

## Interacción de los iones calcio y potasio en la sobrevivencia y crecimiento del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en aguas de baja salinidad

Interaction of calcium and potassium ions in the survival and growth of white shrimp *Litopenaeus vannamei* in low salinity waters

*Interação de íons cálcio e potássio na sobrevivência e crescimento do camarão branco *Litopenaeus vannamei* em águas de baixa salinidade*

Vilma Y. Gómez-Nieves<sup>1</sup> , Julbrinner Salas-Benavides<sup>2</sup> 

### Artículo de investigación

Recibido: 30 de julio de 2024

Aceptado: 07 de diciembre de 2024

Publicado: 12 de diciembre de 2024

- 1 Bióloga, Mag., Facultad de Ciencias Pecuarias, Ingeniería en Producción Acuícola, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. Email: [yola@udenar.edu.co](mailto:yola@udenar.edu.co) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2859-5179>
- 2 Biólogo, Mag., Doctorando en Ciencias Agrarias, Universidad del Tolima. Facultad de Ciencias Pecuarias, Ingeniería en Producción Acuícola, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. Email: [biojull@udenar.edu.co](mailto:biojull@udenar.edu.co) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0536-8774>

### RESUMEN

La composición iónica del agua es un factor fundamental en la actividad productiva a baja salinidad del *Litopenaeus vannamei* o camarón blanco. En esta investigación se evaluó el efecto de los iones calcio y potasio en los parámetros productivos, crecimiento y sobrevivencia, en larvas a  $1 \pm 0.5$  g l<sup>-1</sup> de salinidad. El diseño experimental estuvo conformado por cuatro tratamientos (T1= [1:0.5]; T2= [1:0.75]; T3= [1:1] y T4= [1:1.5] calcio y potasio, respectivamente. Los animales fueron distribuidos a razón de cinco por litro, en estadio de PL12, y dispuestos aleatoriamente en las doce unidades experimentales. Mediante análisis de varianza (ANOVA) se estimó una diferencia significativa en T3 frente al incremento final de la longitud total de los ejemplares ( $3.18 \pm 0.31$  cm) y el peso final ( $1.55 \pm 1.53$ ), sin diferencias significativas, en este último caso. La ganancia específica de los ejemplares, bajo inexistencia de diferencias significativas, encontró mayor media en T3 ( $2.91 \pm 0.83$ ), mientras que esta condición en peso con significancia estadística en el modelo experimental 2, se estimó

**Como Citar (Norma Vancouver):** Gómez-Nieves VY, Salas-Benavides J. Evaluación del balance iónico calcio: potasio en la sobrevivencia y crecimiento del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en aguas de baja salinidad. Orinoquia, 2024;28(2):e-814 <https://doi.org/10.22579/20112629.814>

La Revista Orinoquia es una revista de acceso abierto revisada por pares. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Internacional Creative Commons Attribution 4.0 (CC-BY 4.0), que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se acredite el autor y la fuente originales.

Consulte <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

 OPEN ACCESS



en  $0.83 \pm 0.13$  g. La sobrevivencia de los ejemplares de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* se estableció significativamente en el tratamiento 4 (55.56%). La condición fisicoquímica de las unidades experimentales con mayor media y significancia estadística se presentó en T4: calcio ( $34.02 \pm 1.31$  mg/L) y potasio ( $9.89 \pm 2.34$  mg/L).

**Palabras claves:** acuicultura, *Litopenaeus vannamei*, supervivencia, crecimiento.

## ABSTRACT

The ionic composition of water is a fundamental factor in the productive activity of *Litopenaeus vannamei* or white shrimp at low salinity. In this research, the effect of calcium and potassium ions on the productive parameters, growth and survival, in larvae at  $1 \pm 0.5$  g l<sup>-1</sup> of salinity was evaluated. The experimental design consisted of four (4) treatments (T1 = [1:0.5]; T2 = [1:0.75]; T3 = [1:1] and T4 = [1:1.5] Calcium and Potassium respectively. The animals were distributed at a rate of 5 animals per liter, at PL12 stage, which were randomly placed in the 12 experimental units. Through analysis of variance (ANOVA) a significant difference was estimated in T3 compared to the final increase in the total length of the specimens ( $3.18 \pm 0.31$  cm) and the final weight ( $1.55 \pm 1.53$ ), without significant differences, in the latter case. The specific gain of the specimens, in the absence of significant differences, found a higher average in T3 ( $2.91 \pm 0.83$ ), while this condition in weight, with statistical significance in experimental model 2, was estimated at  $0.83 \pm 0.13$  g. The survival of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* specimens was significantly established in treatment 4 (55.56%). The physicochemical condition of the experimental units with the highest mean and statistical significance was presented in T4: Calcium ( $34.02 \pm 1.31$  mg/L) and potassium ( $9.89 \pm 2.34$  mg/L).

