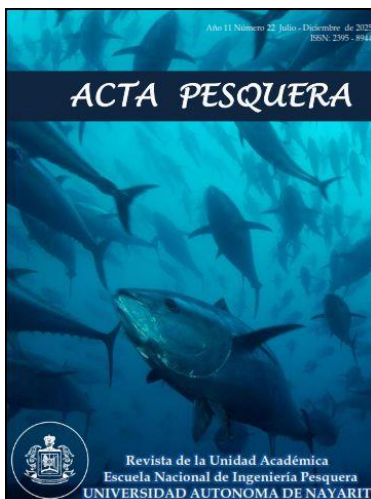




Acta Pesquera

Volumen 11, No 22

ISSN: 2395-8944

Periodo: julio - diciembre de 2025

Universidad Autónoma de Nayarit

Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera

Pp. 31 - 46

Recibido: noviembre 25 de 2025

Aceptado: diciembre 30 de 205

DOI: 10.60113/ap.v11i22.160

Respuesta productiva del camarón blanco (*Penaeus vannamei*) a dietas suplementadas con nejayote

Productive response of white shrimp (*Penaeus vannamei*) to diets supplemented with nejayote

Juan Gómez-García, Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, 18011635@uan.edu.mx;
Maribel Jiménez-Edeza, Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Microbiológico,
Programa de Posgrado Integral en Biotecnología, Facultad de Ciencias Químico Biológicas,
mjimeneze@uas.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-9835-9665>
Iram Zavala-Leal, Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de
Nayarit, iram.zavala@uan.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0001-8581-5724>
Francisco Valdez-González, Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Universidad
Autónoma de Nayarit, francisco.valdez@uan.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-2517-4811>



La distribución de este artículo es bajo la
Licencia de Reconocimiento- No Comercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).



Respuesta productiva del camarón blanco (*Penaeus vannamei*) a dietas suplementadas con nejayote

Productive response of white shrimp (*Penaeus vannamei*) to diets supplemented with nejayote

Juan Gómez-García, Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit, 18011635@uan.edu.mx; **Maribel Jiménez-Edeza**, Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Microbiológico, Programa de Posgrado Integral en Biotecnología, Facultad de Ciencias Químico Biológicas, mjimeneze@uas.edu.mx, ORCID: 0000-0002-9835-9665; **Iram Zavala-Leal**, Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit, iram.zavala@uan.edu.mx, ORCID: 0000-0001-8581-5724; **Francisco Valdez-González**, Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit, francisco.valdez@uan.edu.mx, ORCID: 0000-0002-2517-4811

*Autor de Correspondencia: Francisco Javier Valdez González

RESUMEN

Debido al notable aumento e intensificación en la producción del camarón blanco del pacífico (*Penaeus vannamei*), se ha generado una elevada demanda de harina de pescado, principal fuente proteínica en los alimentos balanceados para acuicultura. Esta situación ha provocado un incremento en los costos de producción, así como una mayor presión sobre los recursos pesqueros, por lo que resulta prioritario evaluar ingredientes alternativos, sostenibles y de bajo costo. En este contexto, se han explorado subproductos agroindustriales con potencial nutracéutico como sustitutos parciales de la harina de pescado. Entre estos destaca el nejayote, un subproducto líquido generado durante la nixtamalización del maíz, el cual es rico en compuestos bioactivos y nutrimentos de interés.

En el presente estudio se evaluó, la composición química proximal de la harina de nejayote, con el objetivo de caracterizar su valor nutrimental. Posteriormente, se formularon tres dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de harina de nejayote (4%, 7% y 10%), además de una dieta control a base de harina de pescado. Estas dietas fueron suministradas a camarones *P. vannamei* durante un bioensayo para evaluar su efecto sobre el rendimiento productivo, considerando parámetros como crecimiento, conversión alimenticia y supervivencia.



La distribución de este artículo es bajo la
Licencia de Reconocimiento- No Comercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).



Los resultados indicaron que la inclusión de harina de nejayote no afectó negativamente la supervivencia ni el rendimiento productivo de los organismos. Por el contrario, la dieta suplementada con 10% de harina de nejayote mostró los mejores resultados productivos, lo que sugiere que este subproducto puede emplearse como un aditivo funcional en dietas para camarón. Estos hallazgos indican que el uso de nejayote favorece el rendimiento productivo y la supervivencia, posiblemente debido a sus propiedades nutraceuticas, lo que lo posiciona como una alternativa viable, económica y sustentable para la formulación de alimentos acuícolas.

