Efecto de dos fuentes y tres niveles de proteína dietaria sobre residuales nitrogenados en el cultivo a baja salinidad de *Litopenaeus vannamei* a dos tallas

J. C. Gil-Núñez[1], R. Casillas-Hernández[2], R. Servín-Villegas[3*], F. J. Magallon-Barajas[3], F. Lares-Villa[2], J. R. Gonzalez-Galaviz[4], R. A. Bórquez-López[2]

[1] *Departamento de Biotecnología y ciencias alimentarias del Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero 818 Sur, 8500, Cd. Obregón, Sonora, México.*
[2]*2Departamento de Ciencias Agropecuarias y Veterinarias del Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero 818 Sur, 8500, Cd. Obregón, Sonora, México.*
[3]*Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Instituto Politécnico Nacional, La Paz, México.*
[4]*Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología–Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero 818 Sur, Cd. Obregón, 8500, Sonora, México*

Effect of two sources and three levels of dietary protein on nitrogenous residuals in the culture at low salinity of Litopenaeus vannamei *at two sizes.*

Abstract

The culture of shrimp *L. vannamei* in low salinity water faces some important challenges such as nutrition and release of residual nutrients. The objective of this study was to determine the effect of diets formulated with different sources and percentages of proteins and their relationship with the release of nitrogen compounds. Six diets were formulated using two sources of protein: (PV) soybean meal and (PA) fishmeal; each with three percentages of protein; low (22-25%), medium (32-35%) and high (41-45%). Release bioassays were performed for two sizes of *L. vannamei* (2.71 ± 0.42 g and 5.68 ± 0.82 g). The results show that NH_4-N, and NID increased significantly ($P < 0.05$) as the percentage of protein and the size of the shrimp increased. NO_2-N and NO_3-N remained without differences between the different treatments. These results contribute to a greater understanding of the nutrition, generation and release of residual compounds from a low-salinity *L. vannamei* culture. The use of different sources and percentages of proteins in shrimp diets can support sustainable aquaculture development.

*Key words: L. vannamei***,** Low salinity**,** Soybean meal, Residuals.

Resumen

El cultivo de camarón *L. vannamei* en agua de baja salinidad enfrenta algunos retos importantes como la nutrición y liberación de nutrientes residuales. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de dietas formuladas con diferentes fuentes y porcentajes de proteínas y su relación con la liberación de compuestos nitrogenados. Se formularon seis dietas utilizando dos fuentes de proteínas: (PV) harina de soya y (PA) harina de pescado; cada una con tres porcentajes de proteína; bajo (22-25%), medio (32-35%) y alto (41-45%). Se realizaron bioensayos de liberación para dos tallas de *L. vannamei* (2.71 ± 0.42 g y 5.68 ± 0.82 g). Los resultados muestran que NH_4-N aumentó significativamente ($P<0.05$) conforme aumentó el porcentaje de proteína y la talla del camarón. Los niveles de NO_2-N y NO_3-N, se mantuvieron sin diferencias entre los tratamientos. Esto resultados contribuyen a una mayor comprensión sobre la nutrición, generación y liberación de compuestos residuales provenientes de un cultivo de *L. vannamei* en baja salinidad. El uso de

*Autores de correspondencia
Email: rservins@cibnor.mx
ISSN 2594-0384 (Electrónica)

diferentes fuentes y porcentajes de proteínas en dietas para camarón, pueden apoyar al desarrollo acuícola sostenible.

*Palabras claves: L. vannamei***,** baja salinidad**,** fuentes proteicas, residuales.

Introducción

El cultivo de camarón blanco del pacifico *Litopenaeus vannamei* es una de las actividades con mayor importancia económica dentro de la acuacultura mundial (Gómez *et al*., 2017; Li *et al.*, 2017; Mao *et al.*, 2017). La mayor parte de la producción proviene de agua salada, no obstante, su cultivo en baja salinidad se ha convertido en una alternativa factible, expandiéndose en distintas partes del mundo (Ceballos *et al*., 2012; Fierro *et al.*, 2018). Esto gracias a que *L. vannamei* posee la capacidad de sobrevivir y desarrollarse en un rango de salinidad de 0.5 a 45 g L^{-1}, siempre y cuando, se cuente con un adecuado balance iónico (González *et al*., 2017; Roy *et al*., 2010). Gracias a esta cualidad, pueden aprovecharse aguas subterráneas salobres, terrenos salinos no aptos para la agricultura y reducir el efecto de las enfermedades al realizar esta actividad productiva alejada de la costa (Páez y Valencia, 2013; Jarwar, 2015). Sin embargo, el desarrollo del cultivo de camarón en baja salinidad, enfrenta algunos retos importantes tales como: baja sobrevivencia, crecimiento y fuentes confiables de agua, que requieren solución para consolidarse como una actividad sustentable *(Chen et al*., 2015). Otro desafío que enfrenta el cultivo en agua de baja salinidad está relacionado con los residuales nitrogenados que pueden contaminar cuerpos de agua circundantes, utilizados para otras actividades productivas como la agricultura y la ganadería (Godínez *et al*., 2011). Por otro lado, diversos estudios han determinado que el reemplazo de harina de pescado por harina de soya como fuente proteica es factible sin afectar significativamente el rendimiento productivo de *L. vannamei* tanto en ambientes marinos (Chen *et al*., 2017; Sá *et al*., 2013; Xie *et al*., 2016) como en baja salinidad (Huang *et al*., 2017). En los cultivos con agua de mar se observa un creciente interés por reemplazar las fuentes proteicas con el fin de lograr buenas tasas de crecimiento y disminuir el impacto ambiental por la contaminación causada por las altas concentraciones de nitrógeno liberado a los diferentes cuerpos agua adyacentes (López *et al.*, 2014; Lorenzo *et al.*, 2015; Sumaila *et al*., 2016; Bureau *et al.*, 2017), sin embargo existe poca información sobre el remplazo de fuentes proteicas y su efecto en la generación de compuestos nitrogenados particularmente en cultivos de baja salinidad. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de dietas formuladas con diferentes fuentes y porcentajes de proteínas y su relación con la liberación de compuestos nitrogenados en un ambiente de cultivo de baja salinidad. Estos resultados serán útiles para futuros estudios relacionados con el desarrollo sostenible de la acuacultura.

