



Evaluación proteica de la harina de amaranto (*Amaranthus dubius*) en el crecimiento del camarón *Penaeus vannamei* en etapa de postlarva

Protein evaluation of amaranth (*Amaranthus dubius*) flour on the growth of shrimp *Penaeus vannamei* postlarvae

Autores

- ✉ ¹Luisa Ana Zambrano Mendoza
- ✉ ²Adriana Lilibeth Párraga Vergara
- ✉ ²Vicky Yuliana Parrales Chávez
- ✉ ¹Fátima Graciela Arteaga Chávez
- ✉ ²Francisco Manuel Demera Lucas
- ✉ ³Carlos Julio Tubay Bermúdez

¹Carrera de Medicina Veterinaria. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López Calceta, Ecuador.

²Carrera de Agroindustria. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López Calceta, Ecuador.

³Instituto Politécnico de Leiria. Leiria, Portugal.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Zambrano Mendoza, L. A., Párraga Vergara, A. L., Parrales Chávez, V. Y., Arteaga Chávez, F. G., Demera Lucas, F. M. y Tubay Bermúdez, C. J. (2021). Evaluación proteica de la harina de amaranto (*Amaranthus dubius*) en el crecimiento del camarón *Penaeus vannamei* en etapa de postlarva. *La Técnica*, 11(1), 1-7. DOI: https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i25.3165

Recibido: Octubre 30, 2020

Aceptado: Noviembre 29, 2020

Publicado: Enero 08, 2021

Resumen

Se evaluó la calidad nutricional de la harina de amaranto (*Amaranthus dubius*) (HA) como fuente alternativa de proteína de la harina de pescado (HP) en dietas para el camarón *Penaeus vannamei* baja salinidad, para lo cual se realizó una prueba de alimentación durante 28 días para examinar los efectos de la sustitución parcial de 15, 20, 25 y 30% de HP por HA. Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro dietas y cuatro réplicas de cada una. Se realizó la caracterización físico-química (proteína, cenizas, acidez, fibra y humedad) y microbiológica (*Salmonella* spp.), de acuerdo con la Norma INEN 1767. La unidad experimental estuvo compuesta por 320 camarones (0,03 g en peso c/u) en etapa de postlarva (PL22) distribuidos en 16 peceras, adecuadas por un sistema de aireación (oxígeno disuelto $7,0 \pm 0,01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) y temperatura constante ($25 \pm 0,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$), controlando la salinidad ($4,09 \pm 0,01 \text{ UPS}$) y pH ($8,05 \pm 0,06$). Para el desarrollo larvario se determinaron los parámetros de desempeño de crecimiento: supervivencia (S), tasa de crecimiento específico (TCE), factor de conversión alimenticia (FCA), eficiencia alimenticia (EA) y tasa de eficiencia proteica (TEP). Para la caracterización físico-química del alimento se determinó la diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) entre las dietas, siendo el HA15 la más idónea. En la evaluación del desempeño de crecimiento no existió diferencia estadística ($p > 0,05$) entre las dietas, por lo tanto, la incorporación de HA en las formulaciones alimenticias con HP no influye en los factores de crecimiento de los camarones en la etapa de postlarva, siendo recomendable sustituir hasta el 30% de proteína animal por proteína vegetal.

Palabras clave: Amaranto; camarón; crecimiento; proteína vegetal.

Abstract

Was evaluated the nutritional quality of amaranth flour (*Amaranthus dubius*) (AF) as an alternative source of fishmeal protein (FP) in diets for low salinity shrimp *Penaeus vannamei*. for which a feeding test was performed for 28 days to examine the effects of partial substitution of 15, 20, 25 and 30% HP by HA. A completely random design (CRD) was applied with four diets and four replicas of each. Physicochemical characterization was performed (protein, ash, acidity, fiber, and moisture) microbiological (*Salmonella* spp.), in accordance with INEN 1767. The experimental unit was composed of 320 shrimps (0.03 g by weight c/u) in the postlarva stage (PL22) distributed in 16 fish tanks, suitable for an aeration system (dissolved oxygen $7.0 \pm 0.01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ and constant temperature ($25 \pm 0.00 \text{ }^{\circ}\text{C}$), controlling salinity ($4.09 \pm 0.01 \text{ UPS}$) and pH (8.05 ± 0.06). For larval development, growth performance parameters were determined: survival (S), specific growth rate (TCE), feed conversion factor (FCA), feed efficiency (EA) and protein efficiency rate (TEP). For the physicochemical characterization of the feed, a significant statistical difference ($p < 0.05$) was determined between the diets, with AH15 being the most suitable. In the evaluation of growth performance, there was no statistical difference ($p > 0.05$) between diets, therefore, the incorporation of formulations with fishmeal does not influence the growth factors of shrimp in the postlarvae stage, being advisable to replace up to 30% of animal protein with vegetable protein.