**Key Words:** Aquaculture, *Litopenaeus vannamei*, Survival, Growth.

## RESUMO

A composição iônica da água é fator fundamental na atividade produtiva em baixa salinidade de *Litopenaeus vannamei* ou camarão branco. Nesta pesquisa foi avaliado o efeito dos íons Cálcio e Potássio nos parâmetros de produção; crescimento e sobrevivência, em larvas com salinidade de  $1 \pm 0,5$  g l<sup>-1</sup>. O delineamento experimental constou de quatro (4) tratamentos (T1 = [1:0,5]; T2 = [1:0,75]; T3 = [1:1] e T4 = [1:1,5] Cálcio e Potássio respectivamente. Os animais foram distribuídos na proporção de 5 animais por litro, no estágio PL12, os quais foram dispostos aleatoriamente nas 12 unidades experimentais. Utilizando análise de variância (ANOVA), estimou-se diferença significativa no T3 em relação ao aumento final do comprimento total dos corpos de prova ( $3,18 \pm 0,31$  cm) e do peso final ( $1,55 \pm 1,53$ ), sem diferenças significativas, no último caso. O ganho específico dos corpos de prova, na ausência de diferenças significativas, encontrou maior média em T3 ( $2,91 \pm 0,83$ ), enquanto esta condição em peso, com significância estatística no modelo experimental 2, foi estimada em  $0,83 \pm 0,13$ g. A sobrevivência dos exemplares de camarão branco *Litopenaeus vannamei* foi significativamente estabelecida no tratamento 4 (55,56%).

A condição físico-química das unidades experimentais com maior média e significância estatística foi apresentada em T4: Cálcio ( $34,02 \pm 1,31$  mg/L) e Potássio ( $9,89 \pm 2,34$  mg/L).

**Palavras chave:** *Aquicultura, Litopenaeus vannamei, Sobrevivência, Crescimento.*

## INTRODUCCIÓN

Una de las limitantes de la camaronicultura en agua de baja salinidad es la composición iónica de la fuente de agua, hecho que implica determinar la factibilidad de crecimiento y sobrevivencia de la especie en fuentes de agua con diferente perfil iónico (Valenzuela et al., 2010). El camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) necesita macroelementos y microelementos base, los cuales intervienen en los procesos físicos, químicos y biológicos que actúan en la generación de señales nerviosas, contracción de los músculos y la liberación de hormonas, entre otros, interviniendo en los procesos de crecimiento y sobrevivencia. Según Boyd (2018), las bajas concentraciones de iones (cationes y aniones) como potasio (K+) y magnesio (Mg+) pueden ser limitantes y afectar la supervivencia y el crecimiento del camarón en aguas de baja salinidad. Por lo tanto, se requiere aplicar sales minerales como el magnesio, el cloruro de potasio, el sulfato de potasio, el sulfato de magnesio o el cloruro de magnesio en estanques de producción con baja salinidad. Sin embargo, el mismo autor manifiesta que la determinación de las cantidades de estas sales necesarias para contrarrestar el desequilibrio iónico aún presenta dificultades, porque no se conocen con certeza las concentraciones mínimas de cationes importantes (sodio, potasio, calcio y magnesio) y necesarios para las funciones fisiológicas de los peneidos.

La presente investigación relaciona la producción de camarón en aguas de baja salinidad y el equilibrio iónico a partir de concentraciones experimentales de calcio y potasio. El desequilibrio de minerales puede tener efectos negativos en los

crustáceos, tales como problemas en la osmorregulación, el metabolismo y la función celular (Boyd, 2018). La determinación de las cantidades de minerales necesarias para contrarrestar el desequilibrio iónico es desafiante, al momento de establecer asertivamente las concentraciones mínimas necesarias para las funciones fisiológicas del camarón. En esta investigación se estimó el balance de los iones calcio y potasio en el crecimiento y sobrevivencia del camarón blanco en ambientes controlados a baja salinidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en el Laboratorio de Larvicultura y Nutrición del Grupo de Investigaciones en Acuicultura GIAC y laboratorios del programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Universidad de Nariño, Sede Torobajo, ubicada al noroeste de la ciudad de San Juan de Pasto, Departamento de Nariño.