Palabras clave: *Nejayote, camarón, suplemento, respuesta productiva*

SUMMARY

Due to the significant increase and intensification of Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) production, there has been a high demand for fishmeal, the main protein source in aquaculture feeds. This situation has led to increased production costs and greater pressure on fish stocks, making it a priority to evaluate alternative, sustainable, and low-cost ingredients. In this context, agro-industrial byproducts with nutraceutical potential have been explored as partial substitutes for fishmeal. Among these, nejayote stands out, a liquid byproduct generated during the nixtamalization of corn, which is rich in bioactive compounds and nutrients of interest.

In this study, the proximate chemical composition of nejayote flour was evaluated to characterize its nutritional value. Subsequently, three experimental diets were formulated with different inclusion levels of nejayote meal (4%, 7%, and 10%), in addition to a control diet based on fishmeal. These diets were fed to *P. vannamei* shrimp during a bioassay to evaluate their effect on productive performance, considering parameters such as growth, feed conversion ratio, and survival.

The results indicated that the inclusion of nejayote meal did not negatively affect the survival or productive performance of the organisms. On the contrary, the diet supplemented with 10% nejayote meal showed the best productive results, suggesting that this byproduct can be used as a functional additive in shrimp diets. These findings indicate that the use of nejayote promotes productive performance and survival, possibly due to its nutraceutical properties, positioning it as a viable, economical, and sustainable alternative for aquaculture feed formulation.

Index words: *Nejayote, shrimp, supplement, productive response*

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la acuicultura es el sector productor de alimentos de origen animal con mayor tasa de crecimiento a nivel mundial, con una producción aproximada de 130.9 millones de toneladas y un valor estimado de 312 800 millones de USD (FAO, 2024). Esta actividad incluye el cultivo de una amplia diversidad de organismos acuáticos; sin embargo, la camaronicultura destaca por su relevancia económica y alimentaria en numerosos países, al proveer un alimento de alto valor proteico para el consumo humano (Bertsch, 2022). Dentro de este sector, los camarones peneidos representan el mayor volumen de producción (FAO, 2024).

Entre ellos, el camarón blanco (*Penaeus vannamei*) es la especie más cultivada a nivel mundial (Cobo-Abrantes y Pérez-Jar, 2018), debido principalmente a su alta adaptabilidad a distintas condiciones de cultivo (López-Galindo, 2014), así como a su elevado valor comercial, aceptación en el mercado y hábitos alimentarios. Estas características han favorecido su expansión productiva en numerosos países (Cobo-Abrantes y Pérez-Jar, 2018). En los últimos años, su producción global ha mostrado un incremento sostenido, alcanzando aproximadamente 7,934 miles de toneladas, con un valor cercano a 16.3 millones de dólares (FAO, 2024).

México es uno de los países con mayor potencial para el desarrollo acuícola, principalmente por sus condiciones ambientales favorables y la alta demanda de productos acuáticos. No obstante, el costo del alimento constituye una de las principales limitantes de esta actividad, ya que representa entre el 60 % y el 75 % de los costos totales de producción (Ayisi *et al.*, 2017). Estos elevados costos están estrechamente relacionados con el uso de fuentes proteínicas, en particular la harina de pescado, que continúa siendo el principal ingrediente en la formulación de dietas para organismos acuáticos. Sin embargo, su precio se ha incrementado en los últimos años y su disponibilidad es cada vez más limitada (Molina-Poveda y Morales, 2004; Bowzer *et al.*, 2015). Por ello, se han desarrollado diversas investigaciones orientadas a la evaluación de fuentes proteicas alternativas, principalmente de origen vegetal, con el objetivo de sustituir parcial o totalmente la harina de pescado y reducir los costos de producción (Faillace *et al.*, 2016; Valdez-González *et al.*, 2017).

Dentro de estas alternativas, el nejayote que es un subproducto generado durante la nixtamalización del maíz, ha sido propuesto como un aditivo con potencial nutraceutico (Castro-Muñoz y Durán-Páramo, 2019). Asimismo, se ha considerado como una posible fuente alternativa de proteína en la formulación de dietas para camarones, debido a su contenido proteínico relativamente alto (Velasco-Martínez *et al.*, 1997). El nejayote contiene diversos fitoquímicos, entre ellos ácido ferúlico, además de una elevada carga orgánica constituida por arabinoxilanos, compuestos fenólicos con actividad antioxidante, azúcares, fibras y componentes inorgánicos como el calcio (Castro-Muñoz y Durán-Páramo, 2019).

En México, la generación anual de nejayote se estima en alrededor de 14.4 millones de m³, lo que lo posiciona entre los cinco principales contaminantes líquidos del país (Vacio *et al.*, 2015). Debido a su impacto ambiental, se ha planteado la necesidad de aplicar tratamientos integrales a este efluente, enfocados en el aprovechamiento de sus componentes con valor agregado.

