

Digestibilidad aparente de materia seca, proteína y carbohidratos de la dieta con ensilado biológico de harina de maíz en *Cryphiops (C.) caementarius*

Apparent digestibility of dry matter, protein and carbohydrate of the diet with biological corn meal silage in *Cryphiops (C.) caementarius*

Jean Baltodano Tapia

<https://orcid.org/0000-0002-1715-1839>
jeankbt@gmail.com

Erick Olivares Narcizo

<https://orcid.org/0000-0003-3145-7874>
bioacueson@gmail.com

Walter Reyes-Avalos*

<https://orcid.org/0000-0002-4277-9521>
wreyes@uns.edu.pe

*Corresponding author

Universidad Nacional del Santa, Laboratorio de Acuicultura Ornamental, Facultad de Ciencias, Avenida Universitaria, Urbanización Bellamar, Nuevo Chimbote, Ancash, Perú.

Citación

Baltodano Tapia J, Olivares Narcizo E, Reyes-Avalos W. 2022. Digestibilidad aparente de materia seca, proteína y carbohidratos de la dieta con ensilado biológico de harina de maíz en *Cryphiops (C.) caementarius*. Revista peruana de biología 29(2): e21144 001- 010 (Mayo 2022). doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v29i2.21144>

Presentado: 01/09/2021

Aceptado: 26/03/2022

Publicado online: 30/05/2022

Editor: Leonardo Romero

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar la digestibilidad aparente de la materia seca, proteína y carbohidratos de la dieta con ensilado biológico de harina de maíz en *Cryphiops (C.) caementarius*. Camarones adultos (4.50 a 7.20 cm de longitud total), se colectaron del río Pativilca (Lima, Perú) y en laboratorio se mantuvieron en recipientes individuales instalados dentro de seis acuarios (cuatro camarones por acuario). La dieta control fue sin ensilado y para la dieta experimental se reemplazó el 75% de la harina de maíz por el ensilado biológico de harina de maíz; ambas dietas tuvieron 1% de óxido crómico como marcador inerte. Los camarones fueron alimentados dos veces por día (40% a las 08:00 h y 60% a las 18:00 h) con el 6% del peso húmedo, durante 10 días. Para la colección de heces, los camarones fueron trasladados a un sistema de caja cribada (12 compartimentos) instalada dentro de un acuario. La digestibilidad aparente se determinó en base seca. Los camarones alimentados con la dieta con ensilado biológico de harina de maíz tuvieron altos coeficientes de digestibilidad aparente de carbohidratos (95.69%), proteína cruda (80.02%) y materia seca (76.19%), que aquellos alimentados con la dieta sin ensilado ($p < 0.05$) que fue de 93.48, 78.21 y 74.36%, respectivamente. Los camarones adultos digieren con eficiencia los carbohidratos de la dieta con ensilado biológico de harina de maíz, en vez de la proteína de dicha dieta.

Abstract

The aim of this study was to determine the apparent digestibility of dry matter, protein and carbohydrates of the diet with biological corn meal silage in *Cryphiops (C.) caementarius*. Adult prawn (4.50 to 7.20 cm total length) was collected from the Pativilca river (Lima, Peru) and in the laboratory each shrimp was kept in individual containers set up in six aquaria (four prawn per aquarium). The experimental diet was supplemented with corn meal biological silage and the control diet was without silage; both diets had 1% chromic oxide. Each diet had three replicates. Prawn was fed twice a day (40% at 08:00 h and 60% at 18:00 h) at 6% of wet weight for 10 days. For feces collection, the prawn was transferred to a system of sieved boxes (12 compartments) installed inside an aquarium. Apparent digestibility was determined on a dry basis. Prawn fed the diet with corn meal biological silage had higher apparent digestibility coefficient for carbohydrates (95.69%), crude protein (80.02%) and dry matter (76.19%) than those fed the diet without silage ($p < 0.05$), which was 93.48, 78.21 and 74.36%, respectively. The adult prawn digested efficiently the carbohydrates of the corn meal biological silage diet, instead of the protein of this diet.

Palabras clave:

Asimilación de nutrientes; bacterias ácido lácticas; camarón de río; hidrolizado de maíz; nutrición de crustáceos.

Keywords:

Nutrient assimilation; lactic acid bacteria; freshwater prawn; corn hydrolysate; crustacean nutrition.

Journal home page: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/index>

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Peruana de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>) que permite Compartir (copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato), Adaptar (remezclar, transformar y construir a partir del material) para cualquier propósito, incluso comercialmente.

Introducción

El camarón *Cryphiops (Cryphiops) caementarius* habita los ríos desde la costa norte de Perú hasta la costa central de Chile (Moscoso 2012). La extracción comercial se realiza principalmente en los ríos de Arequipa (Wasiw & Yépez 2015) alcanzando 1122 t en el 2019 (PRODUCE 2020). Esta especie es de consumo directo y por ello existe interés por su cultivo comercial.

En un cultivo comercial de camarones el alimento constituye hasta el 60% del costo operativo en la producción (Sarman et al. 2018); por ello, la evaluación de la digestibilidad de los nutrientes es el primer paso para determinar la eficacia de los ingredientes utilizados en la formulación de dietas (Ayisi et al. 2017). Los estudios nutricionales realizados en *C. (C.) caementarius* están referidos al empleo de levadura (Cabrera et al. 2019), lecitina (Acosta et al. 2018), ensilado de molusco (Terrones & Reyes 2018), sal común (Ramírez et al. 2018), zeolita (Senmache & Reyes 2020) y ensilado de maíz (Gallardo-Carril & Reyes-Avalos 2020), todas ellos como ingredientes empleados en dietas para el crecimiento de ejemplares adultos.

Los carbohidratos en la dieta de crustáceos marinos y de agua dulce tienen un efecto ahorrador de proteína, es uno de los principales componentes energéticos y de menor costo que las proteínas y lípidos; sin embargo, la ingesta excesiva ocasiona crecimiento lento, baja la inmunidad y eleva la mortalidad (Ayisi et al. 2017, Wang et al. 2016, Kong et al. 2019). Los ingredientes con alto contenido de almidón (87%) tienden a ser mejor digeridos por *Litopenaeus vannamei* que los que contienen altas cantidades de fibra (Yang et al. 2009) y la digestibilidad aparente de la proteína es influenciada por el almidón y celulosa en la dieta; aunque, el aumento de los niveles de celulosa en la dieta provoca bajo requerimiento de proteína, sin afectar las funciones vitales ni el crecimiento (Velurtas et al. 2011).

