

Evaluación de la respuesta productiva e inmune en juveniles de camarón *Litopenaeus vannamei* alimentado con mezclas probióticas

Productive response and circulating haemocytes in juvenile shrimp *Litopenaeus vannamei*, fed with probiotic mixture

Angel I. Campa-Córdova¹, Yenni-Morales Cristóbal¹, María A. Guzmán-Murillo¹ y Gabriel Aguirre-Guzmán^{2*}

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Mar Bermejo No. 195, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, BCS, México

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Km 5 Carr. Victoria-Mante, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México

*Autor correspondiente: gabaguirre@docentes.uat.edu.mx

Abstract. Shrimp diets with mixtures of probiotics (bacilli or yeasts) were evaluated on the production response and immunological effect on juvenile shrimp (*Litopenaeus vannamei*). The results showed a significant effect in growth, food consumption and feed conversion rate when probiotic diet was used. In addition, experimental diets with yeast mixture [*C. insectorum* (DH5), *D. hansenii* (DH6, and L1)] had a significantly higher amount of circulating haemocytes than those with bacilli [*B. tequilensis* (YC5-2), *B. endophyticus* (YC3-b) and *B. endophyticus* (C2-2)]. Shrimp fed both experimental diets (3×10^7 CFU mL⁻¹) had a significantly higher growth and immune parameters when compared with the commercial diet. Both elements can contribute to the sustainable development and health of shrimp farming.

Key words: *Bacillus* sp., haemocytes, probiotics, productive response, shrimp, yeast

INTRODUCCIÓN

La acuicultura de camarón se ha expandido significativamente a lo largo de mundo, siendo una industria muy tecnificada hoy en día (Aguirre-Guzmán *et al.* 2009). La intensificación de los sistemas es responsable de un mayor estrés de los organismos, deterioro del medio ambiente y presencia de enfermedades (Balcázar *et al.* 2007). Esta problemática ha fomentado las investigaciones que permitan lograr un buen crecimiento y salud de los organismos bajo cultivo y generar estrategias amigables con el medio ambiente, tales como el uso de los probióticos. Estos productos son microorganismos vivos empleados como aditivos alimenticios que pueden mejorar la biota microbiana gastrointestinal, digestión, crecimiento, resistencia a enfermedades y mejorar la calidad del agua del cultivo. Los probióticos son empleados en el cultivo de diversas especies de camarón tales como: *Fenneropenaeus indicus*, *Litopenaeus vannamei*, *Marsupenaeus japonicus* y *Penaeus monodon*, entre otras, debido a que mejoran el crecimiento, sobrevivencia y salud del camarón al favorecer el sistema inmune (Subuntith *et al.* 2011, Zorriehzahra *et al.* 2016, Qiu *et al.* 2018). Además, puede

disminuir la tasa de conversión alimenticia gracias a la producción de enzimas digestivas (amilasas, celulasas, fitasas, glicosidasas, lipasas, proteasas) (Reyes-Becerril *et al.* 2008, Kuan-Fu *et al.* 2010). Algunos probióticos contienen beta-glucanos, quitina, mano-proteína y ácidos nucleicos que estimulan a los hemocitos, los cuales a su vez fomenta la respuesta inmune en los camarones (Chotikachinda *et al.* 2008).

Especies como *Bacillus cereus*, *B. licheniformis*, *B. subtilis* y *B. natto*, *Candida sake*, *C. tropicalis*, *Debaryomyces hansenii*, *Rhodotorula rubra*, *R. glutinis*, *Rhodospiridium paludigenum*, *Saccharomyces cerevisiae* y *S. commune* son las más empleadas como probióticos en camarón (Lara-Flores & Aguirre-Guzmán 2009, Kuan-Fu *et al.* 2010, Zhen-Ming *et al.* 2010, Sukumaran *et al.* 2010, Subuntith *et al.* 2011, Yang *et al.* 2013). El efecto de los probióticos en camarón es un área potencial de investigación que puede generar herramientas para mejorar el desarrollo de esta industria. El presente trabajo evaluó la factibilidad de emplear cepas de bacilos o levaduras como aditivos alimenticios a fin de mejorar los parámetros de producción y sistema inmune de juveniles de *L. vannamei*.

