹)	6.0 ± 1.0	6.1 ± 1.0	5.9 ± 0.9	6.0 ± 1.0
pH	8.4 ± 0.1	8.4 ± 0.1	8.3 ± 0.1	8.3 ± 0.1
Salinidad (ups)	35.5 ± 0.4	35.5 ± 0.3	35.5 ± 0.4	35.5 ± 0.4

Tabla 2. Valores medios ± desviación estándar de los compuestos nitrogenados (mg L⁻¹) en los cultivos de *Litopenaeus vannamei* con sustrato artificial y con densidades de 8, 16, 24 y 32 organismos m⁻².

Variable	T8	T16	T24	T32
NH ₄ ⁺	0.36 ± 0.07	0.42 ± 0.07	0.46 ± 0.08	0.40 ± 0.07
NO ₂ ⁻	0.25 ± 0.06	0.23 ± 0.06	0.24 ± 0.05	0.26 ± 0.06
NO ₃ ⁻	0.56 ± 0.06	0.53 ± 0.04	0.60 ± 0.09	0.58 ± 0.07

La biopelícula resultó compuesta principalmente por bacterias y diatomeas, y en menor medida por ciliados y copépodos. Su biomasa (peso seco) al inicio del experimento fue 19.8 ± 1.6 mg cm⁻². Al final, los valores de los tratamientos con mayor densidad (T24 y T32) no

presentaron diferencias y fueron similares al valor inicial; en cambio, las biomásas finales del perifiton de los tratamientos con menor densidad (T8 y T16), resultaron significativamente mayores al valor inicial, y al nivel final de los demás tratamientos (Tabla 3).

Tabla 3. Valores medios ± desviación estándar de los biomasa del perifiton de los cultivos de *L. vannamei* con sustrato artificial y con densidades de 8, 16, 24 y 32 organismos m⁻².

Variable	Inicio	T8	T16	T24	T32
Biomasa (mg cm ⁻²)	19.8 ± 1.6 ^a	29.5 ± 7.3 ^b	32.2 ± 5.8 ^b	21.4 ± 1.7 ^a	17.5 ± 2.5 ^a

Letras diferentes indican diferencias significativas (ANOVA de una vía, $P < 0.05$), ($a < b$).

No se encontraron diferencias entre los valores medios del peso final, de la tasa de crecimiento y de la supervivencia registrados en los cultivos iniciados con las dos densidades menores (T8 y T16), y todos resultaron

significativamente mayores de los valores registrados en los cultivos iniciados con 24 y 32 organismos m⁻² (Tabla 4). Además, en vista de la mayor mortalidad en los cultivos con las dos mayores densidades iniciales y del diferente

número de camarones sembrados, la cosecha significativamente mayor fue la que se obtuvo en

el tratamiento con 16 camarones m⁻² de densidad inicial.

Tabla 4. Valores medio \pm desviación estándar de los pesos finales, tasa de de crecimiento (TC), supervivencia y biomasa cosechada de los cultivos de *L. vannamei* con sustrato artificial y con densidades de 8, 16, 24 y 32 organismos m⁻².

Variable	T8	T16	T24	T32
Peso (g)	6.4 \pm 1.3 ^b	6.4 \pm 0.4 ^b	4.8 \pm 0.1 ^a	4.3 \pm 0.9 ^a
TC (g semana ⁻¹)	0.6 \pm 0.7 ^b	0.6 \pm 0.7 ^b	0.3 \pm 0.4 ^a	0.1 \pm 0.4 ^a
Supervivencia (%)	91.4 \pm 10.4 ^b	93.2 \pm 6.7 ^b	64.1 \pm 13.7 ^a	65.6 \pm 3.9 ^a
Biomasa (g)	50.4 \pm 10.9 ^a	102.2 \pm 21.5 ^b	73.3 \pm 17.4 ^a	84.2 \pm 13.8 ^a

Letras distintas indican diferencias significativas entre los valores en la misma línea (ANOVA de una vía, $P < 0.05$), ($a < b$).

