

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



Digestibilidad aparente de materia seca, proteínas y carbohidratos de dieta con
ensilado biológico de harina de maíz amarillo en el camarón de río

Cryphiops (Cryphiops) caementarius

Tesis para optar el Título de
BIÓLOGO ACUICULTOR

Autores

Br. JEAN CARLO BALTODANO TAPIA
Br. ERICK SMITH OLIVARES NARCIZO

Asesor

Dr. WALTER EDUARDO REYES AVALOS

Nuevo Chimbote – Perú

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



Digestibilidad aparente de materia seca, proteínas y carbohidratos de dieta con
ensilado biológico de harina de maíz amarillo en el camarón de río
Cryphiops (Cryphiops) caementarius

Autores

Br. JEAN CARLO BALTODANO TAPIA
Br. ERICK SMITH OLIVARES NARCIZO

REVISADO Y APROBADO POR EL ASESOR

Dr. Walter Eduardo Reyes Avalos

Nuevo Chimbote – Perú

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



Digestibilidad aparente de materia seca, proteínas y carbohidratos de dieta con
ensilado biológico de harina de maíz amarillo en el camarón de río
Cryphiops (Cryphiops) caementarius

Sustentado por

Br. JEAN CARLO BALTODANO TAPIA
Br. ERICK SMITH OLIVARES NARCIZO

Jurado evaluador

Dr. Guillermo Saldaña Rojas

MSc. Sorayda Mendoza Espinoza

Dr. Walter Eduardo Reyes Avalos

Nuevo Chimbote – Perú

2021

ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUTENTACIÓN DE LA TESIS (VIRTUAL)

En el Distrito de Nuevo Chimbote, en la Universidad Nacional de Santa, en Sesión Virtual vía Zoom, siendo las 12.00 horas del día jueves 05 de agosto del 2021, dando cumplimiento a la Resolución Decanatural N°177-2021-UNS-FC-Virtual, se reunió el Jurado Evaluador presidido por Dr. Guillermo Saldaña Rojas, teniendo como miembros a la Ms. Sorayda Mendoza Espinoza (secretaria), y al Dr. Walter Reyes Avalos (integrante), para la sustentación de tesis a fin de optar el título de BIOLOGO ACUICULTOR, realizado por los tesisistas: JEAN CARLO BALTODANO TAPIA Y ERICK SMITH OLIVARES NARCIZO quienes sustentaron la tesis intitulada "Digestibilidad aparente de materia seca, proteínas y carbohidratos de dieta con ensilado biológico de harina de maíz amarillo en machos de *Cryphiops (Cryphiops) caementarius*"

El jurado en pleno plantea una mejora en el título quedando como:

"Digestibilidad aparente de materia seca, proteínas y carbohidratos de dieta con ensilado biológico de harina de maíz amarillo en el camarón de río *Cryphiops (Cryphiops) caementarius*"

Terminada la sustentación, los tesisistas respondieron a las preguntas formuladas por los miembros del jurado.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como MUY BUENA asignándole un calificativo de 18 puntos. (Art. 24° inc. a, b, c, d, e, f – Directiva N° 003-2020-UNS-VRAC: adecuación de los procedimientos de obtención de grados académicos y títulos profesionales mediante trabajo no presencial virtual en la UNS).

Siendo las 13:26 horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad



.....
Dr. Guillermo Saldaña Rojas
Presidente



.....
Ms. Sorayda Mendoza Espinoza
Secretaria



.....
Dr. Walter Reyes Ávalos
Integrante

Distribución: Integrantes JE (02), tesisistas (03) y archivos (02).

DEDICATORIA

A mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi vida, pero en especial a mi madre.

Julia Narcizo Orbegoso, mujer de gran valor y dedicación para con su familia a la cual le debo más que la vida, gracias por las enseñanzas que me diste y me sigue dando en esta nueva etapa de mi vida. Prometo compensarte en algo todo lo infinito que me diste.

Erick Olivares

A Reyna Tapia y Segundo Baltodano, por sus interminables lecciones que ahora más que nunca tienen mayor valor en mi vida, por enseñarme el significado de la familia, por siempre tener los brazos abiertos al volver a casa y poder ver aquellos ojos brillosos llenos de fe y confianza en mí que me fortalecen cuando las cosas se complican.

A ustedes que siempre me verán como su campeón.

A mis hermanas Sharon, Jacky y Jenny.

A mi familia que estuvieron, están y estarán, a ustedes les dedico esta meta cumplida.

Jean Baltodano

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Walter Reyes Avalos por la guía y asesoría en la presente tesis, además agradecerle por ser un ejemplo de profesional, una persona con valores y compromiso, por ser el guía de muchos jóvenes, gracias por el impacto que causa en cada uno de nosotros.

A todos los docentes, compañeros y el personal en general de la Escuela Académico Profesional de Biología en Acuicultura, que aportaron de manera directa e indirecta en la formación de profesionales, gracias.

ÍNDICE GENERAL

	Pág
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
I. INTRODUCCIÓN	3
II. MARCO TEÓRICO	5
III. MATERIALES Y MÉTODOS	7
Población	7
Muestra	7
Diseño experimental	7
Ensilado de maíz	7
Dietas	8
Mantenimiento y alimentación	8
Colección de heces del camarón	9
Análisis físico-organoléptico y químico de dietas	10
Análisis químico de heces	10
Determinación de la digestibilidad aparente	10
Calidad de agua	11
Análisis de datos	11
IV. RESULTADOS	12
Composición de las dietas	12
Producción de heces del camarón	12
Composición química de heces	13
Determinación de la digestibilidad aparente	13
Comportamiento alimentario	13
Calidad del agua	14
V. DISCUSIÓN	15
VI. CONCLUSIONES	20
VII. RECOMENDACIONES	20
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
ANEXO	25

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición porcentual de la dieta con y sin ensilado biológico de harina de maíz amarillo para el camarón de río <i>C. (C.) caementarius</i> .	8
Tabla 2. Composición químico proximal y características físicas y organolépticas del ensilado biológico de maíz amarillo y de dietas con y sin ensilado de maíz.	12
Tabla 3. Contenido de proteína cruda, carbohidratos y óxido crómico en heces de <i>C. (C.) caementarius</i> alimentados con dieta con y sin ensilado biológico de harina de maíz amarillo en la dieta.	13
Tabla 4. Porcentaje de CDA para materia seca, proteína y carbohidratos de dieta con y sin ensilado biológico de harina de maíz amarillo en <i>C. (C.) caementarius</i> .	13

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. A) Sistema de mantenimiento individual de camarones. B) Sistema de colección de heces del camarón de río <i>C. (C.) caementarius</i> .	9

