

# CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DEL CANGREJO DE RÍO ACOCIL *Procambarus (Austrocambarus) llamas* EN BIOFLOC

Submitted: 28/01/2024

Accepted: 10/03/2024

Published: 20/05/2024

## GROWTH AND SURVIVAL OF ACOCIL CRAYFISH *Procambarus (Austrocambarus) llamas* IN BIOFLOC

Grajeda-Zabaleta E.F.<sup>1</sup>, Rodríguez-Galván G.<sup>1</sup>, Zaragoza-Martínez L.<sup>1</sup>,  
Vázquez-Ramírez F.<sup>2</sup>, Ubierno-Corvalán P.<sup>3</sup>, Cuj-Laines B.<sup>4</sup>,  
Cuenca-Soria C.<sup>5</sup>, Navarro-Angulo L.<sup>5</sup>, Grajeda-Zabaleta Y.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chiapas, México. <sup>2</sup>Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Chiapas AC. <sup>3</sup>Investigadora por México, Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Centro de Estudios e Investigación en Biocultura, Agroecología, Ambiente y Salud, Colima, México. <sup>4</sup>Investigador independiente. <sup>5</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. \*edvingrajeda63@unach.mx

### Abstract

The survival and growth of the *Procambarus (Austrocambarus) llamas* has been well studied, obtaining good results in recirculation and clear water systems, however, it has not been cultivated in a biofloc system from a sustainable approach, reducing water use and improving the productive aspects of aquaculture. The objective of this work was to evaluate the growth and survival of *P. llamas* in a biofloc system, with the aim of contributing to the sustainable cultivation of this species. The experimental design was of the two ways one, with a biofloc system and a control group with clear water (treatments), by triplicate (replica). The initial density was 30 juvenile/m<sup>2</sup>, with an initial average weight of 2.42 g. Biometrics were performed to obtain the specific growth rate and instantaneous and survival. By other hand, pH, temperature, dissolved oxygen and nitrites, floc volume and food consumed were also recorded, during 45 days of experimental culture. A survival of 60% was obtained for both treatments, the specific growth rate was significantly higher in the biofloc treatment ( $0.035 \pm 0.0018 \text{ g day}^{-1}$ ), than the clear water treatment. The feed conversion factor was more efficient (FCA = 1.8:1) on biofloc system. The water quality parameters were maintained in acceptable ranges for the growth of organisms. It is concluded that the growth of *P. llamas* in biofloc is an efficient and sustainable way, for the *P. llamas* culture.

### Resumen

La supervivencia y crecimiento del acocil *Procambarus (Austrocambarus) llamas*, ha sido bien estudiada, obteniendo buenos resultados en sistemas de recirculación y agua clara, sin embargo, no se ha cultivado en sistema biofloc desde un enfoque sustentable, reduciendo el uso de agua y mejorando los aspectos productivos de la acuicultura. El objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento y supervivencia de *P. llamas* en sistema biofloc, con la finalidad de contribuir al cultivo sustentable de esta especie. El diseño experimental consistió de un diseño de dos vías, con el sistema biofloc y grupo testigo con agua clara, como tratamientos, con tres repeticiones cada uno (réplicas). La densidad de siembra fue de 30 juveniles/m<sup>2</sup>, con peso promedio inicial de 2.42 g. Se realizaron biometrías para obtener la tasa de crecimiento específica e instantánea y supervivencia. Así mismo, se registraron el pH,

temperatura, oxígeno disuelto y nitritos, volumen del flóculo y alimento consumido, durante el cultivo experimental de 45 días. Se obtuvo una supervivencia de 60% para ambos tratamientos, la tasa de crecimiento específica fue significativamente mayor en el sistema biofloc  $0.035 \pm 0.0018 \text{ g día}^{-1}$ , respecto al sistema de agua clara. Los acociles bajo tratamiento biofloc, observaron un factor de conversión alimenticia más eficiente 1.8:1, con relación al grupo control. Los parámetros de la calidad del agua se mantuvieron en rangos aceptables para el crecimiento de los acociles. Se concluyó que el crecimiento de *P. llamas* en biofloc es una vía eficiente y sostenible para el cultivo de esta especie.