Por lo tanto, el presente trabajo busca promover el uso fuentes alternativas a partir de la utilización del nejayote como subproducto con potencial proteínico y nutraceutico, en dietas balanceadas para camarón *Penaeus vannamei*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de materia prima

La obtención de harina de nejayote se realizó siguiendo el procedimiento descrito por (Acosta-Estrada *et al.*, 2014) con algunas modificaciones. El nejayote líquido (300 L aproximadamente) se dejó reposar por 24 h a 4°C. Posteriormente, se retiró el sobrenadante y el precipitado (eluato) resultante fue filtrado con tela de organza lisa para disminuir el porcentaje de humedad. El eluato se sometió a secado a 50 °C durante 24 h para eliminar completamente la humedad. Por último, el eluato seco se trituro y se tamizó, a tamaño de 70 µm. La harina obtenida se almacenó en bolsas herméticas en refrigeración (4°C), hasta su uso (Figura 1). El rendimiento de la obtención de harina de nejayote se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento} = \left(\frac{\text{fracción de sedimento(g)}}{\text{fase solida (g)}} \right) \cdot 100$$

Composición química de ingredientes y dietas

Los análisis químicos de los ingredientes y dietas se realizaron en el Laboratorio de Biotecnología en Alimentos y Nutrición Acuícola de la ENIP-UAN; siguiendo los métodos descritos por la (AOAC, 1999). Se determinó: humedad (pérdida de peso), cenizas (calcinación a 550°C), proteína cruda (MicroKjeldhal), lípidos (método Soxhlet), fibra (hidrolisis ácido-básica) y extracto libre de nitrógeno (por diferencia).

Humedad

Se pesaron 2 g de muestra en un crisol de porcelana, previamente secado a peso constante, extendiendo la muestra en el crisol, se colocó en una estufa TERLAB a 105 °C y se desecaron durante 4 h. Se retiró el crisol de la estufa, posteriormente se enfrió en un desecador durante 40 min y se pesó la muestra seca en una balanza analítica; por diferencia de peso se calculó la humedad de la muestra, con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad} = \frac{(\text{peso crisol} + \text{muestra húmeda}) - (\text{peso del crisol} + \text{muestra seca})}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

Cenizas

El contenido de ceniza se determinó mediante calcinación de la muestra en horno Mufla (Thermolyne 6000) a 600 °C por cinco horas. Se pesaron 2 g de muestra y se colocaron en un crisol previamente secado a peso constante, ya después calcinada la muestra se enfrió en un desecador durante 40 min. Por diferencia de peso se calculó el contenido de cenizas de la muestra.

$$\% \text{ cenizas} = \frac{\text{peso crisol con cenizas} - \text{peso crisol vacío}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

Proteína

Se utilizó el método MicroKjeldahl para la determinación de nitrógeno en un sistema Kjeltex (Mod 1009 y 1002, Tecator, Suecia). Las muestras fueron digeridas con 5 mL de ácido sulfúrico y mezcla reactiva de selenio (Merck Co., Alemania) a una temperatura de 200 °C. En la destilación de la muestra, previamente diluida con 25 mL de agua, se emplearon disoluciones de NaOH al 40 % y ácido bórico al 4 % como indicador para recibir el destilado. La titulación se llevó a cabo con una disolución valorada de HCl 0.1 N. Posteriormente, la proteína cruda se calculó por multiplicación del contenido de nitrógeno total por el factor 6.25.

Determinación de lípidos por el método Soxhlet (extracto etéreo)

Primero se pesaron 2 g de muestra sobre un papel filtro Whatman, posteriormente se colocaron en un dedal, para después llevarlo a una estufa de secado a 105 °C durante 24 horas, se enfriaron en el desecador durante 15 min, luego se colocaron en un matraz previamente secado en horno y pesado. Se adicionaron 50 mL de éter de petróleo y se colocaron en el extractor de grasas durante 5 horas hasta que culminó el proceso. En seguida, se dejó reposar el matraz en un desecador por 20 minutos y finalmente se pesó el residuo.

$$\% \text{ Grasas} = \left(\frac{W3 - W2}{W1} \right) * 100$$

Dónde: W3 es el peso matraz + residuo (g), W2 es el peso matraz vacío (g), W1 es el peso de la muestra (g).

Determinación de fibra por el método de hidrólisis acido-base

Se pesó la muestra desengrasada que fue sometida con anterioridad al extractor de grasas por el método Soxhlet y se dejó enfriar en un crisol para ser introducida al extractor de fibra, se le adicionaron 200 mL de la solución de ácido sulfúrico 0,255 N, cinco gotas de alcohol etílico y se dejará hervir por 30 min, después la muestra se filtró y lavó dos veces con agua destilada hervida.

Posteriormente, se realizó el mismo proceso, pero con la base, solución de NaOH 0,313 N y se hirvió durante 30 min, posteriormente se filtró y lavó nuevamente la muestra, primero con agua destilada hervida, después con agua destilada fría y por último con alcohol etílico.

