

Research Article

Efecto de la adición de un extracto acuoso de pionilla *Lasianthaea podocephala* en el cultivo del camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* en condiciones de laboratorio

**Emmanuel Villanueva-Gutiérrez¹, Luis Rafael Martínez-Córdova¹
Marcel Martínez-Porchas² & Miguel Antonio Arvayo²**

¹DICTUS, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Donaldo Colosio entre
Reforma y Sahuaripa, Hermosillo, Sonora

²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo
Km 1,5 Carretera a La Victoria, Hermosillo, Sonora, México

Corresponding author: Luis Rafael Martínez-Córdova (lmtz@guaymas.uson.mx)

RESUMEN. Se evaluó el efecto de dos concentraciones de un extracto acuoso de la raíz de pionilla (*Lasianthaea podocephala* Gray), sobre las variables de la calidad del agua, condición fisiológica y parámetros de producción del camarón blanco del Pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone), cultivado en condiciones intensivas de laboratorio. Dos tratamientos y un control fueron evaluados por triplicado: T1 (1 mL de extracto por acuario), T2 (3 mL) y C (control, 0 mL). No se observó un efecto negativo de los tratamientos sobre los parámetros de la calidad del agua, los cuales estuvieron dentro de rangos aceptables, sin presentar diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$). Algunos de los parámetros de producción tales como la supervivencia, biomasa final y FCA fueron mejores en los tratamientos en que se utilizó el extracto bajo las condiciones experimentales empleadas. La concentración de metabolitos hemolinfáticos, sugiere que los organismos cultivados en los acuarios con extracto tuvieron mejores condiciones, considerando los niveles mayores de proteína y colesterol en su músculo en relación con el control; además los resultados de expresión de genes indican que el extracto podría tener algún efecto inmunoestimulante sobre los camarones. No obstante, se recomienda efectuar estudios adicionales para evaluar y determinar a nivel molecular los ingredientes activos de los tubérculos de raíz de pionilla, para obtener mayor información sobre el uso potencial de este vegetal en la acuicultura.

Palabras clave: *Lasianthaea podocephala*, *Litopenaeus vannamei*, producción, metabolitos hemolinfáticos, calidad del agua, respuesta inmune.

Effect of the addition of an aqueous extract of the San Pedro Daisy *Lasianthaea podocephala*, in the culture of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under laboratory conditions

ABSTRACT The effect of two concentrations of an aqueous extract of the San Pedro Daisy, (*Lasianthaea podocephala* Gray) roots was evaluated on the water quality, physiological condition and production parameters of the white Pacific shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), farmed under intensive laboratory conditions. Two treatments and a control were considered: T1 (1 mL of extract per aquarium), T2 (3 mL of the extract per aquarium) and C (control, 0 mL of the extract). No negative effects of the treatments on water quality parameters were observed, which ranged into acceptable limits and without significant differences ($P < 0,05$). Some of the production parameters such as final biomass and FCA were slightly better in the treatments using the extract. The concentration of haemolymph metabolites indicate that shrimp from treatments with the extract were under better conditions, suggested by the levels of protein and cholesterol in the muscle; moreover, the gene expression results suggest that the extract could have an immunostimulatory effect on shrimp. However, additional studies are required to evaluate the active ingredients of the root extract at the molecular level in order to have more information for the potential use of the plant.

Keywords: *Lasianthaea podocephala*, *Litopenaeus vannamei*; shrimp production, haemolymph metabolites, water quality, immune response.

INTRODUCCIÓN

En acuicultura es fundamental evaluar los requerimientos tanto ambientales como nutrimentales de cada especie, a fin de mantenerlos, en la medida de lo posible, dentro de los rangos óptimos para lograr una adecuada respuesta productiva y un buen estado sanitario. Un manejo adecuado de todos estos parámetros influirá en una menor contaminación a los cuerpos de agua ocasionada por las descargas de efluentes de los sistemas de cultivo (Sánchez *et al.*, 2001; Martínez-Córdova, 2009; Martínez-Porchas & Martínez-Córdova, 2012).

El manejo inadecuado de las prácticas acuaculturales tiene graves repercusiones en la actividad camaronícola. Entre ellos se destaca el manejo relacionado con el alimento y prácticas de alimentación, que representan alrededor del 50% de los costos operativos de la camaronicultura. El desperdicio de alimento no consumido se ha vuelto un problema serio a nivel mundial, ya que además del grave impacto ambiental, causa pérdidas económicas a las empresas camaronícolas. La adición de atrayentes, quimio-atractivos y aperitivos se considera crucial para garantizar la localización e ingesta de alimento en granjas comerciales, donde las condiciones a menudo resultan adversas para la fácil localización y posterior ingestión del alimento en los estanques (Lee & Meyers, 1997).

