

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

¹Luisa Ana Zambrano Mendoza

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

✉ luisa.zambranom@espam.edu.ec

ORCID: 0000-0003-3498-9219

²Adriana Lilibeth Párraga Vergara

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

✉ aparraga@ecomtrading.com

³Vicky Yuliana Parrales Chávez

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

✉ carvic.geojul@gmail.com

⁴Fátima Graciela Arteaga Chávez

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

✉ farteaga@espam.edu.ec

ORCID: 0000-0001-9122-1471

⁵Francisco Manuel Demera Lucas

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

✉ francisco.demera@espam.edu.ec

ORCID: 0000-0002-3446-7771

⁶Carlos Julio Tubay Bermúdez

Instituto Politécnico de Leiria.

✉ tubaycarlos21@outlook.es

ORCID: 0000-0003-4129-5493

Recepción: 03 de octubre de 2020 / Aceptación: 29 de noviembre de 2020 / Publicación: 08 de enero de 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 fisicoquímica (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 (0,03g en peso c/u) en etapa de postlarva (PL22) distribuidos en 16 peceras, adecuadas por un sistema de aireación (oxígeno disuelto $7,0 \pm 0,01$ mg.L⁻¹) y temperatura constante ($25 \pm 0,00^\circ\text{C}$), controlando la salinidad ($4,09 \pm 0,01$ UPS) y pH ($8,05 \pm 0,06$). Para el desarrollo larvario se determinaron los parámetros de desempeño de crecimiento: S (Supervivencia), TCE (Tasa de Crecimiento Específico), FCA (Factor de Conversión Alimenticia), EA (Eficiencia alimenticia) y TEP (Tasa de Eficiencia Proteica). Para la caracterización fisicoquímica 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 (*Amarant dubius*) (HA) as an alternative source of fishmeal protein (HP) 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 (DCA) 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 (0,03g by weight c/u) in the postlarva stage (PL22) distributed in 16 fish tanks, suitable for an aeration system (dissolved oxygen 7.0 ± 0.01 mg.L⁻¹ and constant temperature ($25 \pm 0,00^\circ\text{C}$), controlling salinity ($4.09 \pm 0,01$ UPS) and pH ($8,05 \pm 0,06$). For larval development, growth performance parameters were determined: S (Survival), TCE (Specific Growth Rate), FCA (Feed Conversion Factor) EA (Feed Efficiency) and TEP (Protein Efficiency Rate). For the physicochemical characterization of the feed, a significant statistical difference ($p < 0,05$) was determined between the diets, with HA15 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 (Caimi et al., 2020; Soliman, Yacout, & Hassaan, 2017).

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 *Penaeus vannamei* a bajas salinidades (Chen et al., 2015; Li et al., 2017; Liang, Wang, Wang, Chang, & Mai, 2008) 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‰ (Chen et al., 2015; Saoud, Davis, & Rouse, 2003), 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 (~ 12–22% de proteínas y ~ 6–13% de lípidos), fibra dietética (~ 9 a 14%), vitaminas, minerales y otros compuestos fitoquímicos (polifenoles y fitoesteroles) (Grundy et al., 2020; Karama'ckarama'c et al., 2019; Venskutonis & Kraujalis, 2013). 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, Capper, & Matty, 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 evalúa 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 0,03g, fueron transportados a la ciudad de Chone en bolsas plásticas aclimatadas para ser distribuidas en peceras. La alimentación se realizó en forma al voleo, con una frecuencia de seis veces al día cada cuatro horas por 28 días de estudio, cuya dosis fue calculada según su biomasa.

Adecuación de las Peceras

Se utilizaron 16 peceras con dimensiones de 20x20x25 cm. Se proporcionó aeración constante utilizando bombas de aire (SB-108 SOBO) de potencia de $1 \times 3 \text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ 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 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 2mm 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 debe conocer el valor nutricional proteico (

Tabla 1) que aporta 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 cinco 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 $180 \mu\text{m}$ (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: semilla secas de amaranto, carne, plumas, aceites de calamar y pescado, mucílago de calamar (atractante), vitamina C y mezcla de 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 materias primas.

Materias Primas	Proteína (%)	Energía (cal/kg)	Índice Mínimo (%)	Índice Máximo (%)	Costo \$ (kg)
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.