Keywords: Amaranth; growth; shrimp; vegetable protein.



Introducción

Actualmente la producción acuícola mundial aporta alrededor del 53% para el consumo de pescado (FAO, 2018). Para la intensificación de la acuicultura los piensos utilizados provienen de la harina de pescado por la excelente calidad nutricional que esta aporta, siendo la composición proteica el aspecto más importante para tener en cuenta en la formulación de alimentos balanceados. La dependencia continua de estos recursos acuáticos finitos puede no soportar el crecimiento actual experimentado en la industria de la acuicultura; por tanto, el enfoque está orientado en incorporar fuentes alternativas de proteínas vegetales y animales no tradicionales en la sustitución parcial de dietas alimenticias, considerando que la proteína vegetal no puede reemplazar en su totalidad la harina de pescado debido a la presencia de polisacárido sin almidón (NSP), alto contenido de fibra, y limitado perfil de aminoácidos esenciales (Fawole et al., 2020). Las proteínas vegetales en alimentos acuícolas han presentado una serie de problemas derivados de los factores antinutricionales, digestibilidad reducida y problemas de palatabilidad (Soliman et al., 2017; Caimi et al., 2020).

En Ecuador desde el año 1994 hasta la actualidad las exportaciones de camarón han tenido un aporte significativo en la economía. Los alimentos balanceados para camarón en la legislación ecuatoriana están controlados bajo la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1767 (INEN, 1990), estableciendo que deben reunir las características físico-químicas y organolépticas para ser considerado un alimento apto y fresco de acuerdo con la etapa de crecimiento y desarrollo nutricional; así mismo, dicha norma específica que el aporte de proteína del alimento para el camarón en etapa de postlarva requiere mínimo de 30%, en etapa de crecimiento de 25% y en etapa de engorde de 20%. Por lo tanto, evaluar alternativas vegetales permite explorar soluciones sostenibles que establezcan los mecanismos de conversión de fuentes proteicas no tradicionales, no reportadas en la literatura, y que aportarían a la nutrición del camarón *Penaeus vannamei*. Existen estudios del crecimiento larvario del camarón *P. vannamei* a bajas salinidades (Liang et al., 2008; Chen et al., 2015; Li et al., 2017) e inclusive se ha evaluado el efecto de cambios combinados de salinidad-temperatura (Bermudes-Lizárraga et al., 2017); sin embargo, pese a tener un amplio rango de tolerancia a la salinidad de 0,5 a 50‰ (Davis y Rouse, 2003; Saoud et al., 2015), el camarón presenta un crecimiento lento, baja inmunidad, alta susceptibilidad a patógenos y baja supervivencia, para reducir dichas condiciones, la dieta debe contener 30-36% de proteína, el 15-20% de carbohidratos, aminoácidos (glisina, alanina, prolina y taurina) y suplementos vitamínicos (Li et al., 2017).

El grano de amaranto tiene una excelente composición nutricional, es rico en macronutrientes (~ 12 a 22% de proteínas y ~ 6 a 13% de lípidos), fibra dietética (~ 9 a 14%), vitaminas, minerales

y otros compuestos fitoquímicos (polifenoles y fitoesteroles) (Venskutonis y Kraujalis, 2013; Karama'ckarama'c et al., 2019; Grundy et al., 2020). En comparación con otras fuentes vegetales como los cereales, tiene un alto contenido de lisina y metionina, aminoácidos que son considerados como limitantes en muchas proteínas vegetales (Jackson et al., 1982); sin embargo, no hay información concreta sobre cómo el procesamiento del grano puede modificar la bioaccesibilidad y digestibilidad nutricional del amaranto (Grundy et al., 2020). Este trabajo evaluó el desempeño de crecimiento del camarón *Penaeus vannamei* en etapa de postlarva al ser expuesto a dietas compuestas por proteína vegetal proveniente del amaranto para mitigar el uso de recursos marinos.

