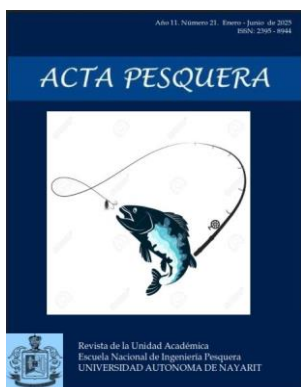




Revista ACTA PESQUERA.
Volumen 11 No. 21.
ISSN: 2395-8944
Periodo: Enero - Junio de 2025
San Blas, Nayarit. México
Pp. 55 - 70
Recibido: 22 de mayo de 2025
Aprobado: 29 de junio de 2025
DOI: 10.60113/ap.v11i21.152

**RESPUESTA DE POSTLARVAS DE CAMARÓN BLANCO DEL PACÍFICO
(*Litopenaeus vannamei*) A DIFERENTES CONDICIONES DE ESTRÉS**

**RESPONSE OF POSTLARVAL PACIFIC WHITE SHRIMP (*Litopenaeus
vannamei*) TO DIFFERENT STRESS CONDITIONS**

Juan Carlos Bautista-Covarrubias^{1*}

Juanb@uan.edu.mx

<http://orcid.org/0000-0003-4790-9898>

Edgar Gabriel Hernández Mendoza¹

21000106@uan.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-9368-7662> 

José Armando López Sánchez¹,

armando.lopez@uan.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-1414-2427>

Martín Gabriel Frías Espericueta²

friasm@uas.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-3729-1986>

Marisela Aguilar-Juárez².

maguilar@uas.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-0862-5542>

**Respuesta de postlarvas de camarón blanco del
pacífico (*Litopenaeus vannamei*) A diferentes
condiciones de estrés**

**Response of postlarval pacific white shrimp
(*Litopenaeus vannamei*) to different stress condi-
tions**

RESUMEN

La respuesta de postlarvas (PL13) a pruebas de estrés con salinidad, temperatura, fertilizantes, plaguicida sintético y un compuesto químico fue determinada durante cortos periodos de exposición. Además, fue determinada la ganancia en peso y tasa de crecimiento en un lapso de 30 días en diferente salinidad. En el tratamiento de 10 g/L de salinidad, fue determinado el mayor porcentaje promedio (87%) de supervivencia. Los porcentajes de supervivencia de postlarvas no presentaron variabilidad ($P = 0.232$) entre los diferentes tratamientos de temperatura (16, 28 y 32°C). La concentración letal media (CL₅₀₋₉₆ horas) fue menor para el potasio Ultrasol® que para el magnesio Sulmag® y también que la obtenida para la mezcla de fertilizantes, las cuales fueron determinadas mediante la NOM-074-ECOL-1994 y con el uso del software IBM SPSS Probit®. La toxicidad de malatión y de sulfato de cobre (CL₅₀₋₉₆ horas) ocasionaron mayor mortalidad de postlarvas, cuando fueron evaluadas en las fases lunares de luna nueva y de cuarto creciente. La ganancia en peso y tasa de crecimiento (peso inicial y peso final) fueron diferentes, con mayores valores en el tratamiento de 20 g/L de salinidad. Las postlarvas donadas por el laboratorio y utilizadas en las pruebas de estrés respondieron favorablemente por ser resistentes y de buena calidad.

Palabras clave: Postlarvas, estrés, toxicidad, fertilizante, salinidad, bioensayo.

ABSTRACT

The response of postlarvae (PL13) to stress tests with salinity, temperature, fertilizers, synthetic pesticide and chemical compound was determined during short-time exposure. In addition, weight gain and growth rate were determined over 30 days at different salinities. In the 10 g/L salinity treatment, the highest average survival percentage (87%) of survival was determined. Postlarvae survival percentages did not show variability ($P = 0.232$) among the different temperature treatments (16, 28 and 32°C). The mean lethal concentration (LC₅₀₋₉₆ hours) was lower for potassium Ultrasol® than for magnesium Sulmag® and also than that obtained for the fertilizer mixture, which were determined according to NOM-074-ECOL-1994 and with the use of IBM SPSS Probit® software. Malathion and copper sulfate toxicity (LC₅₀₋₉₆ hours) caused higher mortality of postlarvae when they were evaluated during the new moon and first quarter lunar phases. Weight gain and growth rate (initial weight and final weight) were different, with higher values at the 20 g/L salinity treatment. The postlarvae donated by the laboratory and used in the stress tests responded favorably because they were resistant and of good quality.

Key words: Postlarvae, stress, toxicity, fertilizer, salinity, bioassay.

INTRODUCCIÓN

El camarón blanco es una especie de crustáceo considerada eurihalina por tolerar un amplio intervalo de salinidades (5 - 45 g/L), es nativo de la costa Oriental del océano Pacífico, en agua cuya temperatura es normalmente 20°C durante todo el año, se encuentra en hábitats marinos tropicales, con intervalo de 25 a 30 g/L de salinidad: La producción de camarón en el año 2023 para México fue de 249,364 toneladas de peso vivo, de las cuales cerca del 77% correspondió al cultivo, 12% derivado de la pesca en esteros, lagunas y bahías y, 10% proveniente de la pesca en mar abierto (CONAPESCA 2023).

El cultivo de camarón con agua de baja salinidad es actualmente una realidad, tuvo sus orígenes en Tailandia con la especie de camarón tigre (*Penaeus monodon*) (Flaherty *et al.*, 2000), y representa una opción importante para evitar enfermedades del camarón ocasionadas por microorganismos patógenos (Jaime-Ceballos, *et al.*, 2012).

En la cría de crustáceos en agua de baja salinidad, la aclimatación es un procedimiento fundamental para la adaptación adecuada de los organismos a las nuevas condiciones de cultivo, estas nuevas condiciones originan estrés en el organismo durante una gran parte de su cultivo, aunado que los requerimientos en la concentración de iones (bicarbonato, carbonato, sulfato, cloruro, calcio, magnesio, potasio y sodio) del agua disminuyen y como efecto se ve reflejado en la alteración del proceso de muda y en el crecimiento (Boyd *et al.*, 2002).

Para conocer la condición de las postlarvas antes de sembrarlas en los estanques de engorde, se realizan las pruebas de estrés, ya que son consideradas como un criterio de calidad en los laboratorios de postlarvas que se dedican a la producción de semilla y para la investigación (Arzola *et al.*, 2013). La prueba consiste en someter las postlarvas a un estrés ocasionado por una variable (salinidad, temperatura, pH y oxígeno disuelto) por un tiempo de 30 minutos, permitiendo la posterior recuperación de los animales en agua de la variable inicial, y finalmente se registra la supervivencia por el estrés ocasionado.