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 (%)						
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
Mucilago 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

Caracterización Nutricional y Microbiológica

Para verificar que el alimento balanceado sea 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).

Tabla 3. Métodos de ensayos para los análisis nutricionales y microbiológicos. Mín: mínimo; Máx: máximo.

Requisitos	Unidad	Postlarva		Método de ensayo
		Mín.	Máx.	
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

Fuente: (INEN, 1990)

Parámetros de Desempeño de Crecimiento

Se evaluaron las siguientes variables:

Supervivencia:

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

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):

$$EA = \frac{\text{peso ganado}}{\text{alimento ingerido}}$$

Tasa de eficiencia proteínica (TEP):

$$TEP = \frac{\text{peso ganado}}{\text{proteína consumida}}$$

Análisis Estadístico

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

Resultados

Calidad nutricional

El desarrollo de los camarones en la etapa de postlarva depende 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 cumplen con los parámetros físico-químicos para ser incorporados en la alimentación del camarón *Penaeus 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±0,063 ^a	32±0,065 ^b	32±0,022 ^b	31±0,067 ^c	0,003
Acidez	2±0,05 ^a	4±0,05 ^b	4±0,06 ^b	5±0,06 ^b	0,003
Cenizas	12±0,072 ^a	12±0,043 ^b	13±0,035 ^c	13±0,024 ^c	0,003
Fibra	3±0,037 ^a	4±0,026 ^b	4±0,013 ^b	4±0,029 ^c	0,000
Humedad	11±0,03 ^a	11±0,02 ^b	11±0,02 ^c	11±0,02 ^d	0,000

¹Las 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	Salmonella
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 *Penaeus 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 $25 \pm 0,00^\circ\text{C}$, el pH de $8,05 \pm 0,06$, salinidad de $4,09 \pm 0,01$ UPS, con oxigenación de $7,0 \pm 0,01$ 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	1,44±0,99	1,32±0,87	1,22±0,75	1,14±0,70	
PG ²	1,42±0,97	1,29±0,87	1,19±0,75	1,11±0,70	
S ³	90±4,08 ^a	86±8,54	79±8,54	77±10,41	0,151
TCE ⁴	53± 10,53	52±10,20	51±9,79	50±9,47	0,978
FCA ⁵	3,23 ± 1,59	3,53±1,72	3,80±1,94	4,08±2,11	0,599
EA ⁶	0,38 ± 0,21	0,36±0,21	0,34±0,20	0,32±0,20	0,642
TEP ⁷	1,10 ± 0,59	1,10±0,63	1,04±0,61	1,03± 0,64	0,715

¹Peso Final (g)

²Peso Ganado (g)

³Supervivencia (%)

⁴Tasa de crecimiento específico (%)

⁵Factor de conversión alimenticia

⁶Eficiencia Alimenticia

⁷Tasa de Eficiencia Proteica

Discusión

El Manual de Nutrición y Alimentación de Peces y Camarones Cultivados (FAO, 1989) indica 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 ($\geq 30\%$), 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 *Penaeus vannamei*, muestran potencial en los perfiles de nutrientes y el contenido de proteínas (Malcorps et al., 2019). Es posible reemplazar una parte de la harina de pescado, pero no convertirla en un ingrediente proteico alternativo (Ngugi, Oyoo-Okoth, Manyala, Fitzsimmons, & Kimotho, 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, Lucas, & Jover, 2013) hoja de amaranto (Ngugi et al., 2017) y harina de soja, harina de soja 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, es un parámetro de evaluación; encontrándose todas las dietas dentro del límite establecido (máx. 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 presenta un porcentaje ($11,84 \pm 0,072\%$) menor al establecido por la normativa ($\leq 13\%$). Niveles altos de fibra reducen la estabilidad, digestibilidad y eficiencia de las enzimas digestivas de los alimentos en el agua (Akiyama, Dominy, & Lawrence, 1992) al reducir la cantidad de fibra aumenta la disponibilidad de absorción del resto de nutrientes, HA15 es la formulación que presenta 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 cumplen con dicho requerimiento. Las dietas HA25 y HA30 presentaron valores de humedad ligeramente por encima de lo exigido por la norma INEN, pero siguen siendo aceptables. El resultado microbiológico respecto a la ausencia de Salmonella establece, que el alimento balanceado es 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 (77-90%) 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 (74-77%) independientemente de los niveles de sustitución, de igual manera, dietas formuladas con harina de soja (Fuertes et al., 2012) no tuvieron efectos significativos sobre la supervivencia (75,09%). El FCA no demostró diferencias significativas (4,08 -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 *Penaeus vannamei* pueden criarse sin afectar su rendimiento de crecimiento (Venero, 2006).