**Unidades experimentales:** se utilizaron doce unidades experimentales con capacidad de 0.045 m<sup>3</sup>, con un factor térmico de  $28 \pm 1$  °C, estas fueron preparadas quince días previos al recibimiento de los animales provenientes de un laboratorio de la Costa Pacífica nariñense.

**Material biológico.** El material biológico definido por larvas de camarón *Litopenaeus vannamei*, fue adquirido a partir del estadio de PL12; se consideró este estadio para el desarrollo de la investigación, teniendo en cuenta el número de días de las postlarvas y su desarrollo branquial. Según Rees et al. (1994), las branquias son el mecanismo osmorregulador esencial en los crustáceos; a

edades tempranas, la capacidad osmoregulatoria de las postlarvas es incompleta, debido a que las estructuras branquiales no están ramificadas completamente, por lo que su área de intercambio no es suficiente para compensar un choque osmótico o todavía no pueden realizar intercambio iónico eficiente. El peso inicial de los organismos fue de  $30.0 \times 10^{-3} \pm 16.0 \times 10^{-3}$  g y la longitud estimada en  $5.0 \pm 2.0$  mm. Los ejemplares permanecieron en agua marina manteniendo la salinidad del laboratorio de origen, que correspondió a 30 unidades prácticas de salinidad (UPS) durante cinco días, posteriormente, mediante aclimatación, según el protocolo de Balbi et al. (2005), se mantuvieron en  $1 \pm 0.5$  UPS.

**Parámetros físicoquímicos.** Las variables físicoquímicas de interés se registraron dos veces al día; el oxígeno y la temperatura se midieron mediante el oxímetro (*Oxygen meter HI 8043 HANNA, Rhode Island, USA*); la salinidad fue medida con refractómetro (Muller Scientific, Germany) y el pH se determinó mediante el pHmetro digital (HANNA HI9811, Rhode Island, USA).

Los promedios de temperatura, OD y pH fueron de  $27.10 \pm 0.5$  °C; 6.9 mg/L y 7.25 unidades, respectivamente.

Las concentraciones de iones de calcio y potasio se registraron mediante el espectrofotómetro iris HI801 semanalmente, durante el tiempo de la investigación. Para tal efecto se utilizaron sustancias con alto grado de pureza o grado reactivo *Potassium chloride* ClK 74.55 g/mol 98% y *Calcium chloride* CaCL<sub>2</sub> 110.99 g/mol 99 %.

**Parámetros productivos.** Los muestreos de estimación de parámetros de longitud y peso de los animales se realizaron sobre el 10% de la población de cada unidad experimental. Para tal efecto, se utilizó el ictiómetro Aquatic y la balanza electrónica (OHAUS, Parsippany, NJ, USA). La información se consignó en la base de datos para calcular la biomasa y la cantidad de alimento a suministrar por unidad experimental. La sobrevi-

vencia estuvo sujeta al comportamiento y al desarrollo integral de la investigación, la cual se estimó semanalmente.

**Alimento y alimentación:** la tasa de alimentación inicial fue del 23% de la biomasa, suministrada en seis raciones durante todo el periodo; la dieta comercial correspondió al 48% de proteína y granulometría de 450  $\mu$ m (ajustada semanalmente para cada unidad experimental, de acuerdo con la cantidad de alimento no consumido).

**Relaciones iónicas:** no existe información definitiva sobre las concentraciones de iones requeridas para el cultivo de las especies acuáticas; estas concentraciones en el K<sup>+</sup> son más críticas, a razón que las concentraciones mínimas son desconocidas y pueden variar con la salinidad y la presencia de otros iones (Boyd, 2003). Para determinar la concentración óptima de los iones de Ca<sup>2+</sup> y K<sup>4+</sup> a salinidad de  $1 \pm 0.5$  UPS, se siguió la recomendación de Davis y colegas (2004), utilizando los factores de conversión para cada ion de interés. Así mismo, se tomó como patrón de referencia la concentración del agua de mar estándar de Boyd y Thunjai (2003) y Goldberg (1963).