MATERIALES Y MÉTODOS

MEZCLAS DE CEPAS PROBIÓTICAS

Se utilizaron dos mezclas probióticas, una de bacilos aisladas de hepatopáncreas de camarón *L. vannamei* [*B. tequilensis* (YC5-2), *B. endophyticus* (YC3-b) y *B. endophyticus* (C2-2)] y una de levaduras [*C. insectorum* (DH5), *D. hansenii* (DH6 y L1)] (Luis-Villaseñor *et al.* 2011, Pacheco *et al.* 2012). Los microorganismos fueron recuperados de crioconservación (-80 °C) y cultivados en placas de TSA+2,5% NaCl a 37 °C por 24 h o PDA a 30 °C por 24 h, dependiendo del caso. Las colonias fueron extraídas del agar, suspendidas en 10 mL de solución salina estéril, 3% NaCl hasta alcanzar una absorbancia de 1,0 a 540 nm, equivalente a 1×10^9 UFC mL⁻¹ de bacilos (Luis-Villaseñor *et al.* 2011) y de 1,0 a 600 nm equivalente a 3×10^7 UFC mL⁻¹ de levaduras (Pacheco *et al.* 2012).

DIETAS EXPERIMENTALES

Para la fabricación de la dieta experimental (DE) se utilizaron los ingredientes señalados en la Tabla 1, los cuales fueron pulverizados (Molinos Pulvex, D.F. México), tamizados (250 µm) y almacenados a 4 °C en bolsas de plásticos selladas dentro de cubetas herméticas. La dieta fue formulada con el programa Nutrion^{MR} (Guadalajara, Jalisco, México) y suplementada con metionina, lisina y treonina (Tacon 2002). Una dieta comercial (DC) con 35% proteína (PIASA S.A. de C.V.) fue utilizada como control.

La composición del alimento utilizado para el bioensayo está señalada en la Tabla 1. Los pellets elaborados (2 mm de diámetro) fueron cortados manualmente y secados en una estufa con flujo de aire (37 °C) hasta obtener una humedad aproximada del 10%. La mezcla de bacilos o levaduras fue incorporada a la DE por aspersión (10^6 UFC mL⁻¹), secando el alimento a 37 °C. La DC y las dietas con bacilos (DB) y levadura (DL) fueron embolsadas por separado, etiquetadas, almacenadas a 4 °C y analizadas para proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), humedad (H), ceniza (C) y extracto libre de nitrógeno (ELN) (Horwitz & Latimer 2005).

SISTEMA EXPERIMENTAL

Los camarones (*L. vannamei*) fueron aclimatados durante 15-20 días en tanques de 1.500 L a 29 °C, 35 de salinidad y fueron alimentados *ad libitum* dos veces al día (10 y 16 h) con alimento comercial (35% proteína). El sistema de cultivo consistió en 12 acuarios de 60-L con malla mosquitero para evitar la fuga de camarones. Cada acuario tenía un calentador sumergible de 200 W para mantener el agua a $28 \pm 0,5$ °C; suministro de aire (oxígeno disuelto ≥ 5 mg L⁻¹) y agua marina filtrada y expuesta a UV (35 ppm, 5 µm). El fotoperiodo fue de 12:12 h de luz-obscuridad con iluminación de luz blanca de neón (200 W).

Tabla 1. Composición proximal del alimento utilizado en crecimiento de juveniles de camarón blanco *L. vannamei* / Proximate composition of the feed used in juvenile growth of white shrimp *L. vannamei*

Ingredientes	Nivel de inclusión (g)
Harina integral de trigo	166,0
Pasta de soya	130,0
Harina de pescado	120,0
Carboximetil celulosa	24,58
Aceite de sardina	20,0
Alginato de sodio	10,0
Lecitina de soya	10,0
Premezcla de vitaminas*	9,0
Fosfato dibásico de sodio	6,0
Premezcla de minerales**	2,5
L-treonina	0,272
Cloruro de colina (62%)	1,0
Vit-C (35%)	0,45
Butil-hidroxi-tolueno	0,02
DL-metionina	0,075
Lisina-HCl	0,07
Total	500,0