Materiales y métodos

Formulación de dietas experimentales

Se formularon 6 dietas de acuerdo con la metodología descrita por Calderón (2007). Se utilizaron dos fuentes de proteínas: (PV) harina de soya y (PA) harina de pescado, cada una con tres porcentajes de proteína: bajo (22-25%), medio (32-35%) y alto (41-45%). En las 6 dietas se utilizó aceite de pescado (7.7%) como fuente de lípidos. Las tres dietas con proteína de origen animal se elaboraron con una mezcla del 36.4% de harina de pescado, 36.4% harina de soya y 27.1 % de harina de trigo, mientras que en las tres dietas con proteína vegetal se usaron 45.0% de concentrado proteico de soya 30.0% de harina de soya, 20.0% de harina de trigo y de 2.4 a 4.4% de harina de pescado como atractante (Tabla 1).

Organismos Experimentales

Las postlarvas de L. vannamei se obtuvieron en la empresa Larvas Génesis S.A de C.V (Sonora, México). Se mantuvieron en tanques circulares (200 L) bajo condiciones controladas: 28 ± 0.5°C, oxígeno disuelto ≥4 mg/L. Los organismos se alimentaron a saciedad tres veces al día (8:00, 13:00 y 18:00 h) con una dieta comercial (Proteína cruda, 35%, lípido, 7%; SRY promotora acuícola S.A de C.V.), retirando el alimento no consumido. Se realizaron recambios de agua del 10% cada 24 h. Se aclimataron los organismos a baja salinidad de

Tabla 1. Cantidad de ingredientes utilizados para la elaboración de 6 dietas experimentales isocalóricas e isolipídicas para *L. vanammei* basadas en proteína animal y vegetal.

Ingredientes (g/Kg^{-1} Alimento)	Proteína vegetal			Proteína animal		
	$PV_{(B)}$	$PV_{(M)}$	$PV_{(A)}$	$PA_{(B)}$	$PA_{(M)}$	$PA_{(A)}$
Concentrado proteico de soya [a]	223.50	312.92	402.35	0.00	0.00	0.00
Harina de soya [b]	149.00	208.62	268.24	186.39	260.97	335.56
Harina de pescado [c]	24.83	34.77	44.71	186.39	260.97	335.56
Harina de trigo [d]	99.33	139.08	178.82	138.86	194.42	249.99
Almidón de maíz [e]	371.19	190.08	8.95	356.18	178.11	0.00
Aceite de pescado [f]	28.72	26.22	23.72	19.39	13.54	7.69
Lecitina de soya [g]	36.21	36.21	36.21	35.21	35.22	35.22
Minerales [h]	9.24	9.25	9.25	8.99	8.99	8.99
Vitaminas [i]	9.24	9.25	9.25	8.99	8.99	8.99
Ácido Algínico [j]	18.49	18.49	18.49	17.98	17.98	17.99
Cenizas [k]	18.88	9.44	0.00	36.89	18.45	0.00
Celulosa [l]	11.34	5.67	0.00	4.71	2.35	0.00
Antioxidante [m]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

PV(B): dieta con 25% de proteína basada en proteína vegetal; PV(M): dieta con 35% de proteína basada en proteína vegetal; PV(A): dieta con 45% de proteína basada en proteína vegetal. PA(B): dieta con 22% de proteína basada en proteína animal y vegetal; PA(M): dieta con 32% de proteína basada en proteína animal y vegetal; PA(A): dieta con 41% de proteína basada en proteína animal y vegetal;

