

VARIABLES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE *Litopenaeus vannamei* EN GUERRERO, MÉXICO

VARIABLES AFFECTING THE *Litopenaeus vannamei* PRODUCTION IN GUERRERO, MEXICO

Silberio García-Sánchez^{id}, [§]Alejandro Juárez-Agis^{id}, Branly Olivier-Salomé^{id}, Jacqueline Zeferino-Torres^{id},
Luis Fernando Rodríguez-Clemente^{id}

Universidad Autónoma de Guerrero, Escuela Superior de Ciencias Ambientales, Centro Regional de Educación Superior. Acapulco, Guerrero. México. [§]Autor de correspondencia: (13457@uagro.mx).

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar si las variables fisicoquímicas (salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, pH, calcio, amonio, nitritos, magnesio y potasio), y el uso de la melaza con probióticos influyen significativamente en el desarrollo del camarón. El estudio se realizó durante la época de secas y lluvias, en dos estanques de 1 ha cada uno, en la granja acuícola “El Camarón Dorado” en San Nicolás, Coyuca de Benítez, Guerrero. Determinándose en ambas épocas y estanques, la temperatura, oxígeno disuelto, nitritos y magnesio, se encontraron en los intervalos permitidos para la productividad del camarón. No obstante, de acuerdo al Análisis de Componentes Principales en el estanque 1, componente 1, el peso de los organismos se relacionó negativamente con el pH, temperatura y magnesio. En el estanque 2, el peso se relacionó con la temperatura y magnesio del componente uno, mientras que en el componente dos, el oxígeno disuelto se relacionó negativamente con el amonio y potasio. La correlación de Pearson, reveló que el oxígeno disuelto, el pH, la temperatura, la dureza, el magnesio, el potasio y el amonio, fueron los principales factores que afecta la productividad del camarón durante el periodo de lluvias. Hubo diferencia significativa ($p < 0.05$) las variables pH, potasio y salinidad entre el periodo de seca y lluvias. Concluyéndose que el uso de melaza con probióticos contribuye a la calidad del agua y crecimiento del camarón, sin embargo, pero la efectividad dependerá del manejo del proceso de producción acuícola.

Palabras clave: Coyuca de Benítez, cultivo de camarón, estación climática, parámetros fisicoquímicos, uso de melaza con probióticos.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine if physicochemical variables (salinity, temperature, dissolved oxygen, pH, calcium, ammonium, nitrite, magnesium and potassium), and the use of molasses with probiotics significantly influence shrimp development. The study was carried out during the dry and rainy seasons, in two ponds of 1 ha each, at the aquaculture farm “El Camarón Dorado” in San Nicolás, Coyuca de Benítez, Guerrero. In both seasons and ponds, the temperature, dissolved oxygen, nitrites and magnesium were found to be within the permitted ranges for shrimp productivity. However, according to the Principal Component Analysis in pond 1, component 1, the weight of the organisms was negatively related to pH, temperature and magnesium. In pond 2, weight was related to temperature and magnesium in component one, while in component two, dissolved oxygen was negatively related to ammonium and potassium. Pearson's correlation revealed that dissolved oxygen, pH, temperature, hardness, magnesium, potassium and ammonium were the main factors affecting shrimp productivity during the rainy season. There was a significant difference ($p > 0.05$) in the variables pH, potassium and salinity between the dry and rainy periods. It was concluded that the use of molasses with probiotics contributes to water quality and shrimp growth, however, but the effectiveness will depend on the

management of the aquaculture production process.

Index words: Coyuca de Benítez, shrimp culture, climatic season, physicochemical parameters, use of molasses with probiotics.

INTRODUCCIÓN

La actividad económica de la acuicultura, a nivel mundial ha tenido un desarrollo continuo en las últimas cuatro décadas con la tasa más alta de incremento (Cuéllar-Lugo et al., 2018), representando la parte productiva de alimentos del sector agropecuario y pesquero, con un crecimiento incluso mayor que el de la población (CONAPESCA, 2018) y que alcanzará para el 2025 una contribución del 52 % a la producción mundial (FAO, 2016), con una evolución promedio anual de 15 % (SAGARPA, 2017).

México cuenta con un litoral de 11 112 km, de estos 7825 km, conciernen al Océano Pacífico y 3294 km pertenecen al Golfo de México y al Mar Caribe (SEMARNAT, 2021; Arreguín-Sánchez, 2006), y está entre los primeros países en producción acuícola de América, así mismo, tiene gran potencial de desarrollo acuícola por sus gran diversidad de climas; además el país participa con el 12 % de la biodiversidad mundial y se cree que más de 12 000 especies endémicas tiene potencial diversificado para la actividad acuícola (FAO, 2024; Vázquez-Vera y Chávez-Carreño, 2022; CONAPESCA, 2019; Avilés-Quevedo y Vázquez-Hurtado, 2006). Por lo que, la FAO (2024) y la Carta Nacional Acuícola (CNA, 2012) indican que se cultivan 61 especies en total, de esas, 40 especies son nativas y 21 son introducidas al país de origen exótico.

En México la engorda de camarón blanco se inicia en la Universidad de Sonora en los años 70's, no obstante, hasta los años 80's (siglo XX), inicia la comercialización de esta actividad acuícola, según el Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentable (IMIPAS, 2018). En ese sentido, los estados de

Sinaloa, Sonora y Nayarit son los más importantes del país que se dedican a la acuicultura, y que participan con el 65 % de la producción nacional, cuentan con más de 300 unidades de producción de camarón, (Vázquez-Vera y Chávez-Carreño, 2022; IMIPAS, 2018; Avilés-Quevedo y Vázquez-Hurtado, 2006).

Por otra parte, la engorda de camarón en estanque rústico en el estado de Guerrero ha avanzado significativamente en los 90's (siglo XX), pero a pequeña escala (SAGARPA, 2014; Anaya-Rosas y Bückle-Ramírez, 2012). Sin embargo, en el año 2000, de dos granjas de producción de camarón anotadas en el padrón de acuicultores del estado de Guerrero, creció en 2022, a 56 unidades de producción acuícola con variado grado de tecnificación, según el Gobierno del Estado de Guerrero (GEG, 2024).