*VITCRU0409 (g kg⁻¹ alimento): Vit.-A= 15000 IU, Vit.-D₃= 7500 IU, Vit.-E=400mg, Vit.-K₃= 20 mg, B₁= 150 mg, B₂= 100 mg, B₃= 300 mg, B₅= 100 mg, B₆= 50 mg, B₈= 1 mg, B₉= 20 mg, B₁₂= 0,1 mg, Inositol= 500 mg

**MINCRU0409 (g kg⁻¹ alimento): MgSO₄ 7H₂O (0,5), ZnSO₄ 7H₂O (0,09), KCl (0,5), MnCl₂ 4H₂O (0,0234), CuCl₂ 2H₂O (0,005), KI (0,5), CoCl₂ 6H₂O (0,0025)

Para el bioensayo de 45 días, se utilizaron camarones con un peso inicial promedio de $0,14 \pm 0,02$ g, colocados aleatoriamente a una densidad de 10 camarones/acuario con tres réplicas (acuarios) por tratamiento (n= 120). Los camarones tuvieron una aclimatación de dos días antes de iniciar el bioensayo. Se les suministró el alimento al 10% de la biomasa ajustando el consumo diariamente hasta presentar un excedente. El alimento fue distribuido en tres raciones al día (09:00, 13:00 y 17:00 h).

Diariamente se eliminaron mudas, camarones muertos y restos de alimento por sifoneo. Se realizó un recambio diario del 60% de agua, las biometrías fueron a los 15, 30 y 45 días de cultivo, pesando cada camarón del acuario en una balanza analítica (0,001 g) después de secarlos cuidadosamente. Se evaluó peso promedio final, tasa de supervivencia (TS= $100 \times (\text{número final de camarones}) / (\text{número inicial de camarones})$), consumo aparente de alimento (CAA= alimento proporcionado – alimento residual) y tasa de conversión alimenticia (TCA= $\text{total de alimento consumido} / \text{peso ganado}$) (Chotikachinda *et al.* 2008).

OBTENCIÓN Y CONTEO TOTAL DE HEMOCITOS CIRCULANTES

Se extrajo la hemolinfa de 6 camarones tomados al azar por tratamiento. Esta fue extraída de la base del pleópodo del primer segmento abdominal con una jeringa (3,0 mL) con 500 μ L de solución anticoagulante con 450 mM NaCl, 10 mM KCl, 10 mM EDTA- Na_2 , 10 mM HEPES, pH 7,3, 850 mOsm kg^{-1} a 4 °C (Leyva-Madrigal *et al.* 2011), depositándola en tubos Eppendorf estériles mantenidos en una cama de hielo (Pacheco *et al.* 2012). Cien microlitros (100 μ L) de hemolinfa se mezclaron con 400 μ L de solución fijadora (anticoagulante + formaldehído, al 10%) para fijar los hemocitos, observándolos bajo el microscopio y cuantificándolos con una cámara Neubauer como conteo total de hemocitos por mililitro (CTH) (Chotikachinda *et al.* 2008, Pacheco *et al.* 2012).

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

El peso promedio final, TS, CAA, TCA y CTH fueron normales y homocedásticos por lo cual fueron evaluados utilizando un análisis de varianza ANOVA y una prueba *a posteriori* de Tukey (Chotikachinda *et al.* 2008, Pacheco *et al.* 2012) con STATISTICA versión 6,0 (Statsoft®-TIBCO® Statistica™).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros fisicoquímicos del agua poseen una gran relevancia en acuacultivos ya que influyen directamente en los requerimientos, crecimiento, metabolismo y toda actividad fisiológica de los camarones. El comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del agua evaluados en la presente investigación ($5,44 \pm 0,3$ a $5,84 \pm 0,73$ mg L^{-1} de oxígeno y $28,5 \pm 0,2$ °C) no presentaron variaciones importantes que generaran condiciones adversas al cultivo, estando dentro de los rangos normales sugeridos para la especie (Martínez 1999).