### Introducción

El camarón de popal o acocil *Procambarus (Austrocambarus) llamas* habita en cuerpos de agua como popales, pantanos,

**Keywords:** Sustainable aquaculture; No water exchanges; Microbial community; Growth performance

**Palabras clave:** Acuicultura sustentable; Nulo recambios de agua; Comunidad microbiana; Rendimiento de crecimiento



Actas Iberoamericanas de  
Conservación Animal

ISSN: 2253-9727

<https://www.aicarevista.com>

pastizales inundables, arroyos, zanjas de drenaje, lagunas, ojos de agua, tierras bajas de cultivos agrícolas y jagüeyes; en el estado de Tabasco, México, se ha registrado en la Cuenca del río Usumacinta, río San Pedro, Reforma, Otatal en Balancán, y La Palma Tenosique (Barba-Macías et al., 2015). *P. llamasí*, además de ser un potencial acuícola tiene importancia comercial para la pesca artesanal y deportiva, aunado a que puede ser utilizado como alimento vivo para otras especies con potencial acuícola, y para consumo familiar (Padilla-Vega y Bautista, 2019). Por otra parte, forma parte del patrimonio biocultural en comunidades indígenas de Tabasco, ya que es un insumo para la elaboración de platillos tradicionales (Carrillo-Contreras et al., 2019).

Esta especie ha sido ampliamente estudiada en sistema de recirculación cerrada, empleando biofiltro y control de temperatura, obteniendo resultados de hasta 100% de supervivencia y tasa de crecimiento eficiente (Rodríguez-Serna et al., 2010). Sin embargo, no se han realizado estudios de crecimiento y supervivencia de *P. llamasí* en sistema biofloc. La importancia de estudiar esta especie con la tecnología biofloc BFT, resalta en la reutilización del agua al evitar los recambios frecuentes, ya que ésta solo requiere reposición por pérdidas por la evaporación, conjuntamente brinda la posibilidad de intensificar los cultivos y coadyuva al sistema inmune de los organismos mitigando la probabilidad de enfermedades y mortalidad (Avnimelech, 1999; Baloi et al., 2013; Castro-Nieto et al., 2012).

El sistema biofloc BFT tiene su funcionalidad en los flóculos, conformados por una comunidad microbiana para la absorción de compuestos nitrogenados en el agua (NAT, N-NO<sub>2</sub> y N-NO<sub>3</sub>), considerados tóxicos para los organismos. Además este conjunto integra materia orgánica e inorgánica y organismos; algas, hongos, bacterias, rotíferos y protozoarios, obteniendo como beneficio adicional, proteína que puede ser utilizada como alimento para los organismos en cultivo y mejora la sanidad en el cultivo debido a que las bacterias heterótrofas forman una barrera contra los organismos patógenos (Avnimelech, 1999; Castro-Nieto et al., 2012).

Este sistema resulta pertinente debido a que las descargas de agua provenientes de la acuicultura pueden causar eutrofización en cuerpos de agua naturales, al respecto existen sistemas de recirculación con biofiltros encargados de eliminar los compuestos nitrógenos del agua, pero estos son de alto costo económico (Avnimelech, 1999). Por lo cual es importante estudiar esta especie en sistema biofloc para contribuir a su cultivo sustentable.

### Material y métodos

Esta investigación se llevó a cabo en la División Multidisciplinaria de Los Ríos de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. La duración del cultivo fue de 45 días, en el periodo de marzo a mayo de 2020, para lo cual se empleó un sistema estático, luz natural y techo de lámina.