ÍNDICE DE ANEXO

	Pág.
ANEXO 1: Preparación del ensilado biológico de harina de maíz amarillo (<i>Z. mays</i>).	24
ANEXO 2: Recolección y procesamiento de heces de camarones <i>C. (C.) caementarius</i> .	24
ANEXO 3: Resultados del análisis de proteínas, grasas, fibras y cenizas de dieta control y experimental para <i>C. (C.) caementarius</i> .	24
ANEXO 4: Costo de producción de dietas sin y con ensilado biológico de harina de maíz amarillo (<i>Z. mays</i>).	26
ANEXO 5. Resultados del análisis de digestibilidad de óxido crómico, proteínas y carbohidratos en heces de <i>C. (C.) caementarius</i> .	26

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar la digestibilidad aparente de materia seca, proteínas y de carbohidratos de dieta con ensilado biológico de harina de maíz amarillo en el camarón de río *Cryphiops (Cryphiops) caementarius*. Los camarones se colectaron del río Pativilca (Lima, Perú) y en laboratorio cada uno se mantuvo en recipiente individual 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. Cada dieta tuvo tres repeticiones. 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 y durante 10 días. Luego, para la colección de heces, los camarones fueron trasladados a un sistema de caja cribada (12 compartimentos) instalada dentro de un acuario. Los camarones alimentados con la dieta con el 75% de ensilado biológico de harina de maíz ocasionó incremento ($p < 0.05$) del coeficiente de digestibilidad aparente de proteína cruda (80.02%), de carbohidratos (95.69%) y de materia seca (76.19%), que aquella dieta sin ensilado ($p < 0.05$) que fue de 93.48, 78.21 y 74.36%, respectivamente. Los camarones adultos utilizan con mayor eficiencia los carbohidratos de la dieta con ensilado biológico de harina de maíz, en vez de las proteínas de dicha dieta.

Palabras clave: alimento, energía, hidrolizado, nutrición

ABSTRACT

The aim of the study was to determine the apparent dry matter, protein and carbohydrate digestibility of the diet with biological yellow corn meal silage in the river prawn *Cryphiops (Cryphiops) caementarius*. The shrimp were collected from the Pativilca river (Lima, Peru) and in the laboratory each one was kept in individual containers installed in six aquariums (four shrimp per aquarium). The control diet was without silage and for the experimental diet 75% of the corn meal was replaced by biological corn meal silage; both diets had 1% chromic oxide as an inert marker. Each diet had three replicates. The shrimp were fed twice a day (40% at 08:00 h and 60% at 18:00 h) at 6% of wet weight for 10 days. Then, for feces collection, the shrimp were transferred to a sieved box system (12 compartments) installed inside an aquarium. Shrimp fed the diet with 75% biological corn meal silage resulted in an increase ($p < 0.05$) in the apparent digestibility coefficient of crude protein (80.02%), carbohydrates (95.69%) and dry matter (76.19%), compared to the diet without silage ($p < 0.05$), which was 93.48, 78.21 and 74.36%, respectively. Adult prawn more efficiently utilizes carbohydrates from the with biological silage corn meal diet, rather than protein from the corn meal silage diet.

Keywords: feed, energy, hydrolysate, nutrition.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, *Cryphiops (Cryphiops) caementarius* es la especie de camarón que habita los ríos desde la costa norte de Perú hasta la costa central de Chile (Moscoso, 2012). Pero, la extracción comercial se realiza en los ríos de Arequipa en Perú (Wasiw y Yépez, 2015) cuyo volumen fue de 1122 t en el 2018 (PRODUCE, 2020) los mismos que ingresan al mercado de Lima para cubrir la demanda en gastronomía y por ello hay interés por el cultivo comercial.

Para el cultivo comercial de cualquier especie acuática, el alimento es de importancia por ser el de mayor costo y constituir hasta el 60% del costo operativo en la producción de camarones (Sarma *et al.*, 2018). Los estudios nutricionales con *C. (C.) caementarius* son escasos y están referidos al empleo de levadura (Cornejo *et al.*, 2015; Cabrera *et al.*, 2019), lecitina de soya (Acosta *et al.*, 2018), ensilado de molusco (Terrones y Reyes, 2018), sal común (Ramírez *et al.*, 2018), zeolita (Senmache y Reyes, 2020) y ensilado de maíz (Gallardo-Carril y Reyes-Avalos, 2020), en dietas para el crecimiento de ejemplares adultos.

El uso de carbohidratos en la dieta aporta energía teniendo un costo menor que las proteínas y los lípidos (Ayisi *et al.*, 2017). El reemplazo total de ensilado de maíz por la harina de maíz mejora el crecimiento en postlarvas de *Macrobrachium rosenbergii* (Coelho y Massamitu, 2006). De manera similar sucede con el reemplazo parcial del ensilado de maíz, lo que se constituye como fuente de energía que ahorra proteínas y maximiza el crecimiento en camarones adultos de *C. (C.) caementarius* (Gallardo-Carril y Reyes-Avalos, 2020). Sin embargo, no se conoce si dichos resultados son debidos a la digestibilidad del ensilado de maíz en la dieta o a factores nutricionales de los insumos. En postlarvas, de la especie de camarón solo se ha determinado la digestibilidad aparente de la proteína del ensilado de pescado (Rubio, 2010). Los estudios de digestibilidad de ingredientes alimenticios son necesarios para desarrollar la formulación de alimentos balanceados para el camarón con ingredientes más amigables con el medio ambiente (Terrazas *et al.*, 2010).

Problema

¿Cuál es la digestibilidad aparente de materia seca, proteínas y de carbohidratos de dieta con ensilado biológico de harina de maíz amarillo en el camarón de río *C. (C.) caementarius*?

Hipótesis

La digestibilidad aparente de materia seca, proteínas y de carbohidratos en el camarón de río *C. (C.) caementarius*, es mayor con la dieta con ensilado biológico de harina de maíz amarillo que aquella sin ensilado.

Objetivo general

Determinar la digestibilidad aparente de materia seca, proteínas y de carbohidratos de dieta con ensilado biológico de harina de maíz amarillo en el camarón de río *C. (C.) caementarius*.

Objetivos específicos

Cuantificar el coeficiente de digestibilidad aparente de carbohidratos de dieta con ensilado biológico de harina de maíz amarillo en el camarón de río *C. (C.) caementarius*.

Cuantificar el coeficiente de digestibilidad aparente de proteínas de dieta con ensilado biológico de harina de maíz amarillo en el camarón de río *C. (C.) caementarius*.

Cuantificar el coeficiente de digestibilidad aparente de materia seca de dieta con ensilado biológico de harina de maíz amarillo en el camarón de río *C. (C.) caementarius*.