El maíz contiene 76% de carbohidratos y 7% de proteína (Gwirtz y Garcia-Casal 2014). El uso de ensilado de maíz como insumo en la dieta de postlarvas de *Macrobrachium rosenbergii* mejora el crecimiento en peso y mantiene alta supervivencia debida, tanto al aumento de proteína, como a la alta digestibilidad y palatabilidad de las dietas, lo cual proporciona al organismo suficiente energía y nutrientes (Coelho-Emerenciano & Massamitu-Furuya 2006). El ensilado mejora el proceso digestivo, la asimilación y el crecimiento como lo observado en postlarvas de *M. inca* (Dávila et al. 2013), *Cherax cainii* (Foyal et al. 2020), entre otros. Además, las bacterias ácido lácticas que contienen los ensilados fermentan la melaza (Vidra et al. 2017) y producen sustancias antimicrobianas que reducen la presencia de bacterias patógenas (Vieco-Saiz et al. 2019) con lo que mejora la salud de los animales.

El ensilado biológico de maíz en la dieta de camarones adultos de *C. (C.) caementarius* constituye una fuente de energía que ahorra proteína y maximiza el crecimiento (Gallardo-Carril & Reyes-Avalos 2020). Sin embargo,

no se conoce si estos son debido a la digestibilidad del ensilado de maíz o a factores nutricionales de otros insumos. Se ha observado que los juveniles *C. (C.) caementarius* poseen alta digestibilidad aparente de la proteína usando ensilado de residuos de moluscos, y menor digestibilidad con los residuos de aves (Rubio 2010), mas no se conoce la digestibilidad de carbohidratos.

Cryphiops (C.) caementarius es omnívoro y utiliza diversos alimentos, como los restos de vegetales y de animales (Bahamonde & Vila 1971), y que varían según el hábitat. Los camarones de los ríos Pativilca y Majes-Camaná, se alimentan de detritus, microalgas y restos vegetales; además, también de larvas de insectos, restos de invertebrados (insectos adultos, moluscos y camarón), semillas y esporas, entre otros (Viacava et al. 1978). Sin embargo, tanto postlarvas como adultos de *C. (C.) caementarius* aceptan alimento balanceado constituido por insumos de origen animal como harina de pescado, así como de origen vegetal como harinas de soya, de trigo, de maíz, entre otros (Reyes-Avalos 2016, Terrones & Reyes 2018). Los estudios de digestibilidad de ingredientes alimenticios son necesarios para desarrollar la formulación de alimentos balanceados para el camarón con ingredientes amigables con el medio ambiente (Terrazas et al. 2010). Por consiguiente, el objetivo fue determinar la digestibilidad aparente de la materia seca, proteína y carbohidratos de la dieta suplementada con ensilado biológico de harina de maíz en *C. (C.) caementarius*.

Material y métodos

Los camarones. Los camarones fueron capturados del río Pativilca (10°39'48" S, 77°39'20" W) (Lima, Perú) y transportados durante 4 h en el sistema diseñado previamente para evitar canibalismo (Reyes-Avalos 2016). El reconocimiento de la especie fue realizado con clave taxonómica (Méndez 1981) y según clasificación reciente (De Grave & Franssen 2011) corresponde a *Cryphiops (Cryphiops) caementarius*. El sexo del camarón macho adulto fue verificado por la presencia de un poro genital en cada coxa del quinto par de periópodos (Reyes et al. 2017). Luego, se aclimataron por cinco días y fueron alimentados con la dieta sin ensilado (28% proteína cruda).

Ensilado de maíz. El grano entero seco de maíz amarillo (*Zea mays*) fue ensilado según el procedimiento de Gallardo-Carril y Reyes-Avalos (2020). El maíz de grano entero se adquirió del mercado de abastos El Progreso (Chimbote, Perú). La melaza de caña de azúcar de 76 °Brix procedió de la Empresa Agroindustria San Jacinto S.A.C. (Nepeña, Ancash, Perú). Las bacterias lácticas fueron aquellas que se comercializan liofilizadas Lyofast Y 456 B-1UC (*Lactobacillus delbrueckii* y *Streptococcus thermophilus*).

Dietas. La dieta sin ensilado (control) fue la formulada por Reyes-Avalos (2016) pero se tuvo en cuenta las mejoras realizadas en investigaciones posteriores (Ramírez et al. 2018, Acosta et al. 2018, Senmache & Reyes 2020), además fue suplementada con 3% de *Saccharomyces cerevisiae* comercial (Cornejo et al. 2015). En la dieta con ensilado (experimental) se reemplazó el

75% de la harina de maíz por el ensilado biológico de harina de maíz (Tabla 1), de acuerdo con Gallardo-Carril y Reyes-Avalos (2020). En ambas dietas, se utilizó óxido crómico (Cr_2O_3) como marcador inerte para el cálculo de la digestibilidad. Los pellets (2.7 mm de diámetro x 3.5 mm de largo) se obtuvieron en prensa casera, luego fueron secados (40 °C por 24 h) y almacenados en bolsas de plástico con cierre hermético.

Tabla 1. Composición porcentual de la dieta con y sin ensilado biológico de maíz para *Cryphiops (Cryphiops) caementarius*.

Ingredientes	Dieta sin ensilado	Dieta con ensilado
Harina de pescado	30	30
Harina de soya	19.8	19.8
Harina de maíz	16.7	4.18
Ensilado de maíz	0	12.52
Aceite de pescado	1.8	1.8
Aceite de soya	0.5	0.5
Aceite de maíz	0.5	0.5
Lecitina de soya	0.6	0.6
Polvillo de arroz	20	20
Melaza	2.8	2.8
Zeolita	3	3
Óxido crómico	1	1
Sal común	3	3
Complexvit ¹	0.3	0.3

¹ comprende (kg-1): Vitaminas A 8 g; E 7 g; B1 8 g; B2 16 g; B6 11.6 g; B12 0.02 g; C 5 g; D3 5 g; K3 1 g; Nicotinamida 10 g; Niacina 6 g; Biotina 0.3 g; DL Metionina 20 g; Pantotenato de calcio 47 g; Cloruro de sodio 2.7 g; Cloruro de potasio 34 g; Sulfato de magnesio 7 g; Maca 5 g; y Excipientes 1000 g.

Mantenimiento y alimentación. Después del periodo de aclimatación, los camarones fueron trasladados a un sistema de mantenimiento individual (Reyes-Avalos 2016) que consistió en seis acuarios de vidrio (60 x 31 x 35 cm, 0.186 m² y 55 L) cada uno con cuatro recipientes de plástico transparente (19 cm de diámetro y 284 cm²) que se dispusieron en dos grupos de dos niveles (Figura 1A). Los acuarios tuvieron aireación constante (1.5 L min⁻¹) mediante dos difusores para circulación y oxigenación del agua. En cada recipiente se sembró un camarón, lo que permitió mantener 12 individuos con la dieta con ensilado y 12 con la dieta sin ensilado. El tamaño (4.50 a 7.20 cm de longitud total) de los camarones fue medido con vernier (± 0.01 mm). Los camarones tuvieron apéndices cefalotorácicos completos y fueron seleccionados al azar de un lote de 50 ejemplares. La distribución de los camarones por tamaños fue similar entre tratamientos ($p > 0.05$). En estas condiciones los camarones fueron alimentados con las dietas (con y sin ensilado) dos veces por día (40% a las 08:00 h y 60% a las 18:00 h) con el 6% del peso húmedo y durante 20 días antes de iniciar con la recolección de las heces. El comportamiento alimentario de los camarones fue observado a través de los recipientes de plástico transparente.