Diseño experimental. Para analizar el crecimiento y supervivencia de *P. llamasí* se utilizó un diseño de dos vías, con dos tratamientos

T1BFT (camarones en biofloc) y T2 (camarones en agua clara) con tres repeticiones cada uno (réplicas). Es importante mencionar que en T1BFT no se realizaron recambios de agua durante la investigación, solamente se repuso el agua debido a las pérdidas por evaporación, mientras que en el tratamiento T2 (control) se realizaron sifoneos diarios, extrayendo los sedimentos del fondo y se repuso el agua extraída que correspondió de 5 a 10%.

### Unidad experimental

Para las unidades experimentales se utilizaron recipientes de polipropileno (PP) con capacidad de 70 L, previamente desinfectados con hipoclorito de sodio y cubiertos con malla mosquitera para evitar depredación de animales externos, se utilizaron tubos de cloruro de polivinilo (PVC) de 15 cm largo y  $\Phi 1^{1/2}$ " como refugios para evitar el canibalismo. La densidad de siembra fue de 30 organismos por m<sup>2</sup>, lo recomendado por Rodríguez (1999), con peso inicial promedio 2.42 g adquiridos a familias que cultivan esta especie en cuerpos de agua naturales de la región, posteriormente se sometieron a cuarentena durante 15 días alimentados con concentrado camaronina con 35% de proteína.

### Formulación biofloc

Para la formulación del biofloc se adaptó la metodología de Betancur et al. (2016), agregando melaza y salvado de trigo como fuente adicional de carbono, el sistema se dejó madurar durante una semana, antes de sembrar los organismos debido a los altos niveles de amonio que produce en su inicio (Avnimelech, 1999; Lara-Espinoza et al., 2015). La alimentación fue *ad libitum* con camaronina Purina® con 35% de proteína, 12% de humedad, 7.65% grasa, 3.5% fibra cruda, 11.2% de cenizas y 30.65% de E.L.N. Se utilizaron alimentadores fabricados con malla que permitieron medir el alimento no consumido apoyado con la metodología de Lara-Espinoza et al. (2015); el alimento fue ajustado en correlación a las heces y sedimentos retirados al día siguiente; lo anterior aplicó para ambos tratamientos.

Para verificar el crecimiento microbiano se utilizó Tinción de Gram, detectando la abundancia bacterias Gram positivas y Gram negativas mediante un microscopio a 100x y para el conteo de los organismos se siguió la metodología de Betancur et al. (2016). Se registraron los parámetros fisicoquímicos, nitritos (NO<sub>2</sub> mg L<sup>-1</sup>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub> mg L<sup>-1</sup>) del agua con un Kit de colorimetría marca Lamotte®, el pH y temperatura se midió a través de un pHmetro Hanna Grochek HI98127 tres veces al día y el oxígeno disuelto con un fotómetro multiparamétrico HI 83200 tres veces por semana.

Se realizaron biometrías a los 20 días y final del experimento (45 días), donde se registraron medidas morfométricas (talla/cm con vernier y peso promedio/g con balanza de precisión de 0.01g); supervivencia, hembras ovadas, mudas de exoesqueleto y presencia de epibiontes parasitarios (*Sigara* sp). El volumen del flóculo se midió semanalmente mediante cono Imhoff.

*Análisis de la información*

La tasa de crecimiento instantánea TIC (g d<sup>-1</sup>), así como la tasa de crecimiento específica TEC (% d<sup>-1</sup>), se calcularon mediante las fórmulas propuestas por Rodríguez (1999) y Li et al. (2019), dado que no se cumplieron los supuestos de normalidad ni de igualdad de varianza, se empleó la prueba de Friedman de rangos.

**Resultados y discusión**

Análisis de la supervivencia de los organismos. La supervivencia final en ambos tratamientos fue de 60%, al respecto Rodríguez-Serna et al. (2010), muestran supervivencias del 100% en sistema de recirculación controlada; en este sentido, se puede esclarecer que la calidad de agua tiene relación directa con la supervivencia de *P. llamasii*. En este experimento la mortalidad de los organismos se puede atribuir al comportamiento territorial y canibalismo de esta especie. Esta acción biológica sucede aun cuando la alimentación es óptima, ya que en este experimento se encontraron cangrejos de río muertos en mayor cantidad en etapa de muda y posterior a la muda y algunos con extremidades cortadas, aun cuando se colocaron tubos (PVC) como refugios; en este sentido Chen (2016) y Watanabe et al. (2016), describen este comportamiento similar en *Procambarus clarkii*. La supervivencia obtenida coincide con Rodríguez (1999), quien considera 50-80%. Por otro lado, Li et al. (2019), reportan supervivencia de 69% de la especie *P. clarkii* en sistema biofloc, similar a los resultados en este trabajo.