[a] Concentrado proteica soya (CPS) (64.70% PC, 1.13% lípido). PIASA (La Paz, Baja California Sur, México).
[b] Harina de soya (50.95% proteína cruda, 1.17% lípido). PIASA (La Paz, Baja California Sur, México).
[c] Harina de sardina (72.95% proteína cruda (PC), 6.38% lípido). PIASA (La Paz, Baja California Sur, México).
[d] Harina de trigo (13.38% proteína cruda, 0.4% lípido). PIASA (La Paz, Baja California Sur, México).
[e] Almidón de maíz (0.3% proteína cruda, 0.1% lípido). Maizena, Fécula de maíz.
[f] Aceite de pescado. PIASA (La Paz, Baja California Sur, México).
[g] Lecitina de soya. PIASA (La Paz, Baja California Sur, México).
[h] Minerales. PIASA (La Paz, Baja California Sur, México).
[i] Vitaminas. PIASA (La Paz, Baja California Sur, México).
[j] Ácido alginico. Sigma-Aldrich Corp. 180947 (St. Louis, MO, USA).
[k] Cenizas. Sigma-Aldrich Corp. 180947 (St. Louis, MO, USA). D3877.
[l] Celulosa. Sigma-Aldrich Corp. C6288 (St. Louis, MO, USA).
[m] Antioxidante Butil hidroxitolueno (BHT). Sigma-Aldrich Corp. 180947 (St. Louis, MO, USA).

36 a 3 UPS, mediante la metodología descrita por VanWyk (1999).

Bioensayos de liberación de nutrientes (BL)

Para determinar la relación entre las dietas experimentales y la concentración de residuales de nitrógeno inorgánico disuelto en las diferentes formas: amonio (NH_4-N), nitrito (NO_2-N) y nitrato (NO_3-N), se realizaron dos bioensayos por separado utilizando la metodología descrita por López et al. (2014); en el primero, se utilizaron camarones de 2.71 ± 0.42 g y en el segundo ensayo camarones de 5.68 ± 0.82 g. Para cada experimento se utilizó un tanque de fibra de vidrio (1.20 m x 0.75 m x 0.45 m) con cuatro calentadores sumergibles de 300-watts marca Marineland®, para mantener la temperatura controlada (29°C ± 0.5). Las concentraciones de oxígeno se mantuvieron por arriba de 4.0 mg/L. En cada tanque se colocaron 21 recipientes de plástico en baño maría, con una capacidad de 6 L de agua, en donde se colocó un

camarón por recipiente. El diseño experimental para cada uno de los bioensayos se muestra en la figura 1. Bajo esta condición se probaron las seis dietas experimentales formuladas, además de una dieta comercial como control (35% proteína).

En ambos experimentos los camarones fueron alimentados al 10% diario de su biomasa total. En el agua residual se midieron las diferentes formas inorgánicas disueltas de nitrógeno. Los procedimientos para las mediciones fueron: amonio, procedimiento análogo EPA 350.1, APHA 4500-NH_3 F, ISO 7150-1 y DIN 38406-5; nitrito, procedimiento análogo al EPA 354.1, APHA 4500-NO_2 - B y DIN EN 26777 y nitrato, DIN 38405-9. Las mediciones se determinaron por espectrofotometría UV-VIS para lo cual se utilizó un espectrofotómetro Spectroquant 300 Merck.

Análisis estadístico

Los datos se probaron primero para determinar su homogeneidad, si los datos tenían variaciones similares, luego se utilizó un ANOVA de dos vías para determinar el efecto de dietas formuladas con diferentes fuentes y porcentajes de proteínas y su relación con la liberación de compuestos nitrogenados, seguida de una prueba de Tukey para comparaciones de medias múltiples. Los análisis estadísticos fueron desarrollados a una significancia