En el estado de Guerrero las granjas de camarón se caracterizan principalmente por una planeación poca viable o escasa en algunos casos en sus procesos de producción, como registro del manejo de alimentación y revisión de las variables fisicoquímicas del agua (García et al., 2018).

Por otra parte, el cultivo del camarón es bastante vulnerable a enfermedades de origen no infeccioso, vinculadas a desórdenes nutricionales y ambientales (García et al., 2018; Fonseca et al., 2013), debido por la poca capacidad de autorregulación y aclimatación de los organismos (Alpuche et al., 2005), esta fragilidad se debe principalmente por las condiciones fisicoquímicas del cuerpo de agua de las granjas de producción acuícola, como: dureza, alcalinidad, oxígeno disuelto, temperatura, turbidez y pH, así como también por los niveles altos de nitritos, nitratos y amonio (García et al., 2018; Arzola et al., 2008).

No obstante, se ha señalado, que el uso de probióticos en la acuicultura de camarón en estanque rústico, beneficia la asimilación de alimento y defensas contra enfermedades de los camarones (Goh et al., 2022), mejora las propiedades del cuerpo de agua con la disminución

de niveles altos de nitritos, nitratos y amonio (Pérez-Chabela et al., 2020; Banerjee et al., 2010), ayuda a la remoción de patógenos y nitrógeno en los cultivos (Chae-Woo et al., 2009), mejora la competencia inmunológica y aumenta el desarrollo de los camarones (Kolanchinathan et al., 2022; Rohani et al., 2021; Melgar et al., 2013), contribuye a la mitigación del estrés (Rohani et al., 2021), incrementa el valor nutricional y la eficiencia de alimentación (Pérez-Chabela et al., 2020), mejora la conversión alimenticia (Kolanchinathan et al., 2022), aumenta la supervivencia de los camarones (Goh et al., 2022; Kolanchinathan et al., 2022; Rohani et al., 2021; García-Bernal et al., 2020), y ayuda a reducir la acumulación de desechos contaminantes (Pérez-Chabela et al., 2020).

De la misma manera, el uso de melaza en engorda de *Litopenaeus vannamei*, es con el propósito de minimizar la concentración de amoníaco y nitritos, además se ha señalado en investigaciones, que el uso de melaza de soya y caña de azúcar, dextrosa y salvado de arroz ayuda a obtener buena calidad de agua (Khanjani y Musulmana, 2022; Tinh et al., 2021; Chakrapani et al., 2020), así mismo, mejora los niveles de nitrito, nitrato y amonio (Huang et al., 2022; Tinh et al., 2021; Tong et al., 2020; Panigrahi et al., 2019), mejora el crecimiento de camarón (Huang et al., 2022; Khanjani y Musulmana, 2022; Chakrapani et al., 2020), proporciona una mejor nutrición (Tong et al., 2020) y desarrolla respuesta inmunitarias y metabólicas (Chakrapani et al., 2020).

En ese sentido, el propósito de este trabajo fue, determinar si las variables fisicoquímicas (salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, pH, calcio, amonio, nitritos, magnesio y potasio), y el uso de la melaza con probióticos influyen significativamente en el desarrollo del camarón cultivado en estanques rústicos, especialmente entre los periodos de lluvia y estiaje, en la unidad de producción de camarón “El Camarón Dorado”

localizada en el poblado de San Nicolás, Coyoaca de Benítez, Guerrero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se realizó en la granja de producción “El Camarón Dorado”, en la localidad de San Nicolás, Coyoaca de Benítez, Guerrero, México, coordenadas 16° 59' 15.57" N y 100° 8' 42.75" (**Figura 1**). Esta localidad presenta clima tropical cálido húmedo. La época de lluvias abarca desde mayo y puede extenderse hasta noviembre. La época de seca es de diciembre a abril (INEGI, 2022).

Diseño de muestreo

El estudio se llevó a cabo utilizando dos estanques rústicos de 1 ha cada uno, durante la época de seca y lluvias. Los muestreos de las variables físico-químicas del agua fueron: 19 muestras en el estanque 1 y 12 muestras en el estanque 2; los muestreos se realizaron del 3 enero al 31 mayo de 2023 y del 03 de junio hasta el 30 de agosto del año 2023, respectivamente.

Durante la etapa de cultivo del camarón, cada 15 días se capturaron 50 organismos con una atarraya de 3 mm Ø y se les pesó con una báscula Ohaus con una sensibilidad de 0.01 g, calculándose el peso promedio. Las postlarvas de camarón se sembraron a una densidad de 30 organismos m⁻², con un peso promedio de 0.01 g. Las variables del agua se midieron *in situ* cada semana por la mañana (7:00 h) y fueron: salinidad (ppm) (superficial) con un refractómetro manual 0-90 brix, Luzeren; temperatura (° C), oxígeno disuelto (mg L⁻¹) con un multiparámetro ISY ProQuatro (fondo del estanque); respectivamente pH, amonio (mg L⁻¹), nitritos (mg L⁻¹), calcio (mg L⁻¹), magnesio (mg L⁻¹) y potasio (mg L⁻¹) con el photometers YSI 3900, con lectura directa, utilizando 10 mL de muestra para cada uno de los parámetros y esta fue tomada a una profundidad promedio de 30 cm.