Los fertilizantes, plaguicidas y el sulfato de cobre (CuSO_4), son sustancias que provocan estrés y alteración de variables fisiológicas, bioquímicas e inmunológicas en organismos acuáticos. Lyle-Fritch *et al.* (2006) identificaron 134 sustancias químicas de uso en granjas acuícolas de Sinaloa México, señalan que los fertilizantes son los más frecuentes, además mencionan que los productores de camarón, desconocen del riesgo de toxicidad que puede presentar las sustancias químicas en los camarones de cultivo.

Por otro lado, para conocer la toxicidad de las sustancias químicas, se realizan pruebas de toxicidad con la finalidad de lograr determinar la concentración letal media (CL_{50}), la cual refiere la concentra-

ción del compuesto tóxico que provoca mortalidad al 50% de la población expuesta en un tiempo determinado (Paredes y Avella, 2007).

Por lo anterior, el presente estudio consistió en conocer la supervivencia de postlarvas (PL13) mediante pruebas de estrés con cambios salinidad y temperatura, identificar la toxicidad del potasio Ultrasol® y magnesio Sulmag®, así como también el de la mezcla, para conocer la CL_{50-96} horas de los fertilizantes comerciales, así mismo evaluar la supervivencia de postlarvas expuestas a CL_{50-96} h, de malatión y del sulfato de cobre en diferentes fases lunares. También fue calculada la ganancia en peso y la tasa de crecimiento de postlarvas (*Litopenaeus vannamei*) expuestas a diferente salinidad en un periodo de 30 días experimentales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las postlarvas de camarón blanco utilizadas (PL13), fueron donadas por el Laboratorio de larvas de camarón Acuicultura Integral S.A. de C.V., localizado en el municipio de San Blas, Nayarit. Las postlarvas fueron transportadas a las condiciones de salinidad (35 g/L) y de temperatura (27°C) al laboratorio de Bioindicadores de Estrés Ambiental de la Unidad Académica de la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera de la Universidad Autónoma de Nayarit, a la llegada fueron mantenidas durante tres horas en periodo de aclimatación. Posteriormente, fueron utilizadas en cada uno de los experimentos realizados.

Condiciones de estrés

Salinidad

Para la prueba de estrés, la salinidad fue disminuida dos partes de sal cada dos horas, con la ayuda de agua dulce previamente aireada. Fueron utilizados tres recipientes por triplicado, y fueron llenados con tres litros de agua diluida hasta alcanzar las salinidades de 2, 5 y 10 g/L. Fueron utilizadas 20 postlarvas por tratamiento, las cuales fueron tomadas al azar del recipiente utilizado para el traslado, y una vez depositadas se contabilizaron 30 minutos, transcurrido el tiempo, las postlarvas fueron regresadas al recipiente inicial (35 g/L), finalmente fueron contabilizadas las postlarvas que sobrevivieron en cada uno de los tratamientos de salinidad.

Temperatura

Para el experimento con diferente temperatura, se sometieron 20 postlarvas por tratamiento y por triplicado, las cuales fueron sometidas a tres diferentes temperaturas (16, 28 y 32 °C) en agua con salinidad de 35 g/L. Para las temperaturas de 28°C y de 32°C fueron utilizados termostatos, mientras que, para la temperatura de 16 °C, se utilizó hielo para disminuir la temperatura y obtener la temperatura experimental. Finalizado el tiempo de 30 minutos, fueron nuevamente transferidos al recipiente de traslado con la temperatura de 27°C. En cada uno de los tratamientos, fueron cuantificadas las postlarvas que sobrevivieron y fueron calculados los porcentajes de supervivencia en cada tratamiento.

Toxicidad de fertilizantes

Para la realización de los experimentos preliminares, fueron utilizados los fertilizantes en mezcla; potasio Ultrasol® (K⁺) y magnesio Sulmag® (Mg²⁺). De la mezcla fueron tomados; 10, 100 y 200 mL, los cuales fueron aplicados en recipientes con tres litros de agua con 10 g/L de salinidad. Posteriormente, fueron colocadas 10 postlarvas por cada tratamiento, además fue utilizado un tratamiento control. La finalidad del experimento preliminar fue obtener la menor concentración que no ocasionara mortalidad en un tiempo de 24 h, y una concentración mayor que ocasionara 80% o más de mortalidad al tiempo de 96 h, de exposición. La salinidad utilizada fue de 10 g/L, ya que fue la que presentó un mayor porcentaje de supervivencia de postlarvas en el cambio hiperosmótico de la prueba de estrés realizada.

Determinación de la concentración letal media (CL₅₀₋₉₆ horas) de fertilizantes

Después del experimento preliminar, fueron definidas cuatro concentraciones de una solución madre (50 g de fertilizante granulado/450 ml agua destilada), de la cual fueron tomados; 10, 15, 25 y 35 mL del producto comercial de cada fertilizante, además fue utilizado un grupo control. Solo 10 postlarvas fueron tomadas al azar y colocadas por triplicado en recipientes con tres litros de agua con 10 g/L de salinidad. El experimento fue estático, el tiempo de duración fue de 96 horas de exposición, las postlarvas no fueron alimentadas, no se realizó recambio de agua y al término de 96 h de exposición fueron

registradas las mortalidades de postlarvas en cada tratamiento. Otro experimento fue realizado para conocer la CL₅₀₋₉₆ h de la mezcla de fertilizantes (K⁺ y Mg²⁺). Finalmente, los resultados fueron procesados para la determinación de la concentración letal media (CL₅₀₋₉₆ horas) a través del procedimiento sugerido dentro de la Norma Oficial Mexicana (NOM-074-ECOL-1994) y por el método PROBIT® (Finney, 1971) mediante el uso del software IBM SPSS.

Estrés por la exposición de la CL₅₀₋₉₆ horas durante diferente fase lunar

Para el experimento fueron evaluadas dos concentraciones letales medias (CL₅₀₋₉₆ h), establecidas anteriormente para el plaguicida sintético (malatión; 0.078 mg/L) y para el compuesto químico (sulfato de cobre; 35.12 mg/L), reportadas por Bautista (1995) y por Frías-Espericueta *et al.* (2008) para juveniles de camarón *L. vannamei*, respectivamente. Fueron utilizados dos tratamientos (con las CL₅₀ de malatión y de sulfato de cobre) por triplicado, 10 postlarvas fueron colocadas en recipientes de tres litros de capacidad con agua a 10 g/L de salinidad. Los experimentos fueron realizados al inicio de cada fase lunar; luna llena, cuarto menguante, luna nueva y cuarto creciente. En cada experimento las postlarvas no fueron alimentadas, la duración del experimento fue de tres días, al término del tiempo experimental, fue registrada la mortalidad presente en cada tratamiento y en cada fase lunar.