Los factores de conversión utilizados para la estimación, así como los valores de trabajo en la presente investigación se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1. Factores para estimar las concentraciones de los iones individuales en el cultivo de camarón a baja salinidad.**

ION	FACTOR
Calcio (Ca)	11.5
Magnesio (Mg)	39.1
Potasio (K)	10.7
Sodio	304.5
Bicarbonato	-
Cloruro	551
Sulfatos	78.3

\* La alcalinidad total no puede estar por debajo 75 mg/L, que es equivalente a 92 mg/L de bicarbonato

Se establecieron las concentraciones equivalentes de agua de mar para K<sup>+</sup> y Ca<sup>+</sup>, con base en la composición iónica 380 mg/L y 400 mg/L, respectivamente (Hill, 1963). Considerando que la relación Ca:K en agua de mar es 1, en esta investigación se experimentó con las siguientes relaciones: T1= [1:0.5]; T2= [1:0.75]; T3= [1:1] y T4= [1:1.5], con el propósito de establecer la mejor proporción de estos dos minerales para la cría de camarón en agua de baja salinidad y su efecto en la sobrevivencia y crecimiento en talla del camarón en las unidades experimentales.

La deficiencia de los minerales se compensó con la adición directa en las unidades experimentales y la frecuencia de adición estuvo determinada por la estabilidad o disminución de cada compuesto iónico (Tablas 2 y 3). Para estimar el peso de las sustancias se utilizó la balanza analítica SHINKO DENSHI CO.

**Tabla 2. Concentración de iones Ca y K en el cultivo de camarón a 1.5 UPS**

ION	Concentración óptima requerida a 1.5 ups (mg/L)
Calcio (Ca)	17.2
Potasio (K)	16

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4. ANOVA de un factor. Parámetros de estudio.**

Parámetro		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Calcio	Inter-grupos	52.307	3	175.436	26.185	.000
	Intra-grupos	1259.563	188	6.700		
Potasio	Inter-grupos	727.141	3	242.380	112.832	.000
	Intra-grupos	403.854	188	2.148		
Talla	Inter-grupos	12.585	3	4.195	5.945	.001
	Intra-grupos	132.663	188	.706		
Peso	Inter-grupos	4.355	3	1.452	4.459	.005
	Intra-grupos	61.211	188	.326		
Sobrevivencia	Inter-grupos	10548.188	3	3516.06	4.714	.003
	Intra-grupos	140235.65	188	745.934		

**Tabla 3. Composición de las sales minerales usadas en esta investigación**

Sales minerales	Fórmula	Composición iónica
Cloruro de potasio	KCl	98 % K: 2 % Cl
Cloruro de Ca	CaCl <sub>2</sub>	99 % Ca: 1 % Cl

Concentración en % del reactivo utilizado

## RESULTADOS

Con relación a la proporción de sales, la condición fisicoquímica de las unidades experimentales definió significancia estadística con mayor media en el tratamiento 4 en los parámetros calcio (34.02±1.31 mg/L) y potasio (9.89±1.66 mg/L). Los resultados para la ganancia de talla revelaron diferencia significativa con mayor media en los ejemplares de T3 (3.18±0.30), y con menor media en T2, estimada en 3.07±0.87 cm.

El análisis de varianza (SPSS Statistics 20, IBM) aplicado a la condición fisicoquímica (calcio y potasio) y el crecimiento del camarón blanco (L. vannamei) sometidos a evaluación, reveló diferencias significativas (p= 0.00) durante el proceso de producción sometido a condiciones de laboratorio, con diferencia en el balance iónico (Tabla 4).

La prueba de Tukey en la concentración de calcio definió diferencias significativas entre los modelos experimentales 1 y 3, así como 1 y 4, cuya mayor media fue en T4 con 34.02 mg/L (Tabla 5).

**Tabla 5. Subconjuntos homogéneos. Ion Calcio. HSD de Tukey**

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Tratamiento 1	48	29.7500		
Tratamiento 2	48		32.5833	
Tratamiento 3	48		33.5417	33.5417
Tratamiento 4	48			34.0208
Sig.		1.000	.270	.801

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 48,000.

La prueba de Tukey en la concentración de potasio definió diferencias significativas entre todos los tratamientos de evaluación con mayor media en T4 (9.89 mg/L); la mayor diferencia porcentual se estimó entre los modelos experimentales 1 y 4 (109.5 %), como se indica en la Tabla 6.