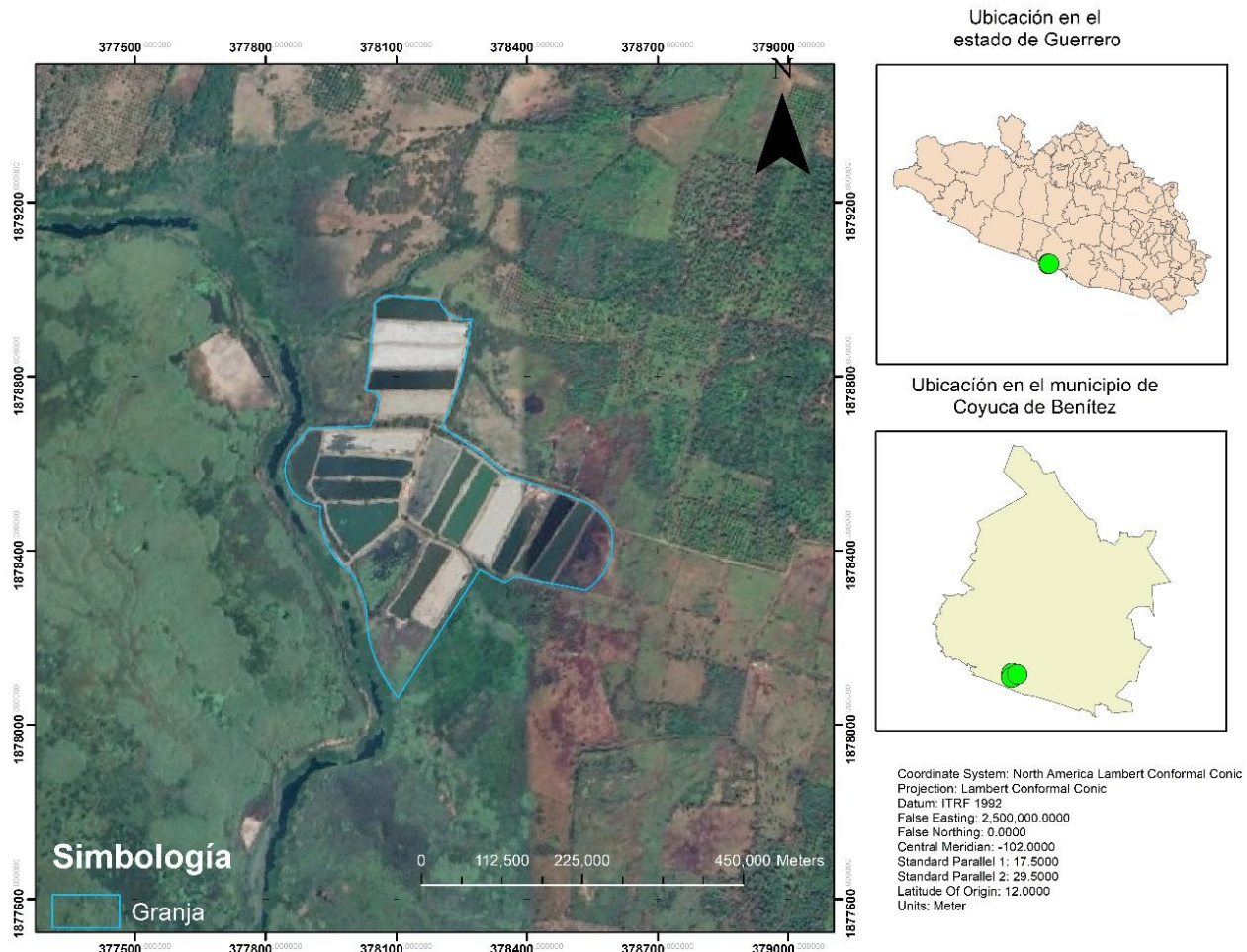


Figura I. Granja acuícola “El Camarón Dorado”, en la localidad de San Nicolás, Coyuca de Benítez, Gro.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos vectoriales. INEGI, 2022, México.

Para la utilización de la melaza con probióticos, primero se preparó el concentrado de microorganismos efectivos (EM), para ello se utilizó un litro de EM puro, 20 L agua y 2 L de melaza. Preparación, se hirvió el agua, en este estado se vertió en un bote con tapa de 20 L, enseguida se le agrego 2 L de melaza, con la finalidad de desinfectar, una vez fría se le agregó 1 L de EM puro y se cerró con la tapa, dejándolo reposar durante siete días.

Después, se preparó 1000 L de EM en un Rotoplas® de 1000 L con agua previamente desinfectada con cloro, se le agregó 20 L de melaza, cuatro cubetas de 20 L de EM como inocuo y por último se le suministró 3 L de EM activado, dejándolo reposar durante siete días.

Esta preparación, se usó solamente cuando el amonio se encontraba por encima del nivel máximo permitido (SENASICA, 2003) y se realizó esparciendo los 1000 L en todo el estanque de forma homogénea.

Análisis de datos

Para determinar la relación multivariada de los variables fisicoquímicas con el peso de los camarones se aplicó un Análisis de Componentes Principales (ACP), para sintetizar el conjunto de datos de variables a un menor número, sin perder la información asociada, y hallar las causas de la variabilidad de un conjunto de datos y ordenarlas por importancia y conocer sus interrelaciones (Meneses, 2019; Ávila et al, 2015).

Se aplicó análisis de correlación (Pearson, $\alpha = 0.05$) entre variables fisicoquímicas con el peso del organismo. Así mismo, se aplicó la prueba t-Student para diferenciar entre el periodo de seca y lluvias en los parámetros fisicoquímicos del agua. Se utilizó el Software SPSS 22 (Nel, 2014).

RESULTADOS

Análisis estadístico descriptivo

Estanque I, (estiaje), promedio de las variables: temperatura varió entre 21.50 °C y 30.30 °C con una media de 25.59 °C, el oxígeno disuelto osciló entre 5.0 mg L⁻¹ y 7.5 mg L⁻¹ con una media de 6.33 mg L⁻¹, el pH mantuvo un promedio de 8.68 y varió de 7.9 a 10.06, el calcio osciló entre 4 mg L⁻¹ y 40 mg L⁻¹ con una media de 20.52 mg L⁻¹; los nitritos variaron entre 0.007 mg L⁻¹ y 0.055 mg L⁻¹ con una media de 0.03 mg L⁻¹, el amonio osciló entre los 0.04 mg L⁻¹ y 0.87 mg L⁻¹ con una media de 0.31 mg L⁻¹, el magnesio registró un rango de 92 mg L⁻¹ a 200 mg L⁻¹ con una media de 130.36 mg L⁻¹; el potasio presentó un intervalo entre 13 mg L⁻¹ y 24 mg L⁻¹ con un promedio de 15.50 mg L⁻¹ y por último la salinidad registró valores entre 1.5 ppm y 3 ppm con una media de 2.28 ppm (Tabla I).