Finalizado todo el proceso, la muestra se colocó en una estufa a 105 °C durante 12 horas, se dejó enfriar en el desecador y posteriormente se pesó. Después se colocó en un horno mufla a 550 °C para calcinarla, durante 8 horas, luego se dejó enfriar en un desecador y se pesó nuevamente. La determinación de fibra se calculó a través de la siguiente fórmula:

$$\%FC = \left(\frac{W1 - W2}{W3} \right)$$

Dónde: W1 es el peso del crisol con el residuo seco (g), W2 es el peso del crisol con la ceniza (g) y W3 es el peso de la muestra (g).

Extracto libre de nitrógeno (ELN)

En el ELN se agrupan todos los nutrimentos que no fueron evaluados con los métodos anteriores y está constituido principalmente por carbohidratos digeribles y diversos

compuestos orgánicos solubles no nitrogenados. Se consigue como resultante de restar a 100 los porcentajes calculados para cada nutrimento anteriormente mencionado.

$$ELN = 100 - \text{proteína cruda} - \text{humedad} - \text{ceniza} - \text{lípidos} - \text{fibra}$$

Es importante señalar que el ELN se expresa en porcentaje.

Formulación y elaboración de dietas

La formulación de las dietas se realizó utilizando el software computacional Excel, para ello se consideró la composición química proximal de cada ingrediente y los requerimientos nutrimentales de la especie. Se formularon tres dietas experimentales a base de nejayote a diferentes porcentajes de inclusión: 4 % (Nej-4%), 7 % (Nej-7%) y 10 % (Nej-10%) y una dieta control a base de harina de pescado (CTRL). Las dietas fueron isoproteínicas e isolipídicas y formuladas a 30% proteína y 10% lípidos.

Previo a la elaboración de las dietas, los ingredientes fueron pesados en balanza electrónica. Posteriormente, se homogeneizaron durante 15 minutos en una mezcladora (Hamilton Beach ElectricTM), se humectó con agua necesaria para su compactación. Al obtener una mezcla uniforme, se pasó a través de un molino para carne (marca Torrey) a un diámetro de 2mm, después se deshidrató en un horno (marca Venticell, modelo LSIK-B2V/VC111) a 40 °C durante 16 horas. Posteriormente, las dietas fueron cortadas en tamaños apropiados para los organismos y se almacenaron a 4°C, hasta su uso.

Área de estudio y obtención de organismos

El trabajo se realizó en las instalaciones de la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera (ENIP), de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), ubicadas en la localidad de Bahía de Matanchén, San Blas, Nayarit. Se utilizaron juveniles de camarón de (*P. vannamei*) provenientes de una granja camaronícola ubicada en el municipio de San Blas, Nayarit.

Bioensayo de rendimiento productivo

El bioensayo se realizó en el área de cultivos de la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera de la Universidad Autónoma Nayarit. Durante el bioensayo, se utilizó un módulo de 12 unidades experimentales con una capacidad de 45 L y densidad de siembra de 30 organismos/m³ por unidad experimental, cada tratamiento se realizó por triplicado.

Los organismos tuvieron un peso promedio de 1 g. aproximadamente. Cada unidad experimental contó con aireación continua para mantener constante el nivel de oxígeno, se mantuvo a 35 UPS de salinidad, temperatura de 25 a 30°C. La limpieza del sistema de cultivo se llevó a cabo cada tres días, eliminando el alimento no consumido por sifoneo y los recambios de agua fueron del 75 % cada 10 días.

Se realizaron biometrías cada ocho días en donde se registraba el peso en gramos de todos los organismos de cada unidad experimental. La ración alimenticia se suministró a razón del 5% de biomasa para cada unidad experimental, la cual se dividió en 3 raciones con horarios de (9:00 h, 13:00 h y 16:00 h).

Al final del bioensayo se determinó las variables productivas; peso ganado (PG), peso ganado diario (PGD), factor de conversión alimenticia (FCA) y porcentaje de supervivencia (S).

Variables productivas

Supervivencia

Se estimó el porcentaje de supervivencia al final de la fase de aclimatación y del periodo experimental, este se calculó por diferencia entre el número inicial y final de camarones.

$$\text{supervivencia (\%)} = 100 \times \frac{\text{numero final de peces}}{\text{numero inicial de peces}}$$

Factor de conversión alimenticia

El factor de conversión alimenticia se determinó en cada bioensayo de rendimiento productivo utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{factor de conversión alimenticia (FCA)} = \frac{\text{alimento consumido}}{\text{total de peso ganado}}$$

Peso ganado

El peso ganado al final del bioensayo, se determinó mediante la fórmula:

$$\text{peso ganado (PG)} = \text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}$$

Peso ganado diario

La tasa de crecimiento diario se determinó mediante la fórmula:

$$\text{Peso ganado diario (PGD)} = \frac{\text{peso final} - \text{peso inicial}}{\text{tiempo (días)}}$$

RESULTADOS

Análisis químico de los ingredientes experimentales

La composición química proximal de los ingredientes utilizados se muestra en el cuadro 1. La harina de nejayote obtuvo un porcentaje de proteína de 10.33%, lípidos 6.47%, Carbohidratos 76.69, fibra 0.02, cenizas 1.92 y por último la humedad de 4.57%.