**Tabla 6. Subconjuntos homogéneos. Ion Potasio. HSD de Tukey.**

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Tratamiento 1	48	4.7292			
Tratamiento 2	48		5.8542		
Tratamiento 3	48			7.5417	
Tratamiento 4	48				9.8958
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 48,000.

La prueba a posteriori Tukey en el parámetro longitud total de los ejemplares de *L. vannamei*, definió diferencias significativas entre todos los tratamientos de evaluación, con mayor media en T3 (3.18 cm); la mayor diferencia porcentual se estimó entre los modelos experimentales 1 y 3 (26.34%), como se verifica en la Tabla 7.

**Tabla 7. HSD de Tukey. Subconjuntos homogéneos. Condición de talla y peso**

Condición de Talla	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Tratamiento 1	48	2.5163	
Tratamiento 2	48	2.5965	
Tratamiento 4	48	2.7419	2.7419
Tratamiento 3	48		3.1792
Sig.		.554	.056

  

Condición de Peso	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Tratamiento 1	48	1.1656	
Tratamiento 4	48	1.2222	
Tratamiento 2	48	1.3797	1.3797
Tratamiento 3	48		1.5544
Sig.		.156	.839

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 48,000.

La prueba a posteriori Tukey en la condición de peso de los ejemplares de *L. vannamei* definió diferencias significativas entre todos los tratamientos de evaluación, con mayor media en T3 (1.55±1.53); y menor media en T1 (1.16±1.12), estableciendo una diferencia porcentual estimada en 33.36 puntos (Tabla 7).

La prueba Tukey en la condición de sobrevivencia de los ejemplares de *L. vannamei* definió diferencias significativas entre todos los tratamientos de evaluación, con mayor media en T4 (55.56%); la mayor diferencia porcentual se estimó entre los modelos experimentales 1 y 4 (60.46%), tal como se evidencia en la Tabla 8.

**Tabla 8. Subconjuntos homogéneos Supervivencia HSD de Tukey.**

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Tratamiento 1	48	34,6250	
Tratamiento 2	48	45,8125	45,8125
Tratamiento 3	48	45,8750	45,8750
Tratamiento 4	48		55,5625
Sig.		.185	.302

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 48,000.

Mediante análisis de correlación de Pearson se identificó asociación lineal positiva, significativa estadísticamente, entre la concentración de calcio (Ca<sup>+</sup>) y potasio (K<sup>+</sup>) en la condición del agua de producción (R= 0.374; p <0.01). En consecuencia, el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>= 0.14) permite inferir que la variabilidad de la concentración de calcio del agua se explica en un 14% por la variabilidad en concentración de potasio (Tabla 9).

**Tabla 9. Correlación de Pearson concentración de calcio (Ca) y potasio (K) en la condición del agua de producción.**

Correlación de Pearson	Calcio	Potasio	
Calcio	Correlación	1	.374 <sup>**</sup>
	Sig. (bilateral)		.000
	N	192	192
Potasio	Correlación	.374 <sup>**</sup>	1
	Sig. (bilateral)	.000	
	N	192	192

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

## DISCUSIÓN

La demanda productiva de camarón blanco en las últimas décadas, ha buscado estrategias y nuevas alternativas de cultivo en zonas alejadas a la costa, procurando garantizar el crecimiento y la supervivencia de este crustáceo en aguas de baja salinidad. No obstante, existen limitaciones como lo mencionan Saoud et al. (2003), toda vez que las aguas continentales de baja salinidad difieren entre sí y se producen variaciones en los perfiles iónicos, incluso en aguas derivadas del mismo acuífero salino. Con el objetivo de compensar esta deficiencia de iones en el agua continental de producción, se han sugerido suplementos minerales en forma de fertilizantes o aditivos ricos en Ca<sup>+</sup> y K<sup>+</sup> o puros como los usados en esta investigación, como métodos de remediación y compensación mediante los cuales se podría mejorar la capacidad osmorreguladora y, por tanto, el crecimiento y la supervivencia de los camarones cultivados en aguas de baja salinidad.