Comparar los coeficientes de digestibilidad aparentes de nutrientes y de materia seca de dieta con y sin ensilado biológico de harina de maíz amarillo en el camarón de río *C. (C.) caementarius*.

II. MARCO TEÓRICO

Los camarones marinos como *Litopenaeus vannamei* digiere eficientemente proteínas y lípidos de ingredientes alimenticios de origen animal y vegetal (Yang *et al.*, 2009). En crustáceos, los carbohidratos son la fuente de energía primaria en la dieta, la ingesta excesiva puede ocasionar crecimiento lento, baja inmunidad y por consecuencia elevar la tasa de mortalidad (Wang y Chen, 2016; Kong *et al.*, 2019). En cambio, en *Artemesia longinaris* al aumentar los niveles de celulosa en la dieta, provoca bajo requerimiento de proteína, sin afectar las funciones vitales ni el crecimiento, además ratifica que la digestibilidad aparente de la proteína, se muestra influenciada por niveles de almidón y celulosa en la dieta para camarones (Velurtas *et al.*, 2011).

El costo de producción del alimento para camarones es un factor a tener en cuenta en el proceso de producción (Sarman *et al.*, 2018). Por ello, la evaluación de la digestibilidad de los nutrientes es el primer paso para determinar la eficacia de un ingrediente que se utilizará en la formulación de dietas para una especie objetivo (Ayisi *et al.*, 2017).

El maíz contiene 76% de carbohidratos y 7% de proteínas (Gwirtz y García-Casal, 2014). Los ingredientes con alto contenido de almidón (87%) tienden a ser mejor digeridos por *L. vannamei* que los que contienen altas cantidades de fibra (Yang *et al.*, 2009). Sin embargo, el reemplazo en 24% la harina maíz por el ensilado de maíz en la dieta para *M. rosenbergii*, logra mejor aprovechamiento del alimento, mayor crecimiento y supervivencia de la especie (Coelho y Massamitu, 2006).

Las bacterias ácido lácticas fermentan la melaza (Vidra *et al.*, 2017) y en el ensilado aumentan el contenido proteico, mejora la digestibilidad, el contenido nutricional, la palatabilidad de las dietas y proporciona al organismo energía y nutrientes (Coelho y Massamitu, 2006). En los ensilados biológicos los *Lactobacillus* producen sustancias antimicrobianas que reducen la presencia de bacterias patógenas como *Salmonella*, *Escherichia*, entre otras (Vieco-Saiz *et al.*, 2019), que al ser ingeridas por los animales mejoran el proceso digestivo, la asimilación y el crecimiento, como en postlarvas de *M. inca* (Dávila *et al.*, 2013). El uso de ensilado de maíz como insumo en la dieta de postlarvas de *M. rosenbergii* es reportado por Coelho y Massamitu (2006) en donde con el 24% de ensilado de maíz se mejora el crecimiento en peso y se mantiene alta supervivencia, pero no se conoce el efecto de mayores proporciones de dicho ensilado en la especie. Estos resultados indican

que es posible utilizar mayor porcentaje de ensilado de maíz en la dieta del camarón *C. (C.) caementarius* que permita disponer de un mejor balance de nutrientes.

Los ensilados a base de desechos de concha de abanico y vísceras de pollo presentan una composición proteica para *C. (C.) caementarius* de 58.7% y 47.3% respectivamente, por lo tanto, el ensilado de concha de abanico tiene mayor digestibilidad proteica aparente con 53,2% y el ensilado de viseras de pollo 32%, por lo que este último ensilado produce mayor cantidad de heces (Rubio, 2010).

El camarón *C. (C.) caementarius* es omnívoro y se alimenta de una diversidad de ítems alimentario especialmente de restos de vegetales y animales (Bahamonde y Vila, 1971), pero los componentes alimentarios 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 y Reyes, 2016).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Población

Los camarones fueron capturados del río Pativilca (10°39'48'' S y 77°39'20'' W) (Lima, Perú) y transportados en sistema individual durante 4 h (Reyes-Avalos, 2016). El reconocimiento de la especie fue realizado con clave taxonómica (Méndez, 1981) y según el Carideorum Catalogus de De Grave y Fransen (2011) corresponde a *Cryphiops (Cryphiops) caementarius*. El sexo del camarón fue verificado por la separación de las coxas del quinto par de periópodos (Reyes *et al.*, 2017). Luego, se aclimataron por cinco días y fueron alimentados con la dieta basal (28% proteína cruda). En la investigación, se tuvo en cuenta la ley peruana vigente (Ley 27265, Ley de Protección a los Animales Domésticos y a los Animales Silvestres Mantenidos en Cautiverio) para minimizar el sufrimiento de los animales desde el transporte, aclimatación y mantenimiento en laboratorio.

Muestra

La muestra estuvo constituida por 24 camarones adultos de 4.50 a 7.20 cm de longitud total, con apéndices cefalotorácicos completos y sin signos de laceraciones en el cuerpo.

Diseño experimental

Se empleó el diseño de investigación clásico, con una dieta control y una experimental, cada una con tres repeticiones, siendo los siguientes:

Dieta 1: Dieta sin ensilado biológico de harina de maíz amarillo (control)

Dieta 2: Dieta con ensilado biológico de harina de maíz amarillo (experimental)

Ensilado de maíz

El ensilado de harina de grano entero seco de maíz amarillo (*Zea mays*) se elaboró según el procedimiento de Gallardo-Carril y Reyes-Avalos (2020) y el homogenizado obtenido se incubó en frascos de vidrio (40°C por 48 h) hasta pH de 4 y luego secado (60°C por 24 h), molido, tamizado (120 µm) y almacenado en bolsas de plástico de cierre hermético (Anexo 1). El grano de maíz 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. (Santa, Perú). Las bacterias lácticas comerciales fueron aquellas que se comercializan liofilizadas Lyofast Y 456 B-1UC (*Lactobacillus delbrueckii* y *Streptococcus thermophilus*) cuya activación fue según el método de Berenz (1996).

Dietas

La dieta sin ensilado (control) fue la formulada por Reyes-Avalos (2016), pero se tuvo en cuenta las mejoras en investigaciones previas (Acosta *et al.*, 2018; Ramírez *et al.*, 2018; Senmache y Reyes, 2020), además fue suplementada con 3% de *Saccharomyces cerevisiae* comercial (Cornejo *et al.*, 2015) y para la dieta con ensilado (experimental) se reemplazó el 75% de la harina de maíz por el ensilado de harina de maíz (Tabla 1), de acuerdo con Gallardo-Carril y Reyes-Avalos (2020). En ambas dietas, se utilizó óxido crómico (Cr₂O₃) como indicador para el cálculo de la digestibilidad. Las dietas se elaboraron con el procedimiento de Guevara (2003). 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 harina de maíz amarillo para el camarón de río *C. (C.) caementarius*.