La dieta comercial (DC) registró 35, 8, 3, 8, 8 y 38% de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), humedad (H), ceniza (C) y extracto libre de nitrógeno (ELN), respectivamente, mientras que la DE reveló 37,7; 9,35; 1,13; 7,55 y 44,23% de PC, EE, FC, C y ELN, respectivamente. El análisis proximal inicial de las dietas elaboradas (datos no presentados) no mostró cambios en el contenido nutrimental de las dietas experimentales comparado con la dieta control debido a la aplicación de los probióticos (Bacilos o levaduras).

La calidad nutricional de los ingredientes, aunado a un mejor entendimiento de los requerimientos nutricionales de los organismos, permiten diseñar formulaciones específicas eficientes que mejoran el crecimiento y salud de los organismos bajo cultivo, fomentando a su vez una industria sustentable (Nunes *et al.* 2014). Los camarones alimentados con la dieta experimental (DE) mostraron una diferencia significativa ($P < 0,05$) en peso final, CAA y TCA con respecto a aquéllos alimentados con la dieta control (Tabla 2). Esta diferencia puede deberse a la adición de los aminoácidos esenciales y/o una mayor frescura de los ingredientes al momento de fabricar la DE, que pudo fomentar una mejor digestión y absorción de los nutrientes como sugiere Nunes *et al.* (2014). Cabe señalar que las dietas comerciales buscan una buena relación entre costo/beneficio lo que ocasionalmente afecta su calidad. La tasa de supervivencia (TS) obtenida registró diferencias significativas ($P < 0,05$) en los juveniles tratados con la DL respecto al grupo DC.

El peso promedio final (2,7 g) y CAA (2,2 g) de los camarones alimentados con la DC presentó valores significativamente inferiores ($P > 0,05$) comparadas con DB (4 y 5,9 g) y DL (4,2 y 6,1 g). Los tratamientos DB (83,3) y DL (93,3) mostraron valores más altos de supervivencia total comparados a DC (63,3), sin embargo, solo la DL registró diferencia significativa entre tratamientos (Tabla 2). Resultados similares han sido observados para *L. vannamei* alimentados con probióticos. Gullian *et al.* (2004) emplearon cepas probióticas de *Bacillus* sp. (P64), *Vibrio heparinus* (P62) y *V. alginolyticus* (LLi), registrando un incremento significativo en el peso promedio de los camarones con respecto a la dieta control (2,8-3,0 y 2,2 g de peso promedio, respectivamente), así como una mejora

Tabla 2. Parámetros de producción de juveniles de *L. vannamei* / Production parameters of *L. vannamei* juveniles

Dieta	Peso inicial (g)	Peso final (g)	CAA (g)	TCA	TS (%)
DC	$0,14 \pm 0,02$	$2,7 \pm 0,9_a$	$2,2 \pm 0,4_a$	$0,8 \pm 0,06_a$	$63,3 \pm 11,5_a$
DE	$0,14 \pm 0,02$	$4,4 \pm 1,6_b$	$7,0 \pm 0,4_b$	$1,6 \pm 0,18_b$	$80,0 \pm 17,3_a$
DB	$0,14 \pm 0,02$	$4,0 \pm 1,7_b$	$5,9 \pm 0,2_b$	$1,5 \pm 0,26_b$	$83,3 \pm 11,6_a$
DL	$0,14 \pm 0,02$	$4,2 \pm 1,5_b$	$6,1 \pm 0,6_b$	$1,5 \pm 0,05_b$	$93,3 \pm 5,8_b$

CAA: Consumo aparente de alimento, TCA: Tasa de conversión alimenticia, TS: Tasa de supervivencia
DC: Dieta comercial, DE: Dieta experimental sin probióticos, DB: Dieta experimental+Bacilos, DL: Dieta experimental+levadura
Letras diferentes indican diferencia significativa ($P < 0,05$)

en la respuesta inmune de *L. vannamei* (5,1-5,9 y 4,7 de índice inmune, respectivamente). Shi-Ping *et al.* (2010) emplearon levadura (*Rh. paludigenum*) como agente probiótico en *L. vannamei*, encontrando una mejora significativa en peso final comparado con el control (4,1 y 3,6 g, respectivamente). También observaron una mayor actividad antioxidante e inmunológica de diversos factores presentes en la hemolinfa del camarón.

