

Revista Ciencias del Mar UAS



Enero - Marzo 2026

Núm. 2 Vol. 3

U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A



ISSN 3062-8959



latindex



CREATIVE COMMONS



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Artículo Científico

“Uso de vermicomposta de como fertilizante orgánico para estimular la producción de fitoplancton y el desempeño productivo del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en un cultivo intensivo a baja salinidad”

"Use of vermicompost as an organic fertilizer to stimulate phytoplankton production and improve the productive performance of white shrimp *Litopenaeus vannamei* in intensive culture at low salinity"



1. Luis Rodolfo Ruiz Vergara

Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Sinaloa. Blvd Juan de Dios Bátiz Paredes 250, Col. San Joachin, Guasave, Sinaloa, 81101.



2. Arturo Polanco Torres



0000-0002-5246-9981

Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Sinaloa. Blvd Juan de Dios Bátiz Paredes 250, Col. San Joachin, Guasave, Sinaloa, 81101.



3. Ana Elsi Ulloa Pérez



0000-0002-0517-2034

Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Sinaloa. Blvd Juan de Dios Bátiz Paredes 250, Col. San Joachin, Guasave, Sinaloa, 81101.



4. Gerardo Rodríguez Quiroz



0000-0002-8621-5824

Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Sinaloa. Blvd Juan de Dios Bátiz Paredes 250, Col. San Joachin, Guasave, Sinaloa, 81101.

Autor de correspondencia: grquiroz@ipn.mx

Recibido 21 de noviembre 2025

Aceptado 13 de febrero 2026



“Uso de vermicomposta de como fertilizante orgánico para estimular la producción de fitoplancton y el desempeño productivo del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en un cultivo intensivo a baja salinidad”

"Use of vermicompost as an organic fertilizer to stimulate phytoplankton production and improve the productive performance of white shrimp *Litopenaeus vannamei* in intensive culture at low salinity"

► RESUMEN

En México, la producción anual de camarón muestra una tendencia creciente, lo que ha incrementado la demanda de alimentos para los organismos cultivados. En el ámbito de la camaronicultura, la fertilización desempeña un papel clave al estimular la productividad primaria. Entre los fertilizantes orgánicos utilizados, sobresale la vermicomposta elaborada con la lombriz *Eisenia foetida*, la cual favorece el crecimiento del fitoplancton y, con ello, contribuye al desarrollo saludable de los organismos acuáticos. El objetivo fue analizar y evaluar distintas vermicompostas como promotores del desarrollo del fitoplancton. En tanques de 12 litros con agua a 10 ups se probaron seis tratamientos: T-1 vermicomposta sólida de estiércol vacuno y T-2 vermicomposta sólida de desechos vegetales 0.5 g·L⁻¹, T-3 vermicomposta líquida de estiércol vacuno y T-4 vermicomposta líquida de desechos vegetales 0.1 L·L⁻¹, T-5 Urea 0.45 g·L⁻¹, T-6 Control sin fertilizante, con duración de 33 días. Los parámetros de calidad de agua estuvieron dentro de los intervalos óptimos de cultivo de camarón. En cuanto al fitoplancton, la mayor concentración se presentó en el tratamiento T-2 (551.500 cel./ml). Los grupos identificados de microalgas fueron, diatomeas, clorófitas y cianófitas. T-2 tuvo el mayor peso ganado y supervivencia del 100%; sin embargo, no hubo diferencias significativas ($P>0.05$). La supervivencia más alta en tratamiento de vermicomposta (92%). La mayor cantidad de fitoplancton fue encontrada en los tratamientos con vermicomposta.

Palabras clave: *Litopenaeus vannamei*, Fertilización-acuícola, *Eisenia foetida*, Fitoplancton, Vermicomposta.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



► ABSTRACT

In Mexico, annual shrimp production is on the rise, which has increased demand for feed for farmed organisms. In shrimp farming, fertilization plays a key role in stimulating primary productivity. Among the organic fertilizers used, vermicompost made from *Eisenia foetida* worms stands out, as it promotes phytoplankton growth and thus contributes to the healthy development of aquatic organisms. The objective was to analyse and evaluate different vermicomposts as promoters of phytoplankton development. Six treatments were tested in 12-liter tanks with water at 10 ups: T-1 solid vermicompost from cattle manure and T-2 solid vermicompost from plant waste 0.5 g·L⁻¹, T-3 liquid vermicompost from cattle manure and T-4 liquid vermicompost from plant waste 0.1 L·L⁻¹, T-5 urea 0.45 g·L⁻¹, T-6 control without fertilizer, lasting 33 days. Water quality parameters were within the optimal ranges for shrimp farming. Regarding phytoplankton, the highest concentration was found in treatment T-2 (551,500 cells/ml). The identified microalgae groups were diatoms, chlorophytes, and cyanophytes. T-2 had the highest weight gain and 100% survival; however, there were no significant differences ($P>0.05$). The highest survival rate was in the vermicompost treatment (92%). The highest amount of phytoplankton was found in the treatments with vermicompost.

Keywords: *Litopenaeus vannamei*, Fertilization-aquaculture, *Eisenia foetida*, Phytoplankton, Vermicompost.

► INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una actividad económica en crecimiento y muy importante en la producción de alimentos de proteína de alta calidad. La producción global de alimentos provenientes de la acuicultura alcanzó 59,9 millones de toneladas en 2020, incluyendo peces, crustáceos, moluscos y otros animales acuáticos de consumo humano (FAO, 2025). Desde 1985, la camaronicultura en México se ha incrementado, con mayor énfasis en la región noroeste del país (Wurmann et al., 2004). La tasa media anual de crecimiento de la producción de camarón en los



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



últimos 10 años es positiva (6,24%), lo cual se debe al crecimiento de la actividad camaronícola. (CONAPESCA, 2024).

La fertilización de los sistemas acuícolas se practica en el cultivo de cualquier especie acuática, incluidos los camarones (Clifford, 1994). Tiene la finalidad de promover la productividad primaria mediante el aporte de nutrientes esenciales para satisfacer los requerimientos de los productores primarios y propiciar el establecimiento de los niveles tróficos subsecuentes de la cadena alimentaria (Primavera, 1993). El fitoplancton y el zooplancton a menudo contienen entre 40 y 60% de proteína en base a materia seca, lo que contribuye al crecimiento de los organismos acuáticos (Silva y Anderson, 1995; Wu, 2000; Hernández et al., 2023).

El fitoplancton juega un papel fundamental en el mantenimiento de la calidad del agua al afectar las concentraciones de nutrientes, los niveles de oxígeno, los regímenes de luz, la densidad bacteriana y la biomasa del zooplancton (Chien, 1992). Además de su papel fundamental en la producción de alimento natural, el fitoplancton contribuye a la regulación del pH, tanto en la columna de agua como en el sedimento, además, la inhibición del crecimiento de algas filamentosas en el fondo, las cuales pueden generar serios problemas operativos en el manejo de los estanques (Vaneet y Meera, 2010).

Además del alimento natural presente en el estanque, la alimentación en los cultivos de engorda se complementa con alimento formulado, el cual puede representar hasta el 50% de los costos operativos (Jory y Dugger, 2000). Sin embargo, este insumo también constituye una de las principales fuentes de contaminación, tanto en los sistemas de cultivo como en los ecosistemas receptores de sus efluentes (Barg, 1995; Kang'ombe et al., 2006). Se estima que en México se descargan al medio ambiente anualmente 130 000 toneladas de materia orgánica, 9 360 toneladas de nitrógeno y 3 040 toneladas de fósforo, producto del cultivo de camarón (Martínez-Córdova et al., 2009).

Por lo tanto, el desarrollo de cultivos epicontinentales de camarón en agua de baja salinidad se considera una alternativa con mayor viabilidad frente a la contaminación costera (Saoud et al., 2003; Martínez-Córdova et al., 2009).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Debido a los problemas anteriormente descritos, se ha comenzado con la utilización de fertilizantes orgánicos; los más comúnmente utilizados en acuicultura son los desechos de los animales de granja (i.e. heces de los animales de granja, con o sin orina y paja). Entre los abonos orgánicos destaca la vermicomposta de lombriz, una biotecnología que utiliza la lombriz *Eisenia foetida*, como un transformador natural que recicla todo tipo de materia orgánica. La Vermicomposta contiene una mayor cantidad de carbono y fósforo, menos potasio y nitrógeno (Barreto-Montenegro y Collazos-Lasso, 2023); además, es rica en todos los tipos de nutrientes, vitaminas, enzimas, antibióticos, promotores de crecimiento, entre otros (Mitra, 1997; Bhusan y Yadav, 2003; Haro et al., 2024).