Colección de heces del camarón. El sistema de colección de heces del camarón (Fig. 1B) consistió en dos acuarios (60 x 31 x 35 cm), dentro de cada uno se introdujo una caja de plástico sin tapa (54 x 30 x 24 cm) y sobre ella una caja de plástico cribada (54 x 30 x 8 cm) con 12 divisiones (9 x 15 x 8 cm) que constituyó la zona donde se albergaron a los camarones. Sobre la caja cribada se colocó una lámina de poliestireno expandido (1/2" de espesor) para evitar el escape de los animales al momento de sumergirlo en el agua. La aireación del agua fue constante (1.5 L min⁻¹).



Figura 1. A) Sistema de mantenimiento individual de camarones *Cryphiops (Cryphiops) caementarius*. B) Sistema de colección de las heces de los camarones.

En el sistema de mantenimiento, los camarones fueron alimentados de 08:00 a 09:00 h, luego fueron trasladados al sistema de colección de heces donde permanecieron hasta las 18:00 h y retornados al sistema de mantenimiento para ser alimentados nuevamente hasta las 19:00 h para luego ser colocados en el sistema de colección de heces hasta el día siguiente. Este ciclo de alimentación y colección de heces fue repetido durante

10 días continuos. Las hebras de heces de los camarones fueron colectadas antes de cada alimentación, mediante succión con sifón (5 mm \varnothing), filtradas con malla Nylal (100 μm) y secadas en estufa (60 °C por 24 h), luego pesadas en balanza analítica digital AG 221LX (± 0.001 g) y almacenadas en un frasco de vidrio recubierto con papel de aluminio para ser conservados a -17 °C por 24 h para análisis posterior.

Análisis físico-organoléptico y químico de dietas.

El análisis químico de las dietas se realizó en el Laboratorio Certificado COLECBI que consistió en determinar proteína cruda según el método UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 dic.2006 con factor de 6.25; lípidos totales según UNE 64021-1970; fibra con NMX-F-090-1978, cenizas con UNE 64019-1971; y los carbohidratos se calcularon por diferencia: $100 - (\% \text{ proteína} + \% \text{ grasas} + \% \text{ fibra} + \% \text{ ceniza})$. El contenido de humedad se determinó según (AOAC 1990). El pH del ensilado fue registrado con pH metro digital (± 0.01) según Betancourt et al. (2014). La hidroestabilidad de los pellets se determinó según Zettl et al. (2019). Las características organolépticas de aroma, color y sabor de las dietas se determinaron según Gallardo-Carril y Reyes-Avalos (2020).

Análisis químico de heces. La proteína cruda de las heces de camarón se determinó por el método Kjeldahl-nitrógeno y para el contenido del óxido crómico (Cr_2O_3) y de carbohidratos en heces se empleó el espectrofotómetro Jenway 6105 UV Vis® a 350 nm. Las heces de cada individuo por tratamiento, recolectadas durante 10 días, se juntaron para los análisis.

Estimación de la digestibilidad. El coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) para la materia seca y los nutrientes (proteína y carbohidratos) de las dietas fue calculado con las fórmulas de Tsai et al. (2019):

$$CDA \text{ de la materia seca (\%)} = 100 - 100 \times (\%CrD/\%CrH)$$

$$CDA \text{ del nutriente (\%)} = 100 - 100 \times (\%CrD/\%CrH) \times (\%ND/\%NH)$$

Donde, CrD es el Cr_2O_3 en dieta, CrH es el Cr_2O_3 en heces, ND es el nutriente en dieta, NH es el nutriente en heces (ver Apéndice 1).

Calidad de agua. El agua del sistema de cultivo donde se mantuvieron a los camarones fue renovada (25%) tres veces por semana y se realizó limpieza de los restos de alimento y de los desechos sólidos de excreción. La calidad de agua se evaluó semanalmente y se registró oxígeno disuelto y temperatura con Oxímetro digital Sension8® ($\pm 0.01 \text{ mg L}^{-1}$; $\pm 0.01^\circ\text{C}$) y pH con pH metro digital 110® (± 0.01 unidades). El amonio total (mg L^{-1}) y los nitritos (mg L^{-1}) se determinaron con Kit Sera aquatest box ($\pm 0.1 \text{ mg L}^{-1}$).

Análisis de datos. La distribución normal de los datos se analizó con la prueba de Shapiro-Wilk. Se utilizó la prueba de t de Student ($p < 0.05$) para el análisis de las diferencias entre las medias de la hidroestabilidad de los pellets, de la producción de heces y de los CDA de las dietas, así como de los parámetros de calidad del agua. El procesamiento estadístico de los datos se realizó con el programa estadístico SPSS versión 25 para Windows.

Resultados

Composición de las dietas. La dieta con ensilado, en comparación con la dieta sin ensilado (Tabla 2), tuvo similar contenido de proteína y de energía bruta, pero los lípidos totales, las cenizas y la fibra disminuyeron. En cambio, los carbohidratos y la proporción de carbohidratos/lípidos incrementaron. La hidroestabilidad de los pellets de la dieta con ensilado fue mayor ($p < 0.05$) que aquellas sin ensilado. Además, las características organolépticas fueron similares entre dietas, excepto el sabor, pero los camarones aceptaron las dietas.

Tabla 2. Estudio de digestibilidad aparente en *Cryphiops (Cryphiops) caementarius*. Composición química proximal y características físicas y organolépticas del ensilado de maíz y de dietas con y sin ensilado de maíz.

	Ensilado de maíz ¹	Dieta sin ensilado	Dieta con ensilado
Composición proximal (%)			
Proteína cruda	8.57	28.6	29.04
Lípidos totales	16.49	18.52	14.13
Carbohidratos	71.24	37.78	46.69
Carbohidratos/Lípidos	4.32	2.04	3.3
Fibra	1.45	1.14	0.56
Cenizas	2.25	13.96	9.58
Materia seca	84.02	80.7	91.93
Energía bruta (kcal kg ⁻¹) ²	5041.72	4943.73	4923.61
Proteína cruda/Energía bruta		0.06	0.06
Hidroestabilidad de pellets (%)		90.80 \pm 0.70a	93.12 \pm 0.30b
Características organolépticas			
Aroma	A melaza	A pescado	A pescado
Color	Amarillento	Marrón	Marrón claro
Sabor	Ácido-amargo	Salado/A pescado	Ligeramente salado

¹ Datos proporcionado por Gallardo-Carril y Reyes-Avalos (2020). ² La energía bruta fue calculada de acuerdo a los factores de conversión sugeridos por Anh et al. (2009) de 5.56 para proteína, 9.54 para lípidos y 4.20 para carbohidratos. Datos con letras diferentes en superíndice en una misma fila indica diferencia significativa ($p < 0.05$).