Los hemocitos generan productos antimicrobianos de importancia para el sistema inmune y llevan a cabo procesos como fagocitosis o actividades de encapsulación que generan cambios en el número total de hemocitos circulantes (Aguirre-Guzman *et al.* 2009, Zorriehzahra *et al.* 2016). Es por ello, que el incremento de estas células inmunocompetentes en hemolinfa se asocia a un efecto inmunoestimulante de los aditivos utilizados en el alimento (Zokaeifar *et al.* 2012). En el presente estudio, el conteo total de hemocitos (CTH) mostró que los camarones tratados con levaduras (DL) fue significativamente superior ($P > 0,05$) comparado con la dieta comercial (Fig. 1). Investigaciones del sistema inmune de camarones han demostrado que es posible aumentar el CTH y resistencia a patógenos mediante la ingestión de aditivos alimentarios, ya que éstos pueden ser empleados como inmunoestimulantes (Aguirre-Guzman *et al.* 2012, Bai *et al.* 2014). Se ha reportado que dietas con cepas vivas de

levaduras y sus derivados estimulan el sistema inmune de camarones, elevando el número y actividad de hemocitos al incluir 0,1% de β -glucanos en la dieta (Bai *et al.* 2014). Pacheco *et al.* (2012) evaluaron el efecto de tres cepas de *D. hansenii* sobre la respuesta inmune de *L. vannamei*, concluyendo que las cepas DH6 y LL1 a una concentración de 1×10^6 UFC mL^{-1} , aumentaron el CTH, contenido de proteínas y respuesta antioxidante en hemocitos.

Algunos trabajos previos recomiendan las mezclas de cepas probióticas, ya que son más efectivas que las cepas independientes, debido a su efecto sinérgico que favorece diferentes procesos que pueden mejorar la producción, crecimiento, salud, y condición inmune de los camarones (Aguirre-Guzman *et al.* 2009, 2012; Kuan-Fu *et al.* 2010, Zhen-Ming *et al.* 2010, Subuntith *et al.* 2011, Zorriehzahra *et al.* 2016). Las mezclas probióticas también influyen la actividad en la síntesis de vitaminas o cofactores, mejora la digestión de proteínas y otros ingredientes que fomentan la absorción de nutrientes (Kuan-Fu *et al.* 2010, Powedchagun *et al.* 2011). Guillan *et al.* (2004) señalan que estas cualidades de los probióticos influyen en el bienestar de los organismos, mientras que Guo *et al.* (2006) y Pascual *et al.* (2006) señalan que esto mejora la síntesis de la hemocianina que forma parte del sistema inmune del camarón y que se relaciona con la construcción, reparación y mantenimiento de tejidos, siendo además una fuente de energía catabólica.

Este trabajo reveló que la dieta experimental (DE) mejoró peso final, consumo aparente de alimento (CAA) y tasa de supervivencia (TS) respecto a la dieta comercial (DC). La inclusión de levaduras o bacilos (DL o DB) a una concentración de 1×10^6 UFC mL^{-1} en el alimento (DE), mejoró peso final, CAA, tasa de supervivencia (TS) y conteo total de hemocitos circulantes (CTH) respecto a la DC en juveniles de *L. vannamei*. Es necesario realizar más estudios para mejorar el entendimiento sobre la relación de los probióticos con la nutrición y el sistema inmune. Estos dos elementos pueden contribuir substancialmente en el desarrollo sustentable de la camaronicultura.