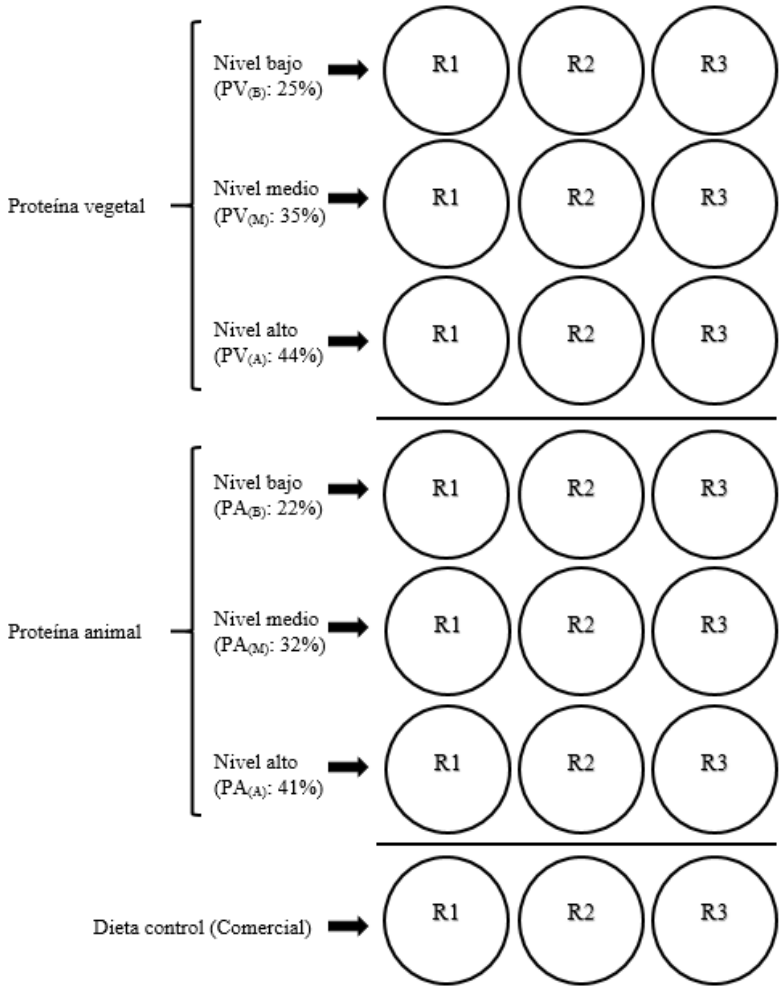


Figura 1. El diseño experimental utilizada para cada uno de los bioensayos donde se probaron seis dietas experimentales formuladas con diferentes fuentes y niveles de proteína, además de una dieta comercial como control.

de $P < 0.05$ usando el software Statgraphics XVI..

Resultados y discusión

El nitrógeno liberado al ambiente mediante el agua de cultivo de *L. vannamei* es considerado entre los principales contaminantes en los cuerpos de agua (Martínez-Córdova *et al*., 2009), se conoce que del total de nitrógeno que es introducido a los estanques, solo es aprovechado el 20%, el 80% restante es liberados al medio acuático (López *et al*., 2014). El amonio que conforma la mayor parte del nitrógeno inorgánico disuelto liberado por *L. vannamei* (Lin y Chen, 2003), es el producto final del catabolismo de las proteínas suplementadas a través de la dieta (Ramírez-Rochín *et al*., 2016). La generación de nitrógeno residual puede variar de forma notable conforme se eleve el nivel de inclusión de proteína en las dietas y la talla de los organismos, y en consecuencia también la concentración de amonio (Calderón, 2007), lo cual concuerda con los valores mostrados en nuestro estudio, cuando se utilizó las dietas con nivel alto de proteína independientemente de la fuente proteica (Tabla 2), se obtuvieron valores de NH_4-N más altos, por arriba de lo recomendado por Frías-Espericueta y Páez-Osuna (2001) para *L. vannamei* el cual no debe de exceder 1.22 mg/L, ya que puede ocasionar problemas de toxicidad y del medio ambiente si esta aumenta de manera excesiva (Gross *et al*., 2004). López-Vela *et al.* (2014), elaboraron dietas remplazando la harina de pescado por harina de soya con tres niveles de proteína para cada fuente proteica en dietas para tallas 4.5 y 8.5 g de *L. vannamei* encontrando una mayor concentración de amonio conforme aumentaba el nivel de inclusión de proteína independientemente de la fuente y talla del camarón, mismo efecto que se encontró en los resultados de los bioensayos de liberación de nutrientes a distintas tallas obteniendo mayor liberación de amonio en dietas con niveles más altos de proteína (Tabla 3). También se encontró en el presente estudios que la mayor liberación del amonio se registró al utilizar las dietas con harina de pescado, particularmente para los camarones de mayor talla, esto podría estar relacionado con una mayor atractabilidad y digestibilidad de la harina de pescado (Jannathulla *et al*., 2017).

Por otro lado, se ha demostrado que *L. vannamei* cultivado a baja salinidad es más susceptible a la toxicidad de amonio y nitrito (Perez-Velazquez, Martínez-Porchas Marcel, Mayra, & Martínez-Córdova Luis Rafael, 2009; Ramírez-Rochín et al., 2016), esto es debido a que el camarón cultivado a baja salinidad se encuentra en condiciones inferiores a su punto isosmótico, existiendo una diferencia del gradiente entre la osmolalidad y los fluidos corporales lo que conlleva una mayor entrada de agua al organismo ocasionando una mayor absorción de sustancia toxicas disueltas, bioconcentracion y una toxicidad aguda (Ramírez-Rochín *et al*., 2019). La presencia elevada del ion amonio, es toxico y afecta en muchos procesos fisiológicos en el camarón, por ejemplo en la reproducción, crecimiento, sobrevivencia y osmoregulación (Frías-Espericueta y Páez-Osuna, 2001). Ha sido reportado una relación inversa entre

Tabla 2. Composición proximal (g/Kg Alimento) de las seis dietas experimentales para camarón *L. vannamei* en baja salinidad con diferentes fuentes de proteicas y diferentes porcentajes de proteína.