Producción de heces del camarón. Las hebras de heces húmedas del camarón (2 a 5 cm de longitud) permanecieron entre 9 a 13 h en el fondo de los acuarios de recolección de heces y no hubo disgregación ni contaminación. La producción de heces (deshidratadas) de camarón obtenidas durante el periodo experimental fue de 12.83 y 13.25 mg día⁻¹ camarón⁻¹ en aquellos alimentados con la dieta con y sin ensilado, respectivamente, pero fueron similares ($p > 0.05$) entre tratamientos. Además, con el sistema de recolección de heces, solo se necesitó de 10 días para obtener la cantidad necesaria de muestras deshidratadas (≥ 1.5 g) para los análisis respectivos.

Digestibilidad aparente. El CDA de proteína y carbohidratos de la dieta con ensilado fue mayor ($p < 0.05$) que la dieta sin ensilado, lo mismo sucedió con el CDA de la materia seca. Además, el CDA de los carbohidratos fue mayor que el de proteína en ambas dietas (Tabla 3).

Tabla 3. Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) para materia seca, proteína cruda y carbohidratos de dietas con y sin ensilado de maíz en *Cryphiops (Cryphiops) caementarius*.

CDA (%)	Dieta sin ensilado	Dietas con ensilado
n	12	12
Materia seca	74.36 \pm 0.01 ^a	76.19 \pm 0.01 ^b
Proteína cruda	78.21 \pm 0.01 ^a	80.02 \pm 0.01 ^b
Carbohidratos	93.48 \pm 0.01 ^a	95.69 \pm 0.01 ^b

Datos con letras diferentes en superíndices en una misma fila indica diferencia significativa ($p < 0.05$)

Comportamiento alimentario. Los camarones de ambos tratamientos fueron atraídos por los gránulos de alimento colocados en el recipiente de cultivo individual. Ellos sujetaban cada gránulo con el primer par de periópodos y con ayuda de los apéndices bucales lo rasgaron lentamente con las mandíbulas, produciendo el desprendimiento de partículas de alimento, pero esto no fue cuantificado para evitar estresar a los camarones. Después de consumir un gránulo de alimento, el camarón buscaba otro y realizaba el proceso descrito anteriormente. Los gránulos y partículas de alimento sobrantes fueron dispersados por el movimiento del camarón y en algunos casos no fueron consumidos. No se evaluó el estado de muda de los camarones para no alterar su comportamiento alimenticio.

Calidad del agua. La calidad del agua de mantenimiento de los camarones en el sistema de cultivo no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos. La temperatura varió entre 24.5 a 25.7 °C, el oxígeno disuelto fue de 6.2 mg L⁻¹, el pH de 8.2, y el amonio y los nitritos fueron de 0.03 mg L⁻¹.

Discusión

Nuestros resultados demuestran que ensilar harina de maíz y utilizarlo como ingrediente en la dieta, ocasiona que la proteína, los carbohidratos y la materia seca sean más asimilables por *C. (C.) caementarius*. Esto sig-

nificaría que las bacterias ácido-lácticas del ensilado contribuyeron con incrementar la asimilación de los nutrientes dentro del intestino del camarón. De acuerdo con Jumars (2000), la fermentación microbiana en el intestino posterior actúa para recuperar una serie de componentes que de otro modo se perderían para el animal como el material hidrolizado, pero no absorbido; el uso del nitrógeno en las células absorptivas ablacionadas o de enzimas digestivas endógenas; así como los carbohidratos que se utiliza en la lubricación de la mucosa digestiva; y otras sustancias químicas impermeables a las enzimas del animal pero susceptibles al ataque bacteriano.

Además, se ha encontrado en *C. cainii* que el uso de subproductos avícolas fermentados con *L. casei* y *S. cerevisiae* incrementan el número de microvellosidades por pliegue intestinal, los que son responsables de la absorción y utilización de nutrientes (Siddik et al. 2020), de igual manera sucede con la adición de *L. acidophilus* y *L. plantarum* en la dieta *C. cainii* (Foyal et al. 2020). De acuerdo con lo anterior, en nuestra investigación es probable que las bacterias ácido-lácticas del ensilado de maíz, y la presencia de *S. cerevisiae* de la dieta hayan contribuido con el incremento de las microvellosidades intestinales de *C. (C.) caementarius*, y por consiguiente con la superficie de absorción de nutrientes, como ha sido sugerido en *C. cainii* (Saputra et al. 2019). Además, las bacterias del ensilado de maíz y de la levadura de la dieta también podrían haber actuado en la asimilación de los nutrientes, pues el intestino del camarón es recto y corto, y aunque el tiempo de evacuación gástrica no se conoce en la especie, es probable que sea similar al de otros crustáceos. En *C. quadricarinatus* el tiempo de evacuación gástrica es de 30 min (Loya-Javellana et al. 1995), en *M. borellii* es de 1 a 6 h que depende el tipo de alimento (Carvalho et al. 2011). Es conveniente estudiar el tiempo de evacuación gástrica de *C. (C.) caementarius* en diferentes estados ontogenéticos, y establecer la frecuencia y cantidad de alimento a emplear en un sistema de cultivo.

El mantenimiento del contenido de proteína en las dietas con y sin ensilado (29.04 y 28.60%, respectivamente) indica que la proteólisis de la cubierta de los gránulos de almidón fue muy reducida durante la mezcla con el ensilado, como han sugerido previamente Gallardo-Carril y Reyes-Avalos (2020) y porque el maíz contiene bajo contenido de proteína (7%) (Gwirtz & Garcia-Casal 2014). Además, las bacterias ácido-lácticas que son los principales determinantes de la degradación de la matriz proteica alrededor de los gránulos de almidón (Junges et al. 2017) no podrían ocasionar una variación importante del contenido de proteína, ni contribuir con la proteólisis de los otros insumos de la dieta, pues se conoce que los *Lactobacillus* ocasionan reducida proteólisis durante el ensilado de maíz (Santos et al. 2013).