Metodología

Unidades experimentales

Se obtuvieron 320 camarones en etapa postlarva en el Laboratorio "Bio-larva" ubicado en la parroquia Los Esteros de la ciudad de Manta, Ecuador. Una vez que los camarones alcanzaron los 22 días de desarrollo larvario (PL22), con un peso inicial de 0,03 g, fueron transportados a la ciudad de Chone en bolsas plásticas aclimatadas para ser distribuidas en peceras. La alimentación se realizó al voleo, con una frecuencia de seis veces al día cada 4 horas por 28 días de estudio, cuya dosis fue calculada según su biomasa.

Adecuación de las peceras

Se utilizaron 16 peceras con dimensiones de 20 x 20 x 25 cm. Se proporcionó aeración constante utilizando bombas de aire (SB-108 SOBO) de potencia de 1 x 3 L·min⁻¹ adaptadas para cada pecera. Se realizó diariamente el recambio de agua con relación al 10% del volumen total. El oxígeno disuelto se midió con un oxímetro portátil (MW600 PRO Dissolved Oxygen Meter), para la temperatura se utilizó un termómetro digital (DR. METER), el pH se controló con un potenciómetro digital (PH METER 100) y la salinidad con un refractómetro (BK-PRS-BIO BASE). Los residuos del alimento y los camarones muertos se retiraron diariamente de las unidades experimentales mediante sifoneo con una manguera de 2 mm de diámetro.

Dietas alimenticias

Se formularon cuatro dietas alimenticias con sustitución del 15, 20, 25 y 30% de harina de pescado (HP) por harina de amaranto (HA), catalogándose como HA15, HA20, HA25, HA30. Para obtener el alimento balanceado, se conoció el valor nutricional proteico (tabla 1) que aportó cada ingrediente como fuente

directa o indirecta en dietas de camarones cultivados, todas las dietas contenían aproximadamente un 30% de proteína. Para la elaboración del alimento balanceado, se receptaron 3,2 kg de semillas de amaranto de AgroDiMeZa; las cuales fueron lavadas utilizando una solución de hipoclorito de sodio al 2% durante 5 minutos, se secaron naturalmente hasta alcanzar un 12% de humedad detectada en un medidor marca Dickey-John; las semillas se trituraron en un molino de disco marca Corona y se tamizó a un tamaño de partículas de 180 µm (malla N° 80). Posteriormente, se realizó la mezcla gradual de ingredientes conforme la formulación alimenticia (tabla 2), la mezcla base estuvo compuesta por harina de pescado, harina de semillas secas de amaranto, carne, plumas, aceites de calamar y pescado, mucílago de calamar (atractante), vitamina C y minerales, las cuales se mezclaron con agua (40 °C), se peletizó y envasó en fundas plásticas de polietileno a temperatura ambiente (25 °C).

Tabla 1. Composición nutricional de las materias primas.

Materias primas	Proteína (%)	Energía (cal·kg ⁻¹)	Índice mínimo (%)	Índice máximo (%)	Costo \$ (kq)
Harina de pescado	59,70	4,5	-	Sin límite	1,14
Harina de semillas de amaranto	12,98	3,91	10	20	0,12
Harina de plumas	52,96	3,23	2,5	10	0,66
Harina de carne	21,5	2,6	12	15	0,75
Aceite de calamar	15,6	3,37	0	20	0,5
Aceite de pescado	0	5,6	2	3	0,45
Mucílago de calamar	0	0	5	8	0,5
Vitamina C	0	0	0,2	2,5	0,5
Mezcla de minerales	0	0	0	0,50	0,5

Para la formulación de las cuatro dietas alimenticias se utilizó el complemento de Solver para programa de Microsoft Excel versión 2016, como se detalla en la tabla 2.