Experimento de ganancia en peso

Para la realización del experimento, fueron utilizadas tres diferentes salinidades (5, 10 y 20 g/L) por triplicado, en cada tratamiento fueron colocadas 16 postlarvas, las cuales al inicio del experimento fueron pesadas en una balanza analítica (Ohaus Explorer™ USA) y también fueron medidas con la ayuda de una cinta métrica. Posteriormente, ya colocadas en los recipientes con 3 litros de agua a diferente salinidad, fueron alimentadas diariamente al 8% de la biomasa total, al final de 30 días, fueron nuevamente pesadas y medida la longitud de cada una de las postlarvas. Para calcular el porcentaje de ganancia de peso total (GP) y la tasa de crecimiento (TC) de las postlarvas en los diferentes tratamientos, se aplicaron las fórmulas propuestas por Peña-Navarro *et al.* (2013);

$$GP (\%) = \frac{Pf - Pi}{Pi} (100)$$

$$TC = \frac{\log_{10} de pf - \log_{10} pi}{\text{número de días}} (100)$$

Dónde:

Pf: Peso final

Pi: Peso inicial

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante pruebas de normalidad y homocedasticidad, si cumplieron con ambos supuestos, el análisis de varianza de una vía (ANOVA) fue apli-

cado. Cuando se detectaron diferencias significativas, se aplicaron las pruebas de comparación de promedios (*Holm-Sidak*, *Tukey* y *t de Student*) a un nivel de significancia de $P < 0.05$ para todas las pruebas.

RESULTADOS

Respuesta a la prueba de estrés con diferente salinidad

Una vez realizada la prueba de estrés con diferente concentración de salinidad, los menores porcentajes de supervivencia se presentaron en el tratamiento de 2 g/L de salinidad (Tabla 1), mientras que los mayores porcentajes se presentaron en el tratamiento de 10 g/L. El análisis estadístico realizado demostró que los promedios de supervivencia en cada uno de los tratamientos de salinidad fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

Tabla 1. Porcentaje de supervivencia (triplicado) de postlarvas de *L. vannamei* expuestas al estrés de salinidad.

Salinidad (g/L)	R ₁	R ₂	R ₃	Promedio
2	60%	65%	65%	63 ± 2.8 a
5	80%	80%	75%	78 ± 2.8 b
10	85%	85%	90%	87 ± 2.8 c

Letras diferentes indican diferencias significativas (ANOVA de una vía y comparación de promedios prueba *Tukey*).

Respuesta a prueba de estrés con temperatura

Respecto a la variable temperatura, los porcentajes de supervivencia fueron registrados entre 90%, 95% y 100% (Tabla 2). A pesar de que se presentó una variación en los promedios de supervivencia de 5%, en la prueba de análisis de varianza (ANOVA de una vía), no fue posible determinar

diferencias significativas ($P = 0.232$) entre la variabilidad de los valores de supervivencia de postlarvas en los tres tratamientos, por lo que la variable temperatura no influyó en la respuesta al estrés ocasionado en las postlarvas PL13 de camarón *L. vannamei*.

Tabla 2. Porcentaje de supervivencia (promedio $\pm$ desviación estándar) de postlarvas de *L. vannamei* expuestas a estrés por temperatura (por triplicado).

Temperatura (°C)	R ₁	R ₂	R ₃	Promedio
16	90 %	95 %	95 %	93 $\pm$ 2.88 a
28	95 %	100 %	100 %	98 $\pm$ 2.88 a
32	100 %	100 %	95 %	98 $\pm$ 2.88 a

a= letras iguales no representan diferencias significativas ANOVA una vía ($P = 0.232$).

Respuesta de mortalidad preliminar a toxicidad de fertilizantes

Los resultados obtenidos en el experimento preliminar se muestran en la Tabla 3, la concentración de la mezcla de fertilizantes que ocasionó una menor mortalidad al tiempo de 24 horas de exposición, fue la de 10 mL, mientras que, en la mezcla de fertilizantes a 100 y 200 mL, se presentó morta-

lidad total de las postlarvas (PL13) expuestas a 96 horas. Debido a la mortalidad, en los experimentos individuales definitivos de potasio y magnesio las concentraciones utilizadas estuvieron por debajo de 50 mL, mientras que, en el experimento definitivo para la mezcla de fertilizantes, fueron utilizadas concentraciones por debajo de 100 mL de ambas sustancias químicas.

Tabla 3. Tendencia de la supervivencia de organismos en función del tiempo en el experimento preliminar en la mezcla de potasio Ultrasol® y magnesio Sulmag® durante 96 horas de exposición.

Tiempo (horas)	Control	10 ml	100 ml	200 ml
0.5	10	10	10	10
1	10	10	8	10
2	10	10	8	7
4	10	10	5	2
6	10	10	5	1
8	10	10	5	
12	10	10	3	
24	10	10	2	
48	10	9	2	
72	10	9	1	
96	10	9	1	
Supervivencia final	100%	90%	0 %	0%

Determinación de la concentración letal media (CL₅₀₋₉₆ horas) de fertilizantes

Una vez aplicado el procedimiento establecido en la NOM-074-ECOL-1994, la concentración letal media (CL₅₀₋₉₆ h) para las postlarvas (PL13), fue determinada para cada fertilizante, así como también fue determinada para la mezcla de ambas sustancias químicas (Tabla 4). La CL₅₀₋₉₆ h, fue menor para potasio (K⁺), lo que demuestra que es de mayor toxicidad que la determinada para el magnesio (Mg²⁺) y para la mezcla de las sustancias químicas.

Respecto al intervalo de confianza, fue determinado mediante el procedimiento de la Norma Oficial Mexicana, así como también fue determinado mediante estimación de intervalo de confianza al 95% ($z = 1.96$), los resultados en los intervalos demuestran que son poco variables en ambos procedimientos. Por otro lado, las unidades de toxicidad aguda (UT) fue mayor para el fertilizante de K⁺ Ultrasol®, lo que demuestra que mientras menor sea el valor de la CL₅₀₋₉₆ h, mayor será el valor de UT aguda.

Tabla 4. Concentración letal media (CL₅₀₋₉₆ h), e intervalos de confianza de fertilizantes sobre postlarvas, calculados mediante la NOM-074-ECOL-1994 y por estimación de intervalo. Además, se presentan las UT aguda

Fertilizante	CL ₅₀₋₉₆ h en mL	Intervalo de confianza NOM-074-ECOL-1994	Estimación Intervalo de confianza 95% de confiabilidad	Unidades de toxicidad aguda UT
Potasio (K ⁺)	15.381	13.049 < CL ₅₀₋₉₆ h > 17.713	13.559 < CL ₅₀₋₉₆ h > 17.203	6.501
Magnesio (Mg ²⁺)	21.727	20.938 < CL ₅₀₋₉₆ h > 22.516	21.073 < CL ₅₀₋₉₆ h > 22.381	4.602
Mezcla (K ⁺ y Mg ²⁺)	41.162	30.380 < CL ₅₀₋₉₆ h > 42.944	39.212 < CL ₅₀₋₉₆ h > 43.112	2.429

La determinación de la CL₅₀₋₉₆ h, también fue determinada mediante método PROBIT (modelo estadístico) con el uso del software estadístico SPSS (por sus siglas en inglés; Startical Product and Service Solutions). El menor valor de CL₅₀₋₉₆ h, mediante el uso del software, fue para el fertilizante a base de K⁺, mientras que en la mez-

cla fue donde se presentó el mayor valor de CL₅₀₋₉₆ h, lo cual pudiera representar un efecto antagónico por la combinación de ambos fertilizantes (Tabla 5). Los intervalos calculados con el uso del software, fueron mayores en su límite superior que los obtenidos por la NOM-074-ECOL-1994 y por estimación de intervalo.