El uso de la vermicomposta en la acuicultura está adquiriendo un mayor reconocimiento por la conservación de la energía y la utilización óptima de los recursos económicos, con un control de contaminación simultáneo, además de obtener un abono sin riesgos, el cual mejora la calidad del agua en estanques de cultivo (Chakrabarty, 2008; Tolera et al., 2024).

El uso de vermicomposta incrementa la producción de fitoplancton en los sistemas acuícolas, por lo que impacta en un mejor desempeño productivo del camarón cultivado. Este trabajo se centró en analizar y evaluar diferentes tipos de vermicomposta de lombriz como promotores en la producción de fitoplancton, así como en determinar su impacto sobre las variables productivas del camarón y la calidad del agua en estanques de cultivo a baja salinidad sin recambio.

► MATERIALES Y MÉTODOS

Producción y análisis de fertilizantes de vermicomposta de lombriz

Producción de fertilizante orgánico

Para la elaboración de los diferentes vermicompostas, se construyeron cuatro camas (4.0 x 1.0 x 0.5 m); dos de ellas se llenaron con estiércol de vaca como sustrato y dos con desecho de origen vegetal, para producir vermicompostas sólidas y líquidas. Posteriormente, se introdujeron 1500 lombrices maduras de *E. foetida* m⁻² (Rodríguez y Paniagua, 2006). Se regaron a saturación cada 2 días para disminuir la temperatura interior entre 22 y 26 °C y neutralizar el pH entre 6,5 y 8 unidades, además de mantener una humedad entre 70 y 80%. El proceso de producción de los



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



abonos orgánicos tuvo una duración aproximada de cuatro meses.

Análisis químico de las vermicompostas

Se tomaron muestras de los diferentes vermicompostas, tanto sólidas como líquidas (estiércol vacuno y desechos de origen vegetal) después del vermicomposteo, para su análisis en el laboratorio de nutrición vegetal de BIOTECSIN, donde se midió el pH mediante evaluación electrométrica y la conductividad eléctrica mediante medición electrolítica en una celda de conductividad como sensor. Se analizaron el contenido de nitrógeno (N) mediante el método de microkjeldahl, el fósforo (P), los cationes de potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), la materia orgánica y los microelementos (Fe, Zn, Mg y Cu).

Cultivo y monitoreo de fitoplancton

En una primera fase del estudio, bioensayo de 33 días, se llevó a cabo una inoculación para evaluar la concentración de fitoplancton en agua de baja salinidad, utilizando los abonos orgánicos previamente elaborados. El experimento se desarrolló en 18 tanques de 19 L de capacidad, cada uno con un volumen útil de 12 L, distribuidos en tres repeticiones por tratamiento.

La fase dos del experimento consistió en realizar un ensayo de larga duración, 94 días de cultivo, donde se tomó un control, sin fertilizar, la mejor vermicomposta de la primera fase y el fertilizante químico, este ensayo se desarrolló en tinas de 1000 L, con una densidad de 50 PLs/m².

El agua utilizada en el experimento fue recolectada de granjas camaroneras ubicadas en playa Las Glorias, Guasave, y posteriormente diluida con agua de pozo hasta alcanzar una salinidad de 10 unidades prácticas de salinidad (Ups). Cada tanque fue equipado con una piedra difusora para garantizar una aireación constante y mantener niveles adecuados de oxígeno disuelto en el sistema, la aireación fue proporcionada por un blower Sweetwater 5 HP de Aquatic Eco-System.

Fase 1. Evaluación de diferentes vermicompostas

Se establecieron seis tratamientos experimentales, incluyendo cinco con diferentes tipos de fertilización y un control, distribuidos de la siguiente manera: T-1 (composta sólida de estiércol vacuno), T-2 (composta sólida de residuos vegetales), T-3 (vermicomposta líquida de estiércol vacuno),



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



T-4 (vermicomposta líquida de residuos vegetales), T-5 (fertilizante químico: urea) y T-6 (control sin fertilización). Al inicio del ensayo, las dosis aplicadas fueron: 0.5 g/L para T-1 y T-2; 0.1 g/L para T-3 y T-4; y 0.45 g/L de urea para T-5. En los días 4, 7, 10 y 14, las dosis se ajustaron a 0.25 g/L para T-1 y T-2; 0.05 g/L para T-3 y T-4; y 0.25 g/L de urea para T-5, siguiendo las recomendaciones de Li et al. (2006) y de Souza et al. (2009). Se monitorearon diariamente los parámetros fisicoquímicos: oxígeno disuelto, temperatura, pH y salinidad. En cada tanque se introdujeron dos camarones de 2 g, previamente aclimatados desde 37 ups hasta 10 en un estanque de 1000 L de capacidad.

Fase 2. Cultivo experimental de camarón

Una vez identificado el fertilizante orgánico más eficiente (vermicomposta sólida elaborada a partir de residuos vegetales), se procedió al cultivo de juveniles de camarón, incorporando nuevamente un tratamiento control y otro con fertilizante inorgánico (urea). Para ello se utilizaron nueve tanques de 1000 L de capacidad, distribuidos en triplicado por tratamiento. Cada unidad fue llenada con 800 L de agua y sembrada con una densidad de 50 postlarvas de 12 días (PL'12) por metro cuadrado, bajo condiciones de intemperie y en sistemas de cultivo sin recambio de agua, durante un periodo de 94 días (Esparza-Leal et al., 2010). La fertilización de los sistemas se realizó dos semanas antes de la siembra de los juveniles, siguiendo las recomendaciones de Chakrabarty (2009): se aplicaron inicialmente 0.99 g/L de vermicomposta sólida y 0.034 g/L de urea. En los días 4, 7, 10 y 14 posteriores a esta primera fertilización, las dosis se redujeron a la mitad (0.495 g/L de vermicomposta y 0.017 g/L de urea). Finalmente, en el día 70 se aplicó una fertilización de refuerzo con 0.2475 g/L de vermicomposta y 0.0085 g/L de urea.

Las postlarvas de camarón se fueron adaptando a baja salinidad de forma gradual, diluyendo el agua de mar (37 Ups) con agua de pozo (5 Ups) hasta alcanzar la salinidad de 10 Ups. Se alimentaron con alimento comercial (PURINA®) del 35% de proteína y se les dio una ración diaria, comenzando las primeras semanas con el 8% de su biomasa y reduciéndose según el tiempo transcurrido hasta llegar al 5%.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Colección y preservación de las muestras de fitoplancton

Para ambos bioensayos, las muestras de fitoplancton se colectaron semanalmente de cada uno de los tanques del experimento en botellas oscuras de 100 ml. Las muestras se fijaron con 1 ml de Lugol al 1% para sedimentar y preservar el plancton, y se dejaron reposar hasta su lectura.

Identificación y enumeración

El fitoplancton se identificó hasta el nivel de grupo (Diatomeas, cianófitas, clorófitas, etc.) según los manuales de Thomas (1996) y Al-Kandari et al. (2009). Las muestras se analizaron en un contador de celdas de Neubauer mediante un microscopio óptico compuesto (Carl Zeiss Stemi 2000-C). De cada muestra se tomó un mililitro, que se depositó en las celdas, abarcando ambas áreas de la cámara. Los conteos se realizaron en los 4 cuadros de las esquinas, debido a que las muestras fueron homogenizadas, los cálculos se llevaron a cabo con la siguiente fórmula:

$$\text{No. Células/ml} = C / 4 * 10.000,$$

donde C = número de células contadas en los 4 cuadros

Calidad del agua

En ambas fases, se llevó a cabo la medición de las variables fisicoquímicas, pH (potenciómetro HANNA), temperatura, oxígeno disuelto (oxímetro YSI), salinidad (Refractómetro) una vez al día. Los nitritos, nitratos, amonio, silicatos y ortofosfatos se midieron cada 15 días mediante los procedimientos de Strickland y Parsons (1972). Además, se recolectaron semanalmente muestras de fitoplancton según la metodología descrita líneas arriba.

Análisis de las variables productivas (tasa de crecimiento, supervivencia y peso)

Semanalmente, se registró el peso de los organismos de cada tratamiento, para determinar la tasa de crecimiento utilizando la siguiente fórmula:

$$TC = [(W2 - W1) / t], \text{ donde:}$$

W2 es peso final,

W1 el peso inicial, y

t el número de días de cultivo.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



La supervivencia se calculó usando la siguiente fórmula:

$$S = (TI/TF) * 100, \text{ donde:}$$

S es la supervivencia,

TI y TF son iguales a la cantidad de organismos iniciales y finales (Cervantes-Cervantes, 2011).