**Tabla I.** Supervivencia de *Procambarus llamasii* en los tratamientos de biofloc y control (*Survival of Procambarus llamasii in biofloc and control treatments*).

Periodo	Relación macho/hembra	T1BFT (%)	Relación macho/hembra	T2 (control) (%)
Inicio	1:1	100	1:1	100
20 días	0.8:1	75.5	1.2:1	84.4
Final	1:1	60	0.9:1	60

Referencia: T1BFT (%): porcentaje de supervivencia en tratamiento biofloc, T2 (control) (%): porcentaje de supervivencia tratamiento control: agua clara.

Respecto a la relación macho-hembra final fue de 1:1 para T1BFT y de T2 fue de 0.9:1, disminuyendo en menor cantidad el número de machos en el tratamiento control (T2). Carmona-Osalde et al. (2004a), refieren que la mejor relación es 1:12, por lo cual no hubo ningún efecto en la relación macho-hembra y la supervivencia de los organismos.

*Análisis de calidad del agua*

La concentración de oxígeno disuelto (OD) en este experimento fue de 2.6±0.5 mg L<sup>-1</sup> para el tratamiento T1BFT y 3.8±0.12 mg L<sup>-1</sup> para T2, siendo en este caso menor a la reportada por Li et al. (2019, 2023), con concentraciones mayores a 7 mg L<sup>-1</sup> donde han tenido

sobrevivencias del 90.8% de *Procambarus Clarkii* en sistema biofloc. De acuerdo con Hargreaves (1998), el consumo de oxígeno en el agua de biofloc es de 6 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> por hora, debido a la acumulación de sólidos suspendidos. Lo anterior puede ser una explicación a la menor concentración de OD en T1BFT reportado en esta investigación. Por otro lado, Boyd et al. (2001), mencionan que el oxígeno disuelto es uno de los parámetros principales para optimizar el crecimiento y supervivencia de los organismos, no obstante, las bajas concentraciones de OD en ambos tratamientos, los organismos tuvieron un buen crecimiento, sin embargo, pudo haber influido en la supervivencia.

En cuanto al CO<sub>2</sub>, este fue mayor en T1BFT 62±2.5 que en agua clara (T2) 5-33±1.9, de acuerdo con Avnimelech (1999), este gas se libera al aire por difusión o aireación forzada, el aumento de este gas se debe a la respiración de la comunidad bacteriana que se encuentran en el mismo (Álvarez-Borrego, 2007).

Los valores de nitritos más altos correspondieron al tratamiento agua clara (T2) con 2.64 mgL<sup>-1</sup>, al respecto Bautista y Ruíz (2011), mencionan que niveles altos de nitritos provocan estrés a los organismos cuando son mayores a 0.75 µg mL<sup>-1</sup> y son tóxicos cuando supera los 5 mgL<sup>-1</sup>. Para el caso de T1BFT el nivel promedio de nitritos fue de 0.09±0.06, indicando el equilibrio en la calidad del agua, aun cuando no se realizó ningún recambio de agua durante el experimento.

**Tabla II.** Parámetros de calidad del agua en el cultivo de *Procambarus llamasii* en sistema biofloc y control (*Water quality parameters in the cultivation of Procambarus llamasii in biofloc and control treatments*).