Cuadro 1. Composición química proximal de los ingredientes utilizados en la dieta control y dietas experimentales.

Ingrediente	Proteína	Lípidos	Fibra	Cenizas	ELN
Harina de Pescado	65.5±0.30	12.17±0.1	0.03±0.01	16.73±0.1	5.57
Harina de Nejayote	10.3±0.2	6.47±0.1	0.02±0.01	1.92±0.1	76.69
Pasta de Soya	45±0.3	1.0±0.1	2.5±0.3	5.0±0.4	46.5
Harina de Trigo	12.3±0.02	3.1±0.03	3.06±0.05	7.33±0.04	74.61

Formulación de dietas experimentales

En el cuadro 2 se presenta la formulación de dietas experimentales para bioensayo de rendimiento productivo adicionadas con harina de nejayote para camarón *Penaeus vannamei*.

Cuadro 2. Formulación de dieta control y dietas experimentales probadas en camarón blanco (*P. vannamei*). Cantidades expresadas en (g/kg).

Ingredientes	D1	D2	D3	D4
Pasta de soya	165	160	159	160
Harina de pescado	215	230	235	230
Harina de trigo	484	434	400	380
Nejayote	0	40	70	100
Aceite de pescado	40	40	40	35
Vitaminas	3	3	3	3
Minerales	13	13	13	12
Grenetina	40	40	40	40
Almidón	40	40	40	40

Total	1000	1000	1000	1000
D1: Dieta control, D2: Dieta con inclusión de harina de nejayote al 4%, D3: Dieta con inclusión de harina de nejayote al 7%, D4: Dieta con inclusión de harina de nejayote al 10%. ¹ Mezcla de vitaminas (unidades en mg/kg excepto): retinol (5000 IU); colecalciferol (4000 IU); α -tocoferol acetato (100); menadiona (5); tiamina (60); riboflavina (25); piridoxina HCl (50); ácido pantoténico (75); niacina (40); biotina (1); inositol (400); cianocobalamina (0.2); ácido fólico (10). ² Mezcla de minerales (g kg ⁻¹ dieta): KCl (0.5); MgSO ₄ •7H ₂ O (0.5); ZnSO ₄ •7H ₂ O (0.09); MnCl ₂ •4H ₂ O (0.00234); CuSO ₄ •5H ₂ O (0.005); KI (0.005); CoCl ₂ •2H ₂ O (0.00025); Na ₂ HPO ₄ (2.37).				

Composición química proximal de dietas formuladas con harina de nejayote

La composición química proximal de las dietas formuladas con harina de nejayote se muestra en el cuadro 3. Los porcentajes de proteína fueron similares las cuales se mantuvieron en 30 % no hubo diferencias significativas en los tratamientos. Los porcentajes de lípidos se mantuvieron en 8 % en todos los tratamientos. En lo que respecta a cenizas las harinas de nejayote de 4 %y 7% y la dieta control fue de 10% mientras que la harina de nejayote de 10% fue menor con 9.9%.

Cuadro 3. Composición química proximal de dietas formuladas con harina de nejayote.

Dieta	Proteína	Lípidos	Fibra	Cenizas	ELN
Control ¹	30.05	8.11	2.10	10.12	49.62
D 4%	30.54±2.72	8.4±0.4	1.91±0.1	10.2±0.2	48.95
D 7%	30.69±0.74	8.5±0.3	1.79±0.1	10.1±0.1	48.92
D 10%	30.51±0.88	8.3±0.1	1.72±0.1	9.92±0.3	49.55

Control¹: Dieta control, D 4%: Dieta con 4% de inclusión de nejayote, D 7%: Dieta con 10% de inclusión de nejayote.

Variables fisicoquímicas del agua en bioensayo de rendimiento productivo de camarón *P. vannamei*.

En el cuadro 4 se muestran los resultados de variables fisicoquímicas del bioensayo de rendimiento productivo. Los valores de oxígeno disuelto oscilaron entre 5.19 y 5.26 mg/mL, la temperatura promedio de agua en las unidades experimentales fue de 30.88±0.05, la salinidad fue de 35 ppm y el pH osciló entre 8.75 y 8.85.