Caracterización nutricional y microbiológica

Para verificar que el alimento balanceado fuera idóneo para el consumo de los camarones en la etapa de postlarva se realizaron análisis nutricionales y microbiológicos de acuerdo con lo establecido en la norma INEN 1767 (tabla 3).

Parámetros de desempeño de crecimiento

Se evaluaron las siguientes variables:

Supervivencia:

$$S = \left[\frac{N^{\circ} \text{ final de camarones}}{N^{\circ} \text{ inicial de camarones}} \right] \times 100$$

Tabla 2. Formulación de las dietas experimentales con diferentes niveles de sustitución de proteína animal con vegetal harina de amaranto (HA).

Materias primas	HA5		HA20		HA25		HA30	
	kg	Proteína %	kg	Proteína %	kg	Proteína %	kg	Proteína %
Harina de pescado	50	30	45	27	40	24	35	21
Harina de semillas de amaranto	15	2	20	3	25	3	30	4
Harina de plumas	10	5	10	5	10	5	10	5
Harina de carne	12	3	12	3	12	3	12	3
Aceite de calamar	1	0	1	0	1	0	1	0
Aceite de pescado	2	0	2	0	2	0	2	0
Mucílago de calamar	5	0	5	0	5	0	5	0
Vitamina C	2,5	0	2,5	0	2,5	0	2,5	0
Mezcla de minerales	2,5	0	2,5	0	2,5	0	2,5	0
Total	100	40	100	37	100	35	100	33

Tabla 3. Métodos de ensayos para los análisis nutricionales y microbiológicos.

Requisitos	Unidad	Postlarva		Método de ensayo
		Mín.	Máximo	
Humedad	%	-	11	INEN-ISO 6496
Proteína cruda	%	30	-	INEN-ISO 5983-1
Fibra	%	-	4	INEN-ISO 6865
Cenizas	%	-	13	INEN-ISO 5984
Acidez	%	-	5	NTE INEN-ISO 3960
Salmonella spp.	-	-	Ausencia	NTE-INEN-ISO 1529-15

Abreviatura: Min= mínimo. Fuente: (INEN, 1990).

Tasa de crecimiento de específica (TCE):

$$TCE = \left[\frac{\log e \text{ peso corporal final} - \log e \text{ peso corporal inicial}}{\text{período de tiempo en días}} \right] \times 100$$

Factor de conversión de alimento (FCA):

$$FCA = \frac{\text{alimento ingerido}}{p \text{ eso ganado}}$$

Eficiencia alimenticia (EA):

$$EA = \frac{p \text{ eso ganado}}{\text{alimento ingerido}}$$

Tasa de eficiencia proteínica (TEP):

$$TEP = \frac{p \text{ eso ganado}}{\text{proteína consumida}}$$



Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro dietas por cuatuplicado, analizados mediante el programa SPSS versión 20, para evaluar el efecto de las formulaciones alimenticias en el desempeño de crecimiento del camarón y establecer el cumplimiento, que éstas presentaron, conforme a la norma NTE INEN 1767 (INEN, 1990).

Resultados

Calidad nutricional

El desarrollo de los camarones en la etapa de postlarva dependió de la composición bromatológica de la dieta alimenticia (tabla 4), los resultados fueron comparados con los requerimientos nutricionales establecidos por la norma INEN 1767 (tabla 3), de acuerdo con lo detallado en la tabla 4, todas las dietas cumplieron con los parámetros físico-químicos para ser incorporados en la alimentación del camarón *P. vannamei* en etapa de postlarva, por tanto, las dietas son independientes de los niveles de sustitución de 15, 20, 25, 30% de HP por HA.

Tabla 4. Valores promedios del alimento balanceado.

Parámetros (%)	Dietas				ANOVA Valor-p
	HA15	HA20	HA25	HA30	
Proteína	35±0,063a	32±0,065b	32±0,022b	31±0,067c	0,003
Acidez	2±0,05 ^a	4±0,05b	4±0,06b	5±0,06b	0,003
Cenizas	12±0,072 ^a	12±0,043b	13±0,035c	13±0,024c	0,003
Fibra	3±0,037a	4±0,026b	4±0,013b	4±0,029c	0,000
Humedad	11±0,03a	11±0,02b	11±0,02c	11±0,02d	0,000

^aLas medias en la misma fila con letras diferentes como superíndices son significativamente diferentes (p<0,05)

Para el control de los parámetros microbiológicos se realizó la determinación de *Salmonella* spp.; de acuerdo con la norma INEN 1767, las cuatro dietas presentaron AUSENCIA de *Salmonella* spp. (tabla 5).