Ingredientes	Dieta sin ensilado	Dieta con ensilado
Harina de pescado	30.00	30.00
Harina de soya	19.80	19.80
Harina de maíz	16.70	4.18
Ensilado de H. maíz	0.00	12.52
Aceite de pescado	1.80	1.80
Aceite de soya	0.50	0.50
Aceite de maíz	0.50	0.50
Lecitina de soya	0.60	0.60
Polvillo de arroz	20.00	20.00
Melaza	2.80	2.80
Zeolita	3.00	3.00
Óxido crómico	1.00	1.00
Sal común	3.00	3.00
Complexvit ¹	0.30	0.30

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 de 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 (Fig. 1A). Los acuarios tuvieron aireación constante mediante dos difusores para circulación y oxigenación del agua. En cada recipiente se sembró un camarón que equivalió a cuatro camarones por acuario (22 camarones/m²) y para ello se emplearon 24 camarones. 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 del tamaño de los camarones entre tratamientos fue similar ($p>0.05$). 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 consistió de dos acuarios (60 x 31 x 35 cm), dentro de cada uno fue introducido 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 los camarones. Sobre la caja cribada se colocó una lámina de poliestireno expandido (1/2" Ø) para evitar el escape de los animales al momento de sumergirlo en el agua (Fig. 1B). El agua tuvo aireación constante (1.5 L min⁻¹).



Figura 1. A) Sistema de mantenimiento individual de camarones. B) Sistema de colección de heces del camarón de río *C. (C.) caementarius*.

En el sistema de mantenimiento, los camarones fueron alimentados de 08:00 a 09:00 horas, luego fueron trasladados al sistema de colección de heces donde permanecieron hasta las 18:00 horas y retornados al sistema de mantenimiento para ser alimentados hasta las 19:00 horas y luego 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. Las hebras de heces de los camarones fueron colectadas antes de cada alimentación, mediante succión con sifón (5 mm Ø), filtradas con malla Nyltal (100 µm), secadas en estufa (60°C por 24 h), pesadas en balanza analítica digital AG 221LX (± 0.001 g), almacenadas en un frasco de vidrio recubierto con papel de aluminio y conservados a -17°C por 24 h para análisis posterior (Anexo 2).

Análisis físico-organoléptico y químico de dietas

El análisis químico de las dietas con y sin ensilado 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 Kjendhal-nitrógeno y, para el contenido del óxido crómico (Cr₂O₃) y de carbohidratos en heces se empleó espectrofotómetro Jenway 6105 UV Vis® a 350 nm. Estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Servicios a la Comunidad e Investigación (LASACI) de la Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

Determinación de la digestibilidad aparente

El coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) para materia seca y nutrientes (proteínas y carbohidratos) fue calculado con las fórmulas de Tsai *et al.* (2019)

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

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

Donde, CrD es el Cr₂O₃ en dieta, CrH es el Cr₂O₃ en heces, ND es el nutriente en dieta, NH es el nutriente en heces.

Calidad de agua

El agua del sistema de cultivo donde se mantuvieron 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® (± 0.01 mg/l; $\pm 0.01^\circ\text{C}$) y pH con pHmetro digital 110® (± 0.01 unidades). El amonio total (mg/l) y los nitritos (mg/l) se determinaron con Kit Sera aqua-test box (± 0.01 mg/l).

Análisis de datos

La distribución normal de los datos se analizó con la prueba de Shapiro-Wilk y todos cumplieron con dicha distribución. 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, se determinaron mediante t de Student ($p < 0.05$). El procesamiento estadístico de los datos se realizó con el programa estadístico SPSS versión 25 para Windows.

IV. RESULTADOS

Composición de las dietas

La dieta con ensilado, en comparación con la dieta sin ensilado, tuvo similar contenido de proteínas y de energía bruta, pero los lípidos totales disminuyeron en la proporción de 23.7%, las cenizas disminuyeron en 31.4% y la fibra en 50.9%. En cambio, los carbohidratos incrementaron en 19.1% y la proporción de carbohidratos/lípidos incrementó en 38.2% (Tabla 2, Anexo 3). La hidroestabilidad de los pellets de la dieta con ensilado (93.12%) fue mayor ($p < 0.05$) que aquellas sin ensilado (90.80%). Además, las características organolépticas fueron similares entre dietas (Tabla 2) y los camarones aceptaron las dietas. El costo de producción de las dietas se indica en Anexo 4.

Tabla 2. Composición químico proximal y características físicas y organolépticas del ensilado biológico de maíz y de dietas con y sin ensilado de maíz amarillo.

	Ensilado de maíz ¹	Dieta sin ensilado	Dieta con ensilado
Composición proximal (%)			
Proteína cruda	8.57	28.60	29.04
Lípidos totales	16.49	18.52	14.13
Carbohidratos	71.24	37.78	46.69
Carbohidratos/Lípidos	4.32	2.04	3.30
Fibra	1.45	1.14	0.56
Cenizas	2.25	13.96	9.58
Humedad	15.98	19.30	8.07
Materia seca		80.70	91.93
Energía bruta (kg g ⁻¹) ²	5041.72	4943.73	4923.61
Hidroestabilidad de pellets (%)		90.80 ± 0.70 ^a	93.12 ± 0.30 ^b
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 (2 a 5 cm de longitud) de heces húmedas del camarón 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/camarón en aquellos alimentados con la dieta con y sin ensilado, respectivamente, pero fueron similares 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.

Composición química de heces

El contenido de proteína cruda en las heces incrementó ligeramente, mientras que los carbohidratos disminuyeron considerablemente, y las concentraciones de óxido de cromo fueron incrementaron, en relación con la dieta control (Tabla 3, Anexo 5).

Tabla 3. Contenido de proteína cruda, carbohidratos y óxido crómico en heces de *C. (C.) caementarius* alimentados con dieta con y sin ensilado biológico de harina de maíz amarillo en la dieta.

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

Determinación de la digestibilidad aparente

El CDA de las proteínas 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, se observa mayor porcentaje de CDA para los carbohidratos, en ambos tratamientos, con respecto a CDA de las proteínas (Tabla 4).

Tabla 4. Porcentaje de CDA para materia seca, proteína y carbohidratos de dieta con y sin ensilado biológico de harina de maíz amarillo en *C. (C.) caementarius*.