Costero & Meyers (1993) destacan la importancia de los atrayentes químicos alimenticios en la formulación de dietas comerciales. Estas sustancias son ampliamente reconocidas como medio para incrementar la respuesta de las diferentes especies a un cierto alimento en términos de su atractabilidad y palatabilidad. Sin embargo, la mayoría de estos productos no han sido suficientemente probados y algunos tienen un precio extremadamente alto para su uso en los alimentos. Por lo anterior, es necesario buscar alternativas de productos naturales que puedan optimizar de alguna manera las condiciones de cultivo, ya sea como aperitivos para mejorar el consumo, o bien para mejorar alguna condición fisiológica, nutricional o de estrés en los organismos cultivados.

Actualmente, la herbolaria medicinal es una práctica relativamente novedosa en la acuicultura y solo a partir de los 90' comenzaron a desarrollarse investigaciones en esta disciplina. Sin embargo, las investigaciones en este campo y su empleo por los acuicultores son aún insuficientes a pesar de la probada efectividad e inocuidad de algunos de estos productos (Citarasu, 2010). Algunas hierbas medicinales utilizadas en la acuicultura promueven la capacidad de crecimiento, mejoran el sistema inmune y actúan como estimuladores del apetito; otras, tienen la capacidad de

inducir la maduración, amortiguar el estrés y actuar como agentes antimicrobianos. Dichas características son de gran utilidad en el cultivo de camarones y peces, además de que tales productos no provocan daños graves al medio ambiente.

Algunos estudios relacionados con el uso de plantas medicinales como estimuladores del apetito, incluyen los de Citarasu (2010), quien encontró que algunos extractos como el de pimienta, jengibre, canela, entre otros, son capaces de mejorar el rendimiento de los animales por la acción estimulante de las secreciones intestinales o por tener un efecto bactericida directo sobre la microflora intestinal. Martínez-Córdova *et al.* (2008), al evaluar el efecto de un extracto de *Yucca schidigera* (Roetzl) en el alimento del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone), encontraron una disminución significativa de los niveles de nitrógeno amoniacal en la columna de agua y una mejora en la respuesta productiva, a niveles de inclusión de 2 y 3 ppmil.

Lasianthaea podocephala Gray, también conocida como pionilla de la montaña, es una pequeña hierba perenne distribuida en las laderas montañosas de la sierra de Sonora, México. El extracto acuoso de su raíz se utiliza en comunidades rurales como aperitivo y antiparasitario para las personas (Martin *et al.*, 1998). Recientemente, se realizó un estudio en condiciones de laboratorio (Martínez-Porchas *et al.*, 2013), donde se incluyeron en la dieta del camarón blanco, dos concentraciones diferentes de un extracto de la raíz y se encontró que no tiene efectos negativos sobre la calidad del agua, pero tiene efecto positivo en la supervivencia y ganancia de biomasa, con solamente 1% de inclusión en la dieta.

De acuerdo a lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de la incorporación de un extracto acuoso de la raíz de *L. podocephala* directamente en la columna de agua, sobre el consumo de alimento, respuesta productiva y estado fisiológico del camarón blanco en condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado durante ocho semanas en las instalaciones del Laboratorio Húmedo de Acuicultura del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, México (DICTUS). Nueve acuarios rectangulares de plástico con 40 L de capacidad fueron utilizados como unidades experimentales; el aporte de oxígeno disuelto (OD) en el agua fue suministrado por piedras difusoras conectadas a una red de distribución de aire unida a un

soplador de 1/4 HP. Se utilizó agua de mar filtrada y esterilizada por medio de filtros de arena, un biofiltro y una lámpara de UV.

Un total de 225 postlarvas de camarón blanco (0.06 ± 0.005 g de peso promedio) obtenidas del laboratorio "Maricultura del Pacífico S.A. de C.V.", en Bahía de Kino, Sonora, se utilizaron en el experimento. Los camarones se distribuyeron en acuarios con una densidad de 125 m^{-2} (25 organismos por acuario). Una dieta comercial (Aquaprofile 35 de Purina®, México) se suministró dos veces al día en pequeñas charolas (12x12 cm), ajustando la ración de acuerdo al consumo aparente, siguiendo las recomendaciones de Salame (1993).

Los tubérculos de la raíz de *L. podoccephala* se recolectaron en campos ubicados en el Municipio de Sahuaripa, Sonora, México. Para la preparación del extracto, las raíces se lavaron previamente con agua estéril y posteriormente se secaron al horno a 60°C durante 8 h. Después del secado los tubérculos fueron triturados a pequeños trozos. La obtención del extracto acuoso se hizo mediante una infusión de 50 g de polvo de tubérculo en 1 L de agua destilada cocida durante 2 h en una plancha de calentamiento y agitación magnética. Posteriormente, se separó el extracto del residuo vegetal por filtración y se guardó en una botella de vidrio ámbar en refrigeración para su posterior utilización.