Parámetro	T1BFT	T2
pH	8.2±0.2	8.1±0.2
Temperatura (°C)	24.7±1.7	24.7±1.8
OD (mg L <sup>-1</sup> )	2.6±0.5	3.8±0.12
Nitritos NO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0.09±0.06	2.64±2.0
Dióxido de carbono CO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	62±2.5	33±1.9

Referencia: T1: tratamiento biofloc ± desviación estándar T2: tratamiento control: agua clara ± desviación estándar, (mg L<sup>-1</sup>): miligramos por litro.

El pH fue de 8.2±0.2 para T1BFT y 8.1±0.2 para T2 (control), manteniéndose en un rango básico para ambos tratamientos, de acuerdo con Boyd et al. (2001), el rango de crecimiento óptimo para camarón es de 7-9 pH, por lo que se mantuvo en un rango aceptable. La temperatura promedio fue de 24.7±1.7 para T1BFT y 24.7±1.8 para T2 (Tabla II). Al respecto Carmona-Osalde et al. (2004b), obtuvieron supervivencias de 90% a temperatura de 16 °C, sin embargo, cuando se incrementó la temperatura a 26 °C se redujo a 42.5% de supervivencia, lo cual resume que la temperatura puede ser un factor que influye en la supervivencia de los organismos.

*Parámetros de crecimiento*

La tasa de crecimiento instantánea (TIC) en *P. llamas* fue mayor en T1BFT  $0.035 \pm 0.0018 \text{ g día}^{-1}$  comparado con T2 (control)  $0.022 \pm 0.0011$ ; al respecto el resultado del tratamiento T1BFT, fue similar a la obtenida por Rodríguez-Serna et al. (2010), quienes reportan una tasa de crecimiento instantánea de  $0.038 \text{ g día}^{-1}$  para *P. llamas*. Por otro lado, en sistemas de recirculación controlada se reporta una TIC de  $0.028 \text{ g día}^{-1}$ , menor a la obtenida en T1BFT (Carmona-Osalde et al., 2015b). De acuerdo con el análisis estadístico, los pesos finales promedio de los acociles sometidos a tratamiento T1BFT, son mayormente significativos versus los de los acociles bajo T2 (control) ( $p > 0.05$ ) (Tabla III).

**Tabla III.** Parámetros de crecimiento en el cultivo de *Procambarus llamas* en sistema biofloc y control (*Growth parameters in the cultivation of Procambarus llamas in biofloc and control system*).

Parámetro	T1BFT	T2 (control)
W <sub>o</sub> (g)	2.42 <sup>a</sup>	2.41 <sup>a</sup>
W <sub>f</sub> (g)	3.98 <sup>a</sup>	3.42 <sup>b</sup>
TCE (%d <sup>-1</sup> )	1.102 <sup>a</sup>	0.778 <sup>b</sup>
TIC (g d <sup>-1</sup> )	0.035 <sup>a</sup>	0.022 <sup>b</sup>
FCA <sub>TOTAL</sub>	1.8:1 <sup>a</sup>	2.1 <sup>b</sup>
S <sub>TOTAL</sub> (%)	60 <sup>a</sup>	60 <sup>a</sup>

W<sub>o</sub>= Peso inicial; W<sub>f</sub>= Peso final; TCE = Tasa de crecimiento específica; TIC= Tasa de crecimiento instantánea; FCA = Factor de conversión alimenticia; S<sub>TOTAL</sub> = Porcentaje de supervivencia ponderada. Letras distintas, indican diferencias significativas, después de 45 días de experimento para ambos tratamientos.

En cuanto al factor de conversión alimenticia (FCA), para T1BFT fue de 1.8:1 mientras que para T2 fue de 2:1; de acuerdo con Boyd et al. (2001) la implementación de buenas prácticas de manejo acuícola tienden a un FCA de 1.5 a 2.0. Al respecto Carmona-Osalde et al. (2015a), y Rodríguez-Serna (1999), reportan FCA de 1.8:1 para *P. llamas* en sistema de recirculación con niveles de agua de 3 cm y de 1:1 a 15 cm.

Es importante mencionar que el FCA en T2, se atribuye a los sifoneos diarios que se realizaron en el fondo de los recipientes, lo que pudo haber evitado que el cangrejo de río se alimentara del detritus.