Cuadro 4. Valores (media $\pm$ DE) del oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y pH del agua del sistema de cultivo en el bioensayo de rendimiento productivo de camarón *P. vannamei*.

Tratamiento	Oxígeno Disuelto	Temperatura	Salinidad	pH
Nejayote 4%	5.19 $\pm$ 0.09	30.88 $\pm$ 0.02	35 $\pm$ 0	8.81 $\pm$ 0.05
Nejayote 7%	5.25 $\pm$ 0.14	30.89 $\pm$ 0.04	35 $\pm$ 0	8.75 $\pm$ 0.01
Nejayote 10 %	5.26 $\pm$ 0.09	30.88 $\pm$ 0.05	35 $\pm$ 0	8.78 $\pm$ 0.02
Control	5.20 $\pm$ 0.08	30.88 $\pm$ 0.02	35 $\pm$ 0	8.85 $\pm$ 0.01

Los resultados de supervivencia del camarón fueron superiores al 95% en las cuatro dietas de rendimiento productivo no presentaron diferencia significativa. La dieta que mostró mejores resultados en PF, PG y FCA fue la adicionada con nejayote al 10% tal como lo muestra el cuadro 5, en la que se observa que las variables PF, PG y FCA fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Cuadro 5. Desempeño productivo de camarón blanco (*P. vannamei*) alimentados con dietas experimentales a base de diferentes porcentajes de inclusión de nejayote.

DIETAS	S (%)	PF	PG (g)	PGD	FCA
Control	96	6.0 $\pm$ 0.1 ^c	2.1 ^c	0.05 $\pm$ 0.02 ^c	1.70 ^c
Nejayote 4%	95	5.4 $\pm$ 0.4 ^d	1.5 ^d	0.04 $\pm$ 0.02 ^d	1.90 ^d
Nejayote 7%	97	6.3 $\pm$ 0.5 ^b	2.3 ^b	0.05 $\pm$ 0.01 ^b	1.50 ^b
Nejayote 10%	98	6.8 $\pm$ 0.3 ^a	3.3 ^a	0.06 $\pm$ 0.01 ^a	1.40 ^a

S: Supervivencia, **PF:** Peso final, **PG:** Peso ganado, **PGD:** Peso ganado diario, **FCA:** Factor de conversión alimenticia. Los valores son presentados como media $\pm$ desviación estándar, $n=3$. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p < 0.05$), basados en la prueba Tukey.

La ganancia en peso muestra una diferencia porcentual entre la dieta adicionada con harina de nejayote al 10% respecto a las demás dietas, lo que indica que la ganancia de peso incrementó al adicionar 10% de harina de nejayote.

DISCUSIÓN

La harina de nejayote obtuvo un porcentaje de proteína de 10.33%, lípidos 6.47%, carbohidratos 76.69%, fibra 0.02%, cenizas 1.92% y humedad de 4.57%, datos que concuerdan con el trabajo de Castañeda-Ruelas *et al.* (2021), donde se reportan proteína 10.34%, lípidos 6.47% y carbohidratos 76.72%. Por otra parte, mediante procesos que optimizan la obtención de proteína, Pedroza-Islas y de Bazúa (1990), evaluaron la biomasa bacteriana obtenida del tratamiento aerobio del nejayote en un reactor rotatorio, reportando 41.5% de proteínas, 3.45% de lípidos, 14.8% de fibra y 15.1% de cenizas, además de reducir la DQO en 84.6%. Esto comprueba que el nejayote puede ser optimizado para obtener un mayor contenido proteínico.

En un estudio realizado con juveniles de *Litopenaeus vannamei*, la sustitución parcial de harina de pescado por harina proteica de arroz no afectó el rendimiento productivo; los tratamientos con bajos niveles de inclusión, mostraron aumentos significativos en ganancia en peso respecto al tratamiento control a base de harina de pescado. Los autores atribuyeron estas mejoras a una adecuada digestibilidad y perfil aminoacídico del ingrediente de arroz (Lin *et al.*, 2022).

Cheng *et al.* (2002), evaluaron harinas de subproductos como reemplazo parcial de harina de pescado, demostrando que se puede incrementar la ganancia en peso y la tasa de crecimiento específica en camarón (*Litopenaeus vannamei*), aplicando procesos térmicos y atrayentes para mejorar la palatabilidad.

No se registró una variación significativa en el porcentaje de proteínas de la dieta, que se mantuvo en 30%, dentro del rango de 25% a 33% citado por Xu y Pan (2014), mientras que Lee y Lee (2018), señalan un intervalo de inclusión de 34.5% a 32.2% para camarones juveniles. Asimismo, el contenido de lípidos, cuya importancia radica en proporcionar energía, presentó un porcentaje óptimo para el desarrollo del camarón entre 6% y 14%; en este trabajo fue de 8%, sin diferencia significativa entre las cuatro dietas evaluadas (Ayisi *et al.*, 2017).