Análisis estadístico

Se realizaron pruebas de normalidad de Kolmogorov–Smirnov para evaluar la distribución de todos los datos obtenidos (parámetros, cantidad de fitoplancton, nutrientes, pesos de camarón y supervivencia). Posteriormente se realizaron análisis de varianza de una vía y correlaciones, utilizando un nivel de significancia de $P < 0.05$. Se analizó, mediante análisis de varianza, la variabilidad productiva del camarón, las variables fisicoquímicas de calidad del agua y la cantidad de fitoplancton (cel/ml) para comparar los resultados entre los diferentes tratamientos. Los resultados fueron significativos entre los tratamientos y se analizaron mediante pruebas posteriores de Tukey para identificar diferencias entre los niveles de los tratamientos. Se utilizaron los programas SAS System for Windows 9.0 y STATISTICA 7.

► RESULTADOS

Análisis de nutrientes y micronutrientes de las diferentes vermicompostas de lombriz

Para este trabajo primeramente se realizó la producción de las diferentes vermicompostas sólidas y líquidas, así como la evaluación de la calidad de sus nutrientes y micronutrientes. Para lo cual se tomó una muestra de cada tratamiento para su análisis. En la tabla 1 se muestran el pH, la conductividad eléctrica y las cantidades en porcentaje de los nutrientes y micronutrientes, comparadas con las cantidades requeridas por la norma mexicana de compra y venta de vermicomposta de lombriz NMX-FF-109-SCFI-2008 (DOF, 2008). En cuanto al pH, en todos los tratamientos se presentaron valores que cumplieron con lo requerido por la norma mexicana. Sin embargo, en la conductividad eléctrica, tuvieron valores fuera de los intervalos requeridos, con excepción del tratamiento vermicomposta líquido de desechos vegetales con 2,07 mmhos/cm.

Las vermicompostas sólidas presentan las mayores cantidades de nutrientes y materia orgánica en comparación con los vermicompostas líquidos. La vermicomposta sólida de desechos vegetales presentó la



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

mayor cantidad de materia orgánica entre los cuatro tipos de vermicomposta, con 34.96%, seguido por la vermicomposta sólida a base de estiércol vacuno, con 30.92%. Sin embargo, la vermicomposta líquida de ambos tratamientos presentó cantidades muy bajas de materia orgánica: 0.39% en el obtenido a base de desechos vegetales y 0.26% en el obtenido a base de estiércol vacuno.

Por otro lado, las cantidades de nutrientes fueron mayores en los vermicompostas sólidos, mostrando una gran diferencia en los porcentajes de los principales nutrientes, como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), en comparación con las vermicompostas líquidas. En cuanto a micronutrientes, las cantidades que presentan las diferentes vermicompostas no presentan grandes variaciones entre sí, con excepción del hierro (Fe), el cual se observa en mayor proporción en los vermicompostas sólidas (tabla 1). La vermicomposta líquida, al ser un lixiviado de la vermicomposta sólida, contiene menores porcentajes y cantidades de nutrientes, aunque esto también depende del número de lavados que se realicen a la vermicomposta.

Tabla 1. Valores de pH, conductividad eléctrica, nutrientes y micronutrientes de las diferentes vermicompostas de lombriz *E. foetida*. T-1 composta sólida de estiércol vacuno, T-2 composta sólida de desechos vegetales, T-3 vermicomposta líquida de estiércol vacuno, T-4 vermicomposta líquida de desechos vegetales.

	T1	T2	T3	T4	Urea	NMX-FF-109-SCFI-2008
PH	7.9	7.8	7.6	7.4	-	5.5- 8.5
CE (mmhos/cm)	6.66	7.70	2.07	4.45	-	≤ 4
MO %	30.92	34.96	0.26	0.39	-	20- 50
N %	2.59	3.85	0.51	0.85	46	1.5- 3.35
P %	0.77	0.72	0.10	0.07	-	0.1
K %	1.90	2.06	0.05	0.07	-	0.1
Ca %	1.61	1.54	0.30	0.24	-	2.8- 8.7
Mg %	1.36	1.54	0.13	0.13	-	0.2- 0.5
Fe (ppm)	76.77	35.30	10.42	10.47	-	-
Cu (ppm)	4.95	4.70	2.67	2.51	-	6.8
Zn (ppm)	1.05	1.10	1.11	0.90	-	1.4
Mn (ppm)	2.88	4.80	0.50	0.87	-	3.8



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Fase 1. Variables físico-químicas del agua

OD, Temperatura, pH y salinidad, Amonio

El experimento se desarrolló bajo condiciones de intemperie. En cuanto al oxígeno disuelto, este se mantuvo dentro de un rango relativamente estable (3.8 ± 1.13 mg/L), aunque presentó diferencias significativas entre tratamientos. La temperatura promedio fue de 28.04 ± 3.66 °C, sin diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$); Por su parte, el pH también presentó diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$). La salinidad promedio registrada durante el estudio fue de 7.84 ± 2.35 , sin diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$). No obstante, se observaron variaciones significativas entre los distintos muestreos, atribuibles a los eventos de precipitación ocurridos durante el periodo experimental. En lo que respecta al amonio, se observaron diferencias significativas, ($P < 0.05$), siendo el tratamiento T5, tratamiento con urea el que presentó el valor más alto, con un promedio de 124.31 ± 168.48 µg/L (tabla 2). Los demás tratamientos presentaron valores bajos (2.06 - 3.54 µg/L).

Tabla 2. Variables fisicoquímicas de agua fertilizada y de cultivo de camarón *Penaeus vannamei*. T-1 vermicomposta sólida de estiércol vacuno, T-2 vermicomposta sólida de desechos vegetales, T-3 vermicomposta líquida de estiércol vacuno, T-4 vermicomposta líquida de desechos vegetales, T-5 Control (Urea), T-6 Blanco.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Salinidad (Ups)	7.2 ± 3.13 a	7.5 ± 2.54 a	7.9 ± 2.08 a	7.6 ± 2.06 a	8.4 ± 2.19 a	8.4 ± 1.70 a
Oxígeno (mg/L)	3.67 ± 1.05 b	3.75 ± 1.20 ab	3.90 ± 1.16 ab	3.78 ± 1.18 ab	3.85 ± 1.15 ab	3.95 ± 1.13 a
Temperatura (°C)	28.1 ± 3.70 a	27.7 ± 3.64 a	28.1 ± 3.78 a	28.2 ± 3.74 a	28.1 ± 3.63 a	27.9 ± 3.64 a
pH (UpH)	8.76 ± 0.22 b	8.70 ± 0.13 b	8.90 ± 0.39 a	8.97 ± 0.23 a	8.45 ± 0.15 d	8.56 ± 0.15 c
Amonio (µg/L)	2.22 ± 0.56	3.14 ± 2.97	3.54 ± 1.23	2.62 ± 1.57	124.31 ± 21.08	2.17 ± 2.65

Los promedios y desviación estándar de los parámetros en los diferentes tratamientos. Medias con letras iguales en cada columna son estadísticamente iguales, según Tukey ($\alpha < 0.05$). *En el caso de amonio se cambia a (µg/L) por efectos de escala, unidad convencional (mg/L)



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Evaluación de fitoplancton

Cantidad de fitoplancton por grupos

En la figura 1 se muestran los porcentajes de los grupos de fitoplancton identificados durante el estudio, en los que la mayor cantidad no pudo ser identificada debido a su tamaño (nanoplancton); los otros grupos identificados fueron diatomeas, clorófitas y cianófitas. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el número de nanoplancton no identificado (N.I.) y el resto de los otros grupos (diatomeas, clorófitas y cianófitas); estos no tuvieron diferencias significativas entre grupos de tamaño microplancton. En cuanto al porcentaje de los grupos, el mayor porcentaje en los tratamientos T1 a T5 fue para nanoplancton, en T1 el porcentaje de nanoplancton y diatomeas fue similar, mientras que en T6 el mayor porcentaje lo presentó el grupo de las clorófitas, seguido por el nanoplancton.

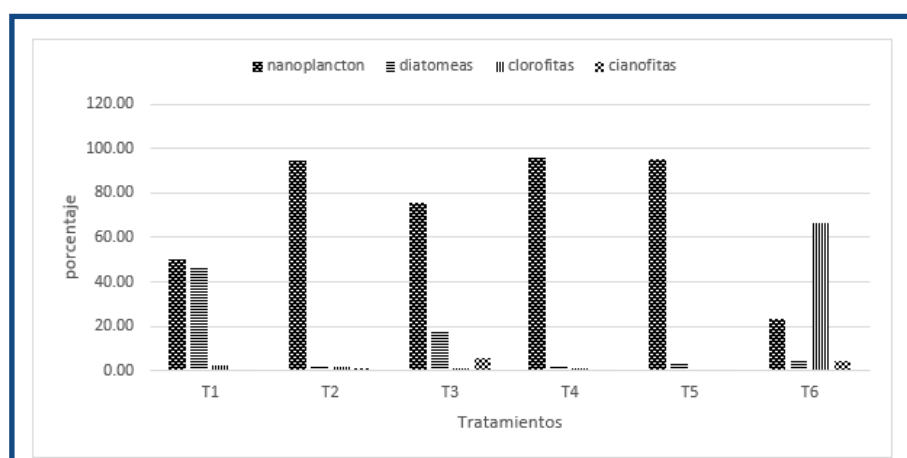


Fig. 1. Porcentaje de los grupos de microalgas encontrados durante la fase I del estudio.