Los tratamientos consistieron en el uso de dos concentraciones de extracto añadidos a la columna de agua a 1 y 3 mL L^{-1} y un tratamiento control sin la inclusión del extracto. Tanto los tratamientos como el control fueron evaluados por triplicado mediante un diseño experimental simple en un arreglo al azar. Las concentraciones se seleccionaron en base a experiencias preliminares y estudios realizados con otros extractos.

Se efectuaron recambios semanales del 20% de agua, retirando mediante sifoneo manual los restos de fecas, alimento no consumido, organismos muertos y exoesqueletos producto de la ecdisis. Se determinaron los parámetros de la calidad del agua como temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH, utilizando una sonda multiparamétrica (YSI 6600®). Las concentraciones de ortofosfatos (PO_4), nitritos (NO_2), nitratos (NO_3) y nitrógeno amoniacal total (NAT) se midieron semanalmente por espectrofotometría, utilizando un equipo programable HACH DR 2000.

Al final del experimento se contaron y pesaron individualmente los organismos de cada tratamiento en una balanza digital (Sartorius® con una precisión de 0,1 g). Se evaluó el desempeño de los organismos en términos de peso final (PF), tasa de crecimiento

específica (TCE), supervivencia (SF) y factor de conversión alimenticia (FCA), de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{FCA} = \left[\frac{\text{Consumo de alimento total}}{\text{Biomasa ganada}} \right]$$

Para evaluar el estado de salud y detectar cambios fisiológicos del camarón, se tomó una muestra de 100 mg de tejido muscular del abdomen de 10 organismos de cada tratamiento. Los camarones de todos los tratamientos se dejaron de alimentar 24 h antes de ser muestreados y posteriormente, se extrajeron 10 camarones por acuario, los cuales se sacrificaron de inmediato. Cada muestra de tejido muscular se homogenizó (FastPrep 5G, MP Biomedicals EUA) y centrifugó (Legend XTR, Thermo, EUA) a 5000 g durante 30 min a 2°C . Posteriormente, se tomaron $10 \mu\text{L}$ de la muestra líquida sin residuo de tejido. Las mediciones de glucosa, lactato, colesterol y proteína se realizaron con kits comerciales de Randox (Laboratorios Randox, Oceanside, CA, EE.UU), utilizando un espectrofotómetro con lector de microplacas (BIO-RAD Model 680).

Adicionalmente, se tomó una muestra de hepatopáncreas para medir la expresión de dos genes relacionados con el sistema inmune como proteína unidora de lipopolisacáridos y β -glucanos (LGBP) y profenoloxidasa (proPO). Se extrajo ARN del tejido por medio del kit comercial Master Pure RNA Purification Kit (Epicentre, EUA), la síntesis del ADN complementario se realizó utilizando el kit Quantitect Reverse Transcriptase Kit (QIAGEN, USA), seleccionando aquellas muestras con valores de absorbancia cercanos a 2 ($260/280$; NanoDrop, Thermo, EUA). Se utilizó $1 \mu\text{g}$ de ARN para medir la expresión relativa. La expresión de ambos genes se realizó mediante un termociclador Step One (Applied Biosystems, USA) utilizando un fluoróforo (iTaQ™ universal SYBR® Green, BIORAD, EUA) e iniciadores específicos para cada gen (Tabla 2); el gen constitutivo L8 se consideró como control endógeno. Se efectuaron reacciones de $20 \mu\text{L}$ y se establecieron las siguientes condiciones térmicas: 1 ciclo de 5 min a 95°C , 40 ciclos de 30 seg a 95°C y 60 seg a 60°C , y un paso final de extensión a 60°C .

La expresión relativa de cada gen se midió utilizando el método Ct comparativo ($\Delta\Delta\text{Ct}$), utilizando la siguiente ecuación:

$$\Delta\Delta\text{Ct} = (\text{Ct gen interés} - \text{Ct gen L8}) \text{ del tratamiento T1 o T2} - (\text{Ct gen interés} - \text{Ct gen L8}) \text{ del tratamiento control}$$

Los datos obtenidos de los parámetros de la calidad del agua, parámetros de producción, metabolitos y expresión de genes del tejido muscular se analizaron

mediante un análisis de varianza (ANDEVA) de una sola vía. Para la confrontación de los resultados y verificación de las diferencias entre los tratamientos, se realizaron pruebas de comparación múltiples de Tukey. Se tomaron como diferencias significativas aquellas con valor de probabilidad $P < 0,05$.

RESULTADOS

En cuanto a los parámetros físicos, químicos y calidad del agua, no se observaron diferencias significativas en la concentración de oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, pH) (Tabla 1), NAT, NO_3 y PO_4 (Fig. 1). La concentración de NO_2 en el tratamiento control presentó un valor significativamente más alto que el de T1 y no se registraron diferencias respecto a T2 (Fig. 1).