DISCUSIÓN

Las condiciones ambientales se encuentran en el intervalo de valores apropiados para el cultivo de *L. vannamei*, que según la literatura están entre los 23 y 30 °C de temperatura, concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 3.0 mg L⁻¹, salinidad entre los 15 y 40 ups, y un pH de entre 7 y 9 (PONCE-PALAFIX *et al.*, 1997; TREECE, 2000), aunque la temperatura media resultó entre 3 y 4 °C menor de las registradas en experimentos anteriores realizados en verano (AUDELO-NARANJO *et al.*, 2012).

Los nutrientes disueltos se mantuvieron en valores inferiores a los niveles de seguridad para el crecimiento y supervivencia de *L. vannamei* (3.95, 25.7 y 232 mg L⁻¹ para amonio, nitritos y nitratos, respectivamente). El amonio no ionizado, que representó aproximadamente el 12% del nitrógeno amoniacal, se mantuvo en valores cercanos al 50% del límite de seguridad (0.13 mg L⁻¹) determinado por para juveniles de esta especie de camarón (FRÍAS-ESPERICUETA *et al.*, 1999).

En sistemas cerrados, el mantenimiento de la calidad del agua es favorecido por la asimilación fotoautotrófica del amonio por las microalgas y por la actividad metabólica de las bacterias, que utilizan las sustancias orgánicas, oxidan en forma sucesiva el amonio y el nitrito a nitrato o utilizan las diferentes especies nitrogenadas para su metabolismo (AVNIMELECH, 2012), como fue demostrado por HUANG *et al.* (2013) que relacionó la mejor calidad del agua de los cultivo con sustratos artificiales con la mayor tasa de

nitrificación, debida a la promoción del crecimiento y a la mayor biomasa del perifiton.

Este es el efecto más evidente de los sustratos añadidos, los cuales intensifican los procesos de transformación, asimilación y reciclamiento de nutrientes, ya que la comunidad de organismos productores y consumidores que se establece en los sustratos fomenta y acelera el flujo de materia y energía. De esta manera, se transforma en nueva biomasa que, debido a su disponibilidad y calidad nutricional, favorece el crecimiento y la supervivencia de los organismos objetivo (THOMPSON *et al.*, 2002), como fue demostrado por el mejor crecimiento y supervivencia de camarón en cultivos de tipo cerrado con promoción de biopelícula, en comparación con los cultivos control (LEZAMA-CERVANTES y PANIAGUA-MICHEL, 2010).

En este trabajo, los valores finales de la cantidad de materia seca del tapete microbiano en los dos tratamientos con menor densidad de cultivo son similares a lo reportado por diversos autores (WASIELESKY *et al.*, 2011; VIAU *et al.*, 2012). El efecto positivo sobre el crecimiento y la producción de camarón en los tratamientos con baja densidad de siembra (T8 y T16) se relaciona directamente con la menor presión de pastoreo y la resultante mayor disponibilidad del alimento natural representado por la biopelícula (KOSÁROS *et al.*, 2010), mientras que la elevada mortalidad registrada en los tratamientos con mayor densidad de cultivo (T24 y T32) se explica por la insuficiente disponibilidad de biomasa de perifiton, probablemente relacionado con una tasa de alimentación inicial superior a la baja tasa de

crecimiento asociada con la menor temperatura y menor número de horas de luz en comparación con los cultivos de verano (FERRAGUT *et al.*, 2010; TARKOWSKA-KUKURYK y MIECZAN, 2012). Esta limitación del crecimiento de la microbiota en los cultivos con mayor densidad resultó en valores de biomasa menores (34-46%) de los registrados en el tratamiento T16, limitando el crecimiento y la producción de los organismos objetivo (REBOUÇAS *et al.*, 2012).