CDA (%)	Dieta sin ensilado	Dieta con ensilado
Materia seca	74.35 ^a	76.19 ^b
Proteína	78.2 ^a	80.01 ^b
Carbohidratos	93.47 ^a	95.68 ^b

CDA: Coeficiente de digestibilidad aparente. Datos con letras diferentes en superíndices en una misma fila indica diferencia significativa ($p < 0.05$)

Comportamiento alimentario

Los camarones fueron atraídos por el gránulo de alimento que ingresó al recipiente de cultivo individual, lo sujetaron 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 buscó otro y realizó el mismo

proceso descrito. 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 evitar alteración su comportamiento alimenticio.

Calidad del agua

La calidad de agua de mantenimiento de *C. (C.) caementarius* en el sistema de cultivo fue similar ($p>0.05$) entre tratamientos. La temperatura varió entre 24.5 a 25.7°C, el oxígeno disuelto fue de 6.2 mg/l, el pH fue de 8.2, y el amonio y los nitritos fueron de 0.03 mg/l.

V. DISCUSIÓN

En la investigación se demostró que ensilar harina de maíz amarillo y utilizarlo como ingrediente en la dieta, ocasiona que las proteínas, carbohidratos y la materia seca sean más digeribles para *C. (C.) caementarius* además de hacer funcional la dieta. Esto significa que las bacterias ácido lácticas del ensilado contribuyeron con incrementar la asimilación de los nutrientes dentro del intestino del camarón y brindarle efectos benéficos. De acuerdo con Jumars (2000), la fermentación microbiana en el intestino posterior puede actuar 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.

El contenido de proteínas en las dietas con y sin ensilado (29 y 28%, respectivamente) fueron similares, probablemente por el reducido aporte del proceso de ensilar (Gallardo-Carril y Reyes-Avalos, 2020). Sin embargo, se conoce que las bacterias ácido lácticas son los principales determinantes de la degradación de la matriz proteica alrededor de los gránulos de almidón (Junges et al., 2017) y es probable que contribuyeron con la degradación de las proteínas de los otros ingredientes de la dieta.

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 proteínas, lípidos y carbohidratos, con el que provocan una utilización preferente de las proteínas (Guo et al., 2006). En cambio, en *M. idae* el CDA para la proteína del maíz es de 77.3% (Sundaravadivel y 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 láctica o algún componente del ensilado deben haber contribuido con mantener condiciones adecuadas dentro del intestino del camarón e incrementar la digestibilidad de las proteínas de la dieta experimental. En *Cherax cainii*, la suplementación de *L. acidophilus* y *L. plantarum* en la dieta promueven significativamente la salud del intestino y el hepatopáncreas, y produce un aumento de bacterias beneficiosas para la digestión, absorción y utilización de nutrientes con el cual mejoran la salud y el estado inmunológico transformando la dieta en funcional (Foysal et al., 2020). De igual manera sucede con la soya fermentada con *B. subtilis* que mejoran 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).

Además, la harina de pescado y la harina de subproductos de aves no favorecen el incremento de microvellosidades en el intestino medio de *C. cainii* (Saputra *et al.*, 2019). En cambio, cuando la harina de pescado fue reemplazada con el 75% de harina de subproductos avícolas fermentados con *L. casei* y *S. cerevisiae*, se encontró un mayor número de microvellosidades por pliegue intestinal, por lo que fueron los responsables de la absorción y utilización de nutrientes en *C. cainii* (Siddik *et al.*, 2020). De igual manera sucedió con *L. acidophilus* y *L. plantarum* (Foysal *et al.*, 2020). Es probable que las bacterias del ensilado de maíz hayan contribuido con el incremento de las microvellosidades intestinales de *C. (C.) caementarius*, y como ha sido demostrado en *C. cainii* ello ocasiona incremento de la superficie de absorción de nutrientes (Saputra *et al.*, 2019). Esto explicaría el mayor desempeño funcional de *C. (C.) caementarius* alimentado con dietas con ensilado de harina de maíz (Gallardo-Carril y Reyes-Avalos, 2020).

Además, las bacterias ácido lácticas del ensilado deben haber actuado de manera rápida en la asimilación de los nutrientes, pues el intestino del camarón es corto y recto. En *C. quadricarinatus* el tiempo de evacuación gástrica es de 30 min en (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. caementarius* en diferentes estados ontogenéticos, que permita establecer la frecuencia y cantidad de alimento a emplear en un sistema de cultivo.

En *M. idea*, el CDA para carbohidratos del maíz fue de 76.9% (Sundaravadivel y Sethuramalingam, 2017). La degradación de la matriz proteica de los gránulos de maíz mejorar la digestibilidad del almidón (Junges *et al.*, 2017). En cambio, en *C. (C.) caementarius*, el CDA de los carbohidratos en la dieta con ensilado fue de 95.69% y mayor que el de proteínas (80.02%). Esto indica que la especie de camarón utiliza eficientemente los carbohidratos de la dieta, lo que explica los resultados de crecimiento obtenidos previamente con el 12.5% de ensilado de maíz en la dieta en la misma especie de camarón (Gallardo-Carril y Reyes-Avalos, 2020); además, de que en el ambiente natural los camarones adultos deben utilizar todo tipo de alimento vegetal, a parte del animal (Bahamonde y Vila, 1971), aunque, no se conoce los hábitos alimentarios de otros estados

ontogenéticos. Los ejemplares machos adultos de *M. amazonicum* tienen otros requerimientos nutricionales para crecimiento y como fuente de energía, que los estados juveniles (Augusto y Valenti, 2016).

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). 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%) y hubo disminución de la fibra, lo que sugiere la acción de las bacterias del ensilado en el mejoramiento de la asimilación de nutrientes, como ha sido sugerido por Foysal *et al.* (2020) en *C. cainii*. Además, la disminución abrupta de fibra en la dieta con ensilado debe haber contribuido con el ligero incremento de proteínas 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.

Los resultados de la investigación también fueron consecuencia de las características organolépticas de las dietas que fueron similares y los gránulos del alimento atrajeron a *C. (C.) caementarius*, lo que significa que el ensilado no afectó la aceptación de la dieta. La atractabilidad de una dieta se relaciona con el sabor y olor que provienen de los insumos de origen marino como la harina de pescado (Suresh *et al.*, 2011), esto ocasiona que los animales lo consuman con avidez. Sin embargo, cuando los camarones hicieron uso de sus apéndices bucales disgregaron el alimento, y por ello no fueron consumidos en su totalidad; aunque, esto no fue cuantificado. Similar comportamiento alimentario sucede con *M. rosenbergii*, donde los apéndices permiten al animal acercar la comida a la boca y con las mandíbulas lo fragmentan en trozos más pequeños (Sarman *et al.*, 2018). Es necesario conocer las pérdidas que se producen durante el proceso de disgregación del alimento que podría afectar la medición de la digestibilidad de las dietas y de la conversión alimenticia.