En *L. vannamei*, el CDA de la proteína (~84%) no cambia con el incremento del almidón de maíz (10 a 35%) en la dieta debido al balance adecuado de proteína, lípidos y carbohidratos, con el que provocan una utilización preferente de proteína (Guo et al. 2006). En *M. idae* el CDA para la proteína del maíz es de 77.3% (Sundaravadivel &

Sethuramalingam 2017). En *C. (C.) caementarius* el CDA para la proteína incrementó ($p < 0.05$) de 78.20% con la dieta sin ensilado hasta 80.01% con la dieta con ensilado. Esto sugiere que las bacterias ácido-lácticas del ensilado contribuyeron con mantener condiciones adecuadas dentro del intestino del camarón, lo que debe haber permitido incrementar la asimilación de la proteína de la dieta experimental. En *C. cainii*, la suplementación de *L. acidophilus* y *L. plantarum* en la dieta promueven significativamente la salud del intestino y hepatopáncreas, y produce un aumento de bacterias beneficiosas para la digestión, absorción y utilización de nutrientes con el cual se mejora la salud y el estado inmunológico (Foysal et al. 2020). De igual manera sucede con la soya fermentada con *B. subtilis* que incrementa la diversidad bacteriana, la riqueza de especies, la uniformidad en el intestino y disminuyen los patógenos potencialmente dañinos como *Vibrio* y *Flavobacterium* en el intestino de *L. vannamei* (Cheng et al. 2019).

En el camarón *C. (C.) caementarius*, el CDA de los carbohidratos de la dieta con ensilado (95.69%) fue mayor ($p < 0.05$) que la dieta sin ensilado (93.48%), lo que indica que la hidrólisis del maíz durante el proceso del ensilado contribuyó con incrementar la digestibilidad de los carbohidratos. En *Jasus edwardsii*, la hidrólisis del maíz, es decir la gelatinización y la formación de dextrina, tienen un efecto positivo sobre la digestibilidad del almidón (Simon 2009). Además, como el CDA de los carbohidratos de la dieta con ensilado fue mayor que el CDA de la proteína, significa que *C. (C.) caementarius* digiere con mayor eficiencia los carbohidratos de la dieta principalmente cuando se emplea como ensilado, probablemente porque la degradación de la matriz proteica de los gránulos de maíz mejora la digestibilidad del almidón como ha sido sugerido (Junges et al. 2017). Aunque, en *C. (C.) caementarius* el CDA de los carbohidratos de la dieta sin ensilado fue mayor que en *M. idea*, cuyo CDA para carbohidratos del maíz fue de 76.9% (Sundaravadivel & Sethuramalingam 2017), es evidencia de que *C. (C.) caementarius* utiliza con mayor eficiencia el almidón de maíz y también explicaría los resultados del mayor desempeño productivo del camarón cuando se alimenta con dietas con ensilado biológico de harina de maíz (Gallardo-Carril & Reyes-Avalos 2020).

La CDA de la materia seca representa una buena estimación del grado en que un ingrediente es digerido y absorbido por el tracto digestivo (Siccardi III et al. 2006). En *C. (C.) caementarius* el CDA de la materia seca de la dieta con ensilado de maíz (76.19%) fue mayor ($p < 0.05$) que la dieta sin ensilado (74.36%), pero la disminución de la fibra y cenizas en la dieta con ensilado sugiere la acción de las bacterias del ensilado hacen altamente digeribles a los nutrientes de la dieta, como sucede en *C. cainii* (Foysal et al. 2020). La disminución abrupta de fibra en la dieta con ensilado debe haber contribuido con el ligero incremento de la proteína en dicha dieta como ha sido sugerido por Terrazas et al. (2010) quienes consideran que la reducción del contenido de fibra cruda resulta en una mayor concentración de proteína en la dieta. Por el contrario, el incremento de la fibra dietética reduce la in-

teracción entre las enzimas y los sustratos, reduciendo las tasas de absorción (Velurtas et al. 2011). En *L. vannamei*, la CDA de materia seca aumenta de 49 a 69% con el aumento en el contenido de almidón de maíz en la dieta y con la correspondiente disminución en el contenido de fibra dietética (Guo et al. 2006).

Las características organolépticas de las dietas fueron similares, excepto que la dieta con ensilado no tuvo sabor a pescado. Sin embargo, ambas dietas ocasionaron una respuesta alimentaria positiva en *C. (C.) caementarius*, lo que significa que el ensilado de maíz no afectó la aceptación de la dieta. La atractabilidad de una dieta se relaciona con el olor y el sabor que provienen principalmente de los insumos de origen marino como la harina de pescado, debido a su composición química (Suresh et al. 2011), esto ocasiona que los animales lo detecten rápidamente y lo consuman con avidez. Sin embargo, es probable que ciertos productos secundarios que podrían producirse durante el proceso del ensilado de maíz contribuyeron con mantener la atractabilidad de la dieta. Recientemente se ha informado que la impregnación de los pellets de una dieta con jugo de caña de azúcar estimula la alimentación en *Scylla tranquebarica*, lo cual está asociada al consumo de detritus por el animal (Liew et al. 2020). De acuerdo con esta investigación, es probable que el ensilado biológico de la harina de maíz en la dieta tenga características químicas similares a los detritus o que se produzcan otros componentes químicos que no ocasionaron pérdida de su atractabilidad, pues el camarón *C. (C.) caementarius* es omnívoro y por ello incluyen en su dieta a los detritus (Viacava et al. 1978).

Por otro lado, los gránulos de alimento no fueron consumidos en su totalidad debido al comportamiento alimentario de *C. (C.) caementarius* que, aunque esto no fue cuantificado, es necesario conocer las pérdidas que se producen durante el proceso de disgregación del alimento por parte del camarón, que podría afectar la medición de la digestibilidad de las dietas y de la conversión alimenticia. Similar comportamiento alimentario tiene *M. rosenbergii*, donde los apéndices permiten al animal acercarse a la comida a la boca y con las mandíbulas lo fragmentan en trozos más pequeños y ocasionan pérdidas (Sarman et al. 2018). Sin embargo, este comportamiento alimentario del camarón parece no haber afectado los resultados de la investigación por los datos obtenidos; además, los camarones adultos alimentados con las dietas con y sin ensilado produjeron heces en similares proporciones (12.83 y 13.25 $\text{mg}^{-1} \text{día}^{-1} \text{ camarón}^{-1}$, respectivamente), aunque menor cantidad de heces se obtuvo con la dieta con ensilado, lo que sugiere mayor asimilación de nutrientes. Los juveniles de *C. (C.) caementarius* producen mayor cantidad de heces cuando se alimentan con ensilado de residuos de molusco y de vísceras de aves (18.6 y 21.6 $\text{mg}^{-1} \text{día}^{-1} \text{ camarón}^{-1}$, respectivamente) (Rubio 2010). Es conveniente investigar la producción de heces de los camarones en función del tipo de alimento y del estado ontogénico.