Novriadi *et al.* (2023), mencionan que al adicionar proteína de maíz fermentada entre 6% y 12%, se obtuvieron resultados favorables, como una mayor supervivencia, lo que sugiere que el uso de ingredientes funcionales como el maíz puede favorecer la salud y el bienestar del camarón cultivado intensivamente. De manera similar, en el presente trabajo, la

supervivencia fue mayor en la dieta a base de nejayote al 10%. Por su parte, Yua *et al.* (2013), demostraron que la inclusión de proteína de maíz al 12% puede utilizarse en la formulación de alimentos para el camarón blanco sin causar efectos negativos en el crecimiento, el factor de conversión alimenticia y la supervivencia.

Un estudio realizado con juveniles de *Litopenaeus vannamei* con peso inicial de 0.71 g, mostró que reemplazar en 30% la harina de pescado por harina de gluten de maíz, no ocasionó diferencias significativas en ganancia en peso, tasa específica de crecimiento ni factor de conversión alimentaria, con respecto al tratamiento control (Lin *et al.*, 2023).

Yohana *et al.* (2023), reemplazaron parcialmente la harina de soya por harina de gluten de maíz en dietas para juveniles de camarón (*Litopenaeus vannamei*), obteniendo resultados significativamente mayores en peso final y tasa específica de crecimiento, agregando 9% del ingrediente experimental con respecto a la dieta control.

La incorporación de proteínas recuperadas de residuos agroindustriales, como subproductos de la industria cervecera en dietas para camarón (*Litopenaeus vannamei*), permitió reemplazar parcialmente la harina de pescado con efectos positivos en ganancia en peso y factor de conversión alimenticia, comparado con el tratamiento control (He *et al.*, 2020).

CONCLUSIONES

En el presente estudio se concluye que es viable la incorporación de subproductos agroindustriales con potencial nutracéutico, como el nejayote, como suplemento en el alimento para camarón blanco del Pacífico (*Penaeus vannamei*), sin efectos adversos sobre la ganancia en peso y supervivencia. Los resultados indican que la inclusión de harina de nejayote en dietas balanceadas no compromete el rendimiento productivo, lo que permite reducir los costos de alimentación y, potencialmente, mejorar la eficiencia económica del sistema de cultivo.

Asimismo, se observó que los niveles de inclusión evaluados (4%, 7% y 10%) no afectaron negativamente los parámetros productivos. Por el contrario, la dieta con 10% de harina de nejayote mostró los mejores resultados en términos de ganancia de peso, tasa de crecimiento y eficiencia alimentaria, además de mantener una supervivencia superior al 95%, lo que sugiere un efecto favorable de este subproducto sobre el desempeño productivo de los organismos.

La harina de nejayote aporta carbohidratos y proteínas que pueden sustituir parcialmente a la harina de pescado, contribuyendo a disminuir los costos de formulación de dietas balanceadas e incrementar la factibilidad económica del cultivo. Adicionalmente, sus posibles propiedades nutraceuticas podrían favorecer la salud y el bienestar de los organismos cultivados. En conjunto, el uso de este subproducto agroindustrial representa una alternativa sostenible para el aprovechamiento de residuos, con el potencial de reducir el impacto ambiental asociado a la industria agroalimentaria y a la acuicultura.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

"No aplicable"

.

CONFLICTO DE INTERESES

"Los autores declaran que no tienen intereses en competencia"