Tabla 5. Análisis microbiológico de las dietas.

Dietas	<i>Salmonella</i>
HA15	AUSENCIA
HA20	AUSENCIA
HA25	AUSENCIA
HA30	AUSENCIA

Desempeño de crecimiento

De acuerdo con la tabla 6, el porcentaje de supervivencia (%S), fue representativo en los niveles de sustitución de HP por HA (85-95%). La tasa de crecimiento específico (TCE), factor de conversión alimenticia (FCA) del camarón *P. vannamei* aumentaron progresivamente, esto debido a la ganancia de peso en gramos de la unidad experimental. Sin embargo, conforme con los resultados presentados para cada dieta, los niveles de inclusión de HA no evidenciaron influencia significativa (p<0,05) para los parámetros S, FCA, EA Y TEP; por tanto, no existió diferencia en las dietas de 15, 20 25 y 30% de proteína vegetal en los factores de crecimiento durante los 28 días de evaluación. Durante el experimento la temperatura del agua se mantuvo constante a 25±0,00 °C, el pH de 8,05±0,06, salinidad de 4,09±0,01 UPS, con oxigenación de 7,0 ±0,01 mg·L⁻¹.

Tabla 6. Parámetros de desempeño de crecimiento del camarón *Penaeus vannamei* alimentados con dietas experimentales durante 28 días.

Parámetros	Dietas				Valor-p
	HA15	HA20	HA25	HA30	
PF	1,44±0,99	1,32±0,87	1,22±0,75	1,14±0,70	
PG	1,42±0,97	1,29±0,87	1,19±0,75	1,11±0,70	
S	90±4,08 ^a	86±8,54	79±8,54	77±10,41	0,151
TCE	53± 10,53	52±10,20	51±9,79	50±9,47	0,978
FCA	3,23 ± 1,59	3,53±1,72	3,80±1,94	4,08±2,11	0,599
EA	0,38 ± 0,21	0,36±0,21	0,34±0,20	0,32±0,20	0,642
TEP	1,10 ± 0,59	1,10±0,63	1,04±0,61	1,03± 0,64	0,715

Abreviaturas: PF= peso final (g), PG= peso ganado (g), S= supervivencia (%), TCE= tasa de crecimiento específico (%), FCA= factor de conversión alimenticia, EA= eficiencia alimenticia, TEP= tasa de eficiencia proteica.

Discusión

El Manual de Nutrición y Alimentación de Peces y Camarones Cultivados (FAO, 1989) indicó que el régimen de alimentación para camarones está comprometido bajo cinco diferentes grupos de nutrientes: proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales. La proteína es el componente esencial en la dieta del camarón, debido a que forma parte del tejido muscular y órganos internos, además de ser fuente energética.

Según lo establece la Norma INEN 1767 los alimentos para camarones en etapa de postlarva deben contener mínimo de 30% de proteína, como se muestra en la tabla 4 todas las dietas están dentro del rango requerido (≥30%), siendo HA15 la que presenta mayor porcentaje para la formación, mantenimiento de tejidos y suplementos de energías en dietas para camarón. La sustitución del 20 y 30% de harina de pescado por ingredientes vegetales en cultivos de camarón *P. vannamei*, muestran potencial en los perfiles de nutrientes y el contenido de proteínas (Malcorps et al., 2019). harina de pescado, pero no convertirla en un ingrediente proteico alternativo (Ngugi et al., 2017).

Con respecto al resto de parámetros nutricionales fueron considerados como requisitos de calidad del alimento balanceado. Estudios en los que utilizaron harina de altramuz (Molina-Poveda et al., 2013), hojas de amaranto (Ngugi et al., 2017) y harina de soya, harina de soya fermentada y harina de sésamo (Bae et al., 2020) como sustituyentes parciales de proteínas animales, no realizaron análisis de acidez; pero conforme a lo indicado en la normativa INEN 1767, fue un parámetro de evaluación; encontrándose todas las dietas dentro del límite establecido (máximo 5%).