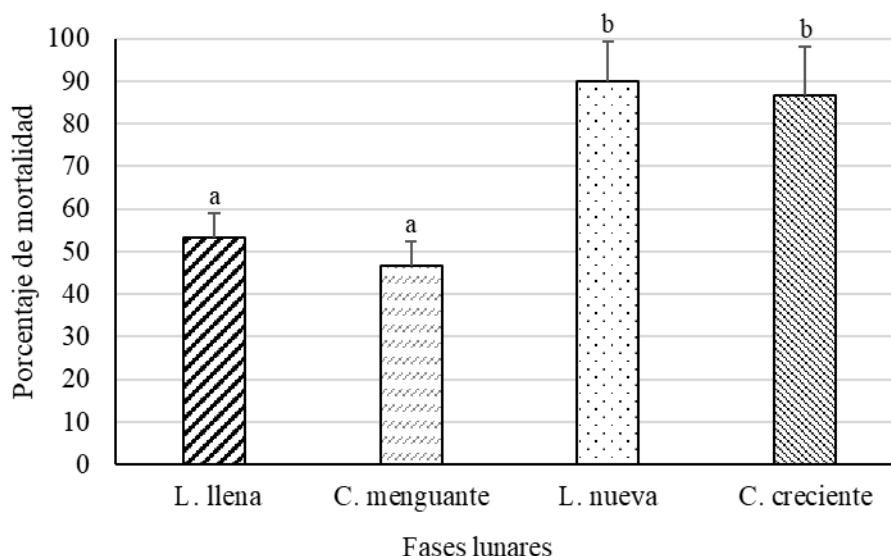
Tabla 5. Concentración letal media (CL₅₀₋₉₆ h) de fertilizantes e intervalos de confianza sobre postlarvas de camarón blanco, calculados mediante el software estadístico SPSS.

Fertilizante	CL ₅₀₋₉₆ h en mL	Intervalo de confianza
Potasio (k ⁺)	15.764	14.566 < CL ₅₀ > 16.962
Magnesio (Mg ²⁺)	28.137	17.141 < CL ₅₀ > 34.241
Mezcla (K ⁺ y Mg ²⁺)	35.759	31.757 < CL ₅₀ > 45.019

Respuesta al estrés de las CL₅₀₋₉₆ horas durante diferente fase lunar

Con relación al experimento de evaluación de las CL₅₀₋₉₆ horas del malatión para *L. vannamei* en diferente fase lunar, la Gráfica 1, relaciona el porcentaje de mortalidad en las diferentes fases lunares. Es importante señalar que la CL₅₀₋₉₆ horas (0.078 mg/l) fue reportada en la misma especie, pero para juveniles de camarón (Bautista, 1995), se esperaría que representara mayor toxicidad para las postlarvas PL13 que son de menor tamaño. El resultado fue que, en luna llena y cuarto menguante, los porcentajes de mortalidad de postlarvas se mantuvo

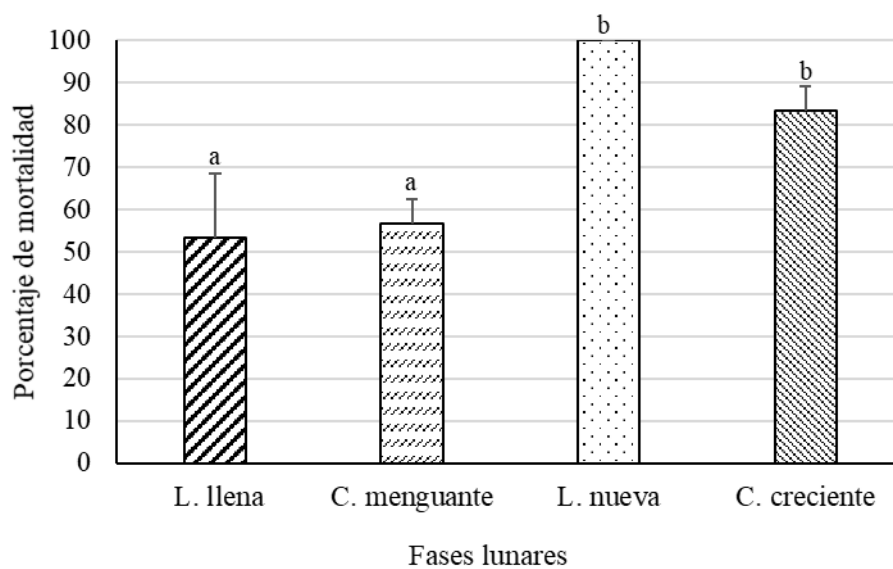
ligeramente arriba y ligeramente abajo del 50% de mortalidad, mientras que, en la luna nueva y cuarto creciente, las mortalidades registradas fueron del 90% y 87%, respectivamente. De acuerdo con el experimento realizado, se esperaría que la mortalidad fuera cerca del 50% de las postlarvas expuestas al plaguicida en diferente fase lunar, pero no fue así, ya que los mayores porcentajes promedio de mortalidad, coincide con los estadios de premuda y postmuda, en las que los crustáceos se preparan para la liberación del exoesqueleto (exuvia) y la regeneración de un nuevo exoesqueleto.



Gráfica 1. Porcentaje de mortalidad (promedio $\pm$ desviación estándar) de postlarvas expuestas a la CL₅₀₋₉₆ h, de malatión. ANOVA una vía ($P = 0.003$) y comparación de promedios *Holm-Sidak* ($P < 0.05$).

Referente a la evaluación de la CL₅₀₋₉₆ horas de sulfato de cobre (35.12 mg/L) reportada por Frías-Espéricueta *et al.* (2008) para juveniles de *L. vannamei*, los resultados se muestran en la Gráfica 2. La tendencia de mortalidad en cada fase lunar, fue similar a la determinada en la evaluación de la CL₅₀₋₉₆ h, del malatión. Porcentajes promedios de mortalidad inversos fueron encontrados en luna llena y cuarto menguante, mientras que el 100% de mortalidad fue registrado en la fase de luna nueva y un 83% de mortalidad en luna de cuarto creciente. En ambas evaluaciones de las sustancias químicas, los mayores porcentajes de mortalidad fueron registra-

dos en las fases de luna nueva y cuarto creciente, por lo que se sugiere que los experimentos de toxicidad que se realicen con *L. vannamei* sean realizados en las fases de luna llena y de cuarto menguante.