Composición proximal	Proteína vegetal			Proteína animal		
	$PV_{(B)}$	$PV_{(M)}$	$PV_{(A)}$	$PA_{(B)}$	$PA_{(M)}$	$PA_{(A)}$
(g Kg^{-1} Alimento, excepto humedad)						
Humedad	46.0 ± 2.2	12.2 ± 0.8	18.8 ± 0.3	47.6 ± 1.6	28.5± 0.5	39.8 ± 0.3
Proteína cruda	256.7 ± 0.3	356.3 ± 0.7	444.0 ± 2.0	227.3 ± 1.1	321.2 ± 1.2	405.2 ± 2.5
Lípido	63.8 ± 1.0	66.5 ± 0.0	65.3 ± 0.6	58.0 ± 0.9	58.4 ± 0.5	58.6 ± 1.9
Fibra cruda	12.6 ± 0.6	11.7 ± 0.6	13.3 ± 0.6	2.3 ± 0.6	2.3 ± 0.6	7.0 ± 1.0
Cenizas	55.3 ± 0.4	55.9 ± 0.3	56.1 ± 0.3	103.8 ± 0.4	108.6 ± 0.3	115.1 ± 0.3
ELN	61.0 ± 1.6	50.0 ± 9.7	42.0 ± 1.2	60.0 ± 8.7	50.0 ± 9.4	41.0 ± 4.1
Energía bruta (Kcal)	4.48 ± 0.002	4.64 ± 0.004	4.79 ± 0.001	4.20 ± 0.006	4.33 ± 0.002	4.41 ± 0.002

Tabla 3. Concentración (mg/L) de las diferentes formas de nitrógeno inorgánico disuelto residual (NH_4-N, NO_2-N, NO_3-N) liberados cuando se alimentó con las seis dietas experimentales y una dieta comercial (P < 0.05).

Bioensayo	Proteína vegetal			Proteína animal			Dieta
	$PV_{(B)}$	$PV_{(M)}$	$PV_{(A)}$	$PA_{(B)}$	$PA_{(M)}$	$PA_{(A)}$	Control
BL1 (Talla: 2.71 ± 0.42 g)							
Nitrógeno*	10.76 ± 2.38	18.49 ± 1.99	18.98 ± 1.91	11.04 ± 0.23	13.48 ± 1.98	17.13 ± 4.01	--------
NH_4-N	0.10 ± 0.04^{a}	0.48 ± 0.04^{bc}	0.55 ± 0.07^{c}	0.34 ± 0.05^{b}	0.52 ± 0.07^{c}	0.63 ± 0.04^{c}	0.17 ± 0.09^{a}
NO_2-N	0.01 ± 0.01^{a}	0.01 ± 0.00^{a}	0.02 ± 0.01^{a}	0.01 ± 0.00^{a}	0.01 ± 0.00^{a}	0.02 ± 0.01^{a}	0.01 ± 0.00^{a}
NO_3-N	0.05 ± 0.02^{a}	0.12 ± 0.07^{ab}	0.03 ± 0.02^{a}	0.03 ± 0.01^{a}	0.04 ± 0.03^{a}	0.17 ± 0.06^{b}	0.08 ± 0.02^{ab}
NID	0.16 ± 0.07	0.62 ± 0.10	0.60 ± 0.10	0.37 ± 0.07	0.57 ± 0.09	0.81 ± 0.11	0.26 ± 0.11
BL2 (Talla: 5.68 ± 0.82 g)							
Nitrógeno*	20.77 ± 1.57	35.15 ± 3.91	39.44 ± 7.11	21.90 ± 1.38	28.85 ± 3.49	43.05 ± 1.70	--------
NH_4-N	0.13 ± 0.31^{a}	1.03 ± 0.13^{b}	2.03 ± 0.15^{cd}	0.98 ± 0.25^{b}	1.52 ± 0.03^{bc}	2.26 ± 0.41^{d}	0.26 ± 0.07^{a}
NO_2-N	0.02 ± 0.01^{a}	0.05 ± 0.03^{ab}	0.08 ± 0.03^{b}	0.03 ± 0.01^{a}	0.06 ± 0.02^{ab}	0.03 ± 0.02^{a}	0.02 ± 0.01^{a}
NO_3-N	0.05 ± 0.04^{ab}	0.05 ± 0.03^{ab}	0.13 ± 0.07^{b}	0.03 ± 0.01^{a}	0.06 ± 0.02^{ab}	0.08 ± 0.02^{ab}	0.03 ± 0.01^{a}
NID	0.20 ± 0.07	1.13 ± 0.18	2.24 ± 0.24	1.03 ± 0.27	1.64 ± 0.07	2.37 ± 0.45	0.30 ± 0.09

*mg/g Alimento

la salinidad y generación de amonio en cultivo de *L. vannamei*, Jiang *et al*. (2000) observo que cuando baja la salinidad en el cultivo de *L.vannamei* de 25 a 10 g/L se excreta 140% más de amonio. Por su parte, Li *et al*. (2007) observaron un incremento del 120% en el consumo de oxigeno cuando *L. vannamei* fue cultivado a 3 g/L de salinidad en comparación con los desarrollados a 32 g/L, donde también se percataron de una menor tolerancia al amonio conforme baja la salinidad. El mismo Li *et al.* (2007), reportaron que para *L. vannamei* cultivados a 3 g/L de salinidad una concentración de 9.33 mg/L de amonio representa una dosis letal del 50% a las 96 horas, donde nuestros valores obtenidos para ambas tallas de camarón, fuente y nivel de proteína estuvieron por debajo de esa concentración antes mencionada.