La separación del sistema de alimentación de los camarones con el de colección de heces de los mismos ca-

marones fue experimentado por primera vez, donde se evitó la contaminación de las heces con los restos de las dietas y con ello se mantuvo la calidad del agua en condiciones similares al del hábitat natural de la especie (Wasiw & Yépez 2015). Además, este sistema permitió coleccionar muestras de heces de 12 camarones a la vez por cada periodo de alimentación sin mayor manipulación de los animales. Esto significa que dicho sistema de alimentación y colección fue versátil y eficiente para manejar camarones pequeños como *C. (C.) caementarius*. Jones y De Silva (1997), emplearon un sistema de cajas individuales para albergar, alimentar y coleccionar heces de *C. destructor*, pero el tener que invertir y lavar las cajas donde se albergó a cada camarón complicó el trabajo. Irvin y Tabrett (2005), emplearon un pequeño balón de látex que fue pegado en el poro anal de la langosta *Panulirus ornatus*, pero las hebras fecales se desintegraron dentro de dicho balón cuando los animales fueron manipulados lo que ocasionó pérdida de los nutrientes de las heces.

Además, en los estudios de digestibilidad, Smith y Tabrett (2004) recomendaron que las heces de *P. monodon* deben coleccionarse dentro de las 12 h siguientes a la alimentación. En la investigación, el tiempo transcurrido (9 a 13 h) entre una alimentación y otra antes de la colección de las heces de *C. (C.) caementarius* podría haber deteriorado los nutrientes por el proceso de lixiviación y alterar la digestibilidad; pero, no hubo disgregación de las hebras de heces en el fondo del recipiente colector, aunque es conveniente acortar el tiempo de colección de heces en futuras investigaciones. Sin embargo, la alta hidroestabilidad (93%) de los pellets de la dieta con ensilado de harina de maíz en relación con aquella sin ensilado (90%) y la alta digestibilidad de la materia seca y de los nutrientes, sugieren que el tiempo entre cada colección de heces del camarón en el sistema no ocasionó la degradación o pérdida de los nutrientes de las heces o esta fue mínima. Estos resultados, están de acuerdo con Fagbenro y Jauncey (1995) quienes determinaron que los gránulos de la dieta con ensilado de pescado fermentado poseen alta estabilidad física (88%), es eficaz para la retención de nutrientes y evita pérdidas de proteína por lixiviación. Asimismo, la melaza de caña que fue utilizada como sustrato durante el proceso de ensilado, es un excelente ligante que aumenta la resistencia de los pellets (Radwan & El Shal 2012). Al mismo tiempo, el incremento de los carbohidratos en la dieta con ensilado también sugiere que contribuyeron con dar mayor estabilidad a los pellets, como ha sido referido previamente en la misma especie de camarón (Gallardo-Carril & Reyes-Avalos 2020) y en *Procambarus clarkii* (Xiao et al. 2014), debido al poder de hinchamiento, viscosidad y capacidad de gelatinización que poseen los gránulos de almidón (Cornejo-Ramírez et al. 2018) y es probable que se mejoren con el proceso de ensilado.

Los resultados de la investigación evidencian que los ejemplares adultos de *C. (C.) caementarius* digieren con mayor eficiencia los carbohidratos del ensilado de maíz

en vez de la proteína, pero es conveniente estudiar lo que sucede en otros estados ontogenéticos. En *M. rosenbergii*, tanto juveniles como adultos utilizan carbohidratos como fuente de energía cuya cantidad en la dieta depende de su capacidad digestiva (D'Abramo & New 2010), en cambio, en *M. amazonicum*, los adultos tienen otros requerimientos nutricionales para crecimiento y como fuente de energía, que los estados juveniles (Augusto & Valenti 2016).

Literatura citada

- Acosta A, Quiñones D, Reyes W. 2018. Effect of diets with soy lecithin on the growth, molting and survival of males of the river shrimp *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae). *Sci Agropecu.* 9(1):143-151. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.15>
- Anh NTN, Hien TTT, Mathieu W, Hoa NV, Sorgeloos P. 2009. Effect of fishmeal replacement with *Artemia* biomass as a protein source in practical diets for the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquac Res.* 40(6):669-680. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02143.x>
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Helrich K, editor. Arlington, Virginia, USA.
- Augusto A, Valenti WC. 2016. Are there any physiological differences between the male morphotypes of the freshwater shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Caridea: Palaemonidae)? *J Crustac Biol.* 36(5):716-723. <https://doi.org/10.1163/1937240X-00002467>
- Ayisi CL, Hua X, Apraku A, Afriyie G, Kyei BA. 2017. Recent studies toward the development of practical diets for shrimp and their nutritional requirements. *HAYATI J Biosci.* 24:109-117. <https://doi.org/10.1016/j.hjb.2017.09.004>
- Bahamonde N, Vila I. 1971. Sinopsis sobre la biología del camarón de río del norte. *Biol Pesq.* 5:3-60.
- Betancourt S, Ayala A, Ramírez C. 2014. Efecto del proceso de fermentación con bacterias ácido lácticas sobre propiedades reológicas de masas de maíz QPM. *Rev UDCA Actual Divulg Científica.* 17(2):503-511.
- Cabrera E, Marcelo Z, Reyes W, Azañero C. 2019. Effect of diets with high concentration of *Saccharomyces cerevisiae* on the proliferation of hemocytes in male shrimp *Cryphiops caementarius*. *Rev Investig Vet del Perú.* 30(3):1057-1067. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i3.16733>
- Carvalho DA, Collins PA, De Bonis CJ. 2011. Gut evacuation time of *Macrobrachium borelli* (Caridea: Palaemonidae) feeding on three types of prey from the littoral-benthic community. *J Crustac Biol.* 31(4):630-634. <https://doi.org/10.1651/10-3446.1>
- Cheng AC, Yeh SP, Hu SY, Lin HL, Liu CH. 2019. Intestinal microbiota of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, fed diets containing *Bacillus subtilis* E20-fermented soybean meal (FSBM) or an antimicrobial peptide derived from *B. subtilis* E20-FSBM. *Aquac Res.* 51(1):41-50. <https://doi.org/10.1111/are.14345>
- Coelho-Emerenciano MG, Massamitu-Furuya W. 2006. Ensilado de maíz en dietas para postlarva de camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii*. *Investig Mar.* 34(2):57-61. <https://dx.doi.org/10.4067/s0717-71782006000200006>