Gráfica 2. Porcentaje de mortalidad (promedio $\pm$ desviación estándar) de postlarvas expuestas a la CL₅₀-96 h, de sulfato de cobre. ANOVA de una vía ($P = < 0.001$) y comparación de promedios *Holm-Sidak* ($P < 0.05$).

Respuesta a la ganancia de peso (g) en diferente salinidad

Una vez concluidos los 30 días de alimentación (al 8% de la biomasa), las postlarvas de cada tratamiento, fueron pesadas y medidas, los registros obtenidos se muestran en la Tabla 6. El mayor peso promedio (g), se registró en postlarvas del tratamiento de 20 g/L de salinidad, después de aplicar la prueba estadística de *t de Student* a los valores de peso iniciales y de peso final, fueron encontradas diferencias estadísticas en los valores promedios del peso de las postlarvas en los tres tratamientos. La mayor ganancia en gramos neta fue de 0.3131 g, de postlarvas en el tratamiento de 20 g/L de salinidad, 0.1975 g, en las postlarvas a 10 g/L de salinidad, y el menor valor promedio (0.1827 g) de ganancia en peso, fue para las postlarvas del tratamiento de 5 g/L de salinidad.

Con respecto a la longitud, el mayor crecimiento después de 30 días, fue de 1.2937 cm, en las postlarvas del tratamiento de 20 g/L de salinidad,

1.0063 cm, en postlarvas colocadas en 10 g/L de salinidad y el menor crecimiento promedio (0.8125 cm) en las postlarvas del tratamiento de 5 g/L de salinidad.

Tabla 6. Peso y longitud (promedio $\pm$ desviación estándar) de postlarvas (PL13) de camarón blanco, alimentadas por 30 días en diferente salinidad.

Peso	Salinidades		
	5 g/L	10 g/L	20 g/L
Peso promedio inicial (g)	0.2838 $\pm$ 0.1390a	0.2103 $\pm$ 0.1651 ^a	0.2124 $\pm$ 0.1359 ^a
Peso promedio final (g)	0.4665 $\pm$ 0.2197b	0.4078 $\pm$ 0.2429b	0.5255 $\pm$ 0.2935b
Prueba t de Student	(P = 0.014)	(P = 0.006)	(P = <0.001)
Talla			
Longitud promedio inicial (cm)	3.7187 $\pm$ 0.6574a	3.2062 $\pm$ 0.8201 ^a	3.2375 $\pm$ 0.7116 ^a
Longitud promedio final (cm)	4.5312 $\pm$ 0.7604b	4.2125 $\pm$ 0.9436b	4.5312 $\pm$ 0.8252b
Prueba t de Student	(P = 0.003)	(P = 0.003)	(P = <0.001)

Se realizó la prueba *t de Student*, para dos muestras del antes y después para cada tratamiento, letras diferentes representan diferencias significativas.

Una vez que se obtuvo el peso inicial y peso final, se calculó la ganancia en peso (GP %) y la tasa de crecimiento (TC) de las postlarvas de cada uno de los tratamientos (Tabla 7). La ganancia en peso fue mayor en porcentaje en las postlarvas de los trata-

mientos de 10 y 20 g/L, mientras que el porcentaje menor de GP, fue 64.3% en postlarvas del tratamiento de 5 g/L de salinidad. La TC fue mayor en las postlarvas de los dos mayores tratamientos de salinidad, los cuales oscilaron entre 0.96 y 1.31, mientras que en el tratamiento de 5 g/L de salinidad, fue registrado el menor valor de tasa de crecimiento.

Tabla 7. Ganancia en peso y tasa de crecimiento de postlarvas de camarón blanco, alimentadas por un periodo de 30 días en diferente salinidad.

	Salinidades		
	5 g/L	10 g/L	20 g/L
GP (%)	64.3	98.1	147.4
T.C.	0.72	0.96	1.31

DISCUSIÓN

En el cultivo de camarón con agua de baja salinidad, la aclimatación de las postlarvas representa el punto principal para lograr la adaptación de los organismos a nuevas condiciones del agua del estanque. La calidad de las postlarvas de camarón es otro punto relevante para garantizar el engorde de este organismo, por lo que, el equilibrio ener-

gético es de suma importancia durante el proceso de adaptación al estrés y tolerancia (Sokolova *et al.*, 2012), debido a que, los organismos requieren energía adicional para modular y estimular los mecanismos de transporte de iones durante la aclimatación a la salinidad (Tseng y Hwang, 2008).

En el presente estudio, el tratamiento de 10 g/L de salinidad, fue en el que se presentó el mayor porcentaje de supervivencia (87%). Se han reportado porcentajes mayores (98.44%), para *L. vannamei* (PL17), cuando realizaron pruebas de estrés osmótico, resultados señalan que la tolerancia al estrés osmótico se incrementa a medida que aumenta la edad de las postlarvas, pero con una tendencia mucho mayor cuando se encuentran en fase de intermuda ("C") (Burbano-Gallardo *et al.*, 2015). Otro estudio realizado por Arzola *et al.* (2013), con postlarvas (PL 12) expuestas a estrés por diferentes combinaciones de salinidad y temperatura, observaron que los porcentajes de supervivencia, también fueron mayores a lo reportado en el presente estudio, los autores señalan que pudiera ser debido a que el desarrollo de los arcos de las branquias en postlarvas PL12, están directamente ligados al proceso de osmorregulación. Otro trabajo realizado por Silva *et al.* (2010), con la especie *Farfantepenaeus subtilis* (PL50) coincide con nuestro estudio realizado con postlarvas (PL13), cuando realizaron la prueba de estrés osmótico a 10 g/L, posterior a 96 h, el porcentaje de supervivencia fue 86.6%. Sin embargo, señalan los autores que en los tratamientos >15 g/L y <35 g/L, la supervivencia fue 100%. Brito *et al.* (2000) señalan que la especie de *Farfantepenaeus brasiliensis* reporta supervivencia de 0% y 48% en la prueba de estrés realizada a 5 g/L y 10 g/L. En salinidades menores a 2 g/L se ha demostrado que la supervivencia de postlarvas de la especie de *L. vannamei* se ve afectada llegando a 0%, mientras que a 2 g/L el porcentaje de supervivencia reportado es de 20% y, mientras que a 30 g/L de salinidad, reportan el 80% de supervivencia (Laramore *et al.*, 2001). Por lo anterior descrito, se demuestra que la capacidad osmorregulatoria es mayor para la especie *L. vannamei* que para *F. subtilis* y *F. brasiliensis*, por lo tanto, representa una mayor capacidad de resistencia al estrés ocasionado por el cambio de la salinidad.