Estanque 2, estación climática de lluvias, el comportamiento de las variables fisicoquímicas muestreadas para el caso de la temperatura varió entre 20.60 °C y 27.60 °C con un promedio de 25.08 °C, el oxígeno disuelto varió de 5 mg L⁻¹ a 8.5 mg L⁻¹ con un valor medio de 6.66 mg L⁻¹; el pH mantuvo un promedio de 8.66 y varió de 5 a 8.5, el calcio osciló entre 6 mg L⁻¹ y 68 mg L⁻¹ con una media de 28.83 mg L⁻¹, los nitritos se mantuvieron en un rango comprendido entre 0.004 mg L⁻¹ y 0.118 mg L⁻¹ con un promedio de 0.034 mg L⁻¹; el amonio registró valores entre los 0.01 mg L⁻¹ y 0.41 mg L⁻¹ con un intermedio de 0.15 mg L⁻¹, el magnesio varió 90 mg L⁻¹ a 170 mg L⁻¹ con una media de 129.16 mg L⁻¹; el potasio presentó rango que va de 5.70 mg L⁻¹ a 16.80 mg L⁻¹ con un promedio de 10.16 mg L⁻¹ y por último la salinidad registró valores de 0.50 ppm y 3 ppm con un promedio de 1.5 ppm (Tabla I).

Análisis de Componentes Principales (ACP)

En el estanque I, el ACP generó cinco variables (peso, amonio, temperatura, pH y magnesio) y dos componentes; en el estanque 2 se obtuvieron seis variables (peso, oxígeno disuelto, temperatura, amonio, magnesio y potasio) y también dos componentes (Tabla 2).

Tabla I. Promedio de las variables físicas y químicas del agua para la productividad del camarón.

Estadístico	Peso (g)	Oxígeno disuelto (mg L ⁻¹)	Temperatura (° C)	pH	Calcio (mg L ⁻¹)	Nitritos (mg L ⁻¹)	Amonio (mg L ⁻¹)	Magnesio (mg L ⁻¹)	Potasio (mg L ⁻¹)	Salinidad (ppm)
Estanque I (estiaje)										
Media	11.25	6.33	25.59	8.68	20.52	0.03	0.31	130.36	15.50	2.28
Desv. típ.	5.93	0.63	2.38	0.65	10.17	0.012	0.26	35.57	2.73	0.418
Mínimo	0.24	5.00	21.50	7.90	4.00	0.007	0.04	92.00	13.00	1.50
Máximo	21.93	7.50	30.30	10.06	40.00	0.055	0.87	200.00	24.00	3.00
Estanque 2 (lluvias)										
Media	6.61	6.66	25.08	8.66	28.83	0.034	0.15	129.16	10.16	1.50
Desv. típ.	5.14	0.97	2.40	0.97	20.13	0.034	0.15	31.27	3.86	0.67
Mínimo	0.24	5.00	20.60	5.00	6.00	.004	0.01	90.00	5.70	0.50
Máximo	16.43	8.50	27.60	8.50	68.00	.118	0.51	170.00	16.80	3.00

Tabla 2. Análisis de Componentes Principales.

Variables	Componentes rotados	
	I	2
Estanque I (estiaje)		
Peso	-0.684	-0.472
Amonio	-0.381	0.851
Temperatura	0.787	-0.356
pH	0.836	0.062
Magnesio	0.598	0.383
Estanque 2 (lluvias)		
Magnesio	0.923	0.222
Peso	0.920	0.291
Temperatura	0.851	0.320
Amonio	0.124	0.924
Potasio	0.363	0.828
Oxígeno disuelto	-0.464	-0.711

Primer componente, estanque I, conformado por las variables pH, temperatura, magnesio y peso del organismo, indica que el aumento de temperatura involucra una disminución en el peso de los camarones, los cambios bruscos de temperatura retrasan significativamente el crecimiento de los camarones. De la misma manera, a un aumento del pH, generó también una disminución del peso, debido que este parámetro influye en la disponibilidad de nutrientes afectando el crecimiento de los organismos. Así también al aumentar el magnesio fuera de los rangos óptimos recomendados, no hay crecimiento de los camarones. Para el caso del componente número dos, ninguna de las cuatro variables presentó correlación con el amonio (Tabla 2).

En el estanque 2, el primer componente, integrado por las variables magnesio, peso y temperatura muestra que un incremento de temperatura y magnesio crecen los camarones, debido a que el magnesio y la temperatura interactúan en el metabolismo de los camarones. Aunque este incremento de peso también podría estar relacionado con el manejo adecuado de la melaza (Tabla 2).

De la misma forma, el segundo componente, conformado por las variables amonio, potasio y oxígeno disuelto, indican que un aumento de amonio y potasio, involucra una disminución del oxígeno disuelto, atribuyéndose a la desintegración de materia orgánica, mostrando mala calidad del agua en los estanques (Tabla 2).

De acuerdo con las correlaciones de Pearson entre peso y las variables fisicoquímicas, en el estanque 2 periodo de lluvias seis variables fisicoquímicas impactan negativamente en la calidad del agua (Tabla 3). Por otra parte, de acuerdo a la prueba t-Student solo las variables pH, potasio y salinidad fueron significativa ($p < 0.05$) entre el periodo de seca y lluvias.

En la Tabla 4 se observan los intervalos óptimos de los parámetros fisicoquímicos para la productividad del camarón, recomendados por la SENASICA (2003) derivado de las investigaciones de Wickins y Lee (2008); Boyd (2001); Van y Scarpa (1999); Hirono (1983).

Tabla 3. Relaciones entre peso de camarón y variables fisicoquímicas.