Variación de fitoplancton por tratamiento

En la figura 2 se muestra el valor medio de fitoplancton obtenido en cada tratamiento por muestreo semanal. T4 (vermicomposta líquido de estiércol vacuno con desechos vegetales) reportó la mayor cantidad de fitoplancton durante todo el experimento; sin embargo, no presenta una diferencia significativa con el T2 (vermicomposta sólido de estiércol vacuno con desechos vegetales).

En cuanto a los muestreos, se encontró una diferencia entre estos, con altos valores en varios tratamientos y que disminuyeron conforme se



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

desarrolló el ensayo. Esto se atribuye principalmente a fenómenos naturales (lluvia) ocurridos durante el experimento, provocando variaciones en la salinidad y temperatura principalmente, relacionándose estas variaciones con los cambios en las colonias fitoplanctónicas. Sin embargo, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos de acuerdo a un análisis de Tukey ($P>0.05$).

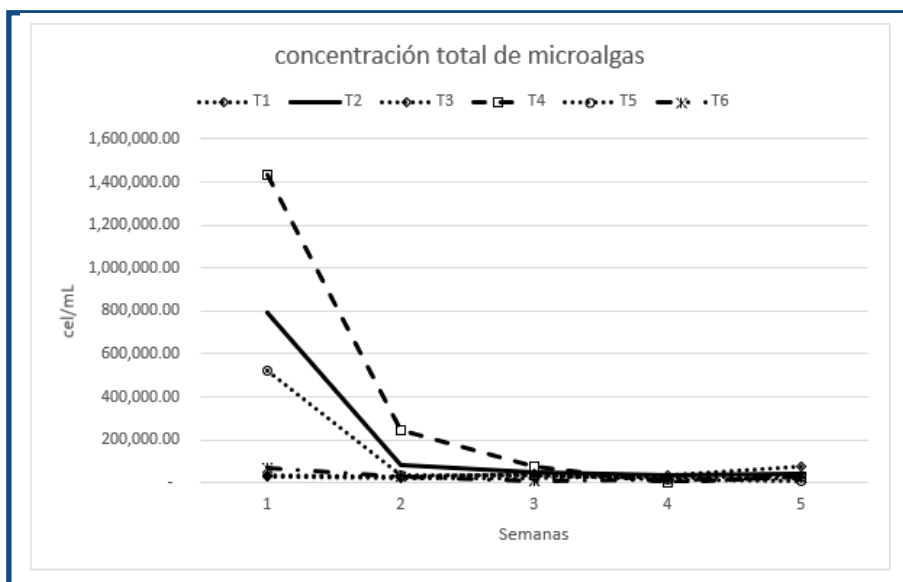


Figura 2. Variación de la cantidad de fitoplancton a través del tiempo transcurrido en el bioensayo.

Peso ganado de los camarones durante el experimento

En la figura 3 se presentan los pesos iniciales y finales de los camarones por cada tratamiento; así como los porcentajes de supervivencia. El mayor peso ganado lo obtuvo el T2, tratamiento de vermicomposta sólido de desechos vegetales con un promedio de 4.45 g, sin embargo, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ($P>0.05$). Además, en este tratamiento tuvo la más alta supervivencia con un 100% de los organismos cultivados, al igual que el tratamiento T3, vermicomposta líquida de estiércol de vaca; no obstante, este tuvo menos peso ganado.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

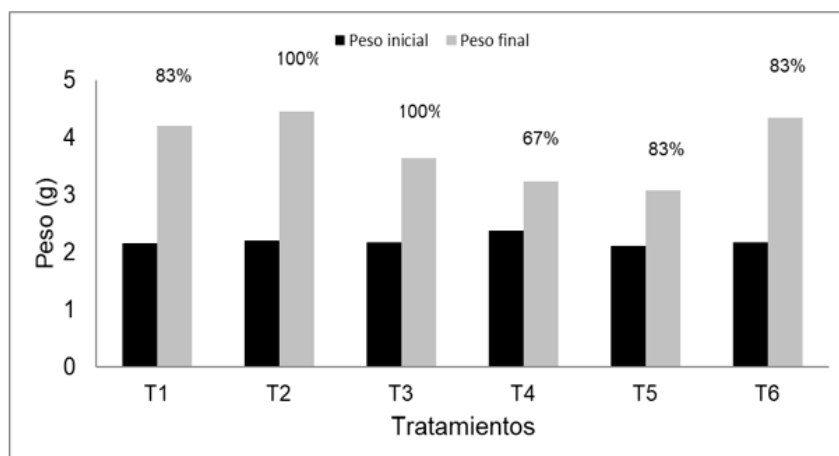


Fig. 3. Peso ganado de los distintos tratamientos durante el experimento. T- 1 vermicomposta sólida de estiércol vacuno, T- 2 vermicomposta sólido de desechos vegetales, T-3 vermicomposta líquida de estiércol vacuno, T-4 vermicomposta líquida de desechos vegetales, T-5 Urea, T-6 control sin fertilizante. Valores en porcentaje representan la sobrevivencia al final del experimento.

Fase 2. Variables físico-químicas del agua

OD, Temperatura, pH y salinidad

En la tabla 3, se muestran los parámetros físico-químicos obtenidos a lo largo del experimento, los cuales se encuentran dentro de los rangos óptimos para cultivo de camarón, teniendo el tratamiento control con mayor promedio de oxígeno 4.79 ± 0.229 mg/L durante el experimento a lo largo de los 94 días, en cuanto a temperatura el promedio entre los tres tratamientos fue el mismo 28°C , la salinidad fue mayor en los estanques de vermicomposta promediando 20.1 ± 4.4 Ups y por el ultimo el pH al igual que la salinidad tuvo el promedio más alto en el tratamiento de vermicomposta 8.92 ± 0.07 UpH.

Tabla 3. Variables físico-químicas de agua fertilizada y de cultivo de camarón *Litopenaeus vannamei*. En los diferentes tratamientos.

	Vermicomposta	Urea	Control
Oxígeno (mg/L)	4.78 ± 0.20^a	4.75 ± 0.22^a	4.79 ± 0.23^a
Temperatura ($^\circ\text{C}$)	28.78 ± 1.86^a	28.98 ± 1.91^a	28.39 ± 1.88^a
pH (UpH)	8.92 ± 0.07^a	8.77 ± 0.08^a	8.83 ± 0.08^a
Salinidad (Ups)	20.1 ± 4.4^a	19.9 ± 4.8^a	19.2 ± 4.9^a

Se muestran los promedios y desviación estándar de los parámetros en los diferentes tratamientos. Medias con letras iguales en cada fila son estadísticamente iguales, según Tukey ($\alpha < 0.05$).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Amonio, Nitritos, Nitratos, Ortofosfatos y Silicatos

Las concentraciones de amonio fueron mayores en los tanques fertilizados con urea; sin embargo, tuvieron una tendencia a disminuir a lo largo del experimento y terminaron con cantidades similares a las obtenidas en los tratamientos de vermicomposta y control. Mientras que los tratamientos vermicomposta y control, se mostraron con pequeñas cantidades de amonio a lo largo del experimento.

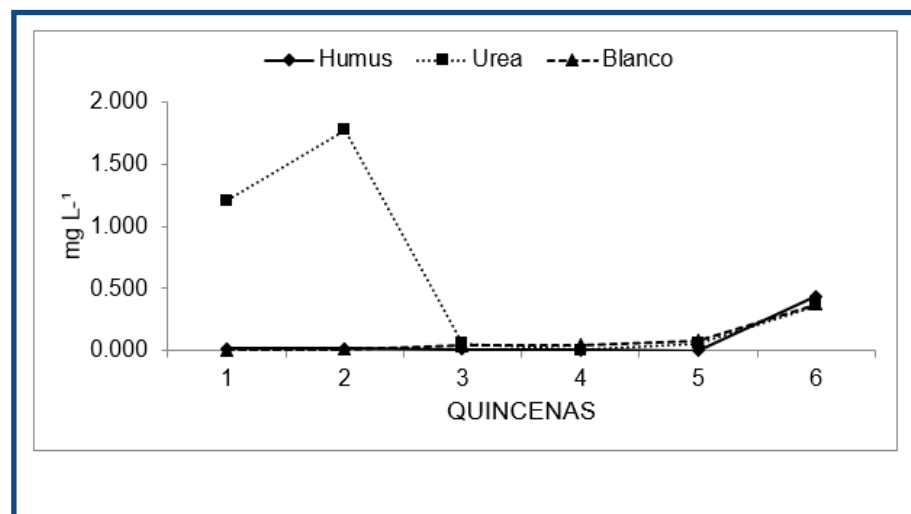


Fig. 4. Concentración de amonio en cultivos experimentales de camarón *Litopenaeus vannamei* de los diferentes tratamientos.