Referente a la prueba de estrés por temperatura, en el presente estudio las postlarvas de *L. vannamei* a tres diferentes temperaturas, presentaron el menor porcentaje de supervivencia en la temperatura de 16°C. Bermudes-Lizarraga *et al.* (2017), encontraron 32% de supervivencia, cuando evaluaron el efecto combinado de temperatura y salinidad (25°C y 30°

C en 40 g/L de salinidad). Otro estudio reporta, que en larvas de *P. merguensis* la mejor combinación de temperatura y salinidad para la supervivencia larval y la metamorfosis fue de 33°C y 35 g/L (52 % de supervivencia), mientras que 37% y 48% de supervivencia fue a 33°C en 30 y 35 g/L de salinidad y durante el desarrollo larval (Zacharia y Kakati, 2004). La variable temperatura es de gran importancia en los crustáceos, la temperatura óptima depende del rango térmico de la especie, distribución geográfica, respuesta de aclimatación y adaptaciones fisiológicas y conductuales (Espina *et al.*, 1993; Gutiérrez-Yurrita, 2000). Un estudio relaciona la temperatura con el crecimiento de *Macrobrachium rosenbergii*, los resultados revelaron que el crecimiento del langostino aumentó a medida que la temperatura aumentó de 24°C a 29°C, mientras que en la temperatura mayor (34°C), fue observado un crecimiento menor (Habashy y Hassan, 2011). En el presente estudio con la especie *L. vannamei*, a pesar del cambio de temperatura para generar estrés en los organismos experimentales, los valores de los porcentajes de supervivencia no presentaron variabilidad en la prueba de análisis de varianza ($P = 0.232$).

Por otro lado, la aplicación de fertilizantes al agua de los estanques de cultivo de camarón, tienen la finalidad de incrementar las densidades de algas, la productividad natural y de forma indirecta para mejorar los niveles de oxígeno del agua de los estanques (Rojas *et al.*, 2005). La incorporación al agua de iones K^+ y de Mg^{2+} , son necesarios cuando los crustáceos son cultivados en agua de baja salinidad, ya que la composición iónica puede ser deficiente (Atwood *et al.*, 2003; Roy *et al.*, 2010; Aruna y Felix, 2017), además es recomendable la suplementación de K^+ y Mg^{2+} en el alimento (Jahan *et al.*, 2018).

Existen reportes de modelos predictivos para conocer la toxicidad de los principales iones (K^+ , Mg^{2+}), ya que a pesar de que son necesarios en los crustáceos para funciones importantes como crecimiento, supervivencia y osmorregulación, pueden llegar a ser tóxicos a elevada concentración, ya que el potasio en exceso puede afectar la activación de la bomba $Na^+ K^+$ -ATPasa (Mantel y Farmer, 1983; Pequeux, 1995; Pillard *et al.*, 2002).

El Mg^{2+} también tiene función importante en el metabolismo de lípidos, proteínas y carbohidratos, como cofactor para un amplio número de reacciones metabólicas y enzimáticas (Davis y Lawrence, 1997). Los resultados de este estudio demuestran que la CL₅₀₋₉₆ horas del potasio resultó ser de mayor toxicidad que la del magnesio y que la de la mezcla, lo cual coinciden con lo reportado para la especie *Americamysis bahia* ya que se menciona que el K^+ causo mayor mortalidad que Mg^{2+} (Pillard *et al.*, 2002).

Se ha demostrado que el crecimiento y el proceso del ciclo de muda de los camarones, tienen una relación con las fases lunares (Dall *et al.*, 1990; Bardera, 2019) esta relación es remarcada por Robertson *et al.* (1987) y por Lemos y Weissman (2020), quienes indicaron la necesidad de determinar esta posible relación y su importancia en el manejo de sistemas de cultivo de camarón.

Los componentes (Potasio, magnesio, glucosa, calcio, sodio, cloruro, fosforo inorgánico y proteínas) cambian cuando el camarón se encuentra en proceso de muda (postmuda "A" y "B", intermuda "C" y premuda "D") o cuando liberan el exoesqueleto ecdysis ("E"). El músculo es el principal almacén de proteínas en crustáceos, la síntesis y degradación de las proteínas musculares determina la tasa de crecimiento del camarón, la cual se modula con cada ciclo de muda (Sánchez *et al.*, 2001; Cesar y Yang, 2007; Zacarias *et al.*, 2018). Debido a los cambios en los estadios de muda, fue evaluada la concentración letal media (CL₅₀₋₉₆ h) de malatión y de sulfato de cobre en diferente fase lunar. Se ha demostrado en estudios de toxicidad sobre camarones (*L. vannamei*), que los efectos de plaguicidas organofosforados fueron la inducción de los niveles de catalasa, glutatión peroxidasa y glutatión S- transferasa en hepatopáncreas y daño al ADN (Pawar *et al.*, 2019; Duarte-Restrepo *et al.*, 2020). Por otro lado, el sulfato de cobre es tóxico y afecta adversamente funciones biológicas a nivel molecular, celular y tisular (Yang *et al.*, 2007), incrementa la susceptibilidad a microorganismos patógenos (Bourgeois y Felder, 2001), y reduce moléculas biológicas (lípidos totales, proteína total y carbohidratos totales) debido a la demanda de energía bajo condiciones de estrés (Prasath *et al.*, 2019). En este estudio la evaluación

de la CL₅₀₋₉₆ horas del malatión y sulfato de cobre ocasionaron mayor mortalidad en las fases lunares de luna nueva y cuarto creciente, por lo que para las pruebas de toxicidad es determinante realizarlas en las fases de luna llena o de cuarto menguante. Además, porque también se ha demostrado que, en la fase de luna nueva, un mayor porcentaje (80%) de camarones mudan (Molina *et al.*, 2000).

Respecto al crecimiento de las postlarvas, la mayor ganancia en talla, la presentaron la postlarvas en el tratamiento de 20 g/L de salinidad. González *et al.* (2008), evaluaron el crecimiento del camarón blanco (*L. vannamei*) a baja salinidad (2 g/L) en una granja del Noroeste de México, Al final del ciclo calcularon un incremento promedio de 7 mm y 0.9 gramos por semana. Mientras que, en este estudio el incremento de la talla para las postlarvas fue de 3.2342 mm con una ganancia en peso mayor al 100% y una tasa de crecimiento adecuada en 10 y 20 g/L de salinidad. Con la especie de *Macrobrachium rosenbergii*, relacionaron que la temperatura es determinante y que el crecimiento aumentó a medida que la temperatura aumentó de 24°C a 29°C, pero cuando la temperatura se incrementó a 34°C, el crecimiento disminuyó (Habashy y Hassan, 2011). Por su parte, Li *et al.* (2015), señalan que a una salinidad < 5 g/L es demasiado estresante para el camarón *L. vannamei*, por lo que es conveniente suministrar energía adicional para lograr un crecimiento y una mejor supervivencia del crustáceo a baja salinidad.