Por otra parte, Nitrito, el cual es el producto intermedio de la nitrificación y resultado de la oxidación de amonio por medio de nitrosomona, es una sustancia toxica para el camarón la cual aparte de deteriorar el agua de cultivo, reduce el crecimiento, aumenta la excreción de amonio y el consumo de oxigeno (Lin y Chen, 2003). Nitrito afecta directamente a la proteína transportadora de oxígeno en la sangre de los crustáceos causando asfixia y consecuantemente bajo crecimiento o hasta la muerte de los organismos (Gross *et al*., 2004). Se ha estudiado que la captación de nitrito por los organismos aumenta en cultivos de baja salinidad debido a las bajas concentraciones de iones de cloro disueltos en el agua, esto debido a que se cree que los iones de nitrito compiten por el mismo sitio de transporte que el ion cloro al momento del intercambio HCO_3/Cl en las células branquiales (Ramírez-Rochín *et al*., 2016). Los niveles de nitrito en los bioensayos de liberación de nutrientes, independientemente de la fuente y nivel de proteína (Tabla 3), estuvieron por debajo del límite permisible mencionado por Gross*et al*. (2004) donde establece que para *L. vannamei* cultivados a una salinidad 2 g/L, la concentración de NO_2-N debe ser de <0.4 mg/L para evitar problemas de estrés derivado de la intoxicación. Por su parte, Ramírez-Rochín *et al.* (2017), reportan para *L. vannamei* cultivados a 2 g/L de salinidad que 12.4 mg/L de NO_2-N representa una dosis letal del 50% a las96 horas.

Desde el punto de vista ambiental, la actividad acuícola es considerada poco sustentable y ha generado una importante controversia ambiental por los impactos que representa como, la destrucción de manglares, contaminación de fuentes de agua, eutrofización de cuerpos de agua (Bortolini-Rosales

y Torres-García, 2004; Martínez-Córdova *et al*., 2009). El nitrógeno liberado al ambiente es considerado entre los principales contaminantes de los cuerpos de agua que se encuentran contiguos y reciben las descargas. Durante los ciclos acuícolas es común la realización de recambios de agua para mantener una buena calidad del agua, aparte de generar un desperdicio del recurso hídrico, el agua se convierte en una fuente de contaminación ambiental por el nitrógeno liberado (Maia *et al*., 2016). La acuacultura puede reducir los efectos nocivos al ambiente al igual que en otros sistemas de producción primarios mediante la disminución en el uso de harina de pescado en dietas para camarón y su remplazo por proteínas de origen vegetal (López-Vela *et al*., 2014), así como la suplementación de alimentos con bajos niveles de proteína (Huai *et al*. 2010). Asimismo, se considera que para minimizar el impacto en los terrenos circundantes a los cultivo de baja salinidad necesita de un control de efluentes más estrictos (Ng *et al*., 2018). Actualmente los esfuerzos para reducir las descargas de nutrientes al ambientes están orientadas hacia el reciclaje de nutrientes (Avnimelech, 2003) al uso de sistemas de recirculación y recambios reducidos de agua (Timmons *et al*., 2002).

Conclusiones

Los resultados del presente estudio mostraron que alimentos con mayores niveles de proteína produjeron mayores concentraciones de metabolitos nitrogenados, especialmente NH_4^+ y NID, independientemente de la fuente proteica y tallas de camarón cultivado a bajas salinidades.

Referencias

Avnimelech, Y. (2003). *Biofloc Technology – A Practical Guide Book*. *World Aquaculture* (Vol. 34). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039181.t004

Bortolini-Rosales, J. L., & Torres-García, M. D. P. (2004). La Camaronicultura en México. *Revista Ciencias*, 58–61. Retrieved from http://www.revistaciencias.unam.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=612%3Ala-camaronicultura-en-mexico&catid=77&Itemid=48#arriba

Bureau, D. P., Yang, Y., Cai, C., & Pfeuti, G. (2017). Insights into the Potential of Pre-Processing of Ingredients to Improve their Economical Value to Aquaculture Species. *Investigación y Desarrollo En Nutrición Acuícola*, 1–31.