Se observaron diferencias en algunos de los parámetros de producción entre los tratamientos (Fig. 2). La ganancia en peso total fue similar entre tratamientos con un rango de 1,40 a 1,45 g. La supervivencia fue mayor en T1 (56%) y T2 (48%), en comparación al control (28%). La biomasa total en T1 (20,72 g) presentó un promedio significativamente mayor al registrado en el tratamiento control (10,60 g), mientras que no se observó una diferencia significativa con respecto a T2 (16,85 g); no se detectaron diferencias entre T1 y T2. El FCA del tratamiento control (4,3) fue significativamente mayor que el registrado en T1 (2,12) y T2 (2,53), los cuales resultaron ser estadísticamente similares entre sí. No se presentaron diferencias significativas en el consumo de alimento entre T1 (44,0g), T2 (42,6g) y C (45,6). Los valores de la TCE fueron de 6,19% día⁻¹ para el control, 6,10% día⁻¹ para T1 y 6,12% día⁻¹ para T2, sin diferencias significativas entre los tratamientos.

En relación a la concentración de proteína en el músculo, el valor en T1 (87,3 mg g⁻¹) fue significativamente mayor que en el control (76,4 mg g⁻¹), pero similar al encontrado en T2 (86,1 mg g⁻¹). Para la concentración de glucosa se registraron valores en un rango de 3,40 a 4,10 mg g⁻¹, mientras que para lactato los valores oscilaron entre 1,90 y 2,90 mg g⁻¹. En ambos casos no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. La concentración de colesterol del tratamiento control (0,90 mg g⁻¹) fue menor respecto a T1 (1,87 mg g⁻¹), y a T2 (1,65 mg g⁻¹) sin diferencias significativas entre estos últimos (Fig. 3).

En relación a la expresión de los genes relacionados con el sistema inmune, se observó una sobreexpresión de LGBP (~2) en los camarones de ambos tratamientos con extracto de *L. podocephala*, mientras que no se observó un cambio en la expresión de proPO para alguno de ambos tratamientos con respecto al control. (Fig. 4).

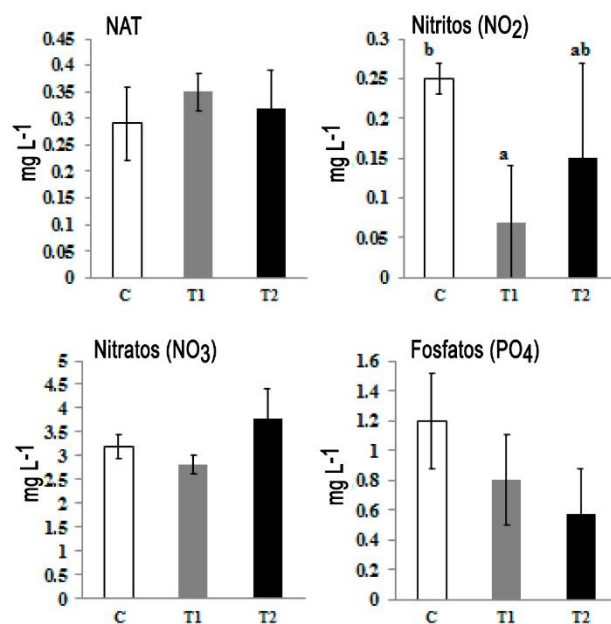


Figura 1. Parámetros de la calidad del agua en los tratamientos con concentraciones de 0 (C) 1 (T1) y 3 mL L⁻¹ (T2) de extracto acuoso de raíz de *L. podocephala*. Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$). NAT: nitrógeno amoniacal total ($\text{NH}_3\text{-NH}_4$).