Estanque 1, periodo se seca	Oxígeno disuelto	Temperatura	pH	Dureza	Nitritos	Amonio	Magnesio	Potasio	Salinidad
Peso	.261 .280	-.287 .233	-.573* .010	.138 .573	.055 .822	-.054 .827	-.331 .167	.101 .682	-.208 .392
Oxígeno Disuelto		-.216 .374	-.096 .697	-.213 .380	-.226 .351	-.170 .487	-.380 .108	.208 .392	-.089 .718
Temperatura			.509* .026	-.180 .461	.127 .605	-.456* .050	.367 .122	.100 .683	.032 .898
pH				-.019 .938	.051 .837	-.237 .329	.328 .170	.039 .874	.075 .759
Dureza					-.028 .911	.092 .709	.145 .555	-.402 .088	.197 .419
Nitritos						.062 .799	.408 .083	.157 .520	.238 .326
Amonio							.047 .848	-.113 .646	.072 .768
Magnesio								.097 .693	.343 .151
Potasio									.228 .347
Estanque 2, periodo de lluvias	Oxígeno disuelto	Temperatura	pH	Dureza	Nitritos	Amonio	Magnesio	Potasio	Salinidad
Peso	-.610* .035	.818** .001	-.610* .035	-.884** .000	.753** .005	.371 .236	.896** .000	.611* .035	.044 .892
Oxígeno Disuelto		-.576 .050	1.000** .000	.483 .111	-.232 .468	-.619* .032	-.565 .056	-.657* .020	-.402 .195
Temperatura			-.576 .050	-.684* .014	.461 .132	.435 .157	.783** .003	.550 .064	.034 .917
pH				.483 .111	-.232 .468	-.619* .032	-.565 .056	-.657* .020	-.402 .195
Dureza					-.547 .066	-.529 .077	-.832** .001	-.701* .011	-.295 .353
Nitritos						.042 .896	.519 .084	.327 .299	-.295 .352
Amonio							.364 .244	.726** .007	.452 .140
Magnesio								.494 .102	.205 .523
Potasio									.572 .052

*Significativa (Pearson, $p \leq 0.05$), **altamente significativa (Pearson, $p \leq 0.01$), n =12-19.

DISCUSIÓN

Los intervalos de estas variables fisicoquímicas como la temperatura (21.50 - 30.30 °C; 20.6 – 27.60 °C), oxígeno disuelto (OD) (5.0 a 7.5 mg L⁻¹) y nitritos (0.007 - 0.055 mg L⁻¹) (**Tabla 1**), en los periodos de estiaje y lluvias fueron adecuados para el cultivo de camarón. de acuerdo a lo que propone la SENASICA (2003), Wickins y Lee (2008) y Hirono (1983) (**Tabla 4**). Sin embargo, el estudio realizado por García et al. (2018) registra temperaturas entre 29.7 y 37 °C, OD valores de 0.04 a 13.6 mg L⁻¹, nitritos osciló de 0.3 a 0.105 mg L⁻¹, fuera de los parámetros óptimos para la productividad del camarón (**Tabla 4**), no coincidiendo con esta investigación.

Lara-Espinoza et al. (2015) registraron en su estudio valores promedios: temperatura de 30.44 ± 1.0 °C, oxígeno disuelto (OD) de 4.71 ± 0.64 mg L⁻¹, nitritos 5.50 ± 2.07 mg L⁻¹. Valenzuela et al, (2010) registraron valores promedios de: temperatura 26.5 °C, OD 5.9 mg L⁻¹, nitrito 0.28 a 0.32 mg L⁻¹, de tal forma, solo el nitrito se encontró fuera de los intervalos óptimos para esta actividad acuícola del camarón, en concordancia con esta investigación, la temperatura y el OD están en los valores permitidos para la producción del camarón (**Tabla 4**).

Tabla 4. Intervalos óptimos de variables fisicoquímicas en la que se puede cultivar de *Litopenaeus vannamei*.

Variables	Óptimo (I)	Óptimo (2)**	Óptimo (3)***	Valores SENASICA ****	Estudio 2023 (estiaje, estanque 1)	Estudio 2023 (lluvias, estanque 2)
Temperatura (° C)	28-30	28-32	26-30	20-30	21.5-30.3	20.6-27.6
Oxígeno disuelto (mg L ⁻¹)	6-10 (fondo)		> 5	>4	5-7.5	5-8.5
Salinidad (ppm)	15-25	5-25	15-30	20-35	1.5-3	0.5-3
pH	8.1-9.0	7-8	7.8-8.3	7.8-8.3	7.9-10.06	5-8.5
Alcalinidad (mg L ⁻¹)	100-140			90-120		
Disco Secchi (cm)	35-45	> 30		25-50		
Amonio total a (mg L ⁻¹)	0.1-1.0					
Amonio no-ionizado (N-NH ₃), (mg L ⁻¹)	< 0.1	< 0.1	0.09-0.11	< 0.12	0.04-0.87	0.01-0.51
Sulfuro de hidrógeno total b (mg L ⁻¹)	< 0.1					
Sulfuro de hidrógeno no-ionizado (H ₂ S), (mg L ⁻¹)	< 0.005					
Nitrito (N-NO ₂), (mg L ⁻¹)	< 1.0	2-3	< 0.2-0.25	< 0.1	0.007-0.055	0.004-0.118
Nitrato (N-NO ₃), (mg L ⁻¹)	0.4-0.8					
Nitrógeno inorgánico total c (mg L ⁻¹)	0.5-2.0					
Silicato, (mg L ⁻¹)	2.0-4.0					
Fósforo reactivo (PO ₄), (mg L ⁻¹)	0.1-0.3	1.5-2.5				
Clorofila a (µg L ⁻¹)	50-75					
Sólidos suspendidos totales (mg L ⁻¹)	50-150					
Potencial redox (agua), (mV)	500-700					
Potencial redox (fondo), (mV)	400-500					
Dureza (mg L ⁻¹)						
Calcio (mg L ⁻¹)	>100	***** (Van Wyk y Scarpa, 1999)			4-40	6-68
Magnesio (mg L ⁻¹)	≥ 50	***** (Van Wyk y Scarpa, 1999; Boyd, 2001)			92-200	90-170
Potasio (mg L ⁻¹)	***** Boyd, (2001)	100 a 400 (mg L ⁻¹)			13-24	5.7-16.8