Las múltiples evaluaciones de investigaciones y ensayos han pretendido mejorar el crecimiento y supervivencia el camarón blanco en aguas continentales provenientes de cualquier fuente acuífera, que garanticen ciertos perfiles iónicos fundamentales para el desarrollo integral de *Litopenaeus vannamei*. En el caso particular, el estudio estimó la correlación entre los iones Ca<sup>+</sup> y K<sup>+</sup> y estos con los parámetros productivos talla, peso y supervivencia.

En el presente estudio, los parámetros de calidad de agua, temperatura, oxígeno disuelto, y pH se mantuvieron dentro de los niveles recomendados para el desarrollo del camarón T °C (27-29), OD (7 - 9 mg/L) pH 7-8 (Esparza et al., 2010; Zelaya et al., 2007). A pesar de que en esta investigación no se evaluó el efecto del ion Na<sup>+</sup>, investigadores como Laramore et al (2001) en estudios llevados a cabo con diferentes salinidades, reportan que la mayoría de los camarones no pudieron sobrevivir en salinidades menores a 2 ppt. Esta investigación

difiere con la de Lamore logrando sobrevivencias en todos los tratamientos; la mayor y menor sobrevivencia respectivamente se obtuvieron en el tratamiento T4 (55.56%) bajo concentración de 9.89 mg/L de K, y en T1 (34.62%), cuando la concentración fue 4.72 mg/L K+. Los resultados menores de sobrevivencia obtenidos en esta investigación para el ion K son superiores (62.9%) y comparables con los encontrados por Simão et al. (2018) en este parámetro (21.25%), con larvas de camarón confinadas en concentración de 5 mg/L de K+. Estos autores observaron incremento en las concentraciones de K+ y Ca+, como ocurrió en la presente investigación frente al ion Ca+ para todos los tratamientos; sin embargo, el comportamiento del ion K+ difiere, toda vez que se pudo evidenciar disminución de hasta 70 puntos porcentuales según la relación establecida en todos los tratamientos.

En el crecimiento en longitud, la mayor media se presentó en T3 (3.18±0.30), sometidos en la proporción K+ - Ca+: 1:0.75, mientras que el menor crecimiento se obtuvo en T1 (2.52) en la proporción Ca+ - Mg+: 1:0.5, auspiciado en la importancia de los minerales Na+, Mg+, K+ y Ca+ en la supervivencia y crecimiento del camarón (Boyd, 2018; Zhu et al., 2006). Así mismo, Truong et al. (2020) manifiestan que los camarones con deficiencias en minerales pueden compensarlas con el consumo del tejido de las mudas y el canibalismo.

El incremento en peso con mayor media se presentó en T3 (1.55±1.53) y con menor media en T1 (1.16±1.12), estableciendo una diferencia porcentual de 33.36 puntos, hecho que evidencia relación alométrica positiva peso-longitud en T3.

Este trabajo estimó una correlación positiva entre el calcio y el potasio para el factor sobrevivencia (55.56%) con mayor media en T4, demostrando efecto del K+ y el Ca<sup>2+</sup> en la sobrevivencia, mas no directamente sobre el crecimiento de los camarones. Por su parte, Luke et al. (2007) demostraron el efecto del K+ sobre la sobrevivencia y el crecimiento, pero no sobre

otras respuestas fisiológicas de los crustáceos. En esta investigación se evidenció que, a mayor proporción de K+, se obtuvo mayor sobrevivencia. Estos iones son importantes en la sobrevivencia de los camarones, no obstante, es fundamental indagar los efectos de correlación con otros minerales esenciales como el Na+ y el Mg+.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Vicerrectoría de Investigaciones e Interacción Social de la Universidad de Nariño, con la convocatoria 232 de noviembre de 2020, código de registro # 2339, la cual financió el desarrollo de la presente investigación.

## REFERENCIAS

- Balbi F, Rosas J, Velásquez A, Cabrera T, Maneiro C. (2005). Aclimatación a baja salinidad de postlarvas del camarón marino *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) provenientes de dos criaderos comerciales. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 40(2), 109-115. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/1387838.pdf>
- Boyd, C. E. (2018). Determinación de la cantidad de cationes importantes necesarios para contrarrestar el equilibrio iónico desafiante. Global Seafood Alliance. <https://www.globalseafood.org/advocate/revisando-el-desequilibrio-ionico-en-el-cultivo-de-camaron-a-baja-salinidad/?headlessPrint=AAAAAP>.
- Boyd CE, Thunjai, T. Concentrations of major ions in Waters of Island Shrimp Farms in China, Ecuador, Thailand, and the United States. (2004). *Journal of the World Aquaculture Society*, 34(4), 524-532. doi: 10.1111/j.1749-7345.2003.tb00092.x