Por otro lado, la separación del sistema de alimentación de los camarones con el de colección de heces de los mismos camarones, evitó la contaminación de las heces con los restos de las dietas empleadas. Esto significa que dicho sistema 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 Trabett (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. En cambio, el sistema que empleamos para la colección de heces de *C. (C.) caementarius* fue independiente del sistema de alimentación que no alteró la calidad del agua, y fue similar a lo informado para el hábitat natural de la especie (Wasiw y Yépez, 2015).

Además, el sistema empleado permitió coleccionar muestras de heces de 12 camarones adultos a la vez por cada periodo de alimentación sin mayor manipulación de los animales y la producción de heces de los camarones alimentados con las dietas con y sin ensilado fueron similares (12.83 y 13.25 mg/día/camarón, respectivamente); aunque menor producción 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 mg⁻¹ día⁻¹ camarón⁻¹, respectivamente) (Rubio, 2010). Es conveniente investigar la producción de heces de los camarones en función del tipo de alimento y del estado ontogenético.

El tiempo transcurrido (9 a 13 h) entre una alimentación y otra antes de la colección de las heces, no ocasionó disgregación de las hebras de heces que se acumularon en el fondo del recipiente colector; aunque puede acortarse el tiempo de colección de heces en futuras investigaciones. Smith y Tabrett (2004) recomendaron que, para estudios de digestibilidad, las heces de *P. monodon* deben coleccionarse dentro de las 12 h siguientes a la alimentación. El amplio tiempo de permanencia de las heces de *C. (C.) caementarius* en el agua podría haber deteriorado los nutrientes de las dietas por el proceso de lixiviación y alterar la digestibilidad de la dieta. 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 recolección 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 la alta estabilidad física de los gránulos con ensilado de pescado fermentado es eficaz para la retención de nutrientes y evita pérdidas de proteínas por lixiviación. Además, la melaza de caña como sustrato en el ensilado, es un excelente ligante que da resistencia a los pellets (Radwan y El Shal, 2012) y los carbohidratos en la dieta con ensilado sugiere que contribuyeron con la estabilidad de los pellets, como ha sido sugerido previamente (Gallardo-Carril y Reyes-Avalos, 2020) y en *Procambarus clarkii* (Xiao *et al.*,

2014). En este sentido, la capacidad del almidón para hidratarse depende del poder de hinchamiento, viscosidad y capacidad de gelatinización (Cornejo-Ramírez *et al.*, 2018).

Jones y De Silva (1997), consideran que usar estimaciones de la digestibilidad de los nutrientes proporcionan un método para evaluar los méritos relativos de los ingredientes para su incorporación en dietas artificiales de forma rentable. El reemplazar harina de maíz con ensilado de dicha harina no incrementa los costos de producción.

VI. CONCLUSIONES

El CDA de carbohidratos de la dieta con ensilado biológico de maíz amarillo en el camarón de río *C. (C.) caementarius* fue de 95.68%

El CDA de proteínas de la dieta con ensilado biológico de maíz amarillo en el camarón de río *C. (C.) caementarius* fue de 80.01%

El CDA de materia seca de la dieta con ensilado biológico de maíz amarillo en el camarón de río *C. (C.) caementarius* fue de 76.19%

La dieta con ensilado biológico de harina de maíz amarillo ocasionó que el camarón de río *C. (C.) caementarius* incrementara ($p < 0.05$) el CDA de carbohidratos en 2.31%, el CDA de proteína cruda en 2.26% y el CDA de materia seca en 2.42%, en relación con la dieta sin ensilado.

VII. RECOMENDACIONES

Evaluar el coeficiente de digestibilidad aparente con el reemplazo del 100% de la harina de maíz por el ensilado biológico de harina de maíz en dieta para *C. (C.) caementarius* en estados postlarvas, juveniles y adultos.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A., Quiñones, D., Reyes, W. (2018). Efecto de dietas con lecitina de soya en el crecimiento, muda y supervivencia de machos del camarón de río *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae). *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 143-151. <http://www.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.15>
- Anh, N.T.N., Hien, T.T.T., Mathieu, W., Hoa, N.V., Sorgeloos, P. (2009). Effect of fishmeal replacement with Artemia biomass as a protein source in practical diets for the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture Research*, 40, 669–680. <http://www.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02143.x>.
- AOAC. (1990). Official methods of analyses. 15th edition. En: K. Helrich (ed.). Association of Official Analytical Chemists, Inc., Arlington, VA, USA.
- Augusto, A., Valenti, W.C. (2016). Are there any physiological differences between the male morphotypes of the freshwater shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Caridea: Palaemonidae)? *Journal of Crustacean Biology*, 36(5), 716-723. <http://doi.org/10.1163/1937240X-00002467>
- Ayisi, C.L., Hua, X., Apraku, A., Afriyie, G., Kyei, B.A. (2017). Recent studies toward the development of practical diets for shrimps and their nutritional requirements. *HAYATI Journal of Bioscience*, 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. *Biología Pesquera*, 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. *Revista Actualidad & Divulgación Científica*, 17(2), 503-511.
- Cabrera, E., Marcelo, Z., Reyes, W., Azañero, C. (2019). Efecto de dietas con alta concentración de *Saccharomyces cerevisiae* sobre la proliferación de hemocitos en camarones *Cryphiops caementarius*. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(3), 1057-1067. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i3.16733>
- Carvalho, D.A., Collins, P.A., De Bonis, C.J. (2011). Gut evacuation time of *Macrobrachium borellii* (Caridea: Palaemonidae) feeding on three types of prey from the littoral-benthic community. *Journal of Crustacean Biology*, 31(4), 630-634. <https://doi.org/10.1651/10-3446.1>
- Cheng, A.C., Yeh, S.P., Hu, S.Y., Ling, H.L., Liu, C.H. (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. *Aquaculture Research*, 00, 1-10. <http://doi.org/10.1111/are.14345>
- Coelho, M., Massamitu, W. (2006). Ensilado de maíz en dietas para postlarvas de camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii*. *Investigaciones Marinas, Valparaiso*, 34(2), 57-61. <https://doi.org/10.4067/s0717-71782006000200006>
- 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. *Revista Bio Ciencias*, 3(3), 173-183.
- Cornejo-Ramírez, Y.I., Martínez-Cruz, O., Toro-Sánchez, C.L., Wong-Coral, F.J., Borboa-Flores, J., Cinco-Moroyoqui, F.J. (2018). The structural characteristics of starches and