Los ingredientes de origen vegetal tienen un alto contenido de cenizas a diferencia de la harina de origen animal o marina, lo que afecta al coeficiente de digestibilidad aparente, HA15 presentó un porcentaje ($11,84 \pm 0,072\%$) menor al establecido por la normativa ($\leq 13\%$). Niveles altos de fibra redujeron la estabilidad, digestibilidad y eficiencia de las enzimas digestivas de los alimentos en el agua (Akiyama et al., 1992) al reducir la cantidad de fibra aumentó la disponibilidad de absorción del resto de nutrientes, HA15 fue la formulación que presentó menor porcentaje ($3,44 \pm 0,037\%$) en dicha evaluación.

Durante el balanceo de la ración, es fundamental vigilar la humedad del alimento preparado, debido a que niveles superiores al 8% favorecen la presencia de insectos y por encima de 14% existe el riesgo de contaminación por hongos y bacterias (FAO, 1991); la norma INEN 1767 indica que el nivel máximo de humedad que debe presentar el alimento para camarones es de 11%, siendo, HA15 ($10,91 \pm 0,03$) y HA20 ($10,83 \pm 0,02$) las dietas que cumplieron con dicho requerimiento. Las dietas HA25 y HA30 presentaron valores de humedad ligeramente por encima de lo exigido por la norma INEN, pero fueron aceptables. El resultado microbiológico respecto a la ausencia de *Salmonella*. establece, que el alimento balanceado fue de consumo seguro para los camarones en etapa de postlarva. Los parámetros físico-químicos del agua fueron monitoreados diariamente, no existiendo variación en el tiempo de experimentación.

Las formulaciones alimenticias preparadas fueron aceptadas por los camarones, conforme la supervivencia (77 a 90%) evidenciada en la tabla 6. Se ha investigado la inclusión de concentrado de proteínas de hojas de amaranto (Ngugi et al., 2017), mostrando una supervivencia comparable (74 a 77%) independientemente de los niveles de sustitución, de igual manera, dietas formuladas con harina de soya (Fuertes et al., 2012) no tuvieron efectos significativos sobre la supervivencia (75,09%). El FCA no demostró diferencias significativas (4,08 a 3,23) demostraron que cuando la dieta esta equilibrada en energía digestible y proteína en base a los nutrientes necesarios de la especie, los camarones *P. vannamei* pueden criarse sin afectar su rendimiento de crecimiento (Venero, 2006).

La tasa de crecimiento específico (TCE) en las cuatro formulaciones, se debió al porcentaje de proteína de amaranto, presencia de aminoácidos esenciales, ácido gamma linólico, pigmentos, fibra dietética además de cantidades variables de vitaminas (Shukla y Singh, 2003; Karama'ckarama'c et al., 2019). La presencia de factores antinutricionales como fitatos, oxalatos, saponinas y taninos incideó en la disminución de

EA y TEP; durante la ingesta del alimento balanceado, los compuestos antinutricionales permanecieron unidos a ciertas proteínas, haciendolas inaccesibles para las enzimas digestivas, reduciendo la digestibilidad de las proteínas e interfiriendo con su biodisponibilidad (Francis et al., 2001; Ngugi et al., 2017). Los valores de TEP fueron menores a dos (tabla 6), lo que indicó una baja utilización de proteínas (Ngugi et al., 2017). La fermentación de los ingredientes vegetales, pueden reducir parcialmente factores antinutricionales y mejorar la digestibilidad de aminoácidos, a través de la acción de compuestos probióticos (Jannathulla et al., 2018). En la actualidad existe poca información sobre el efecto de las condiciones climáticas y el procesamiento del grano de amaranto en la composición de la digestibilidad de nutrientes (Grundy et al., 2020).

Conclusiones

El presente estudio evidenció que la HA puede reemplazar hasta el 30% de HP en la dieta para camarones en etapa de postlarva (PL22).

De acuerdo con los resultados obtenidos ninguno de los parámetros evaluados para el desempeño de crecimiento de los camarones *P. vannamei* se vieron significativamente ($p > 0,05$) afectados por la inclusión de la HA, al no presentarse diferencias significativas entre las dietas experimentales se puede recomendar aumentar el porcentaje de sustitución de la HA en otros estudios.