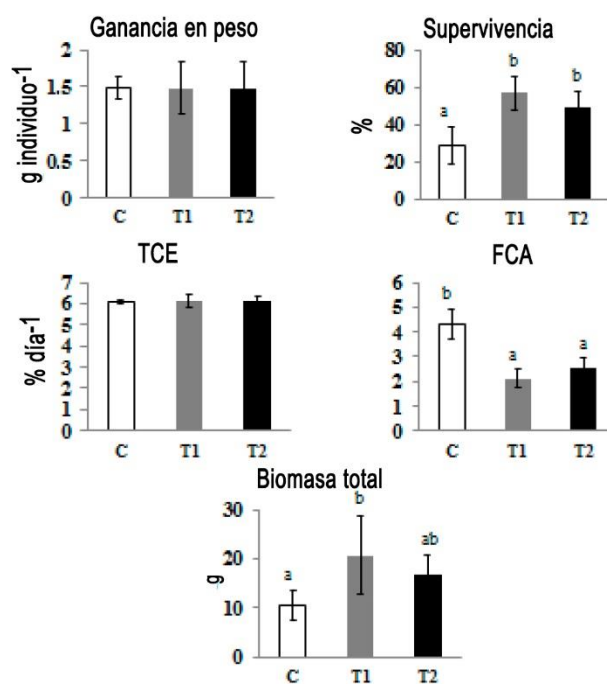


Figura 2. Parámetros de producción de *Litopenaeus vannamei* en los tratamientos con concentraciones de 0 (C) 1 (T1) y 3 mL L⁻¹ (T2) de extracto acuoso de raíz de *L. podocephala*. TCE: tasa de crecimiento específico, FCA: factor de conversión alimenticia. Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Tabla 1. Parámetros físicos y químicos monitoreados en las unidades experimentales de los tratamientos con concentraciones de 0 (C) 1 (T1) y 3 mL L⁻¹ (T2) de extracto acuoso de raíz de *L. podocephala*.

Parámetro	C	T1	T2
Oxígeno disuelto (mg·L ⁻¹)	4,8 ± 0,1	4,7 ± 0,1	4,7 ± 0,1
Temperatura (°C)	27 ± 0,1	27 ± 0,5	27 ± 0,3
pH	6,8 - 7,0	6,7 - 6,8	6,7 - 6,8
Salinidad	35,5 ± 0,3	35,8 ± 0,1	35,4 ± 0,3

Tabla 2. Iniciadores utilizados para amplificar y medir expresión de genes.

Genes	Secuencia de iniciadores (5'-3')	Nº de acceso en Genbank
Profenoloxidasa		
Sentido	5'GCCTTGGCAACGCTTTCA3'	EU373096.1
Antisentido	5'CGCGCATCAGTTCAGTTTGT3'	
LGBP		
Sentido	5'CATGTCCAACCTTCGCTTTCAGA3'	EU102286.1
Antisentido	5'ATCACCGCGTGGCATCTT3'	
L8		
Sentido	5'TAGGCAATGTCATCCCCATT3'	DQ316258
Antisentido	5'TCCTGAAGGGAGCTTTACACG3'	

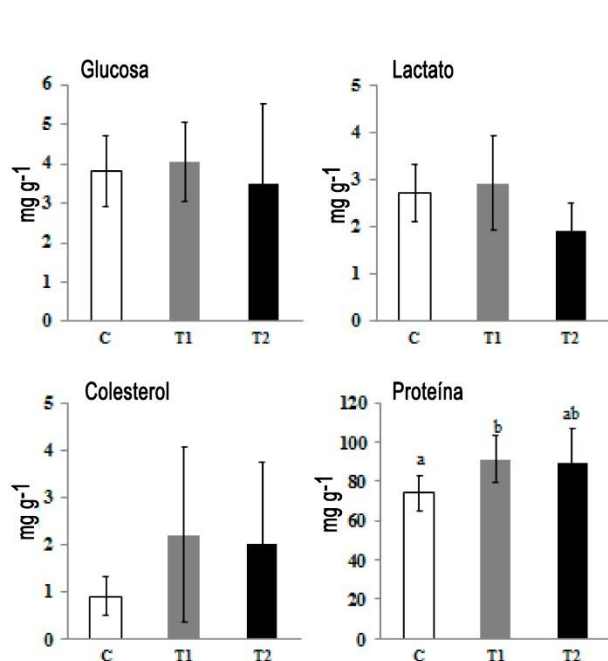


Figura 3. Concentración de metabolitos en tejido muscular del camarón de los tratamientos con concentraciones de 0 (C) 1 (T1) y 3 mL L⁻¹ (T2) de extracto acuoso de raíz de *L. podocephala*.

DISCUSIÓN

Durante el experimento los parámetros de calidad del agua como temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH se mantuvieron estables y dentro de los intervalos que recomiendan diversos autores (Brock & Main 1994;