La tasa de crecimiento específico (TCE) en las cuatro formulaciones, se debe al porcentaje de proteína de amaranto, presencia de aminoácidos esenciales, ácido gamma linólico, pigmentos, fibra dietética además de cantidades variables de vitaminas (Karama'ckarama'c et al., 2019; Shukla & Singh, 2003). La presencia de factores antinutricionales como fitatos, oxalatos, saponinas y taninos incide en la disminución de EA y TEP; durante la ingesta del alimento balanceado, los compuestos antinutricionales permanecen unidos a ciertas proteínas, haciéndolas inaccesibles para las enzimas digestivas, reduciendo la digestibilidad de las proteínas e interfiriendo con su biodisponibilidad (Francis, Makkar, & Becker, 2001; Ngugi et al., 2017). Los valores de TEP fueron menores a dos (Tabla 6), lo que indica 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 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 *Penaeus 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.

Referencias bibliográficas:

- Akiyama, D. M., Dominy, W. G., & Lawrence, A. L. (1992). 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, *Litopenaeus vannamei*. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s41240-020-0148-x>
- 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., & Chen, L. (2015). Evaluation of different lipid sources in diet of pacific white shrimp *Litopenaeus 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*. Retrieved from <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. Retrieved October 23, 2020, from Fisheries and Aquaculture Department website: <http://www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture/en/>
- Fawole, F. J., Adeoye, A. A., Tihamiyu, L. O., Ajala, K. I., Obadara, S. O., & 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, 734849. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734849>
- Francis, G., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (2001, August 1). Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, Vol. 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)
- Francisco Bermudes-Lizárraga, J., Nieves-Soto, M., Medina-Jasso, A., Román-Reyes, J. C., Flores-Campaña, L. M., Ortega-Salas, A. A., & Piña-Valdez, P. (2017). *La salinidad y la temperatura son las variables más influyentes en el metabolismo, desarrollo y crecimiento de larvas*. 52, 2017. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572017000300016>
- Fuertes, J. B., Celada, J. D., Carral, J. M., Sáez-Royuela, M., & 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., & 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., & 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., & 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., & Chen, L. (2017, March 1). Physiological change and nutritional requirement of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at low salinity.

- Reviews in Aquaculture*, Vol. 9, pp. 57–75. Wiley-Blackwell.
<https://doi.org/10.1111/raq.12104>
- Liang, M., Wang, S., Wang, J., Chang, Q., & Mai, K. (2008). *Comparison of flavor components in shrimp Litopenaeus vannamei cultured in sea water and low salinity water*. <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., & 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., & 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., & 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., & 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., & Singh, S. P. (2003). Correlation and path analysis in grain amaranth (*Amaranthus* spp.). In *J. Genet* (Vol. 63). Retrieved from www.IndianJournals.com
- Soliman, N. F., Yacout, D. M. M., & 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., & 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

Autor	Contribución
¹ Luisa Ana Zambrano Mendoza	¹ Concepción y diseño, investigación, metodología, redacción y revisión del artículo.
² Adriana Lilibeth Párraga Vergara	² Concepción y diseño, investigación, metodología, redacción y revisión del artículo.
³ Vicky Yuliana PARRALES Chávez	³ Investigación, búsqueda de información, análisis e interpretación de datos y revisión del artículo.
⁴ Fátima Graciela Arteaga Chávez	⁴ Investigación, búsqueda de información, análisis e interpretación de datos y revisión del artículo.
⁵ Francisco Manuel Demera Lucas	⁵ Adquisición de datos, aplicación de Software estadístico, análisis e interpretación.
⁶ Carlos Julio Tubay Bermúdez	⁶ Adquisición de datos, aplicación de Software estadístico, análisis e interpretación.

Citación/como citar este artículo: Zambrano, L.A., Párraga, A.L., PARRALES, V.Y., ARTEAGA, F.G., DEMERA, F.M. y TUBAY, 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*, 25, 1-12. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v0i25.3165>