Por otra parte, Anaya y Bückle (2012) indicaron valores de temperatura de 20 °C a 30 °C, oxígeno disuelto de 6.4 mg L⁻¹ a 7.8 mg L⁻¹ y nitritos con valores de 0.003 mg L⁻¹ a 0.135 mg L⁻¹; Melgar et al. (2013) señalaron temperatura promedio de 32 °C, lo cual coincide con la investigación y que están entre el rango óptimo para la producción del camarón (Tabla 4). Igualmente, Samocha et al. (2007) registraron temperatura de 28.4 a 30 °C, y de oxígeno disuelto que oscilaron entre 5.3 mg L⁻¹ y 6.7 mg L⁻¹. Tong et al. (2020) también registró temperatura entre 19 °C y 31 °C, oxígeno disuelto entre 5.6 mg L⁻¹ y 7.8 mg L⁻¹. Panigrahi et al. (2019) encontró oxígeno disuelto promedio de 6.4 mg L⁻¹ similares con este trabajo de investigación y se encuentra en los rangos permisibles (Tabla I y 4).

Por otra parte, el estanque I registró valores de pH de 7.9 a 10.06 con promedio de 8.6 y para el estanque 2 se registró valores de pH de 5 a 8.5 con un promedio de 6.6, considerados fuera de los valores tolerados para la producción de camarón de acuerdo al promedio (SENASICA, 2003; Wickins y Lee, 2008; Hirono, 1983) (Tabla I y 4).

Melgar et al. (2013) hallaron valores de pH mayores a 9 y Samocha et al. (2007) registraron valores de pH menores a 7, estos autores mencionan que los niveles altos de pH influyen en el comportamiento de las demás variables, afectando el desarrollo de los camarones; se cree que la correlación negativa moderada que se obtuvo entre la variable peso y el pH en el estanque I y 2 se deba a este factor (Tabla 3), coincidiendo con la presente investigación, donde se registró valores de 5 a 10.06 de pH (Tabla I y 2).

Para el caso del amonio (N-NH₃) en el estanque I y 2 los valores oscilaron entre 0.04 mg L⁻¹ - 0.87 mg L⁻¹ y 0.01 mg L⁻¹ - 0.51 mg L⁻¹ (Tabla I) respetivamente, considerado no viables para la actividad acuícola del camarón (SENASICA, 2003; Wickins y Lee, 2008; Hirono, 1983) (Tabla 4). García et al. (2018) registraron concentraciones de amonio que

oscilaron entre 0.01 mg L⁻¹ - 1.0 mg L⁻¹ del estanque I, y de 0.01 mg L⁻¹ - 0.41 mg L⁻¹ del estanque 2 (lluvias y estiaje), considerados no permisibles para la actividad acuícola del camarón, coincidiendo estos resultados con esta investigación de 2023 (Tabla I y 4). Así mismo, Juárez-Rosales et al. (2021) reportaron en su investigación valores de amonio altos de 0.306 mg L⁻¹ en época de estiaje, y en el ciclo de lluvias presentó valores también altos de 0.406 mg L⁻¹. De la misma manera, Valenzuela-Madrigal et al. (2017) registraron valores de amonio entre 0.26 mg L⁻¹ a 0.31 mg L⁻¹ fuera de lo permitido para la productividad del camarón y son equivalentes con esta investigación donde se registró valores de amonio de 0.04 mg L⁻¹ - 0.87 mg L⁻¹ y 0.01 mg L⁻¹ - 0.51 mg L⁻¹, estanque I y 2 respectivamente (Tabla I y 4).

Para el caso de la variable magnesio los valores oscilaron entre 92 mg L⁻¹ - 200 mg L⁻¹ estanque I y 90 mg L⁻¹ - 170 mg L⁻¹ estanque 2, por lo que es viable para producción de camarón según Lara-Espinoza et al. (2015), Boyd (2001), Van y Scarpa (1999). No obstante, el Ca registró valores menores a 100 mg L⁻¹ que va de 4 mg L⁻¹ - 40 mg L⁻¹ estanque I y de 6 mg L⁻¹ - 68 mg L⁻¹ estanque 2, lo que está fuera del promedio recomendado por Van y Scarpa (1999). Por último, el potasio varió de 13 mg L⁻¹ - 24 mg L⁻¹ estanque I y de 5.7 mg L⁻¹ - 16.8 mg L⁻¹ estanque 2, valores menores a lo recomendado por Boyd (2001) (Tabla I y 4). Jaime-Ceballos et al. (2012) señalaron en su estudio de dos granjas acuícolas en Cuba, concentraciones de potasio K por debajo de los rangos óptimos para el cultivo de camarón, coincidiendo con esta investigación.

CONCLUSIONES

El estudio examinó los factores que afectan la calidad del agua en los estanques para la productividad de camarón, en ese sentido solo tres variables (pH, potasio y salinidad) fueron distintas entre estanques. Las variaciones de los parámetros fisicoquímicos del agua de los estanques en las estaciones de seca y lluvias, particularmente en las

estaciones lluviosas a las secas, impactan negativamente en la calidad del agua, de acuerdo los resultados de las correlaciones de Pearson, lo cual demuestra las diferencias entre el periodo de secas y lluvias. Estos hallazgos benefician prácticamente a los productores de camarón al resaltar el manejo adecuado de variables fisicoquímicas como la temperatura, oxígeno disuelto, pH, calcio, nitritos, magnesio y potasio como indicadores de calidad del agua para una buena productividad del camarón. La implementación de programas de recambios de agua basado en los valores permisibles y mantener las condiciones estables de los estanques, puede reducir los costos de producción de camarón. Finalmente, los resultados indican que el uso de melaza con probióticos bajo estas condiciones de recambio limitado de agua, tanto en el periodo de estiaje y lluvias si tiene efecto significativo en la calidad del agua, particularmente en prevenir el incremento de amonio y nitritos en el proceso de crecimiento de *Litopenaeus vannamei*, bajo las condiciones antes mencionadas.