- their functional properties. *CYTA-Journal of Food*, 16(1), 1003-1017. <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1518343>
- Dávila, E., Medina, J., Reyes, W. (2013). Crecimiento y supervivencia de postlarvas de *Macrobrachium inca* (Holthuis, 1950) (Crustacea, Palaemonidae) alimentadas con ensilado biológico. *Revista Intropica*, 8, 79-86.
- De Grave, S., Fransen, C.H.J.M. (2011). Carideorum Catalogus: the recent species of the dendrobranchiate, stenopodidean, procarididean and caridean shrimps (Crustacea: Decapoda). *Zool Med Leiden*, 85(9), 30.ix.2011: 195-589.
- Foysal, M.J., Fotedar, R., Siddik, M.A.B., Tay, A. (2020). *Lactobacillus acidophilus* and *L. plantarum* improve health status, modulate gut microbiota and innate immune response of marron (*Cherax cainii*). *Scientific Reports*, 10, 5916. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62655-y>
- Gallardo-Carril, J., Reyes-Avalos, W. (2020). Dietas con ensilado biológico de harina de maíz mejoran el desempeño productivo del camarón de río *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae). *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 409-417. <http://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.13>
- Guevara, W.N. (2003). Formulación y elaboración de dietas para peces y crustáceos. Universidad Nacional José Basadre Grohmann. Facultad de Ingeniería Pesquera. 55 p. Disponible en: <http://www.unjbg.edu.pe/coin2/pdf/01040800303.pdf>
- Gwirtz, J.A., García-Casal, M.N. (2014). Processing maize flour and corn meal food products. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312, 66-75. doi: 10.1111/nyas.12299
- Guo, R., Liu, Y.J., Tian, L.X., Huang, J.W. (2006). Effect of dietary cornstarch levels on growth performance, digestibility and microscopic structure in the white shrimp, *Litopenaeus vannamei* reared in brackish water. *Aquaculture Nutrition*, 12(1), 83-88. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2006.00384.x>
- Irvin, S.J., Tabrett, S.J. (2005). A novel method of collecting fecal samples from spiny lobsters. *Aquaculture*, 243, 269-272. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.10.001>
- Jones, P.L., De Silva, S.S. (1997). Apparent nutrient digestibility of formulated diets by the Australian freshwater crayfish *Cherax destructor* Clark (Decapoda, Parastacidae). *Aquaculture Research*, 28(11), 881-891. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1997.00913.x>
- Jumars, P.A. (2000). Animal guts as ideal chemical reactors: Maximizing absorption rates. *The American Naturalist*, 155(4), 527-543. <https://doi.org/10.1086/303333>
- Junges, D., Morais, G., Spoto, M.H.F., Santos, P.S., Adesogan, A.T., Nussio, L.G., Daniel, J.L.P. (2017). Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. *Journal Dairy Science*, 100, 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.
- Loya-Javellana, G.N., Fielder, D.R., Thorne, M.J. (1995). Foregut evacuation, return of appetite and gastric fluid secretion in the tropical freshwater crayfish, *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture*, 134(3-4), 295-306. doi:10.1016/0044-8486(95)00050-c

- Méndez, M. (1981). Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decápoda) del mar y ríos de la costa del Perú. Boletín del Instituto del Mar del Perú – Callao, 5, 1-170. Disponible en: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe:8080/bitstream/handle/123456789/1028/BOL%205.pdf?sequence=1>
- Moscoso, V. (2012). Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. Boletín Instituto del Mar del Perú, 27(1-2), 8-207.
- PRODUCE. (2020). Anuario estadístico pesquero y acuícola 2019. Ministerio de la Producción del Perú. p. 46. Disponible en: <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oe-documentos-publicaciones/publicaciones-anuales/item/949-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2019>.
- Radwan, M.I., El Shal, A.M. (2012). Effect of binding materials, feeding rate and die profile on aquatic pellets quality using ring-die pelleting machine. Misr Journal Agricultural Engineering, 29(1), 101-116. <https://dx.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. Latin American Journal Aquatic Research, 46(2), 469-474. <http://www.doi.org/10.3856/vol46-issue2-fulltext-22>
- Reyes-Avalos, W. (2016). Efecto del recipiente de cultivo sobre la supervivencia y el crecimiento de machos de *Cryphiops caementarius* en sistemas individualizados. Revista Bio Ciencias, 3(4), 311-325. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15741/revbio.03.04.06>
- Reyes, W., Terrones, S., Baltodano, I. (2017). Effects chelipeds regeneration in molting and growth of male *Cryphiops caementarius* Molina 1782 (Decapod, Palaemonidae). Revista Bio Ciencias, 4(4), 1-18. <http://dx.doi.org/10.15741/revbio.04.04.05>
- Rubio, L. (2010). *Coefficiente de digestibilidad proteica de dos tipos de ensilado, en juveniles de "camarones de río" Cryphiops caementarius, en condiciones de laboratorio*. Chimbote. Perú. Tesis de Título. Universidad Nacional del Santa. Perú.
- Saputra, I., Fotedar, R., Gupta, S.J., Siddik, M.A.B., Foysal, M.J. (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 and Shellfish Immunology, 88, 567-577. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.03.012>
- Sarman, V., Vishal. R., Mahavadiya, E., Sapra, D. (2018). Nutritional aspect for freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) farming. International Journal of Fauna and Biological Studies, 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, 40(1), 30-38. <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.01.04>
- Siddik, M.A.B., Fotedar, R., Chaklader, M.R., Foysal, M.J., 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*). Frontier in Physiology 10, 1635. <http://doi.org/10.3389/fphys.2019.01635>