- Cornejo-Ramírez YI, Martínez-Cruz O, Del Toro-Sánchez CL, Wong-Corral FJ, Borboa-Flores J, Cinco-Moroyoqui FJ. 2018. The structural characteristics of starches and their functional properties. *CYTA - J Food*. 16(1):1003–1017. <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1518343>
- Cornejo J, Pérez L, Reyes W. 2015. Efecto de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la dieta de machos del camarón *Cryphiops caementarius* (Crustacea, Palaemonidae) sobre la cuenta total y diferencial de hemocitos. *Rev Bio Ciencias*. 3(3):173–186. <https://doi.org/10.15741/revbio.03.03.04>
- D'Abramo LR, New MB. 2010. Nutrition, feeds and feeding. In: New MB, Valenti WC, Tidwell JH, D'Abramo LR, Kuttu MN, editors. *Freshwater Prawns. Biology and Farming*. Wiley-Blackwell Publishing Ltd. p. 218–238
- Dávila E, Medina J, Reyes W. 2013. Crecimiento y supervivencia de postlarvas de *Macrobrachium inca* (Holthuis, 1950) (Crustacea, Palaemonidae) alimentadas con ensilado biológico. *Intropica*. 8(1):79–86.
- Fagbenro O, Jauncey K. 1995. Water stability, nutrient leaching and nutritional properties of moist fermented fish silage diets. *Aquac Eng*. 14(2):143–153. [https://doi.org/10.1016/0144-8609\(94\)P4432-B](https://doi.org/10.1016/0144-8609(94)P4432-B)
- Foysal MJ, Fotedar R, Siddik MAB, Tay A. 2020. *Lactobacillus acidophilus* and *L. plantarum* improve health status, modulate gut microbiota and innate immune response of marron (*Cherax cainii*). *Sci Rep*. 10(1):1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62655-y>
- Gallardo-Carril J, Reyes-Avalos WE. 2020. Diets with biological silage of cornmeal improve the productive performance of river shrimp *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae). *Sci Agropecu*. 11(3):409–417. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.13>
- De Grave S, Fransen CHJ. 2011. Carideorum catalogus: The recent species of the Dendrobranchiate, Stenopodidean, Procarididean and Caridean Shrimps (Crustacea: Decapoda). *Zool Meded Leiden*. 85(9):30.ix.2011: 195–589. <https://decapoda.nhm.org/pdfs/32283/32283-001.pdf>
- Guo R, Liu YJ, Tian LX, Huang JW. 2006. Effect of dietary cornstarch levels on growth performance, digestibility and microscopic structure in the white shrimp, *Litopenaeus vannamei* reared in brackish water. *Aquac Nutr*. 12(1):83–88. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2006.00384.x>
- Gwartz JA, Garcia-Casal MN. 2014. Processing maize flour and corn meal food products. *Ann N Y Acad Sci*. 1312(1):66–75. <https://doi.org/10.1111/nyas.12299>
- Irvin SJ, Tabrett SJ. 2005. A novel method of collecting fecal samples from spiny lobsters. *Aquaculture*. 243(1–4):269–272. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.10.001>
- Jones PL, Silva SS. 1997. Apparent nutrient digestibility of formulated diets by the Australian freshwater crayfish *Cherax destructor* Clark (Decapoda, Parastacidae). *Aquac Res*. 28(11):881–891. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1997.00913.x>
- Jumars PA. 2000. Animal guts as ideal chemical reactors: Maximizing absorption rates. *Am Nat*. 155(4):527–543. <https://doi.org/10.1086/303333>
- Junges D, Morais G, Spoto MHF, Santos PS, Adesogan AT, Nussio LG, Daniel JLP. 2017. Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. *J Dairy Sci*. 100(11):9048–9051. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12943>
- Kong Y, Ding Z, Zhang Y, Zhou P, Wu C, Zhu M, Ye J. 2019. Types of carbohydrate in feed affect the growth performance, antioxidant capacity, immunity, and activity of digestive and carbohydrate metabolism enzymes in juvenile *Macrobrachium nipponense*. *Aquaculture*. 512:734282. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734282>
- Liew KS, Yong ASK, Lim L-S, Kawamura G. 2020. Dietary sugarcane juice as a feeding stimulant for the purple mud crab *Scylla tranquebarica*. *Aquac Res*. 51:2164–2167. <https://doi.org/10.1111/are.14545>
- Loya-Javellana GN, Fielder DR, Thorne MJ. 1995. Foregut evacuation, return of appetite and gastric fluid secretion in the tropical freshwater crayfish, *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture*. 134(3–4):295–306. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)00050-C](https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)00050-C)
- Méndez M. 1981. Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decapoda) del mar y ríos de la costa del Perú. *Bol Inst del Mar del Perú*. 5:1–170.
- Moscoso V. 2012. Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. *Bol Inst del Mar del Perú*. 27(1–2):8–207.
- PRODUCE. 2020. Anuario estadístico pesquero y Acuicola 2019. Perú: Ministerio de la Producción. <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oee-documentos-publicaciones/publicaciones-anuales/item/949-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2019>
- Radwan MI, El Shal AM. 2012. Effect of binding materials, feeding rate and die profile on aquatic pellets quality using ring-die pelleting machine. *Misr J Agric Eng*. 29(1):101–116. <https://doi.org/10.21608/mjae.2012.102567>
- Ramírez M, Cántaro R, Reyes W. 2018. Growth and survival of males of *Cryphiops caementarius* (Palaemonidae) with diets supplemented with common salt. *Lat Am J Aquat Res*. 46(2):469–474. <https://doi.org/10.3856/vol46-issue2-fulltext-22>
- Reyes-Avalos W. 2016. Effect of culture container on the survival and growth of male *Cryphiops caementarius* in individualized systems. *Rev Bio Ciencias*. 3(4):311–325. <https://dx.doi.org/10.15741/revbio.03.04.06>
- Reyes W, Terrones S, Baltaodano I. 2017. Efectos de la regeneración de quelípodos en la muda y crecimiento de machos de *Cryphiops caementarius* Molina, 1782 (Decapoda, Palaemonidae). *Rev Bio Ciencias*. 04(04):1–18. <https://dx.doi.org/10.15741/revbio.04.04.05>
- Rubio L. 2010. Coeficiente de digestibilidad proteica de dos tipos de ensilado, en juveniles de “camarones de río” *Cryphiops caementarius*, en condiciones de laboratorio. Tesis de Biólogo Acuicultor. Chimbote: Universidad Nacional del Santa, Perú. 45 p.
- Santos EM, da Silva TC, Macedo CHO, Campos FS. 2013. Lactic Acid Bacteria in Tropical Grass Silages. In: *Lactic Acid Bacteria - R & D for Food, Health and Livestock Purposes*. InTech. <http://www.intechopen.com/books/lactic-acid-bacteria-r-d-for-food-health-and-livestock-purposes/lactic-acid-bacteria-in-tropical-grass-silages>
- Saputra I, Fotedar R, Gupta SK, Siddik MAB, Foysal MJ. 2019. Effects of different dietary protein sources on the immunological and physiological responses of marron, *Cherax cainii* (Austin and Ryan, 2002) and its susceptibility to high temperature exposure. *Fish Shellfish Immunol*. 88:567–577. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.03.012>