El volumen flóculo se mantuvo en el rango aceptable de  $2.47 \pm 1.4$ . Por su parte, Li et al. (2019), reportan 27 ml/L para *Procambarus clarkii* en sistema biofloc. Para *Litopenaeus vannamei* se recomiendan concentraciones menores a 12 mg /L, por lo que el resultado de este trabajo se encuentra en el rango deseable y es indicativo de la disminución de alimento utilizado. La tinción Gram reportó abundante crecimiento bacteriano de bacterias Gram+ y Gram-, así como la proliferación de organismos como copépodos (*Copepoda*), rotíferos (*Rotifera* y, protozoarios (*Protozoa*), pasando de 5 a 20 000 ind/L en T1BFT; sin embargo, en T2 (control) fue de

20 ind/L, por lo cual en tratamiento T1BFT se tiene mayor disponibilidad de recursos que los organismos en cultivo pueden utilizar como alimento. Al final del experimento, en T1BFT se encontraron hembras ovadas y una mayor disminución de epibiontes parasitarios (*Sigara* sp.) con respecto al T2, lo cual indica que los organismos se adaptaron al sistema biofloc.

### Conclusiones

Los parámetros de crecimiento de *P. llamas* en sistema biofloc fueron aceptables, habiendo diferencias significativas entre tratamientos. Se mantuvo un equilibrio en los parámetros de la calidad del agua en el sistema biofloc, permitiendo el nulo recambio de agua en el sistema biofloc. El flóculo permitió reducir significativamente la relación de conversión alimenticia y mitigar el desarrollo de epibiontes parasitarios (*Sigara* sp.) en los organismos. Se recomienda evaluar en otras variables de esta especie en sistema biofloc para la supervivencia y conversión alimenticia.

### Agradecimientos

A la Universidad Autónoma de Chiapas, México.

A la División Académica Multidisciplinaria de los Ríos de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.

### Bibliografía

- Álvarez-Borrego, S. 2007. Principios generales del ciclo del carbono en el océano. *Carbono en ecosistemas acuáticos de México*, 1, 11-26.
- Avnimelech, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176(3), 227-235.
- Baloi, M., Arantes, R., Schweitzer, R., Magnotti, C. y Vinatea, L. 2013. Performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* raised in biofloc systems with varying levels of light exposure. *Aquacultural Engineering*, 52, 39-44.
- Barba-Macías, E., Carmona-Osalde, C., Quiñones-Rodríguez, L. y Rodríguez-Serna, M. 2015. Registros nuevos de cambáridos (Crustacea: Cambaridae: *Procambarus*) en la cuenca del Grijalva-Usumacinta, Tabasco. *Revista mexicana de biodiversidad*, 86(3), 620-628.
- Bautista, J. C. C. y Ruiz, V. A. J. M. de J. 2011. Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. *Revista Fuente Año*, 3(8).
- Betancur, G. E. M., Ruales, C. A. D. y Gutiérrez, L. A. 2016. Diversidad del perifiton presente en un sistema de producción de tilapia en biofloc. *Revista lasallista de investigación*, 13(2), 163-177.
- Boyd, C. E., Treece, G., Engle, R. C., Valderrama, D., Lightner, V. D., Pantoja, C. R., Fox, J., Sánchez, D., Otwell, S. y Garrido, L. 2001. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. *Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica*, 1-30.
- Carmona-Osalde, C., Rodríguez-Serna, M., Olvera-Novoa, M. A. y Gutiérrez-Yurrita, P. J. 2004a. Effect of density and sex ratio on gonad development and spawning in the crayfish *Procambarus llamas*. *Aquaculture*, 236(1), 331-339.