Los alimentos formulados con 15, 20, 25, 30% de HA cumplieron con las características nutricionales y microbiológicas establecidas en la Norma INEN 1767, siendo HA15 el tratamiento más idóneo de acuerdo con el diseño estadístico en DCA.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Referencias bibliográficas

- Abdalla, M. M. F., Abd El-Wahab, M. M. H., Abdel-Lattif, H. Akiyama, D. M., Dominy, W. G. and Lawrence, A. L. Penaeid Shrimp Nutrition. In: *Marine Shrimp Culture*. pp. 535-568. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-88606-4.50031-x>
- Bae, J., Hamidoghli, A., Djaballah, M. S., Maamri, S., Hamdi, A., Souffi, I., ... Bai, S. C. (2020). Effects of three different dietary plant protein sources as fishmeal replacers in juvenile whiteleg shrimp, Lito *Penaeus vannamei*. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s41240-020-0148-x>
- Bermudes-Lizárraga, F. J., Nieves-Soto, M., Medina-Jasso, A., Román-Reyes, J. C., Flores-Campaña, L. M., Ortega-Salas, A. A. and Piña-Valdez, P. (2017). La salinidad y la temperatura son las variables más influyentes en el metabolismo, desarrollo y crecimiento de larvas. 52. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572017000300016>



- Caimi, C., Renna, M., Lussiana, C., Bonaldo, A., Gariglio, M., Meneguz, M., ... Gasco, L. (2020). First insights on Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal dietary administration in *Siberian sturgeon* (*Acipenser baerii* Brandt) juveniles. *Aquaculture*, 515, 734539. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734539>
- Chen, K., Li, E., Xu, C., Wang, X., Lin, H., Qin, J. G. and Chen, L. (2015). Evaluation of different lipid sources in diet of pacific white shrimp *Lito Penaeus vannamei* at low salinity. *Aquaculture Reports*, 2, 163-168. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.10.003>
- FAO. (1989). Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados manual de capacitación. <http://www.fao.org/3/ab492s/AB492S00.htm#TOC>
- FAO. (1991). El estado mundial de la agricultura y la alimentación, 1991.
- FAO. (2018). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Fisheries and Aquaculture Department website: <http://www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture/en/>
- Fawole, F. J., Adeoye, A. A., Tiamiyu, L. O., Ajala, K. I., Obadara, S. O., and Ganiyu, I. O. (2020). Substituting fishmeal with *Hermetia illucens* in the diets of African catfish (*Clarias gariepinus*): Effects on growth, nutrient utilization, haemato-physiological response, and oxidative stress biomarker. *Aquaculture*, 518, 734-849. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734849>
- Francis, G., Makkar, H. P. S. and Becker, K. (2001). Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199, pp. 197-227. Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00526-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00526-9)
- Fuertes, J. B., Celada, J. D., Carral, J. M., Sáez-Royuela, M. and González-Rodríguez, Á. (2012). Effects of dietary protein and different levels of replacement of fish meal by soybean meal in practical diets for juvenile crayfish (*Pacifastacus leniusculus*, Astacidae) from the onset of exogenous feeding. *Aquaculture*, 364-365, 338-344. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.08.050>
- Grundy, M. M. L., Momanyi, D. K., Holland, C., Kawaka, F., Tan, S., Salim, M., ... Owino, W. O. (2020). Effects of grain source and processing methods on the nutritional profile and digestibility of grain amaranth. *Journal of Functional Foods*, 72. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104065>
- INEN. (1990). NTE INEN 1767: Alimentos zootécnicos compuestos para camarones. Requisitos: Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) : Free Download, Borrow, and Streaming: Internet Archive. Retrieved October 23, 2020, from NTE INEN 1767: Alimentos zootécnicos compuestos para camarones. Requisitos website: <https://archive.org/details/ec.nte.1767.1990>
- Jackson, A. J., Capper, B. S. and Matty, A. J. (1982). Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia *Sarotherodon mossambicus*. *Aquaculture*, 27(2), 97-109. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(82\)90129-6](https://doi.org/10.1016/0044-8486(82)90129-6)
- Jannathulla, R., Dayal, J. S., Vasanthakumar, D., Ambasankar, K. and Muralidhar, M. (2018). Effect of fungal fermentation on apparent digestibility coefficient for dry matter, crude protein and amino acids of various plant protein sources in *Penaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*, 24(4), 1318-1329. <https://doi.org/10.1111/anu.12669>
- Karama'ckarama'c, M., Gai, F., Longato, E., Meineri, G., Janiak, M. A., Amarowicz, R. and Peiretti, P. G. (2019). Antioxidant activity and phenolic composition of Amaranth (*Amaranthus caudatus*) during plant growth. *Antioxidants*, 8(6), 173. <https://doi.org/10.3390/antiox8060173>
- Li, E., Wang, X., Chen, K., Xu, C., Qin, J. G. and Chen, L. (2017). Physiological change and nutritional requirement of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at low salinity. *Reviews in Aquaculture*, 9, pp. 57-75. Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1111/raq.12104>
- Liang, M., Wang, S., Wang, J., Chang, Q. and Mai, K. (2008). Comparison of flavor components in shrimp *Litopenaeus vannamei* cultured in sea water and low salinity water. *Fisheries Science*, 74(5), 1173-1179. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2008.01637.x>
- Malcorps, W., Kok, B., Van't Land, M., Fritz, M., Van Doren, D., Servin, K., ... Davies, S. J. (2019). The Sustainability Conundrum of fishmeal substitution by plant ingredients in shrimp feeds. 11. <https://doi.org/10.3390/su11041212>
- Molina-Poveda, C., Lucas, M. and Jover, M. (2013). Evaluation of the potential of Andean lupin meal (*Lupinus mutabilis* Sweet) as an alternative to fish meal in juvenile *Litopenaeus vannamei* diets. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.06.007>
- Moniruzzaman, M., Bae, J. H., Won, S. H., Cho, S. J., Chang, K. H. and Bai, S. C. (2018). Evaluation of solid-state fermented protein concentrates as a fish meal replacer in