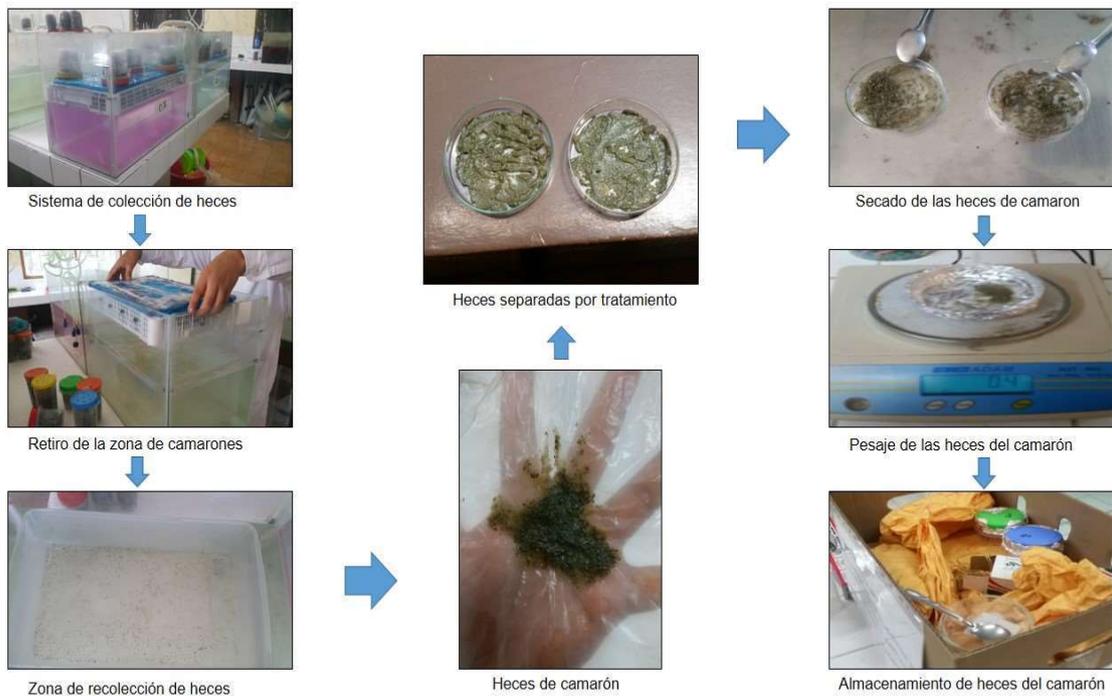
- Smith, D.M., Tabrett, S.J. (2004). Accurate measurement of in vivo digestibility of shrimp feeds. *Aquaculture*, 232, 563-580. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.08.011>
- Sundaravadivel, C., Sethuramalingam, T.A. 2017. Growth performance of *Macrobrachium idae* juveniles fed with carbohydrates rich diets. *Journal of Advanced Zoology*, 38(1), 33–42.
- Suresh, A.V., Kumaraguru, K.P., 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, 132-140. doi: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). *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 1561-1576. <https://doi.org/10.15517/rbt.v58i4.5431>
- Terrones, S., Reyes, W. (2018). Efecto de dietas con ensilado biológico de residuos de molusco en el crecimiento del camarón *Cryphiops caementarius* y tilapia *Oreochromis niloticus* en co-cultivo intensivo. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 167-176. <http://www.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.01>
- Tsai, C.Y., Chi, C.C., Liu, C.H. (2019). The growth and apparent digestibility of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, are increased with the probiotic, *Bacillus subtilis*. *Aquaculture Research*, 50(5), 1475-1481. <https://doi.org/10.1111/are.14022>
- Viacava, M., Aitken, R., Llanos, J. (1978). Estudio del camarón en el Perú. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 3(5), 165-232. Disponible en: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe:8080/bitstream/handle/123456789/977/BOL%203%285%29.pdf?sequence=3>
- Vidra, A., Tóth, A.J., Németh, Á. (2017). Lactic acid production from cane molasses. *Liquid Waste Recovery*, 2, 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. *Frontiers in Microbiology*, 10, 57. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00057>
- Wang, X., Li, E., Chen, L. (2016). A review of carbohydrate nutrition and metabolism in crustaceans. *North American Journal of Aquaculture*, 78(2), 178-187.
- Wasiw, J., Yépez, V. (2015). Evaluación poblacional del camarón *Cryphiops caementarius* en ríos de la costa sur del Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 26(2), 166-181. <http://www.doi.org/10.15381/rivep.v26i2.11103>
- Xiao, X., Han, D., Zhu, X., Yan, 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.
- Yang, Q., Zhou, X., Zhou, Q., Tn, B., Chi, S., Dong, X. (2009). Apparent digestibility of selected feed ingredients for white shrimp *Litopenaeus vannamei*, Boone. *Aquaculture Research*, 41, 78-86. <http://www.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 plantbased proteins. *Cogent Food & Agriculture*, 5, 1656917. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1656917>

ANEXO

ANEXO 1: Preparación del ensilado biológico de harina de maíz amarillo (*Z. mays*).



ANEXO 2: Recolección y procesamiento de heces de *C. (C.) caementarius*.



ANEXO 3: Resultados del análisis de proteínas, grasas, fibras y cenizas de dieta control y experimental para *C. (C.) caementarius*.



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 20190228-006

Pág. 1 de 1

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

SOLICITADO POR : ERICK OLIVASRES NARCISO

DIRECCION : Jr. Construcción 169 El Progreso -Chimbote

PRODUCTO DECLARADO : ALIMENTO PARA CAMARÓN

CANTIDAD DE MUESTRA : 02 muestras x 600g c/u

PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno, transparente y cerrada.

FECHA DE RECEPCIÓN : 2019-02-28

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2019-02-28

FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : 2019-03-01

CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.

ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.

CODIGO COLECBI : SS 190228.-14

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRAS	
	0%	75%
Proteínas (%) Factor 6,25	28.6	29.04
Grasa (%)	18.52	14.13
Cenizas (%)	13.96	9.58
Fibra (%)	1.14	0.56

METODOLOGIA EMPLEADA

Proteínas: UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006.

Grasa: UNE 64021 1970

Carbohidratos: Cálculo

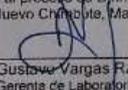
Fibra: NMX-F-090-S-1978

Cenizas: UNE 64019 1971

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C. sobre muestras ingresadas por el cliente.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Diferenciación por su perecibilidad y/o muestra única.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Marzo 02 del 2019
GVR/jms



A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.D.P. 326
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HR/E
Rev. 03
Fecha 2019-02-22

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
 Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
 Web: www.colecbi.com

ANEXO 4. Costo de producción de dietas sin y con ensilado biológico de harina de maíz amarillo (*Z. mays*).

Dieta	Soles kg ⁻¹
Sin ensilado	13.17
Con ensilado	13.35

ANEXO 5: Resultados del análisis de digestibilidad de óxido crómico, proteínas y carbohidratos en heces de *C. (C.) caementarius*.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION
LASACI



INFORME DE ANÁLISIS
LASACI N°061-2019-IQUNT

SOLICITANTE	: ERICK OLIVARES NARCIZO
MUESTRA	: HECES DE CAMARON
FECHA DE INGRESO	: 25 DE ABRIL DEL 2019
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

DETERMINACION	UNIDADES	M1	M2
PROTEINAS D.	%	23.85	24.37
CARBOHIDRATOS	%	9.75	8.58
Oxido de cromo	CrO mg/kg	3.90	4.20

Métodos kjendhal-nitrogeno

TRUJILLO 07 DE MAYO DEL 2019



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

☎ 949959632 / 933623974