No obstante la adecuada disponibilidad de alimento, demostrada por la diferencia entre la biomasa inicial y final del perifiton, los pesos medios de cosecha y la tasa de crecimiento de los tratamientos T8 y T16 fueron menores a los reportados en verano en un experimento similar (10.6-11.9 g y 1.2-1.4 g semana⁻¹: AUDELO-NARANJO *et al.*, 2012). Esta diferencia es probablemente debida a la temperatura diaria media menor, que causó una diferencia notable en la cantidad de grados acumulados semanalmente (185 y 208 °C).

En efecto, no obstante las diferentes condiciones y tasas de crecimiento, la tendencia encontrada en los experimentos de cultivo basado en perifiton en diferentes situaciones estacionales es similar a la reportada por AUDELO-NARANJO *et al.* (1999) en cultivos comerciales semi intensivos realizados en los ciclos de producción de verano e invierno, con temperaturas semanales acumuladas de 208 y 144.4 °C y tasas de crecimiento de 0.98 y 0.69 g semana⁻¹, que son típicas de los cultivos comerciales de la región.

En este trabajo, las tasas de crecimiento con 24 y 32 organismos m⁻² resultaron similares o de poco inferiores a los 0.2 g semana⁻¹ reportados por ARZOLA-GONZÁLEZ *et al.* (2008) para la fase final de un cultivo comercial de *L. vannamei* en un periodo climático similar (26 de octubre al 24 de noviembre). Además, con 8 y 16 organismos fueron superiores a los 0.34-0.38 g semana⁻¹ reportados para 24 °C y entre el 72 y el 79% de los valores registrados a la temperatura óptima de 28 °C por PEREZ-VELAZQUEZ *et al.* (2013), que confirma la posibilidad que sistemas basados exclusivamente en perifiton puedan brindar un desempeño productivo similar a los cultivos tradicionales en sistema semi intensivo de *L. vannamei* en el noroeste de México, que es de entre 500 y 1000 kg ha⁻¹ (SAGARPA, 2011).

CONCLUSIONES

Los resultados indican que la promoción del crecimiento del perifiton permite mantener una calidad del agua y un crecimiento semanal aceptables y comparables con las que se usan en cultivos semi intensivos tradicionales, cuando se adicionan superficies adicionales en cultivos de *L. vannamei* sin recambios diarios de agua y con densidades de siembra de entre 8 y 16 camarones m⁻².

AGRADECIMIENTOS

Apoyado por el Programa de Ordenamiento Acuícola Estatal en los Estado de Sinaloa y Nayarit, CONAPESCA (2009), y por el proyecto CIBNOR AC0.38. Se agradece el apoyo en la recolección de datos de campo brindado por los colaboradores del Cuerpo Académico Camaronicultura y Piscicultura (UAS-CA-134).

REFERENCIAS

- ARAYA, R.; BAHAMONDES, C.; BARAHONA, K.; SILVA-ACIARES, F. 2010 Utilización de una biopelícula microalgal multiespecífica para optimizar la fijación larval y el crecimiento de abalón (*Haliotis rufescens*) en un criadero comercial. *Revista Biología Marina y Oceanografía*, 45(1): 59-69.
- ARZOLA-GONZÁLEZ, J.F.; FLORES-CAMPAÑA, L.M.; IZABAL-CEJA, A.; GUTIÉRREZ-RUBIO, Y. 2008 Crecimiento de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un estanque rústico a baja salinidad. *Revista AquaTIC* (on-line), 28: 8-15. Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49418026002>> Consultado: 7 may. 2013.
- AUDELO-NARANJO, J.M.; ZAMUDIO-ARMENTA, O.; MADERO-PÉREZ, J. 1999 Comparación de la tasa de crecimiento de *Penaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae) en cultivos semi-intensivos de invierno y de verano. *Revista de Biología Tropical*, 47: 119-121.
- AUDELO-NARANJO, J.M.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L.R.; VOLTOLINA D.; GÓMEZ-JIMÉNEZ, S. 2011 Water quality, production parameters, and nutritional condition of *Litopenaeus vannamei* grown intensively in zero water exchange mesocosms with artificial substrates. *Aquaculture Research*, 42(9): 1371-1377.