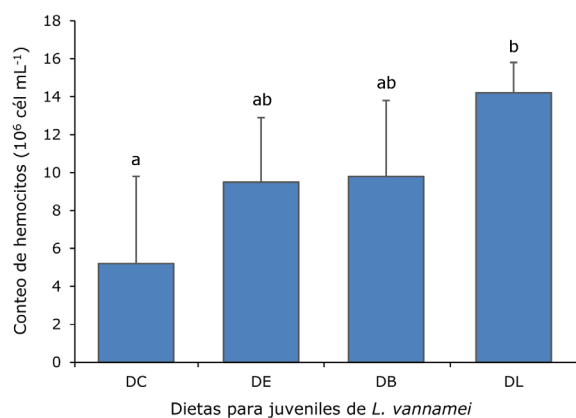


Figura 1. Conteo total de hemocitos circulantes en juveniles de camarón *L. vannamei* alimentados con 4 diferentes dietas. Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$). DC: Dieta comercial, DE: Dieta experimental sin probióticos, DB: Dieta experimental+Bacilos, DL: Dieta experimental+levadura / Total count of circular hemocytes in juveniles of shrimp *L. vannamei* fed with four different diets. Different letters indicate significant differences ($P < 0.05$)

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico en beca para la realización de este estudio, a SEP-CONACYT (Proyecto #243532) y a Diana Fischer por los servicios editoriales de inglés.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Guzman G, JG Sánchez-Martínez, AI Campa-Córdova, A Luna-González & F Ascencio. 2009.** Penaeid shrimp immune system: a minireview. *The Thai Journal of Veterinary Medicine* 39(3): 205-215.
- Aguirre-Guzman G, M Lara-Flores, JG Sanchez-Martínez, AI Campa-Córdova & A Luna-González. 2012.** The use of probiotics in aquatic organisms: A review. *African Journal of Microbiology Research* 6(21): 4845-4857.
- Bai N, M Gu, W Zhang, W Xu & K Mai. 2014.** Effects of β -glucan derivatives on the immunity of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its resistance against white spot syndrome virus infection. *Aquaculture* 426/427: 66-73.
- Balcázar JL, T Rojas-Luna & DP Cunningham. 2007.** Effect of the addition of four potential probiotic strains on the survival of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) following immersion challenge with *Vibrio parahaemolyticus*. *Journal of Invertebrate Pathology* 96(2): 147-150.
- Chotikachinda R, W Lapjatupon, S Chaisilapasung, D Sangsue & C Tantikitti. 2008.** Effect of inactive yeast cell wall on growth performance, survival rate and immune parameters in pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Songklanakarin Journal of Science Technology* 30(6): 687-692.
- Gullian M, F Thompson & I Rodriguez. 2004.** Selection of probiotic bacteria and study of their immunostimulatory effect in *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 233(1-4): 1-14.
- Guo R, YJ Liu, LX Tian & JW Huang. 2006.** Effect of dietary cornstarch levels on growth performance, digestibility and microscopic structure in the white shrimp, *Litopenaeus vannamei* reared in brackish water. *Aquaculture Nutrition* 12(1): 83-88.
- Horwitz H & G Latimer. 2005.** Official methods of analysis of AOAC International. Amino acids in feeds, pp. 8-24. Association of Analytical Chemists, Gaithersburg.
- Kuan-Fu L, C Chiu-Hsia, S Ya-Li, C Winton & L Chun-Hung. 2010.** Effects of the probiotic, *Bacillus subtilis* E20, on the survival, development, stress tolerance, and immune status of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* larvae. *Fish & Shellfish Immunology* 28(5-6): 837-844.
- Lara-Flores M & G Aguirre-Guzman. 2009.** The use of probiotic in fish and shrimp aquaculture. A review. In: Perez-Guerra N & L Pastrana-Castro (eds). *Probiotics: Production, evaluation, and uses in animal feed*, pp. 75-90. Research Signpost, Trivandrum.
- Leyva-Madrigal KY, A Luna-Gonzalez, CM Escobedo-Bonill, JA Fierro-Coronado & IE Maldonado-Mendoza. 2011.** Screening for potential probiotic bacteria to reduce prevalence of WSSV and IHNV in whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) under experimental conditions. *Aquaculture* 322/323: 16-22.
- Luis-Villaseñor IE, ME Macías-Rodríguez, B Gómez-Gil, F Ascencio-Valle & AI Campa-Córdova. 2011.** Beneficial effects of four *Bacillus* strains on the larval cultivation of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 321(1-2): 136-144.