Calderón, C. (2007). *Metodología para determinar la variación de los componentes de nitrógeno y fosforo residual en relación con el nivel de proteína en alimentos suministrados a diferentes tallas juveniles de Litopenaeus vannamei (Boone)*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Chen, J., Li, X., Xu, H., Sun, W., & Leng, X. (2017). Substitute of soy protein concentrate for fish meal in diets of white shrimp (Litopenaeus vannamei Boone). *Aquaculture International*, *25*(3), 1303–1315. https://doi.org/10.1007/s10499-017-0115-4

Chen, K., Li, E., Xu, C., Wang, X., Lin, H., Qin, J. G., & Chen, L. (2015). Evaluation of different lipid sources in diet of pacific white shrimp Litopenaeus vannamei at low salinity. *Aquaculture Reports*. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.10.003

Fierro, J., Rodriguez, G., Leon, J., Alarcon, S., Mariscal, M., Diaz, T., & Paez, F. (2018). Production and management of shrimp (Penaeus vannamei) in co culture with basil (Ocimum basilicum) using two sources of low salinity water. *Latin American Journal of Aquatic Research*, *46*(1), 63–71. https://doi.org/10.3856/vol46-issue1-fulltext-8

Frías-Espericueta, M., & Páez-Osuna, F. (2001). Toxicidad de los compuestos del nitrógeno en camarones. *Camaronicultura y Medio Ambiente.*, 253–276. https://doi.org/10.1002/lary.26396

Godínez-Siordia, D. E., Chávez-Sánchez, M. C., & Gómez-Jiménez, S. (2011). Acuicultura epicontinental del camarón blanco del pacífico, litopenaeus vannamei (Boone, 1931). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*.

Gómez-Ríos, D., Barrera-Zapata, R., & Ríos-Estepa, R. (2017). Comparison of process technologies for chitosan production from shrimp shell waste: A techno-economic approach using Aspen Plus®. *Food and Bioproducts Processing*, *103*, 49–57. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2017.02.010

González-Félix, M. L., Perez-Velazquez, M., Ibarra-Garciaparra, G. E., & Trujillo-Villalba, J. (2017). Culture of Marine Sciaenids in Low Salinity: an Opportunity for Expanded Aquaculture in Mexico. *Investigación y Desarrollo En Nutrición Acuícola*, 156.

Gross, Amit, Abutbul Shai, Z. D. (2004). Acute and Chronic Effects of Nitrite on White Shrimp,. *Journal Of The World Aquaculture Society*, *35*(3).

Huai, M.-Y., Yong-Jian Liu, Li-Xia Tian, Shi-Xi Deng, An-Long Xu, Wen Gao, & Yang, H.-J. (2010). Effect of dietary protein reduction with synthetic amino acids supplementation on growth performance, digestibility, and body composition of juvenile Pacific white shrimp, Litopenaeus vannamei. *Aquaculture International*, *18*, 255–269. https://doi.org/10.1007/s10499-009-9241-y

Huang, F., Wang, L., Zhang, C. xiao, & Song, K. (2017). Replacement of fishmeal with soybean meal and mineral supplements in diets of Litopenaeus vannamei reared in low-salinity water. *Aquaculture*, *473*, 172–180. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.02.011

Jaime-Ceballos, B., Cabrera-Machado, J. E., & Vega-Villasante, F. (2012). Cultivo tierra adentro de camarón marino Litopenaeus vannamei: Evaluación del agua de dos granjas acuícolas en Cuba. *Revista Electronica de Veterinaria*, *13*(6), 1–17.

Jannathulla, R., Dayal, J. S., Ambasankar, K., Khan, H. I., Madhubabu, E. P., & Muralidhar, M. (2017). Effect of protein solubility of soybean meal on growth, digestibility and nutrient utilization in Penaeus vannamei. *Aquaculture International*, *25*(5), 1693–1706.

https://doi.org/10.1007/s10499-017-0147-9

Jarwar, A. A. M. (2015). *Thesis: Water Quality in Inland Saline Aquaculture Ponds and its Relationships to Shrimp Survival and Production*. Auburn University.

Jiang, D. H., Lawrence, A. L., Neill, W. H., & Gong, H. (2000). Effects of temperature and salinity on nitrogenous excretion by Litopenaeus vannamei juveniles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, *253*(2), 193–209. https://doi.org/10.1016/S0022-0981(00)00259-8

Li, E., Chen, L., Zeng, C., Chen, X., Yu, N., Lai, Q., & Qin, J. G. (2007). Growth, body composition, respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of the juvenile white shrimp, Litopenaeus vannamei, at different salinities. *Aquaculture*, *265*(1–4), 385–390. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.02.018

Li, L., Boyd, C. E., Racine, P., McNevin, A. A., Somridhivej, B., Minh, H. N., … Godumala, R. (2017). Assessment of elemental profiling for distinguishing geographic origin of aquacultured shrimp from India, Thailand and Vietnam. *Food Control*, *80*, 162–169. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.04.046

Lin, Y. C., & Chen, J. C. (2003). Acute toxicity of nitrite on Litopenaeus vannamei (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, *224*(1–4), 193–201. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00220-5

López-Vela, M., Puente, M. E., Civera-Cerecedo, R., Arredondo-Vega, B. O., Andreatta, E. R., & Magallón-Barajas, F. J. (2014). Characterization of wastewater generated by Litopenaeus vannamei after being fed experimental diets based on animal protein, vegetable protein and a commercial diet. *Aquaculture Research*, *45*(12), 1921–1931. https://doi.org/10.1111/are.12142