CONCLUSIÓN

La especie de camarón *L. vannamei* (PL13) presentó más sensibilidad al estrés ocasionado por la variación de la salinidad que por el cambio de temperatura. Además, las postlarvas fueron menos resistentes a la toxicidad del K^+ , que a la del Mg^{2+} . Referente a la mezcla, fue evidente un efecto antagónico por alguno de los fertilizantes utilizados. El malatión y el sulfato de cobre ocasionaron mortalidad en las postlarvas, pero en mayor cantidad en las fases de luna nueva y cuarto creciente, lo que evidencia que las CL₅₀₋₉₆ h, reportadas para juveniles, coincidieron con el 50% de mortalidad presentada en las postlarvas de los experimentos de luna llena y cuarto menguante.

Los fertilizantes a base de K^+ y de Mg^{2+} , si fueran aplicarse al agua de los estanques, se sugiere que el valor de la CL_{50-96} h, deba ser dividido 100 veces, para evitar mortalidad en los organismos de cultivo y la aplicación preferentemente realizarla en la fase de luna llena o en cuarto menguante. Los porcentajes de supervivencia, ganancia en peso y la tasa de crecimiento fueron mayores en el tratamiento de 20 g/L de salinidad, por lo que, con los resultados obtenidos, se sugiere el cultivo de *L. vannamei* en agua con 10 g/L y 20 g/L de salinidad. Es necesario realizar más estudios con la especie *L. vannamei* para cuantificar otras variables, y profundizar más en los resultados obtenidos en el presente estudio.

AGRADECIMIENTOS

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-MÉXICO), por otorgar la beca durante el periodo 2021-2023 al M. en C. Edgar Gabriel Hernández-Mendoza (cvu: 1106141).

REFERENCIAS

- Aruna, S., y Felix, S. (2017). The effect of ionic concentration of low saline waters on growth characteristics of *Penaeus vannamei*. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 5 (3): 73-76.
- Arzola, J., Piña, P., Nieves, M., y Medina, M. (2013). Supervivencia de postlarvas de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* a diferentes salinidades y temperaturas. Revista MVZ Córdoba. 18: 3618-3625. <https://doi.org/10.21897/rmvz.127>
- Atwood, H. L., Young, S. P., Tomaso, J. R., y Browdy, C. L. (2003). Survival and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* postlarvae in low salinity and mixed-salt environments. Journal of the World Aquaculture Society. 34 (4): 518-523. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2003.tb00091.x>
- Bautista-Covarrubias, J. C. (1995). Estudio preliminar de la toxicidad aguda del malatión sobre camarón blanco *Penaeus vannamei*. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ingeniería Pesquera. Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, Nayarit, México. 51 pp.
- Bardera, G., Owen, M. A., Pountney, D., Mhairi, E. A. y Sloman, A. K. (2019). The effect of short-term feed-deprivation and moult status on feeding behaviour of the pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Aquaculture. (511): 734222. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734222>
- Bermudes-Lizárraga, J., Nieves-Soto, M., Medina-Jasso, A. y Piña-Valdez, P. (2017). Effect of temperature and salinity on larval survival and development of *Litopenaeus vannamei*. Revista MVZ Córdoba. 22 (2): 5844-5853. <http://dx.doi.org/10.21897/rmvz.1022>
- Boyd, C. E., Thunjai, T., y Boonyaratpalin, M. (2002). Sales disueltas en agua de cultivo de camarón en tierras continentales y baja salinidad. Boletín Nicovita. 7 (1): 1-14.
- Bourgeois, R. P., y Felder, D. L. (2001). Postexposure metabolic effects of sulfide and evidence of sulfide-based ATP production in callinassid ghost shrimp (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 263 (1): 105-121. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(01\)00302-1](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(01)00302-1)
- Burbano-Gallardo, E., Imués-Figueroa, M. A., Gonzalez-Legarda, E. A., Brito, L. O., Olivera Galvez, A., y Vinatea Arana, L. A. (2015). Supervivencia de postlarvas de *Litopenaeus vannamei* sometidas a la prueba de estrés osmótico y su relación con el estado de muda. Revista de Biología Marina y Oceanografía. 50 (2): 323-330. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47941332010>
- Brito, R., Chimal, M. E. y Rosas, C. (2000). Effect of salinity in survival, growth, and osmotic capacity of early juveniles of *Farfantepenaeus brasiliensis* (Decapoda: Penaeidae). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 244: 253-263. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(99\)00142-2](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(99)00142-2)
- Cesar, J. R. O. y Yang, J. (2007). Expression patterns of ubiquitin, heat shock protein 70, α -Actin and β -Actin over the molt cycle in the abdominal muscle of marine shrimp *Litopenaeus vannamei*. Molecular Reproduction and Development. 74: 554-559. <https://doi.org/10.1002/mrd.20605>
- CONAPESCA (2023). Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2023. De la Comisión de Acuicultura y Pesca. CONAPESCA MÉXICO. 278 p.
- Dall, W., Hill, B. J., Rothlisberg, P. C. y Staples, D. J. (1990). The Biology of the Penaeidae. In: Advances in Marine Biology. Vol. 27. Academic Press, London, 1-489 p.
- Davis, D. A. y Lawrence, A. L. (1997). Minerals. En: D'Abramo, L. R., Conklin, D. E., Akiyama, D. M. (Eds) Crustacean Nutrition. World Aquaculture Society. Baton Rouge, Louisiana. 6:150-163.
- Duarte-Restrepo, E., Jaramillo-Colorado, B. E., y Duarte-Jaramillo, L. (2020). Effects of chlorpyrifos on the crustacean *Litopenaeus vannamei*. PLoS ONE. 15(4): e0231310. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231310>
- Espina, S., Diaz-Herrera, F. y Bucle, L. F. (1993). Preferred and avoided temperature in the crayfish *Procambarus clarkii* (Decapoda, Cambaridae). Journal of Thermal Biology. 18 (1): 35-39. [https://doi.org/10.1016/0306-4565\(93\)90039-V](https://doi.org/10.1016/0306-4565(93)90039-V)
- Finney, D. J. (1971). Probit analysis. 3rd ed. Cambridge University Press, New York, 668 p.
- Flaherty, M., Szuster, B. y Miller, P. (2000). Low salinity inland aquaculture in shrimp farming in Thailand. Journal of the Human Environment. 29(3): 174-179. <http://dx.doi.org/10.1579/0044-7447-29.3.174>