La Figura 5 muestra la evolución de las concentraciones de nitritos durante el experimento. El tratamiento con urea presentó las concentraciones más elevadas de este compuesto; sin embargo, entre la semana 3 y la semana 4, se observó una disminución notable, hasta alcanzar valores bajos en el rango de 0.006 a 0.008 mg L⁻¹. En contraste, los tratamientos con vermicomposta y el tratamiento control mantuvieron niveles bajos de nitritos durante la mayor parte del ensayo, aunque al final del experimento registraron un incremento significativo en sus concentraciones.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

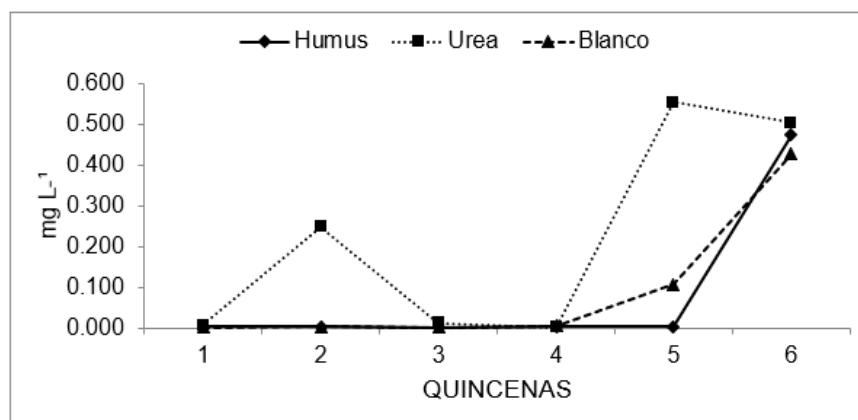


Figura 5. Concentración de nitritos en cultivos experimentales de camarón *Penaeus vannamei* de los diferentes tratamientos.

En la Figura 6, a diferencia de los nutrientes anteriores (amonio y nitritos), el tratamiento con urea presenta un comportamiento similar al de los demás tratamientos; asimismo, al final de los experimentos, los tres tratamientos tienden a aumentar.

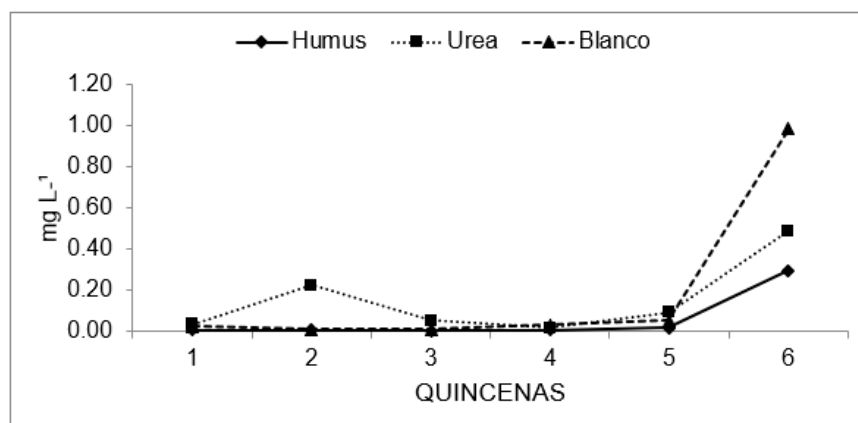


Figura 6. Concentración de nitratos en cultivos experimentales de camarón *Penaeus vannamei* de los diferentes tratamientos.

La concentración de ortofosfatos fue mayor en el tratamiento de vermicomposta, promediando 0.609 mg L⁻¹ a lo largo del experimento; sin embargo, en la semana cinco, este disminuye a aproximadamente 0.200 mg L⁻¹. Por otro lado, los tratamientos de urea y control mantienen una tendencia similar con pequeñas cantidades de este nutriente (Fig. 7).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

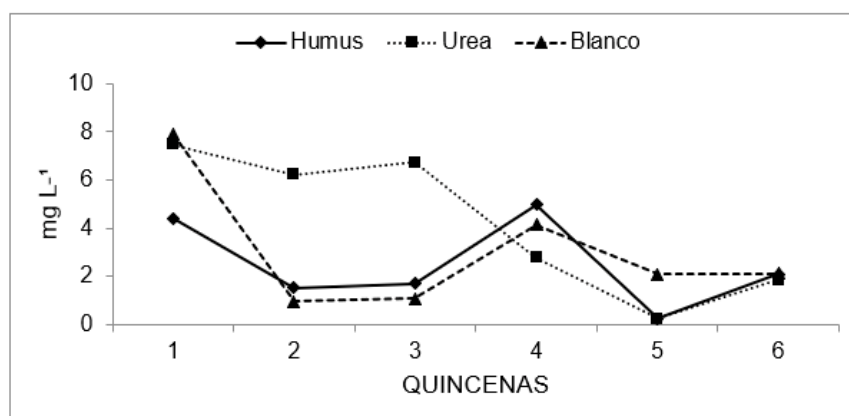


Figura 7. Concentración de ortofosfatos en cultivos experimentales de camarón *Litopenaeus vannamei* de los diferentes tratamientos.

Por último, en los silicatos, no se ve una clara tendencia en los diferentes tratamientos, ya que en los muestreos que se realizaron, estos se muestran con alzas y bajas (Fig.8). El tratamiento de vermicomposta promedió 2.5 mg L⁻¹, el tratamiento de urea promedió 4.22 mg L⁻¹ y el tratamiento control promedió 3.06 mg L⁻¹ a lo largo del experimento. Además, en las últimas semanas del experimento, en todos los tratamientos se observa una disminución de la cantidad de silicato.

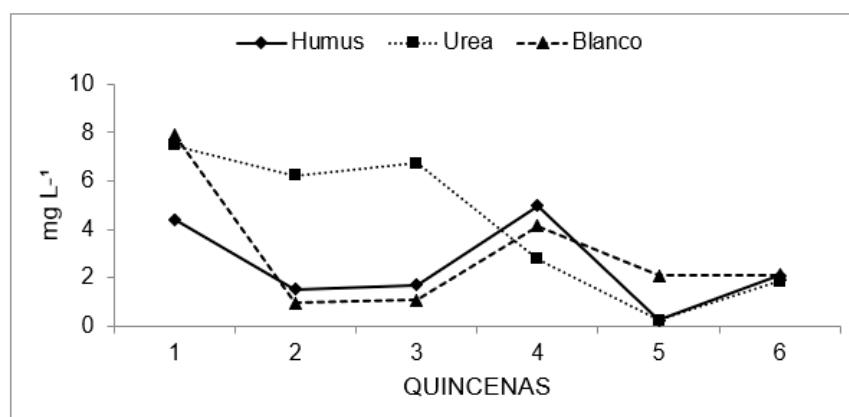


Figura 8. Concentración de silicatos en cultivos experimentales de camarón *Litopenaeus vannamei* de los diferentes tratamientos.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Variables productivas del camarón

Tasa de crecimiento, peso final y supervivencia

En la Figura 9, se observa el crecimiento del camarón a lo largo del experimento en los 94 días de cultivo, hasta la semana 6 los tratamientos se encuentran con valores aproximados a los 5 gr, es en la semana 7 cuando los estanques del tratamiento de urea comienzan a tener mayor crecimiento que los otros tratamientos, el promedio de los estanques de vermicomposta comienza a tener un menor crecimiento y tiene al final del ensayo el menor peso final entre los tratamientos. Se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el peso final entre los tratamientos, con el mayor peso en los estanques fertilizados con urea. En cuanto a la supervivencia, no se observaron diferencias ($P > 0.05$). El tratamiento fertilizado con vermicomposta fue el de mayor supervivencia, con un 92%, seguido por la urea y, por último, los estanques sin fertilizar (Tabla 4).