- Martínez R. 1999.** Cultivo de camarones peneidos. Principios y prácticas, 283 pp. AGT Editorial, México.
- Nunes AJP, MVC Sa, CL Browdy & M Vazquez-Anon. 2014.** Practical supplementation of shrimp and fish feeds with crystalline amino acids. *Aquaculture* 431: 20-27.
- Pacheco M, A Campa, G Aguirre, A Luna, M Guzman & F Ascencio. 2012.** Effect of *Debaryomyces hansenii* on the antioxidant response of juvenile white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Revista MVZ Córdoba* 17(1): 2820-2826.
- Pascual C, A Sánchez, E Zenteno, G Cuzon, R Brito, R Gelabert, E Hidalgo & C Rosas. 2006.** Biochemical, physiological, and immunological changes during starvation in juveniles of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 251(2-4): 416-429.
- Powdechagun P, H Suzuki & S Rengpipat. 2011.** Characterization of a probiotic *Bacillus* S11 bacterium of black tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Songklanakarin Journal of Science Technology* 33(1): 1-8.
- Qiu X, L Nguyen & DA Davis. 2018.** Apparent digestibility of animal, plant and microbial ingredients for Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition* 24(3): 930-939.
- Reyes-Becerril M, I Salinas, A Cuesta, J Meseguer, D Tovar-Ramirez, F Ascencio-Valle & MA Esteban. 2008.** Oral delivery of live yeast *Debaryomyces hansenii* modulates the main innate immune parameters and the expression of immune-relevant genes in the gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Fish & Shellfish Immunology* 25(6): 731-739.
- Shi-Ping Y, W Zao-He, J Ji-Chang & Z Xing-Zhong. 2010.** Effect of marine red yeast *Rhodospiridium paludigenum* on growth and antioxidant competence of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 309(1-4): 62-65.
- Subuntith N, B Traimat & V Verapong. 2011.** Effects of probiotic forms, compositions of and mode of probiotic administration on rearing of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) larvae and postlarvae. *Animal Feed Science Technology* 169(3-4): 244-258.
- Sukumaran V, DV Lowman, TP Sajeevan & R Philip. 2010.** Marine yeast glucans confer better protection than that of baker's yeast in *Penaeus monodon* against white spot syndrome virus infection. *Aquaculture Research* 41(12): 1799-1805.
- Tacon AGJ. 2002.** Thematic review of feeds and feed management practices in shrimp aquaculture. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment, 69 pp. <<https://pdfs.semanticscholar.org/b530/841bdabb9cdad8dbd1a4c15bb9f437be151e.pdf>>
- Yang SP, ZH Wu & JC Jian. 2013.** Effect of marine red yeast *Rhodospiridium paludigenum* on antioxidant-related gene expression in *Litopenaeus vannamei*. *The Israeli Journal of Aquaculture* 65(1): 1-6.
- Zhen-Ming C, L Guanglei, Z Shoufeng, L Jing & P Ying. 2010.** Marine yeasts as biocontrol agents and producers of bio-products. *Applied Microbiology and Biotechnology* 86(5): 1227-1241.

Zokaeifar H, JL Balcazar, CR Saad, MS Kamarudin, K Sijam, A Arshad & N Nejat. 2012. Effects of *Bacillus subtilis* on the growth performance, digestive enzymes, immune gene expression and disease resistance of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology* 33: 683-689.

Zorriehzahra MJ, ST Delshad, M Adel, R Tiwari, K Karthik, K Dhama & CC Lazado. 2016. Probiotics as beneficial microbes in aquaculture: An update on their multiple modes of action: A review. *The Veterinary Quartely* 36(4): 228-241.

Recibido el 19 de marzo de 2019 y aceptado el 23 de enero de 2020
Editor: Claudia Bustos D. / Colaborador editor: Luis. Martínez Córdova