- the diets of juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Nutrition*, 24(4), 1198-1212. <https://doi.org/10.1111/anu.12658>
- Ngugi, C. C., Oyoo-Okoth, E., Manyala, J. O., Fitzsimmons, K. and Kimotho, A. (2017). Characterization of the nutritional quality of amaranth leaf protein concentrates and suitability of fish meal replacement in Nile tilapia feeds. *Aquaculture Reports*, 5, 62-69. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.01.003>
- Saoud, I. P., Davis, D. A. and Rouse, D. B. (2003). Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture*, 217(1-4), 373-383. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00418-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00418-0)
- Shukla, S. and Singh, S. P. (2003). Correlation and path analysis in grain amaranth (*Amaranthus* spp.). *J. Genet*, 63. Retrieved from www.IndianJournals.com
- Soliman, N. F., Yacout, D. M. M. and Hassaan, M. A. (2017). Responsible fishmeal consumption and alternatives in the face of climate changes. *International Journal of Marine Science*. <https://doi.org/10.5376/ijms.2017.07.0015>
- Venero, J. A. (2006). Optimization of dietary nutrient inputs for Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. Retrieved from <https://etd.auburn.edu/handle/10415/407>
- Venskutonis, P. R., and Kraujalis, P. (2013). Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: A review on composition, properties, and uses. *Comprehensive Reviews in Food Science And Food Safety*, 381-412. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12021>

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Luisa Ana Zambrano Mendoza	Concepción y diseño, investigación, metodología, redacción y revisión del artículo.
Adriana Lilibeth Párraga Vergara	Concepción y diseño, investigación, metodología, redacción y revisión del artículo.
Vicky Yuliana Parrales Chávez	Investigación, búsqueda de información, análisis e interpretación de datos y revisión del artículo.
Fátima Graciela Arteaga Chávez	Investigación, búsqueda de información, análisis e interpretación de datos y revisión del artículo.
Francisco Manuel Demera Lucas	Adquisición de datos, aplicación de Software estadístico, análisis e interpretación.
Carlos Julio Tubay Bermúdez	Adquisición de datos, aplicación de Software estadístico, análisis e interpretación.