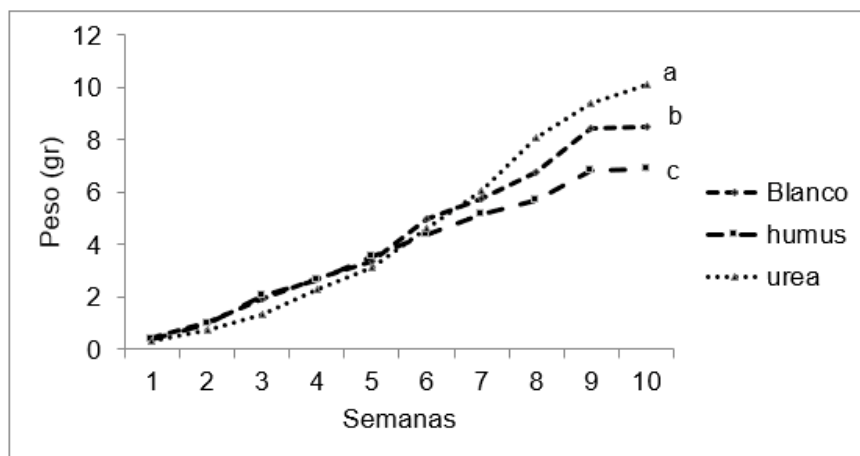


Figura 9. Crecimiento del camarón de los diferentes tratamientos (Vermicomposta, urea, blanco) durante el experimento.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

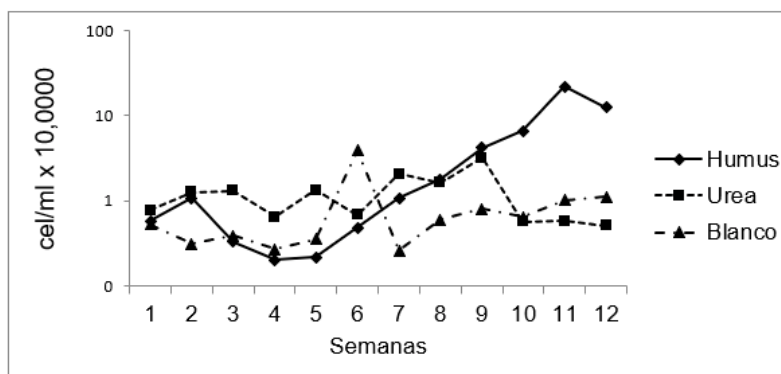
Tabla 4. Variables productivas, tasa de crecimiento, peso final y supervivencia, del camarón cultivado experimentalmente con (vermicomposta y urea) y sin fertilización (blanco) del camarón *Litopenaeus vannamei*.

	Tasa de crecimiento	Peso final	Supervivencia
Humus	0.09±0.03	6.89±2.10 ^a	92±12.12 ^a
Urea	0.13±0.01	10.12±1.63 ^b	83±8.19 ^a
Blanco	0.11±0.03	8.52±2.26 ^c	81.67±15.31 ^a

Cantidad de fitoplancton por tratamiento

En la Figura 10 se muestra la cantidad de fitoplancton (cel/ml) obtenida semanalmente a lo largo del experimento (12 semanas). No existe un comportamiento constante en ningún tratamiento; sin embargo, el tratamiento con vermicomposta tiende a aumentar a partir de la quinta semana, cuando comienza a presentar gradualmente una mayor cantidad de células/ml. No obstante, el tratamiento control también presenta un aumento en la producción de células en las semanas 5 y 6, pero esta cae en la semana 7. Las mayores cantidades de cel/ml se registraron en el tratamiento con vermicomposta, además de presentar una relación de crecimiento con respecto al tiempo. Las mayores cantidades de células fitoplanctónicas estuvieron dentro de la categoría de nanoplancton, por lo que la mayor parte de ellas no pudo identificarse. Por último, existen diferencias significativas entre los tratamientos vermicomposta y control; el tratamiento fertilizado con urea no presenta diferencias significativas respecto de ninguno de los tratamientos.

Figura 10. Cantidad de la producción de fitoplancton de los distintos tratamientos (vermicomposta, urea, blanco) a lo largo del bioensayo del objetivo tres.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► DISCUSIÓN

Análisis de nutrientes y micronutrientes de las diferentes vermicompostas de lombriz

Existe poca información sobre los efectos de los nutrientes de la vermicomposta en la acuicultura y, en menor medida, sobre su uso específico en la camaronicultura. Los pocos trabajos publicados se centran principalmente en la piscicultura (Parsa-Khanghah y Can, 2024). En este experimento se emplearon dos tipos de sustratos para la elaboración de vermicomposta mediante lombricultura. La composición nutricional de la vermicomposta puede variar significativamente según el tipo de sustrato utilizado y las condiciones ambientales durante su producción. Diversos estudios han evaluado sustratos como estiércol bovino, avícola, porcino y pulpa de café, identificando al estiércol de vaca como el más adecuado para la reproducción de lombrices (Oribhabor y Ansa, 2006; Vaneet y Meera, 2010), por lo que fue seleccionado como uno de los sustratos en este estudio.

Los resultados obtenidos confirman que la composición nutricional de la vermicomposta depende de manera directa del tipo de sustrato empleado durante el proceso de vermicomposteo. En el presente estudio, las vermicompostas sólidas elaboradas a partir de residuos vegetales y estiércol vacuno presentaron mayores concentraciones de macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg) y materia orgánica en comparación con las vermicompostas líquidas, lo cual concuerda con lo reportado por Félix et al. (2010) y Chakrabarty et al. (2009). Esta diferencia es atribuible a que las vermicompostas líquidas corresponden a lixiviados del material sólido, por lo que contienen fracciones solubles de nutrientes en menor concentración.

El cumplimiento de los parámetros establecidos por la norma mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008 en las vermicompostas sólidas respalda su calidad como fertilizante orgánico. No obstante, los valores elevados de conductividad eléctrica observados en algunos tratamientos sólidos sugieren una mayor carga iónica, la cual, en sistemas acuáticos mal gestionados, podría inducir procesos de eutrofización. En este estudio, dicho efecto fue mitigado por la aireación constante, lo que permitió



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



mantener concentraciones adecuadas de oxígeno disuelto, como también fue señalado por Dhawan y Kaur (2002) en sistemas fertilizados con abonos orgánicos.

Chakrabarty et al. (2009), mencionan que los nutrientes como potasio (K), nitrógeno (N) y fósforo (P) fungen como estimuladores para el crecimiento del fitoplancton. Dichos elementos se encuentran en pequeñas cantidades en las diferentes vermicompostas, presentando productos finales como nitritos, nitratos y fosfatos, nutrientes que son asimilables por el fitoplancton. Además, estos compuestos en pequeñas proporciones no son tóxicos para los organismos cultivados (Bwala et al., 2009). Sin embargo, un estudio realizado por Yussof y McNabb (1997) demostró que la adición de fertilizantes con fósforo, nitrógeno y carbono propició el desarrollo de cianófitas, grupo de microalgas que son indeseables en los estanques, mientras que la adición de nitrógeno y sílice incrementó el desarrollo de diatomeas, especialmente *Chaetoceros calcitrans*.

El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento del fitoplancton. Casi todas las algas que contienen clorofila crecen con nitrato o amonio, y en general, también se utilizan amidas, urea, glutamina y asparagina (Syrett, 1981). Los requerimientos nutricionales del fitoplancton en sistemas de cultivo de camarón exigen la presencia de nutrientes inorgánicos disueltos, particularmente en una relación molar nitrógeno: fósforo (N:P) de 16:1. Cuando esta proporción disminuye por debajo de 10:1, el crecimiento de la biomasa puede verse limitado por la disponibilidad de nitrógeno; en cambio, si la relación supera 20:1, el fósforo se convierte en el factor limitante. En este estudio, se observó que las vermicompostas utilizadas presentan una relación N:P inferior a 10:1, lo que sugiere una deficiencia relativa de nitrógeno respecto a los requerimientos óptimos para el desarrollo fitoplanctónico. Cabe señalar que los sistemas también recibieron alimento balanceado, el cual, al no ser completamente consumido por los camarones, y junto con las heces de los organismos, aportan nitrógeno adicional. Por otro lado, el fertilizante inorgánico utilizado —urea— contiene hasta un 46% de nitrógeno, lo que excede la proporción recomendada y puede provocar la acumulación de amonio en el sistema, además de mantener al fósforo



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



como elemento limitante.

Variables fisicoquímicas del agua

Las variables fisicoquímicas evaluadas durante el bioensayo de 33 días y el cultivo de camarón de 94 días se mantuvieron dentro de los rangos óptimos reportados para *Litopenaeus vannamei* (Clifford, 1994; Valenzuela-Quióné et al., 2012). La ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para temperatura, salinidad y oxígeno disuelto indica que las condiciones ambientales fueron relativamente homogéneas y no representaron un factor limitante para el crecimiento del camarón. Coincidiendo con lo reportado por Miranda et al. (2010), quienes utilizaron agua de pozo en sus sistemas de cultivo. El rango de salinidad registrado en este estudio, se mantuvo entre 7.2 y 8.4 Ups, se encuentra dentro del intervalo manejado por Cervantes-Cervantes (2011), quien trabajó con salinidades de 1 a 35 Ups sin observar diferencias significativas en el crecimiento del camarón blanco.