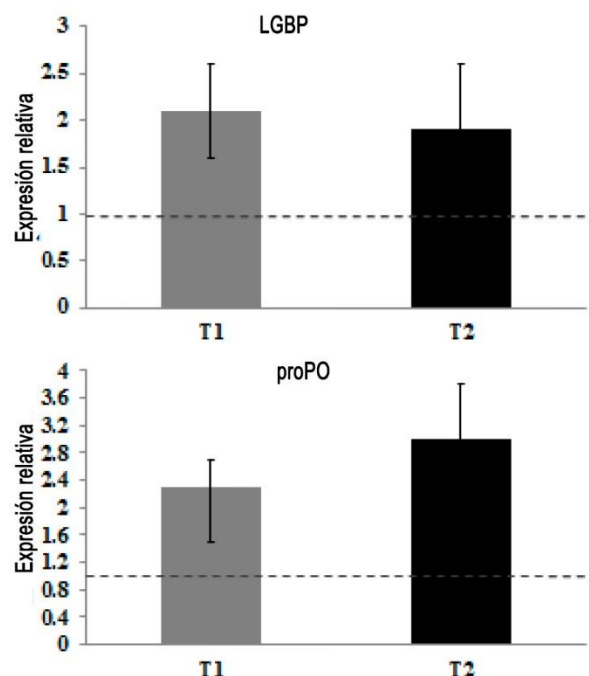


Figura 4. Expresión relativa de los genes que codifican para la proteína unidora de lipopolisacáridos y β-glucanos (LGBP) y profenoloxidasa (proPO) en hepatopáncreas de camarones de los tratamientos con concentraciones de 0 (C) 1 (T1) y 3 mL L⁻¹ (T2) de extracto acuoso de raíz de *L. podocephala*. La línea semicontinua indica el nivel basal de expresión (1) considerada a partir del control.

Martínez-Córdova, 2009). Para el caso de amonio, nitrito, nitrato y fosfato, los valores estuvieron dentro de los rangos adecuados para el desarrollo de *L. vannamei*

sugeridos por varios autores (Boyd, 1990; Arredondo-Figueroa & Ponce-Palafox, 1998; Martínez-Córdova, 2009).

La supervivencia registrada por los camarones en todos los tratamientos fue menor al 60%, posiblemente afectada por la falta de sedimento que sirve como refugio para escapar del canibalismo durante la muda, tal como ha sido reportado en estudios anteriores (Arnold *et al.*, 2006a, 2006b). Es probable también, que los acuarios con los que se trabajó no sean adecuados para el desarrollo de la especie considerando que estos organismos son bentónicos y en granjas se encuentran a una profundidad de 1,5 m; aunque el posible efecto negativo fue el mismo para todos los tratamientos. La ganancia en peso total fue baja, lo cual se atribuiría a que el crecimiento se ve limitado como consecuencia del incremento en la densidad de siembra como lo señala Coman *et al.* (2004).

El alto factor de conversión alimenticio obtenido en el tratamiento control es consecuencia de la baja supervivencia que se ve reflejada en una baja biomasa final. Sin embargo, los valores registrados están dentro del rango comúnmente encontrado en granjas comerciales en la región (M. Porchas-Cornejo, *com. pers.*). Sin embargo, la supervivencia, biomasa final y FCA, fueron mejores en los tratamientos que incluyeron el extracto de la raíz en comparación con el tratamiento control, lo cual indica preliminarmente que el extracto en las concentraciones utilizadas, tiene un efecto positivo en la respuesta productiva del camarón.

Aunque la mejor respuesta productiva en camarones expuestos al extracto del tubérculo no se puede asociar a un estímulo sobre el consumo de alimento, es probable que este extracto presente un efecto positivo sobre la condición fisiológica del organismo. Estudios anteriores han demostrado que algunos componentes del tubérculo de *L. pododephala* tales como (+)-curcufenol, exhiben actividad antimicrobiana contra bacterias tipo *Vibrio* (Ono *et al.*, 2001), que son comunes en el cultivo de camarón. Además, la sobreexpresión de LGBP y proPO en los tratamientos que recibieron extracto de la raíz, se asociaría a una inmunoestimulación por alguno de los componentes del extracto. Las LGBP participan en el reconocimiento de bacterias Gram negativas y hongos, a la vez que estimulan la síntesis de proPO que participa en la melanización, patógenos y tejidos dañados (Gollas-Galván *et al.*, 1999). Diversos productos derivados de plantas han demostrado tener un efecto inmunoestimulante sobre crustáceos decápodos como los camarones (Citarasu *et al.*, 2006).

Las concentraciones de proteína en el músculo de *L. vannamei*, son similares a los encontrados por Aparicio-Simon *et al.* (2010), quienes reportaron rangos de 75 a

90 mg g⁻¹ en juveniles de la misma especie. Noreña-Rivera (2012) al evaluar el efecto de la inclusión dietaria de un extracto de la raíz de *L. pododephala* en el cultivo de *L. vannamei*, encontró valores de proteína de 61,5 mg g⁻¹ con un nivel de inclusión de 0,2%, 64,41 mg g⁻¹ con un nivel de 1% y 77,39 mg g⁻¹ en el tratamiento control. Estos menores valores de proteína, a pesar de considerarse como normales, se atribuyeron a que los organismos estuvieron bajo algún grado de estrés durante el cultivo en laboratorio.