- AUDELO-NARANJO, J.M.; VOLTOLINA, D.; ROMERO-BELTRÁN, E. 2012 Culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) with zero water exchange and no food addition: an eco-friendly approach. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40(2): 441-447.
- AVNIMELECH, Y. 2012 Microbial processes and communities relevant to aquaculture. In: *Bioflocs technology - a practical guide book*. 2nd ed. The World Aquaculture Society, Louisiana, United States. 272p.
- BECERRA-DÓRAME, M.J.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L.R.; RIVAS-VEGA, M.E.; LOPEZ-ELIAS, J.A.; PORCHAS-CORNEJO, M.A. 2012 Production response and digestive enzymatic activity of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) intensively pregrown in microbial heterotrophic and autotrophic-based systems. *The Scientific World Journal*, (on line): 6p. [DOI: 10.1100/2012/723654].
- FERNANDES DA SILVA, C.; BALLESTER, E.; MONSERRAT, J.; GERACITANO, L.; WASIELESKY W. Jr.; ABREU P.C. 2008 Contribution of microorganisms to the biofilm nutritional quality: protein and lipid contents. *Aquaculture Nutrition*, 14(6): 507-514.
- FERRAGUT, C.; FERREIRA ODELLO, A.; DE MATTOS BICUDO, C.E. 2010 Seasonal variability of periphyton nutrient status and biomass on artificial and natural substrates in a tropical mesotrophic reservoir. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 22(4): 397-409.
- FRÍAS-ESPERICUETA, M.G.; HARFUSH-MELENDEZ, M.; OSUNA-LÓPEZ, J.I.; PÁEZ-OSUNA, F. 1999 Acute toxicity of ammonia to juvenile shrimp *Penaeus vannamei* Boone. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 62: 646-652.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, J.J.; CORREA-LONDOÑO, G.A.; PARDO-CARRASCO, S.C. 2012 Phytoplankton and periphyton in ponds with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and bocachico (*Prochilodus magdalenae*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25: 603-614.
- HUANG, Z.; WAN, R.; SONG, X.; HALLERMAN, E. 2013 Assessment of AquaMats for removing ammonia in intensive commercial Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* aquaculture systems. *Aquaculture International*, (on line): 1-10. [DOI: 10.1007/s10499-013-9636-7] Consultado: 28 abr. 2013.
- KHATOON, H.; BANERJEE, S.; YUSOFF, F.M.; SHARIFF, M. 2009 Evaluation of indigenous marine periphytic *Amphora*, *Navicula* and *Cymbella* grown on substrate as feed supplement in *Penaeus monodon* postlarval hatchery system. *Aquaculture Nutrition*, 15: 186-193.
- KOSÁROS, T.; GÁL, D.; PEKÁR, F.; LAKATOS, G. 2010 Effect of different treatments on the periphyton quantity and quality in experimental fishponds. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 64: 363-366.
- LEZAMA-CERVANTES, C. y PANIAGUA-MICHEL, J. 2010 Effects of constructed microbial mats on water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* post-larvae. *Aquacultural Engineering*, 42: 75-81.
- MILSTEIN, A.; PERETZ, Y.; HARPATZ, S. 2008 Culture of organic tilapia to market size in periphyton-based ponds with reduced feed inputs. *Aquaculture Research*, 40: 55-59.
- NATURLAND 2012 Naturland standards for organic aquaculture. Disponible en: <<http://www.naturland.de>> Consultado: 30 abr. 2013.
- PEREZ-VELAZQUEZ, M.; GONZÁLEZ-FÉLIX, M.L.; DAVIS, D.A.; ROY, L.A.; ZHU, X. 2013 Studies of the thermal and haline influences on growth and survival of *Litopenaeus vannamei* and *Litopenaeus setiferus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 44: 229-238.
- PONCE-PALAFIX, J.; MARTINEZ-PALACIOS, C.A.; GROSS, L.G. 1997 The effects of salinity and temperature on the growth and survival of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. *Aquaculture*, 157: 107-115.
- POMEROY, L.R.; WILLIAMS, P.J.IEB.; AZAM, F.; HOBBI, J.E. 2007 The microbial loop. *Oceanography*, 20(2): 28-33.
- REBOUÇAS, V.T.; CALDINI, N.N.; CAVALCANTE, D.H.; RODRIGUES DA SILVA, F.J.; DO CARMO E SÁ, M.V. 2012 Interaction between feeding rate and area for periphyton in culture of Nile tilapia juveniles. *Acta Scientiarum*, 34(2): 161-167.