Las variaciones temporales observadas en la salinidad y algunos nutrientes se asociaron principalmente a eventos de precipitación durante el periodo experimental. La dilución del sistema ocasionada por las lluvias influyó en la disponibilidad de nutrientes disueltos, particularmente el amonio, lo que pudo afectar la dinámica del fitoplancton. Este tipo de perturbaciones ambientales ha sido descrito previamente como un factor determinante en la estructura y abundancia de comunidades fitoplanctónicas en sistemas acuícolas (Nzilani Musyoka y Nairuti, 2021).

Cabe destacar que la baja salinidad puede favorecer el desarrollo de cianobacterias, organismos considerados indeseables en sistemas de cultivo de camarón debido a su potencial toxicidad y al mal olor que pueden inducir en los camarones, como señalan Rodríguez-Quiroz y Paniagua-Michel (2006). Las menores concentraciones de oxígeno disuelto se registraron en los tratamientos con vermicomposta sólida, particularmente en el T1 (vermicomposta de estiércol vacuno), posiblemente debido a la elevada carga de materia orgánica; sin embargo, las diferencias significativas ($P < 0.05$) se observaron únicamente en comparación con el tratamiento control. Por último, la



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



temperatura, junto con la luz, se considera un factor determinante que influye en todos los procesos biológicos del estanque, como lo demostraron Xuemei y Zhinan (1999) en estudios experimentales bajo condiciones de temperatura controlada.

Evaluación de fitoplancton

En la búsqueda de un fertilizante orgánico que estimule una mayor producción de células de fitoplancton, en este trabajo se observó una tendencia a disminuir la cantidad de fitoplancton después de la primera semana, contrario a lo observado por Román et al. 2003; Chakrabarty et al. 2009; Cortés-Lara, 2011, donde hay una tendencia a aumentar la cantidad fitoplanctónica después de la primera semana. Esta baja se atribuye, principalmente, a las lluvias y recuperación de los niveles operativos de agua, debido a la evaporación en los tanques de cultivo que se tuvieron en las fechas del experimento, las cuales afectaron el desarrollo de las colonias de fitoplancton al crearse un nuevo ambiente debido al efecto directo de las diluciones del agua sobre los parámetros físicos-químicos y los nutrientes como el amonio (Nzilani Musyoka y Nairuti, 2021).

La fertilización con vermicomposta, especialmente la sólida elaborada a partir de residuos vegetales, mostró una tendencia a favorecer una mayor producción relativa de fitoplancton en comparación con el fertilizante inorgánico y el tratamiento control. Aunque no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, los valores más altos de abundancia celular se asociaron consistentemente con los sistemas fertilizados con vermicomposta.

Los grupos representativos de fitoplancton (diatomeas, clorófitas y cianófitas) fueron similares a los reportados por Chakrabarty et al. (2009) en estanques de peces, y por Cortés-Lara (2011) en cultivo de camarón, sin embargo, el número de células por grupo es menor que lo requerido según la tabla de Clifford (1994), donde expone las cantidades recomendables de fitoplancton en un cultivo de camarón. Algunos estudios demuestran que las diatomeas y las clorófitas son beneficiosas para el buen crecimiento del camarón en los sistemas de cultivo, mientras que las cianobacterias disminuyen la diversidad de especies de fitoplancton, lo que resulta en agua de pobre calidad (Clifford, 1992). Las diatomeas



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



son microalgas altamente nutritivas, dado su alto contenido en ácidos grasos no saturados, alta permeabilidad de su pared silíceas, lo que hace posible la digestión de enzimas, además de poseer un tamaño apropiado lo que permite la fácil ingestión, y su escasa asociación con las toxinas (Chamberlain, 1995).

La dominancia del nanoplancton no identificado sobre los grupos de diatomeas, clorófitas y cianófitas difiere parcialmente de lo reportado por Chakrabarty et al. (2010), quienes observaron una mayor proporción de diatomeas en sistemas fertilizados orgánicamente. Esta discrepancia puede atribuirse a las fluctuaciones en la relación N:P y a la variabilidad en las concentraciones de silicato, nutrientes clave para el desarrollo de diatomeas (Burford, 1997). En el presente estudio, la relación N:P estimada para las vermicompostas fue inferior a la proporción óptima de 16:1, lo que sugiere una posible limitación relativa de nitrógeno para el crecimiento fitoplanctónico.

Desempeño productivo del camarón

En el bioensayo inicial, los tratamientos con vermicomposta sólida de residuos vegetales y vermicomposta líquida de estiércol vacuno presentaron las mayores tasas de supervivencia, alcanzando valores del 100%. Si bien la ganancia de peso fue mayor en el tratamiento con vermicomposta sólida de residuos vegetales, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Estos resultados coinciden con lo reportado por de Souza et al. (2009), quienes no encontraron diferencias significativas en el crecimiento del camarón bajo distintos esquemas de fertilización orgánica e inorgánica.

Durante el cultivo prolongado de 94 días, el tratamiento fertilizado con urea mostró un mayor peso final, mientras que el tratamiento con vermicomposta presentó la mayor supervivencia. Este patrón sugiere que, aunque el fertilizante inorgánico puede favorecer un crecimiento más acelerado, la vermicomposta podría contribuir a una mayor estabilidad del sistema y a mejores tasas de supervivencia, posiblemente asociadas a una mejor calidad del agua y a una mayor disponibilidad de alimento natural.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Calidad del agua

Durante el cultivo de camarón de 94 días, las variables fisicoquímicas —pH, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto— no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, manteniéndose dentro de los rangos óptimos reportados para el cultivo de camarón por Clifford (1994). En consecuencia, estas variables no influyeron directamente en el crecimiento de los organismos a lo largo del experimento, que se desarrolló bajo condiciones de intemperie.

El oxígeno disuelto se mantuvo en niveles estables, debido a la acción de los aireadores, lo cual favoreció la suspensión de sólidos y evitaron descensos críticos de la concentración de OD durante la noche, cuando la ausencia de luz limita la fotosíntesis y el metabolismo de los camarones se incrementa (Duarte, 2002).

La salinidad inicial fue de 28 Ups, pero se diluyó progresivamente debido a las recargas con agua de pozo realizadas para compensar la evaporación, alcanzando valores de hasta 10 Ups en la última semana del bioensayo. No obstante, la salinidad promedio se mantuvo alrededor de 20 Ups en los tres tratamientos evaluados (vermicomposta, urea y blanco), lo que pudo haber afectado la aclimatación de ciertas colonias de fitoplancton al pasar de condiciones de agua salobre a dulce.

► CONCLUSIONES

La vermicomposta sólida elaborada a partir de residuos vegetales presentó una mayor concentración de nutrientes y materia orgánica en comparación con las vermicompostas líquidas, cumpliendo con los criterios de calidad establecidos por la normativa mexicana vigente. Esta composición se asoció con una mayor producción relativa de fitoplancton en los sistemas fertilizados con vermicomposta.

Aunque no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en las variables productivas del camarón entre tratamientos, se observaron tendencias consistentes hacia una mayor supervivencia y una ganancia de peso comparable en los sistemas fertilizados con vermicomposta sólida de residuos vegetales. Durante el cultivo prolongado, el fertilizante inorgánico favoreció un mayor peso final, mientras que la



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



vermicomposta mostró ventajas en términos de supervivencia.

Las condiciones ambientales, particularmente los eventos de precipitación, influyeron de manera significativa en la dinámica de nutrientes y fitoplancton, lo que limitó la expresión de diferencias más marcadas entre tratamientos. En este contexto, la vermicomposta sólida de residuos vegetales puede considerarse una alternativa viable como fertilizante orgánico en sistemas de cultivo de *Litopenaeus vannamei* a baja salinidad, especialmente en esquemas orientados a la sostenibilidad y a la reducción del uso de insumos químicos.

Se recomienda continuar con investigaciones que evalúen diferentes dosis, fuentes de vermicomposta y condiciones de manejo, así como su aplicación en distintos sistemas y ciclos productivos, para confirmar y ampliar los resultados observados en este estudio.

► AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la SIP-IPN el financiamiento del proyecto de investigación con número 20130709. Al CIIDIR-IPN por prestar sus instalaciones para la realización del proyecto.

► LITERATURA CITADA

Al-Kandari, M., Al-Yamani, F., & Al-Rifaie, K. (2009). *Marine phytoplankton atlas of Kuwait's waters*. Kuwait Institute for Scientific Research. Safat, Kuwait. 350 p.

Barreto-Montenegro, J.C. & Collazos-Lasso, L.F. (2023). Perifiton y sus aplicaciones en la acuicultura. *Orinoquia*, 27(1), e-793

Barg, U. C. (1995). *Orientaciones para la promoción medioambiental del desarrollo de la acuicultura costera*. FAO Documento Técnico 328. Roma.

Bhusan, C. & Yadav, B. (2003). Vermiculture for sustainable agriculture. *Indian Farming Digest*, 1, 11-13.