- Carmona-Osalde, C., Rodríguez-Serna, M., Olvera-Novoa, M. A. y Gutiérrez-Yurrita, P. J. 2004b. Gonadal development, spawning, growth and survival of the crayfish *Procambarus llamas* at three different water temperatures. *Aquaculture*, 232(1), 305-316.
- Carmona-Osalde, C., Puerto-Novelo, E. y Rodríguez-Serna, M. 2015a. Effect of decreasing water levels on the spawning rate and egg count of female crayfish *Procambarus (Austrocambarus) llamas* (Villalobos, 1955). *Aquac Res Development*, 6(331), 2.
- Carmona-Osalde, C., Rodríguez-Serna, M., Hernández-Moreno, H. y Arredondo-Figueroa, J. L. 2015b. Total and partial substitution of dietary fish oil with palm oil to juvenile crayfish, *Procambarus llamas*. *Journal of Aquaculture Research & Development*, 6(10), 1.
- Carrillo-Contreras, J., May-Arias, E. M. y Mazón-Pérez, S. G. 2019. Patrimonio biocultural de Tabasco: elaboración de platillos tradicionales en comunidades indígenas Tabasco biocultural heritage: making traditional dishes in indigenous communities. *Revista de Sociología*, 6(19), 7-15.
- Castro-Nieto, L., Castro-Barrera, T., De Lara-Andrade, R., Castro-Mejía, J. y Castro-Mejía, G. 2012. Sistemas biofloc: un avance tecnológico en acuicultura. *Revista Digital del Departamento El Hombre y su Ambiente*, 1(1), 1-6.
- Chen, Y. 2016. Effect of stocking density on survival rate and immune enzyme in liver of *Procambarus clarkii*. *Hubei Agric Sci*, 55, 4237-4240.
- Hargreaves, J. A. 1998. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. *Aquaculture*, 166(3), 181-212.
- Lara-Espinoza, C. L., Espinosa-Plascencia, A., Rivera-Domínguez, M., Astorga-Cienfuegos, K. R., Acedo-Félix, E. y del Carmen Bermúdez-Almada, M. 2015. Desarrollo de camarón *Litopenaeus vannamei* en un sistema de cultivo intensivo con biofloc y nulo recambio de agua. *Revista AquaTIC*, 43, 1-13.
- Li, J., Li, J., Li, W., Sun, Y., Liu, X., Liu, M. y Cheng, Y. 2019. Juvenile *Procambarus clarkii* farmed using biofloc technology or commercial feed in zero-water exchange indoor tanks: A comparison of growth performance, enzyme activity and proximate composition. *Aquaculture Research*, 50(7), 1834-1843.
- Li, J., Qian, C., Li, C., Li, Z., Xi, Y., Cheng, Y. y Li, J. 2023. Exploration of the optimal stocking density of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) larvae by using the biofloc technology. *Aquaculture International*, 31(3), 1569-1582.
- Padilla-Vega, J. y Bautista, J. M. O. 2019. Capítulo 5. El camarón de popal *Procambarus (Austrocambarus) llamas*: Una aproximación a su aprovechamiento y biología en Tabasco, México. En Universidad Intercultural del Estado de y Tabasco (Eds.), *Desafíos y perspectivas de la investigación bajo el enfoque de la interculturalidad* (1.ª ed., pp. 79-95).
- Rodríguez, S. M. 1999. *Biología y sistemática de los Cambáridos del Sudeste de México y su potencial aprovechamiento en la acuicultura* [Tesis doctoral, Universidad Autónoma Metropolitana].  
<http://tesiuami.izt.uam.mx/uam/asp/am/presentatasis.php?recno=2845&docs=UAM2845.PDF>
- Rodríguez-Serna, M., Carmona-Osalde, C. y Arredondo-Figueroa, J. L. 2010. Growth of juvenile crayfish *Procambarus llamas* (Villalobos 1955) Fed different farm and aquaculture commercial foods. *Journal of Applied Aquaculture*, 22(2), 140-148.
- Watanabe, S., Momohara, Y., Minami, H. y Nagayama, T. 2016. Two types of orienting behaviour during agonistic encounters in the crayfish *Procambarus clarkii* (Decapoda: Cambaridae). *Journal of Crustacean Biology*, 36(2), 147-153.