- SAIKIA, S.K. 2011 Review on periphyton as mediator of nutrient transfer in aquatic ecosystems. *Ecologia Balkanica*, 3(2): 65-78.
- SAGARPA 2011 *Anuario estadístico de acuicultura y pesca*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. CONAPESCA, Mazatlán. 305p.
- SHYNE-ANAND, P.S.; SUJEET, K., PANIGRAHI, A., GHOSHAL, T.K., SYAMA-DAYAL, J.; BISWAS, G.; SUNDARAY, J.K.; DE, D.; ANANDA-RAJA, R.; DEO, A.D.; PILLAI, S.M.; RAVICHANDRAN, P. 2012 Effects of C:N ratio and substrate integration on periphyton biomass, microbial dynamics and growth of *Penaeus monodon* juveniles. *Aquaculture International*. Disponible en <<http://www.springerlink/content/n6810467244h4242>> Consultado: 2 jun. 2013.
- SPOTTE, S. y ADAMS, G. 1983 Estimation of the allowable upper limit of ammonia in saline waters. *Marine Ecology Progress Series*, 10: 207-210.
- STRICKLAND, J.D. y PARSONS, J.R. 1972 *A practical handbook of seawater analysis* (2nd ed.). Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, 169: 1-310.
- TREECE, G.D. 2000 Shrimp culture. In: STICKEY, R.R. *Encyclopedia of aquaculture*. J. Wiley and Sons, Inc., NY. p.798-865.
- TARKOWSKA-KUKURYK, M. y MIECZAN, T. 2012 Effect of substrate on periphyton communities and relationships among food web components in shallow hypertrophic lake. *Journal of Limnology*, 71(2): 279-290.
- THOMPSON, F.L.; ABREU, P.C.; WASIELESKY, W. 2002 Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. *Aquaculture*, 203: 263-278.
- VAN DAM, A.A.; BEVERIDGE, M.C.M.; AZIM, M.E.; VERDEGEM, M.C.J. 2002 The potential of fish production based on periphyton. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 12(1): 1-31.
- VIAU, V.E.; SOUZA, D.M.; RODRÍGUEZ, E.M.; WASIELESKY, W.; ABREU, P.C.; BALLESTER, E.L.C. 2012 Biofilm feeding by postlarvae of the pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Decapoda Penaeidae). *Aquaculture Research*, 44(5): 783-794.
- WASIELESKY Jr., W.; ABREU, P.C.; POERSCH, L.H.; THOMPSON, F.; BALLESTER, E.L.C. 2011 Influence of light intensity on biofilm formation and the performance of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* juveniles reared in cages. *Aquaculture Research*, 43: 706-712.
- ZHANG, B.; WENHUI, L.; WANG, Y.; RUNLIN, X. 2010 Effects of artificial substrates on growth, spatial distribution and non-specific immunity factors of *Litopenaeus vannamei* in the intensive culture condition. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 10: 491-497.