Lorenzo, M. A., Schveitzer, R., Santo, C. M. E., Candia, E. W. S., Mouriño, J. L. P., Legarda, E. C., … Vieira, F. . (2015). Intensive hatchery performance of the Pacific white shrimp in biofloc system. *Aquacultural Engineering*, *448*(1), 53–58. https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2015.05.007

Maia, E. de P., Vasconcelos Gesteira, T. C., Brito, L. O., Alves Modesto, G., & Olivera Galvez, A. (2016). Intensive culture system of Litopenaeus vannamei in commercial ponds with zero water exchange and addition of molasses and probiotics. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, *51*(1), 61–67. https://doi.org/10.4067/s0718-19572016000100006

Mao, X., Guo, N., Sun, J., & Xue, C. (2017). Comprehensive utilization of shrimp waste based on biotechnological methods: A review. *Journal of Cleaner Production*, *143*, 814–823. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.042

Martínez-Córdova, L. R., Porchas, M. M., & Cortés-Jacinto, E. (2009). Camaronicultura mexicana y mundial: ¿Actividad sustentable o industria contaminante? *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, *25*(3), 181–196. https://doi.org/181-196

Ng, L. Y., Ng, C. Y., Mahmoudi, E., Ong, C. B., & Mohammad, A. W. (2018). A review of the management of inflow water, wastewater and water reuse by membrane technology for a sustainable production in shrimp farming. *Journal of Water Process Engineering*, *23*(July 2017), 27–44. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.02.020

Páez-Osuna, F., & Valencia-Castañeda, G. (2013). Capítulo 1: Calidad de agua en cultivo de camarón blanco (Litopenaeus vannamei) con baja salinidad. In M. S. M. Covarrubias (Ed.), *En Camaronicultura en agua de baja salinidad* (Primera Ed, p. 9). México, D.F., México: Trillas.

Perez-Velazquez, M., Martínez-Porchas Marcel, Mayra, G.-F., & Martínez-Córdova Luis Rafael. (2009). El cultivo de camarón blanco del Pacífico Litopenaeus vannamei (Boone) en baja salinidad, como una ópcion de acuicultura sustentable. In L. R. Martínez-Córdova (Ed.), *CAMARONICULTURA SUSTENTABLE: MANEJO Y EVALUACION* (Primera ed, p. 160). México: Editorial trillas.

Ramírez-Rochín, J., Campa-Córdova, Á. I., Frías-Espericueta, M. G., Fregoso-López, M. G., Bojórquez-Leyva, H., & Páez-Osuna, F. (2019). Effect of low salinity on acute arsenic toxicity and bioconcentration in shrimp Litopenaeus vannamei juveniles. *Comparative Biochemistry and Physiology Part - C: Toxicology and Pharmacology*, *218*(December 2018), 1–7. https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2018.12.005

Ramírez-Rochín, J., Frías-Espericueta, M. G., Fierro-Sañudo, J. F., Alarcón-Silvas, S. G., Fregoso-López, M. G., & Páez-Osuna, F. (2016). Acute toxicity of nitrite on white shrimp Litopenaeus vannamei (Boone) juveniles in low-salinity water. *Aquaculture Research*, *48*(5), 2337–2343. https://doi.org/10.1111/are.13069

Roy, L. A., Davis, D. A., Saoud, I. P., Boyd, C. A., Pine, H. J., & Boyd, C. E. (2010). Shrimp culture in inland low salinity waters. *Reviews in Aquaculture*, *2*(4), 191–208. https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2010.01036.x

Sá, M. V. C., Sabry-Neto, H., Cordeiro-Júnior, E., & Nunes, A. J. P. (2013). Dietary concentration of marine oil affects replacement of fish meal by soy protein concentrate in practical diets for the white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*, *19*(2), 199–210. https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2012.00954.x

Sumaila, U. R., Bellmann, C., & Tipping, A. (2016). Fishing for the future: An overview of challenges and opportunities. *Marine Policy*, *69*, 173–180. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.01.003

Timmons, M., Ebeling, J., & Wheaton, F. (2002). Sistemas de recirculación para la acuicultura. https://doi.org/10.1016/j.sjpain.2016.02.004

VanWyk, P. (1999). *Principles of recirculating system design. In: Production of marine shrim in freshwater recirculating aquaculture systems*. Tallahasse, Florida: Florida Department of Agriculture and Consumer Services. Retrieved from http://www.icecubetopper.com/pdfs/docs/fl/FL_DA_shrimp_AA.pdf

Xie, S., Liu, Y., Zeng, S., Niu, J., & Tian, L. (2016). Partial replacement of fish-meal by soy protein concentrate and soybean meal based protein blend for juvenile Pacific white shrimp, Litopenaeus vannamei. *Aquaculture*, *464*, 296–302. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.07.002.