La concentración de colesterol registró mayores valores que los reportados por Mercier *et al.* (2006) para camarones sometidos a estrés por manejo; pero menores a los reportados por Noreña-Rivera (2012) quien obtuvo concentraciones de 0,9; 4,32 y 12,14 mg g⁻¹ para el tratamiento control, con niveles de inclusión de 0,2 y 1% del extracto de pionilla, respectivamente. En dicho estudio se argumenta que es posible que algún componente de la pionilla incentivara un mejor aprovechamiento del colesterol suministrado en el alimento. Los resultados de la presente investigación tienen una tendencia similar, ya que se obtuvo mayor concentración de colesterol y mayor supervivencia en los tratamientos T1 y T2, mientras que los camarones del tratamiento control presentaron una deficiencia de este nutriente, lo cual indica un pobre estado nutricional que pudiera haber sido una de las causas de la mayor mortalidad en este tratamiento. La hipótesis anterior se fundamenta en que el colesterol es un nutriente esencial para el camarón, debido a sus múltiples funciones fisiológicas y metabólicas como componente estructural de membranas, fuente de energía, precursor de hormonas esteroideas y hormonas relacionadas con la muda, entre otros (Bonilla-Gómez *et al.* 2012); además este no puede ser sintetizado *per se* por los organismos.

El valor de referencia de lactato obtenido para juveniles de *L. vannamei* es de 0.14 mg g⁻¹ según estudios anteriores (López *et al.*, 2003). Sin embargo, en el presente estudio se registraron valores mucho mayores. Racotta & Palacios (1998) y López *et al.* (2003) señalan que valores >0,5 mg g⁻¹ de lactato sugieren una condición de estrés. Así como el lactato y la proteína, la glucosa es útil como indicador de estrés en camarones (Mercier *et al.*, 2006, 2009; Ávila-Villa *et al.*, 2012), de lo cual se asume que los mayores valores encontrados en el experimento (3,40 a 4,10 mg g⁻¹), se podrían asociar a condiciones estresantes como el tipo de acuarios utilizados, falta de sedimento, manejo y otros.

A diferencia del estudio anterior, realizado por Noreña-Rivera (2012), en que se utilizó el extracto de pionilla en el alimento de *L. vannamei*, en el presente estudio, el extracto acuoso en la columna de agua no funcionó como aperitivo con solo dos raciones al día.

No obstante, tuvo un efecto positivo en algunos indicadores de la condición fisiológica, inmune y nutricional de los organismos, lo que sugiere que el uso combinado del producto tanto en el alimento como en el agua, pudiera tener un mayor efecto en el mejoramiento del desempeño del camarón en condiciones controladas de cultivo. Por último, una vez demostrado el efecto benéfico del extracto sobre distintas respuestas del camarón, es necesario efectuar estudios cinéticos en relación al comportamiento de biomoléculas y expresión de genes con respecto al tiempo.