REFERENCIAS

- Alpuche, J., Pereyra, A. y Agundis, C. (2005). Respuestas bioquímicas de camarones marinos a factores ambientales. REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 6(5), 1-10.
- Anaya, R. E., & Bückle, L. F. (2012). Cultivo de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) en un sistema con agua de mar recirculada, como alternativa a los cultivos semi-intensivos tradicionales. *Biotecnia*, 14(3), 16-24. <https://doi.org/10.18633/bt.v14i3.168>
- Arreguín-Sánchez, F. (2006). *Pesquerías de México*. En: Pesca, acuicultura e investigación en México. México, D. F. pp 13-36.
- Arzola, J. F., Flores, L. M., Izabal, A. y Gutiérrez Y. (2008). Crecimiento de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un estanque rústico a baja salinidad. *Revista Aqua TIC*, 28, 8-15.
- Ávila, H., García, S. y Rosas, J. L. (2015). Análisis de Componentes Principales, como herramienta para interrelaciones entre variables fisicoquímicas y biológicas en un ecosistema lentico de Guerrero, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 2 (3), 43-53.
- Avilés-Quevedo, S. y Vázquez-Hurtado, M. (2006). *Fortalezas y debilidades de la acuicultura en México*. En: Pesca, Acuicultura e Investigación en México. México, D.F. pp 69-86.
- Banerjee, S., Khatoon, H., Shariff, M. y Yusoff, F. M. (2010). Enhancement of *Penaeus monodon* shrimp postlarvae growth and survival without water exchange using marine *Bacillus pumilus* and periphytic microalgae. *Fisheries Science*, 76(3), 481-487. <https://doi.org/10.1007/s12562-010-0230-x>
- Boyd, C. E. (2001). *Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón*. En: Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica. Editorial Managua, UCA. pp 1-30.
- Chakrapani, S., Panigrahi, A., Sundaresan, J., Sivakumar, M. R., Palanisamy, R. y Kumar, V. (2020). Three different C: N ratios for Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei* under practical conditions: Evaluation of growth performance, immune and metabolic pathways. *Aquaculture Research*, 52(3), 1255-1266. <https://doi.org/10.1111/are.14984>
- CNA (Carta Nacional Acuícola). (2012). Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5249902&fecha=06/06/2012#gsc.tab=0
- CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca). (2018). La Pesca y Acuicultura crece más que la población. <https://www.gob.mx/conapescas/articulos/la-pesca-y-la-acuicultura-crecen-mas-que-la-poblacion>
- CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca). (2019). La pesca mexicana, una actividad inmensa como el mar. <https://www.gob.mx/conapescas/articulos/la-pesca-mexicana-una-actividad-inmensa-como-el-mar-227722>
- Cuéllar-Lugo, M. B., Asiain-Hoyos, A., Juárez-Sánchez, J. P., Reta-Mendiola, J. L. y Gallardo-

- López, F. (2018). Evolución normativa e institucional de la acuicultura en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(4), 541-564.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2016). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Contribución a la seguridad alimentaria y en la nutrición para todos*. Roma. 224 p. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/76e9c9ff-e96a-4757-8d64-06e7a9e8ee72/content>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2024). México. Texto de Montero Rodríguez, M. En: *Pesca y Acuicultura*. Roma. <https://www.fao.org/fishery/es/countrysector/mx/es>
- Fonseca, E., González, R. y Rico, R. (2013). Sistema inmune de los camarones. *Revista AquaTIC*, 38, 68-84.
- García, S., Juárez, A., Olivier, B., Rivas, M. y Zeferino, J. (2018). Variables fisicoquímicas ambientales que inciden en el cultivo de camarón *Litopenaeus vannamei*. Coyuca de Benítez, Guerrero México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 5(2), 135-155.
- García-Bernal, M., Medina-Marrero, R., Campa-Córdoba, Á. I., Tovar-Ramírez, D., Frías, J. D. B., Ormart-Castro, P. y Mazón-Suástegui, J. M. (2020). Crecimiento y supervivencia del camarón *Penaeus vannamei* con aplicación de actinomicetos probióticos y homeopatía. *AquaTechnica: Revista Iberoamericana de Acuicultura*, 2(2), 76-85. <https://doi.org/10.33936/at.v2i2.2676>
- GEG. (Gobierno del Estado de Guerrero) (2024). Programa Sectorial Desarrollo Rural y Pesca-2022-2027. <https://seed.guerrero.gob.mx/wp-content/uploads/2024/01/Programa-Sectorial-Desarrollo-Rural-y-Pesca-2022-2027.pdf>
- Goh, J. X. H., Tan, L. T. H., Law, J. W. F., Ser, H. L., Khaw, K. Y., Letchumanan, V., Learn-Han, L. y Goh, B. H. (2022). Harnessing the potentialities of probiotics, prebiotics, synbiotics, paraprobiotics, and postbiotics for shrimp farming. *Reviews in Aquaculture*, 14(3), 1478-1557. <https://doi.org/10.1111/raq.12659>
- Hirono, Y. (1983). Preliminary report on shrimp culture activities in Ecuador. *Journal of the World Mariculture Society*, 14: 451-457. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1983.tb00097.x>
- Huang, H. H., Liao, H. M., Lei, Y. J. y Yang, P. H. (2022). Effects of different carbon sources on growth performance of *Litopenaeus vannamei* and water quality in the biofloc system in low salinity. *Aquaculture*, 546, 737239. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737239>
- IMIPAS (Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentable). (2018). Acciones y Programas. Acuicultura comercial. <https://www.gob.mx/imipas/acciones-y-programas/acuicultura-camaron-blanco-del-pacifico>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2022). *Aspectos geográficos de Guerrero*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/889463913962.pdf
- Jaime-Ceballos, B., Cabrera-Machado, J. E. y Vega-Villasante, F. (2012). Cultivo tierra adentro de camarón marino *Litopenaeus vannamei*: evaluación del agua de dos granjas acuícolas en Cuba. REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 13(6), 1-17.
- Juárez-Rosales, J. J., Ponce-Palafox, J., Román-Gutiérrez, A. D., Otazo-Sánchez, E. M., Pulido-Flores, G., Marmolejo-Santillán, Y., Tapia-Varela, R., & Benítez-Mandujano, M. A. (2021). Factores técnicos del manejo de la calidad agua y sedimento en policultivo camarón-tilapia en estanques. *Revista MVZ Córdoba*, 27(1), e2147. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2147>
- Khanjani, M. H. y Musulmana, S. (2022). Biofloc technology with addition molasses as carbon