- Davis, D.A., Samocha, T.M. & Boyd, C.E. (2004). Acclimating Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* to inland low salinity waters. Southern Regional Aquaculture Center Publication.
- Esparza-Leal, H., Ponce Palafox, J. T., Aragon Noriega, E. A., Arredondo Figueroa, J. L., Ulloa Gomez, M. G., & Wenceslao. (2010). Growth and performance of the whiteleg shrimp *Penaeus vannamei* (Boone) cultured in low-salinity water with different stocking densities and acclimation times. *Aquaculture Research*, 878-883. doi: 10.1111/j.1365-2109.2009.02367.x
- Goldberg, E. The oceans as a chemical system. In: Hill MN (ed). (1963) The composition of Seawater: Comparative and descriptive oceanography. The Sea: Ideas and Observations on Progress in the Study of the Seas. Interscience Publisher; (pp. 3-25). <https://www.vliz.be/en/imis?module=ref&refid=116852&printversion=1&dropIMStyle=1>
- Truong, H. H., Amy, F.M., Nicholas, A.B., & Cedric, J. S. (2020). Determining the importance of macro and trace dietary minerals on growth and nutrient retention in juvenile *Penaeus monodon*. *Animals*, 10(11), 2086. <https://doi.org/10.3390/ani10112086>
- Esparza-Leal, H., Ponce Palafox, J. T., Aragon Noriega, E. A., Arredondo Figueroa, J. L., Ulloa Gomez, M. G., & Wenceslao. (2010). Growth and performance of the whiteleg shrimp *Penaeus vannamei* (Boone) cultured in low-salinity water with different stocking densities and acclimation times. *Aquaculture Research*, 878-883. doi:10.1111/j.1365-2109.2009.02367.x
- Zelaya, O., Rouse, D. B., & Davis, D. A. (2007). Growout of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, Stocked into Production Ponds at Three Different Ages. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38(1).
- Laramore, S., Laramore, C. R., & Scarpa, J. (2001). Effect of Low Salinity on Growth and Survival of Postlarvae and Juvenile *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 32(4). doi:10.1111/j.1749-7345.2001.tb00464.x
- Hill, M. N. (Ed.). (1963). The Sea Ideas and Observations on Progress in the Study of the Seas (Vol. 2). Harvard University Press.
- Roy, L. A., Davis, A. D., Saoud, I. P., & Raimond, P. H. (2007). Effects of varying levels of aqueous potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. *Aquaculture*, 262, (2-4), 461-469. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.011>.
- Luke, A. R., Alle, D., Patrick, S., Raymond, P.H. (2007). Effects of varying levels of aqueous potassium and magnesium on survival growth, and respiration of the pacific White shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. *Aquaculture*, 267(2-4), 461-469. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.011>
- Hill, M. N. (Ed.). (1963). *The sea, Volume 2: The composition of sea-water; Comparative and descriptive oceanography* (Vol. 2). Harvard University Press.
- Saoud IP, Allen D, Rouse DB. (2003). Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture*, 217(1-4), 373-383. doi 10.1016/S0044-8486(02)00418-0
- Simão, Z., Rodrigo, S., Rafael, A., Helena, G., Isabela, P., Carlos, E., Luis, V. (2018). Effect of different concentrations of potassium and magnesium on performance of *Litopenaeus vannamei* postlarvae reared in low-salinity water and a biofloc system. *Journal of Applied Aquaculture*. 31(1), 85-96. <https://doi.org/10.1080/10454438.2018.1536009>

- Valenzuela, W, Esparza, H. (2010). Cultivo intensivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en agua de pozo de baja salinidad como alternativa acuícola para zonas de alta marginación. *RaXimhai. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe*, 6(1), 1-8. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46112896001.pdf>
- Zelaya, O., Rouse, D. B., & Davis, D. A. (2007). Growout of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, Stocked into Production Ponds at Three Different Ages. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38(1).
- Zhu, C. B., Dong, S.L., Zhang, H. H. (2006). Effects of seawater potassium concentration on the dietary potassium requirement of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258(31), 543-550. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.038>