REFERENCIAS

- AOAC. (1999). Official methods of analysis. Kenneth Helrich en: association of official analytical chemist. 15 ed. 1:771.
- Ayisi C L., Hua X., Apraku A., Afriyie G. y Kyei B A. (2017). Recent studies toward the development of practical diets for shrimp and their nutritional requirements. Hayati journal of biosciences. (24):109-117.
- Bertsch, G. (2022). Camaronicultura en México, veterinaria digital, 18-22. Consultado el 05 de mayo de 2025. <https://www.veterinariadigital.com/noticias/la-produccion-de-camaron-en-2021-tuvo-cifras-positivas-en-latinoamerica/>
- Bowzer J. Trushenksi J., Rawles S., Gaylord T.G., & Barrows F.T. (2015). Apparent digestibility of Asian carp- and common carp-derived fish meals in feeds for hybrid striped bass *Morone saxatilis* ♀ x *M. chrysops* ♂ and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture nutrition. (21): 43-53.
- Castañeda-Ruelas, G. M., Ibarra-Medina, R. K., Niño-Medina, G., Mora-Rochín, S., Montes-Ávila, J., Cuevas-Rodríguez, E. O., & Jiménez-Edeza, M. (2021). Phenolic extract from nejayote flour: bioactive properties and its potential use as an antimicrobial agent of alginate-based edible coatings. Cereal chemistry. 00, 1–10.
- Cheng, Z. J., Behnke, K. C., & Dominy, W. G. (2002). Effects of poultry by-product meal as a substitute for fish meal in diets on growth and body composition of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Journal of applied aquaculture. 12(1), 71-83.
- Cobo-Abrantes R. y Pérez-Jar L. (2018), Aspectos generales del cultivo y genética del camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*. Revista cubana de investigaciones pesqueras. (35): 18-23.
- Faillace Bautista J. F., Vergara R., & Suarez A. (2016). Evaluación de una formula alimenticia para camarón de cultivo (*L. vannamei*) con inclusión de proteína vegetal a base de harina de soya. AquaTIC, 44, 12-13.
- FAO. (2024). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024. Hacia la transformación azul. Roma, 13-25.
- He, Y., Galagarza, O. A., Wang, H., Taylor, Z. W., Ferguson, C. S., Ogejo, J. A., ... & Huang, H. (2020). Protein-rich product recovered from brewer's spent grain can partially replace fishmeal in diets of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture Research, 18, 3284-3296.
- Lee, C., Lee, KJ. (2018). Dietary protein requirement of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in three different growth stages. Fisheries and Aquatic Sciences, 21- 30.
- Lin, H., Deng, Y., Zhu, D., Yang, Q., Zhou, X., Tan, B., ... & Chi, S. (2023). Effects of partially replacing fishmeal with corn gluten meal on growth, feed utilization, digestive enzyme activity, and apparent nutrient digestibility for juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Frontiers in Veterinary Science, 10, 1162599.
- López-Galindo, L.L. (2014). Evaluación transcriptómica de la respuesta a la exposición a TCMáx en *Litopenaeus vannamei* ablacionados y no ablacionados, aclimatados a diferentes temperaturas. Tesis de maestría en ciencias. Centro de investigación científica y de educación superior de Ensenada, Baja California. 3-4.
- Molina-Poveda, C. y Morales, M.E. (2004). Use of a mixture of barley-based fermente grains and wheat gluten as an alternative proteinicos source in practicales dietó for *Litopenaeus vannamei* (boone). Aquaculture research. (35): 1158-1165.
- Novriadi, R., Istiqomah, I., Isnansetyo, A., Balk, D., Jolly-Breithaupt, M., & Davies, S. (2023). Corn fermented protein in production diets for pacific white legged shrimp

- Litopenaeus vannamei*: Improved growth performance, health status and resistance to infection. *Aquaculture Reports*, 30, 101571.
- Pedroza-Islas, R., & de Bazúa, C. D. (1990). Aerobic treatment of maize-processing wastewater in a 50-liter rotating biological reactor. *Biological wastes*, 32(1), 17-27.
- Vacio-Muro, K. J., Jáuregui-Rincón, J., Lozano-Álvarez, J. A., Sánchez-González, M. N. (2015). Reducción de la contaminación del nejayote usando el hongo *Bjerkandera adusta* y los biopolímeros alginato y quitosano. XVI Congreso nacional de biotecnología y bioingeniería. 23-35.
- Valdez-González, F., Gutiérrez-Dorado, R., Hernández-Llamas, A., García-Ulloa, M., Sánchez-Magaña, L., Cuevas-Rodríguez, B. and H. Rodríguez-González, (2017). Bioprocessing of common beans in diets for tilapia: in vivo digestibility and antinutritional factors. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. (12): 4087-4093.
- Velasco-Martínez, M., Angulo, O., Vázquez-Couturier, D. L., Arroyo-Lara, A., & Monroy-Rivera, J. A. (1997). Effect of dried solids of nejayote on broiler growth. *Poultry science*, 76(11), 1531-1534.
- Xu, W. J., & Pan, L. Q. (2014). Evaluation of dietary protein level on selected parameters of immune and antioxidant systems, and growth performance of juvenile *Litopenaeus vannamei* reared in zero-water exchange biofloc-based culture tanks. *Aquaculture*, 426, 181-188.
- Yohana, M. A., Ray, G. W., Yang, Q., Tan, B., Chi, S., Lin, H., ... & Yi, Y. (2023). Implications of dietary soybean meal replacement with corn gluten meal on growth performance, antioxidant activities, hepatopancreatic histopathology, and intestinal flora of juvenile Pacific shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Reports*, 33, 101821.
- Yua, D., Fang, X., Zhou, Y., Rhodes, M., & Davis, D. A. (2013). Use of Corn Protein Products in Practical Diets for the Pacific White Shrimp. *Avances en Nutrición Acuicola*. Consultado en agosto del 2025: <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/62>.