- sources applied to *Litopenaeus vannamei* juvenile production under the effects of different C/N ratios. *Aquaculture International*, 30(1), 383-397. <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00803-5>
- Kolanchinathan, P., Kumari, P. R., Raja, K., John, G. & Balasundaram, A. (2022). Analysis of feed composition and growth parameters of *Penaeus monodon* supplemented with two probiotic species and formulated diet. *Aquaculture*, 549, 737740. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737740>
- Lara-Espinoza, C. L., Espinosa-Plascencia, A., Rivera-Domínguez, M., Astorga-Cienfuegos, K. R., Acedo-Félix, E. y Bermúdez-Almada, M. del C. (2015). Desarrollo de camarón *Litopenaeus vannamei* en un sistema de cultivo intensivo con biofloc y nulo recambio de agua. *Revista AquaTIC*, 43, 1-13.
- Melgar, C. E., Barba, E., Álvarez-González, C. A., Tovilla, C. y Sánchez, A. J. (2013). Efecto de microorganismos con potencial probiótico en la calidad del agua y el crecimiento de camarón *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae) en cultivo intensivo. *Revista de Biología Tropical*, 61(3), 1215-1228.
- Meneses, J. (2019). *Introducción al análisis multivariante*. Universidad Oberta de Catalunya. Barcelona, 39-43.
- Nel, L. (2014). *Estadística con SPSS 22*. Marco.
- Panigrahi, A., Sundaram, M., Saranya, C., Swain, S., Dash, R. R. y Dayal, J. S. (2019). Carbohydrate sources deferentially influence growth performances, microbial dynamics and immunomodulation in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) under biofloc system. *Fish & Shellfish Immunology*, 86, 1207-1216. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.12.040>
- Pérez-Chabela, M. D. L., Álvarez-Cisneros, Y., Soriano-Santos, J. & Pérez-Hernández, M. A. (2020). Los probióticos y sus metabolitos en la acuicultura. Una revisión. *Hidrobiológica*, 30(1), 93-105. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcb/hi dro/2020v30n1/perez>
- Rohani, M. F., Islam, S. M., Hossain, M. K., Ferdous, Z., Siddik, M. A., Nuruzzaman, M., Padeniya, U., Brown, C. y & Shahjahan, M. (2021). Probiotics, prebiotics and synbiotics improved the functionality of aquafeed: Upgrading growth, reproduction, immunity and disease resistance in fish. *Fish & Shellfish Immunology*, 120, 569-589. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.12.037>
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2014). *Informe Subdelegación de Pesca del Estado de Guerrero*.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2017). *Avanza México como potencia en producción acuícola*. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/avanza-mexico-como-una-potencia-en-produccion-acuicola>
- Samocha, T. M., Patnaik, S., Speed, M., Ali, A. M., Burger, J. M., Almeida, R. V., Ayub, Z., Harisanto, M., Horowitz, A. y Brock, D. L. (2007). Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering*, 36(2), 184-191. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2006.10.004>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2021). *Mares Mexicanos*. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2021/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/approot/dgeia_mce/html/RECUADROS_INT_GLOS/D3_MARES/D3_R_MARES01_01.html#:~:text=La%20longitud%20de%20costa%20del,zonas%20mar%C3%ADtimas%20que%20la%20rodean
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). (2003). *Manual de Buenas Prácticas de Producción de Acuicultura de Camarón para la Inocuidad Alimentaria*. <https://cesasin.mx/wp-content/uploads/2017/12/Cam-Manual-de-buenas-practicas-de-produccion%CC%8In->

acuicola-de-camaro%CC%8In-para-la-
inocuidad-alimentaria.pdf

- Tinh, T. H., Koppenol, T., Hai, T. N., Verreth, J. A. y Verdegem, M. C. (2021). Effects of carbohydrate sources on a biofloc nursery system for whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 531, e735795. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735795>
- Tong, R., Chen, W., Pan, L. y Zhang, K. (2020). Effects of feeding level and C/N ratio on water quality, growth performance, immune and antioxidant status of *Litopenaeus vannamei* in zero–water exchange bioflocs-based outdoor soil culture ponds. *Fish & Shellfish Immunology*, 101, 126-134. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.03.051>
- Valenzuela, W., Rodríguez, G. y Esparza, H. M. (2010). Cultivo intensivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (boone) en agua de pozo de baja salinidad como alternativa acuícola para zonas de alta marginación. *Ra Ximhai*, 6(1), 1-8.
- Valenzuela-Madrigal, I. E., Valenzuela-Quinónez, W., Esparza-Leal, H. M., Rodríguez-Quiroz, G. and Aragón-Noriega, E. A. (2017). Effects of ionic composition on growth and survival of white shrimp *Litopenaeus vannamei* culture at low-salinity well water. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 52(1), 103-112. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572017000100008>
- Van, P. & Scarpa, J. (1999). *Water quality requirements and management*. Chapter 8. In: Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems, Van Wyk, P.; Davis, M.; Laramore, R.; Main, K.; Mountain, J.; Scarpa, J. (Eds). *Harbor Branch Oceanographic Institution*. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Florida, Pp 141-162.
- Vázquez-Vera, L. y Chávez-Carreño, P. (2022). *Diagnóstico de la acuicultura en México*. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A. C. México.
- Wickins, J. y Lee, D. y (2008). *Crustacean farming: ranching and culture*. Blackwell Sci. Publ., Oxford, U.K., 392 p.