Bwala R. & Omoregie E. (2009). Organic Enrichment of Fish Ponds: Application of Pig Dung vs. Tilapia Yield. *Pakistan Journal of Nutrition* 8 (9). 1373-1379.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Cervantes Cervantes, C. M. (2011).** *Efecto de la salinidad sobre algunas variables bioquímicas, inmunológicas, fisiológicas y productivas del camarón Litopenaeus vannamei cultivado experimentalmente.* Tesis de Maestría Recursos Naturales y Medio Ambiente. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa. Instituto Politécnico Nacional. Guasave, Sinaloa, México. 64 p.
- Chamberlain G.W. (1995).** *Frontiers in Shrimp Nutrition Research, Proceedings of the special session on shrimp farming, Aquaculture'95, World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA, 10 pp*
- Chakrabarty D. (2008).** *Vermicompost and organic pisciculture.* Akshay Krishi Vikash, West Bengal, pp 1–16
- Chakrabarty, D., Das S. & Das M. (2009).** Relative efficiency of vermicompost as direct application manure in pisciculture. *Paddy and Water Environment*, 7(1):27-32
- Clifford, H.C., 1992.** *Marine shrimp pond management: a review.* En: Wyban J. Editor. Proceedings of the special session on shrimp farming. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA. 110-137.
- Clifford, H.C. (1994)** *El manejo de los estanques camaroneros.* Seminario Internacional de Camaronicultura, Camarón 94, México. 1994, 16-34 pp.
- CONAPESCA. 2024.** *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca,* Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://nube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgppe/2024/ANUARIO_ESTADISTICO_DE_ACUACULTURA_Y_PESCA_2024.pdf
- Cortés-Lara, M. C., Cupul-Magaña, A. L., & Cupul-Velázquez, A. M. (2011).** Fitoplancton marino de Bahía de Banderas con una revisión de los florecimientos algales nocivos en la región. *Pacífico mexicano*, 9.
- de Sousa F. M. (2009).** Crescimento do camarão marinho *Farfantepenaeus subtilis* cultivado em tanques com diferentes protocolos de fertilização orgânica, *Maringá*, 31(3), 221-226.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Dhawan, A. & Kaur, S. (2002).** Pig Dung as Pond Manure: Effect on Water Quality, Pond Productivity and Growth of Carps in Polyculture System. *Naga*, 25(1), 11-14.
- DOF. (2008).** NMX-FF-109-SCFI-2008. Humus de lombriz (lombricomposta)-especificaciones y métodos de prueba.
- Duarte, J. (2002).** *Recambio preventivo de agua para evitar la depleción de oxígeno en granjas semiintensivas de camarón al noreste de Venezuela.* In VI Congreso Venezolano de Acuicultura. Memorias. UNET (pp. 09-11).
- Esparza-Leal, H.M., Valenzuela-Quiónnez, W., & Rodríguez-Quiroz, G. (2010).** Cultivo intensivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (BOONE) en agua de pozo de baja salinidad como alternativa acuícola para zonas de alta marginación. *Ra Ximhai*, 6(1), 1-8.
- FAO. (2025).** *Fishery and Aquaculture Statistics – Yearbook 2022.* FAO Yearbook of Fishery and Aquaculture Statistics. Rome. <https://doi.org/10.4060/cd4312en>
- Félix, H.J., Flores, S.R., Armenta, D.A. & Rodríguez, G. (2010).** Propiedades microbiológicas de compostas maduras producidas a partir de diferentes materias orgánicas. *Ra Ximhai*, 6(1), 105-113.
- Jory, D. E. & Dugger, D. M. (2000).** Intensive nursery uses strategy for improved shrimp health. *Aquaculture Magazine*, 26(6), 67–72.
- Haro Haro, A., Rodríguez Saldaña, D., Ramón, J.C., Picón Saavedra, M. & Andrade-Rojas, M.J. (2024).** Efectos de la inclusión de lombricomposta sobre la calidad del agua, el consumo de alimento y los parámetros productivos de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Alimentos, Ciencia e Ingeniería*, 31(1), 1-7.
- Hernández Rivera, C. I., Urbina-Flete, S. N. & Altamirano-Perez, M. R. (2023).** Conversión alimenticia en alevines de *Oreochromis niloticus* utilizando alimento multifuncional al 24% y 14% de proteína. *Revista Iberoamericana de bioeconomía y cambio climático*, 9(18), 2275–2288. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v9i18.18917>



- Kang'ombe J., Brown J. & Halfyard L. (2006).** Effect of using different types of organic animal manure on plankton abundance, and on growth and survival of *Tilapia rendalli* (Boulenger) in ponds. *Aquaculture Research*, 37, 1360-1371
- Miranda, I., Valles, J.L., Sánchez, R., & Álvarez, Z. (2010).** Cultivo del camarón marino *Litopenaeus Vannamei* (Boone, 1931) En agua dulce. *Revista Científica*, 20(4), 339-346.
- Martínez-Córdova, L.R., Martínez Porchas, M., & Cortés-Jacinto, E. (2009).** Camaronicultura mexicana y mundial: ¿actividad sustentable o industria contaminante?. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 25(3), 181-196.
- Mitra, A. (1997).** Vermiculture and vermicomposting of non- toxic organic solid waste application. En: Azariah, J., Azariah, H., Darryi, R.J. (Eds.), *Bioethics in India: Proceedings of Bioethics Workshop: Biomangement of Bioresources Madras*, 16- 19 Jan, 1997. Eubios Ethics Institute. Available: <http://www.biol.tsukuba.ac.jp/macer/index.html>
- Nzilani Musyoka, S. & Nairuti, R. (2021).** Application of Vermicompost Fertilizer in Aquaculture Nutrition: Review. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.100326
- Oribhabor, B.J. & Ansa, E.J. (2006).** Organic waste reclamation, recycling and re-use in integrated fish farming in the Niger Delta. *Journal of Applied Science on Environmental Management* 10(3):47-53
- Parsa Khanghah, A., & Can, E. (2024).** Effect of Vermicompost Supplement on Rainbow Trout Performance. *Marine Science and Technology Bulletin*. 13(3), 234-238.
- Primavera, H. A. (1993).** Critical review of shrimp pond culture in the Philippines. *Review in Fisheries Science*, 1, 151-201.
- Román M. T., Bárbaro J. C., Rosa N. A. & Pérez J. M. (2003).** *Efecto de la fertilización con diferentes razones N-P sobre la productividad primaria en la granja camaronera*. Calisur. CIVA, pp. 945- 953.
- Rodríguez-Quiroz, G., & Paniagua-Michel. (2006).** El vermicomposteo de biosólidos y agua tratada en el noroeste de México. Ecoparque, un caso de estudio. *Revista AIDIS*, 1(1), 1-6.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Saoud, I.P., Davis, D.A., & D.B. Rouse, D.B. (2003).** Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture* 217: 373-383.
- Silva, S.S. & Anderson, T.A. (1995).** *Fish nutrition in aquaculture*. Chapman & Hall, New Delhi. 320 p.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R., 1972.** *A Practical Handbook of Sea Seawater Analysis*. Supply and Services Canada, Ottawa, Canada KIA 059. The Alger Press Ltd, 310 pp.
- Thakur, D.P. & Lin, C.K. (2003).** Water Quality and Nutrient Budget in Closed Shrimp (*Penaeus monodon*) Culture Systems *Aquacultural Engineering* 27, 159-176.
- Thomas, C. (1996).** Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press. USA
- Tolera, G., Getahun, A. Geremew, A. & Mengistou, S. (2024).** Vermicompost using WH substrate improves the productivity of tilapia fingerlings in Batu aquaculture ponds (Ethiopia). *Acta Entomology and Zoology*, 5(1), 159-168
- Vaneet, K. & Meera, A. (2010).** Efficacy of vermicompost as fishpond manure- Effect on water quality and growth of *Cyprinus carpio* (Linn.). *Bioresource Technology*, 101(15):6215-8
- Valenzuela-Quiñónez, W., Esparza-Leal, H.M., Nava-Pérez, E. & Rodríguez-Quiroz, G. (2012).** El cultivo de camarón en agua de baja salinidad con alimento a base de harina de lombriz. *Ra Ximhai*, 8(3), 131-136.
- Wu, W. (2000)** *Fish culture and enhancement*. China Agricultural Press, Beijing, p 66
- Wurmann, C.G., Madrid, R.M., & Brugger, A.M. (2004).** Shrimp farming in Latin America: current status, opportunities, challenges and strategies for sustainable development. *Aquaculture, Economics and Management*, 8:117-141.
- Yusoff, F.M., & McNabb, U.S. (1997).** The effects of phosphorus and nitrogen on phytoplankton dominance in tropical fish ponds. *Aquaculture Research* 28: 591-597.