- Sarman V, Vishal R, Mahavadiya D, Sapra D. 2018. Nutritional aspect for freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) farming. *Int J Fauna Biol Stud.* 5(2):172–175.
- Senmache N, Reyes W. 2020. Efecto de dietas con zeolita natural en el crecimiento y supervivencia del camarón de río *Cryphiops caementarius*. *Rebiol.* 4(1):30–38. <https://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.01.04>
- Siccardi III AJ, Lawrence AL, Gatlin DM, Fox JM, Castille FL, Perez-Velazquez M, Gonzáles-Félix ML. 2006. Digestibilidad aparente de energía, proteína y materia seca de ingredientes utilizados en alimentos balanceados para el camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*. In: Cruz LE, Ricque D, Tapia M, Nieto MG, Villarreal DA, Puello AC, García A, editors. *Anaces en Nutrición Acuicola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*. 15-17 noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey. México. p. 213–237.
- Siddik MAB, Fotedar R, Chaklader MR, Foysal MJ, Nahar A, Howieson J. 2020. Fermented animal source protein as substitution of fishmeal on intestinal microbiota, immune-related cytokines and resistance to *Vibrio mimicus* in freshwater crayfish (*Cherax cainii*). *Front Physiol.* 10:1635. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01635>
- Simon CJ. 2009. The effect of carbohydrate source, inclusion level of gelatinised starch, feed binder and fishmeal particle size on the apparent digestibility of formulated diets for spiny lobster juveniles, *Jasus edwardsii*. *Aquaculture.* 296(3–4):329–336. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.08.032>
- Smith DM, Tabrett SJ. 2004. Accurate measurement of in vivo digestibility of shrimp feeds. *Aquaculture.* 232(1–4):563–580. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.08.011>
- Sundaravadeivel C, Sethuramalingam TA. 2017. Growth performance of *Macrobrachium idae* juveniles fed with carbohydrates rich diets. *J Adv Zool.* 38(1):33–42.
- Suresh AV, Kumaraguru vasagam KP, Nates S. 2011. Attractability and palatability of protein ingredients of aquatic and terrestrial animal origin, and their practical value for blue shrimp, *Litopenaeus stylirostris* fed diets formulated with high levels of poultry byproduct meal. *Aquaculture.* 319(1–2):132–140. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.06.039>
- Terrazas M, Civera R, Ibarra L, Goytortúa E. 2010. Coeficientes de utilización digestiva aparente de materia seca, proteína y aminoácidos esenciales de ingredientes terrestres para el camarón del Pacífico *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae). *Rev Biol Trop.* 58(4):1561–1576. <https://doi.org/10.15517/rbt.v58i4.5431>
- Terrones S, Reyes W. 2018. Effect of diets with biological silage of mollusk residues on the growth of shrimp *Cryphiops caementarius* and tilapia *Oreochromis niloticus* in intensive co-culture. *Sci Agropecu.* 9(2):167–176. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.01>
- Tsai CY, Chi CC, Liu CH. 2019. The growth and apparent digestibility of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, are increased with the probiotic, *Bacillus subtilis*. *Aquac Res.* 50(5):1475–1481. <https://doi.org/10.1111/are.14022>
- Velurtas SM, Díaz AC, Fernández-Gimenez AV, Fenucci JL. 2011. Influencia del nivel de almidón y celulosa en la dieta sobre el perfil metabólico y digestibilidad aparente en camarones penaeoideos. *Lat Am J Aquat Res.* 39(2):214–224. <https://doi.org/10.3856/vol39-issue2-fulltext-3>
- Viacava M, Aitken R, Llanos J. 1978. Estudio del camarón en el Perú 1975-1976. *Bol Inst del Mar del Perú.* 3(5):162–232.
- Vidra A, Tóth AJ, Németh Á. 2017. Lactic acid production from cane molasses. *Waste Treat Recover.* 2(1):13–16. <https://doi.org/10.1515/lwr-2017-0003>
- Vieco-Saiz N, Belguesmia Y, Raspoet R, Auclair E, Gancel F, Kempf I, Drider D. 2019. Benefits and inputs from lactic acid bacteria and their bacteriocins as alternatives to antibiotic growth promoters during food-animal production. *Front Microbiol.* 10:1–17. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00057>
- Wang X, Li E, Chen L. 2016. A review of carbohydrate nutrition and metabolism in crustaceans. *N Am J Aquac.* 78(2):178–187. <https://doi.org/10.1080/15222055.2016.1141129>
- Wasij J, Yépez V. 2015. Evaluación poblacional del camarón *Cryphiops caementarius* en ríos de la costa sur del Perú. *Rev Investig Vet del Perú.* 26(2):166. <https://doi.org/10.15381/rivp.v26i2.11103>
- Xiao X, Han D, Zhu X, Yang Y, Xie S, Huang Y. 2014. Effect of dietary cornstarch levels on growth performance, enzyme activity and hepatopancreas histology of juvenile red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard). *Aquaculture.* 426–427:112–119. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.01.029>
- Yang Q, Zhou X, Zhou Q, Tan B, Chi S, Dong X. 2009. Apparent digestibility of selected feed ingredients for white shrimp *Litopenaeus vannamei*, Boone. *Aquac Res.* 41(1):78–86. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02307.x>
- Zettl S, Cree D, Soleimani M, Tabil L. 2019. Mechanical properties of aquaculture feed pellets using plant-based proteins. *Cogent Food Agric.* 5(1):1656917. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1656917>

Agradecimientos / Acknowledgments:

Al Dr. Víctor J. Moscoso-Villacorta, por el esclarecimiento de la nueva escritura del género y subgénero *Cryphiops* que habita en los ríos de la costa del Perú.

Conflicto de intereses / Competing interests:

Los autores no incurrir en conflictos de intereses.

Rol de los autores / Authors Roles:

JB: Conceptualización, Investigación, Metodología, Análisis formal, Escritura-Preparación del borrador original, Redacción-revisión y edición.

EON: Investigación, Redacción-revisión y edición.

WR-A: Conceptualización, Metodología, Recursos, Escritura-Preparación del borrador original, Redacción-revisión y edición.

Fuentes de financiamiento / Funding:

Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de ninguna agencia de financiación gubernamental, del sector comercial o sin fines de lucro.

Aspectos éticos / legales; Ethics / legals:

Los autores declaran que no violaron ni omitieron normas éticas o legales en esta investigación.

Apéndice 1. Contenido de proteína cruda, carbohidratos y óxido crómico en heces de *C. (C.) caementarius* alimentados con dieta con y sin ensilado de maíz, los mismos que dieron origen a los CDA de materia seca y de nutrientes.

	Dieta sin ensilado	Dieta con ensilado
Proteína cruda	23.85	24.37
Carbohidratos	9.75	8.58
Óxido crómico	3.90	4.20