- Frías-Espericueta, M. G., Castro-Longoria, R., Barrón-Gallardo, G. J., Abad-Rosales, S., Páez-Osuna, F. y Voltolina, D. (2008). Histological changes and survival of *Litopenaeus vannamei* juveniles with different copper concentrations. *Aquaculture*. 278 (1-4): 97-100. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.03.008>
- González, J. F. A., Campaña, L. M. F., Ceja, A. I. y Rubio, Y. G. (2008). Crecimiento de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un estanque rústico a baja salinidad. *Revista AquaTIC*. (28): 8-15.
- Gutierrez-Yurrita, P. J. (2000). Papel ecológico del cangrejo rojo (*Procambarus clarkii*), En los ecosistemas acuáticos del Parque Nacional de Doñana. Una Perspectiva Ecofisiológica y bioenergética. Servicio de Publicaciones. Universidad Autónoma De Madrid, España. ISBN: 84-7477-685-6, 280p.
- Habashy, M. M. y Hassan, M. M. S. (2011). Effects of temperature and salinity on growth and reproduction of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea- Decapoda) in Egypt. *International Journal of Environmental Science and Engineering*. 1: 83-90.
- Jahan, I., Reddy, A. K., Sudhagar, S. A., Harikrishna, V., Singh, S., Varghese, T., y Srivastava, P. P. (2018). The effect of fortification of potassium and magnesium in the diet and culture water on growth, survival and osmoregulation of pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* reared in inland ground saline water. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 18: 1235-1243. DOI: 10.4194/1303-2712-v18_10_10
- 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 (Evaluation of two sources of water supply for inland low salinity culture of *Litopenaeus vannamei* in Cuba). *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*. 13(6): 1-17.
- Laramore, S., Laramore, C. R. y 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): 385-392. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2001.tb00464.x>
- Lemos, D. y Weissman, D. (2020). Moulting in the grow-out of farmed shrimp: a review. *Reviews in Aquaculture*. 13(1): 5-17. <https://doi.org/10.1111/raq.12461>
- Li, E., Wang, X., Chen, K., Chang, X., Qin, J. G. y Chen, L. (2015). Physiological change and nutritional requirement of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at low salinity. *Reviews in Aquaculture*. 7: 1-19. <https://doi.org/10.1111/raq.12104>
- Lyle-Fritch, L. P., Romero-Beltrán, E., y Páez-Osuna, F. (2006). A survey on use of the chemical and biological products for shrimp farming in Sinaloa (NW Mexico). *Aquacultural Engineering*. 35 (2): 135-146. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.09.006>
- Mantel, L. H., y Farmer, L. L. (1983). Osmotic and ionic regulation. En: (Ed. by L.H. Mantel) the *Biology of Crustacea*, vol. 5, Internal Anatomy and Physiological Regulation 1983; pp. 54-162. Academic Press, New York, NY.
- Molina, C., Cadena, E., y Orellana, F. (2000). Alimentación de camarones en relación a la actividad enzimática como una respuesta natural al ritmo circadiano y ciclo de muda. En: *Avances en Nutrición Acuícola. Memorias V Simposio internacional de Nutrición Acuícola*, Mérida Yucatán, México. 358-380 pp.
- NOM-074-ECOL-1994 (1994). Proyecto de norma oficial mexicana, que establece el método de prueba de toxicidad aguda con *Daphnia magna* Straus (Crustacea-cladocera). Comité consultivo Nacional de Normalización para la Protección al Ambiente. 21 pp.
- Paredes, A. J. B., y Avella, A. P. R. (2007). Determinación de la concentración letal media (CL₅₀-48h) del mercurio por medio de bioensayos de toxicidad acuática sobre *Daphnia pulex*. Tesis de grado. Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Bogotá Colombia. 157 p.
- Pawar, A. P., Sanaye, S. V., Shyama, S., Sreepada, R. A., Bhagat, J., Kumar, P., y Khandeparker, R. D. S. (2019). In vivo DNA damage in gill, haemolymph and muscle cells of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* on exposure to organophosphorus pesticide. *Aquaculture Environment Interactions*. 11: 75-86. <https://www.jstor.org/stable/26920827>
- Peña-Navarro, N., Vargas-Cordero, R. y Varela-Mejías, A. (2013). Productos naturales como estimuladores del sistema inmunológico de *Litopenaeus vannamei*, infectado con *Vibrio parahaemolyticus*. *Agronomía Mesoamericana*. 24(1):133-147. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43726204007>

- Péqueux, A. (1995). Osmotic regulation in crustaceans. *Journal of Crustacean Biology*. 15: 1-60. Oxford University Press. <https://doi.org/10.2307/1549010>
- Pillard, D. A., *† Dufresne, D. L., y † Mickley, M. C. (2002). Development and validation of models predicting the toxicity of major seawater ions to the mysid shrimp, *Americamysis bahia*. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 21(10): 2131-2137. PMID: 12371489
- Prasath, S. A., Valarmathi, V., y Muthukumaravel, K. (2019). Study on the toxicity of copper on biochemical composition of *Litopenaeus vannamei* (Bonne, 1931). *Research Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences*. 5 (3): 260-273. <https://doi.org/10.26479/2019.0503.21>
- Robertson, L., Bray, W., Leung-Trujillo, J. y Lawrence, A. (1987). Practical molt staging of *Penaeus setiferus* and *Penaeus stylirostris*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 18: 180-185. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1987.tb00437.x>
- Rojas, A. A., Haws, M. C. y Cabanillas, J. A. Ed. (2005). Buenas Prácticas de Manejo para el Cultivo de Camarón. The David and Lucile Packard Foundation. United States Agency for International Development (Cooperative Agreement No. PCE-A-00-95-0030-05). 50 p.
- Roy, L. A., Davis, D. A., Soud, I. P., Boyd, C. A., Pine, H. I. y 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>
- Sánchez, A., Pascual, C., Sánchez, A., Vargas, A. F., Le Moulac, G. y Rosas, C. (2001). Hemolymph metabolic variables and immune response in *Litopenaeus setiferus* adult males; the effect of acclimation. *Aquaculture*. 198(1-2): 13-28. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00576-7](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00576-7)
- Silva, E., Calazans, N., Soares, M., Soares, R. y Peixoto, S. (2010). Effect of salinity on survival, growth, food consumption and haemolymph osmolality of the pink shrimp *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967). *Aquaculture*. 306: 352-356. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.04.025>
- Sokolova, I. M., Frederich, M., Bagwe, R., Lannig, G. y Sukhotin, A. A. (2012). Energy homeostasis as an integrative tool for assessing limits of environmental stress tolerance in aquatic invertebrates. *Marine Environmental Research*. 79:1-15. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2012.04.003>
- Tseng, Y. C. y Hwang, P. P. (2008). Some insights into energy metabolism for osmoregulation in fish. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part C: Toxicology & Pharmacology*. 148: 419-429. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2008.04.009>
- Yang, L. S., Yin, Z. X., Liao, J. X., Huang, X. D., Guo, C. J., Weng, S. P., Chan, S. M., Yu, X. Q., y He, J. G. (2007). A toll receptor in shrimp. *Molecular Immunology*. 44: 1999-2008. <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2006.09.021>
- Zacarias, S., Schweitzer, R., Arantes, R., Galasso, H., Pinheiro, I., Espirito Santo, C. y Vinatea, L. (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>
- Zacharia, S. y Kakati, V. S. (2004). Optimal salinity and temperature for early developmental stages of *Penaeus merguensis* De man. *Aquaculture*. 232: 373-382. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00538-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00538-6)