REFERENCIAS

- Aparicio-Simón, B., M. Piñon, R. Racotta & I.S. Racotta. 2010. Neuroendocrine and metabolic responses of Pacific whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* exposed to acute handling stress. *Aquaculture*, 298: 308-314.
- Arnold, S.J., J.M.J. Sellars, P.J. Crocos & G.J. Coman. 2006a. An evaluation of stocking density on the intensive production of juvenile brown tiger shrimp (*Penaeus esculentus*). *Aquaculture*, 256: 174-179.
- Arnold, S.J., P.J. Sellars, M.J. Crocos & G.J. Coman. 2006b. Intensive production of juvenile tiger shrimp *Penaeus monodon*: an evaluation of stocking density and artificial substrates. *Aquaculture*, 261: 890-896.
- Arredondo-Figueroa, J.L. & J.T. Ponce-Palafox. 1998. Calidad del agua en acuicultura: conceptos y aplicaciones. AGT Editor S.A., México D.F., 236 pp.
- Ávila-Villa, L.A., D. Fimbres-Olivarría, G. García-Sánchez, T. Gollas-Galván, J. Hernández-López & M. Martínez-Porchas. 2012. Physiological and immune responses of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) infected with necrotizing hepatopancreatitis bacterium. *Aquaculture*, 324: 14-19.
- Bonilla-Gómez, J.L., X. Chiappa-Carrara, C. Galindo, G. Jeronimo, G. Cuzon & G. Gaxiola. 2012. Physiological and biochemical changes of wild and cultivated juvenile pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* (Crustacea: Penaeidae) during molt cycle. *J. Crustacean Biol.*, 32: 597-606.
- Boyd, C.E. 1990. Water quality in ponds for Aquaculture. Birmingham Publishing, Auburn University, Alabama, 37 pp.
- Brock, J. & K.L. Main. 1994. A guide to the common problems and diseases of cultured *Penaeus vannamei*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, 242 pp.
- Citarasu, T., V. Sivaram, G. Immanuel, N. Rout & V. Murugan. 2006. Influence of selected Indian immunostimulant herbs against white spot syndrome virus (WSSV) infection in black tiger shrimp, *Penaeus monodon* with reference to haematological, biochemical and immunological changes. *Fish Shellfish Immunol.*, 21: 372-384.
- Citarasu, T. 2010. Herbal biomedicines: a new opportunity for aquaculture industry. *Aquacult. Int.*, 18: 403-414.
- Coman, G.J., P.J. Crocos, N.P. Preston & D. Fielder. 2004. The effects of density on the growth and survival of different families of juvenile *Penaeus japonicus* Bate. *Aquaculture*, 229: 215-223.
- Costero, M.C. & S.P. Meyers. 1993. Evaluation of chemoreception by *Penaeus vannamei* under experimental conditions. *Prog. Fish Cult.*, 55: 157-162.
- Gollas-Galván, T., J. Hernández-López & F. Vargas-Albores. 1999. Prophenoloxidase from brown shrimp (*Penaeus californiensis*) hemocytes. *Comp. Biochem. Physiol. B*, 122: 77-82.
- Lee, P.G. & S.P. Meyers. 1997. Chemoattraction and feeding stimulation. In: L.R. D'Abramo, D.E. Conklin & D.M. Akiyama (eds.). *Crustacean nutrition*. World Aquacult. Soc., Baton Rouge, Louisiana, pp. 292-351.
- López, N., G. Cuzon, G. Gaxiola, G. Taboada, M. Valenzuela, C. Pascual, A. Sánchez & C. Rosas. 2003. Physiological, nutritional, and immunological role of dietary β 1-3 glucan and ascorbic acid 2-monophosphate in *Litopenaeus vannamei* juveniles. *Aquaculture*, 224: 223-243.
- Martin, P.S., D. Yetman, M. Fishbein, P. Jenkins, T. Van Devender & R.K. Wilson. 1998. Gentry's Río Mayo plants; the tropical deciduous forest and environs of northwest Mexico. University of Arizona Press, Tucson, 538 pp.
- Martínez-Córdova, L.R., A. Campaña-Torres, L. Bringas-Alvarado & M. Porchas-Cornejo. 2008. Efectos de la inclusión dietaria de *Yucca schidigera* en los parámetros de calidad del agua y producción del camarón blanco del Pacífico, *Litopenaeus vannamei*. *Invest. Cienc.*, 16: 4-10.
- Martínez-Córdova, L.R. 2009. Camaronicultura sustentable. Editorial Trillas, México D.F., 174 pp.
- Martínez-Porchas, M. & L.R. Martínez-Cordova. 2012. World aquaculture: environmental impacts and troubleshooting alternatives. *Sci. World J.*, 2012. Article ID 389623. doi: 10.1100/2012/389623.
- Martínez-Porchas, M., E.I. Noreña-Rivera, L.R. Martínez-Córdova, J.A. López-Elías, F. Mendoza-Cano, L. Bringas Alvarado & M.E. Lugo-Sánchez. 2013. Evaluación preliminar del polvo de tubérculo de San Pedro Daisy (*Lasianthaea podoccephala*), como aditivo alimenticio en el cultivo intensivo de camarón (*Litopenaeus vannamei*) bajo condiciones de laboratorio. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 41: 440-446.

- Mercier, L., E., Palacios, A. Campa-Córdova, D. Tovar-Ramírez, R. Hernández-Herrera & I. Racotta. 2006. Metabolic and immune responses in Pacific whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* exposed to a repeated handling stress. *Aquaculture*, 258: 633-640.
- Mercier, L., I.S. Racotta, G. Yepiz-Plascencia, A. Muhlia-Almazán, R. Civera, M.F. Quiñones-Arreola, M. Wille, P. Sorgeloos & E. Palacios. 2009. Effect of diets containing different levels of highly unsaturated fatty acids on physiological and immune responses in Pacific whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) exposed to handling stress. *Aquacult. Res.*, 40: 1849-1863.
- Noreña-Rivera, E. 2012. Evaluación del efecto de la inclusión dietaria de un extracto de la raíz de pionilla (*Lasianthaea podocephala*) sobre el consumo de alimento, respuesta productiva y condición nutricional del camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Sonora, Hermosillo, 57 pp.
- Ono, M., Y. Ogura, K. Hatogai & H. Akita. 2001. Total synthesis of (S)-(+)-curcudiol, and (S)-(+)-and (R)-(-)-curcuphenol. *Chem. Pharm. Bull.*, 49: 1581-1585.
- Racotta, I.S. & E. Palacios. 1998. Hemolymph metabolic variables in response to experimental manipulation stress and serotonin injection in *Penaeus vannamei*. *J. World Aquacult. Soc.*, 29: 351-356.
- Salame, M. 1993. Feeding trays in penaeid shrimp ponds. *Aquacult. Mag.*, 19: 59-63.
- Sánchez, A., C. Pascual, A. Sánchez, F. Vargas-Albores, G. LeMoullac & C. Rosas. 2001. Hemolymph metabolic variables and immune response in *Litopenaeus setiferus* adult males: the effect of acclimation. *Aquaculture*, 198: 13-28.

Received: 2 June 2015; Accepted: 24 August 2015