

EFFECTO DE DIETAS CON ZEOLITA NATURAL EN EL CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DEL CAMARÓN DE RÍO *Cryphiops caementarius*

EFFECT OF DIETS WITH NATURAL ZEOLITE ON THE GROWTH AND SURVIVAL OF THE RIVER SHRIMP *Cryphiops caementarius*

Nataly Senmache Zamudio¹ y Walter Reyes Avalos^{2*}

¹ Escuela de Biología en Acuicultura. Universidad Nacional del Santa, Perú.

² Laboratorio de Acuicultura ornamental. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional del Santa, Perú. Av. Universitaria s/n Urbanización Bellamar, Nuevo Chimbote, Ancash, Perú.

*Autor para correspondencia: wreyes@uns.edu.pe

Recibido: 14 de mayo, 2020. Aceptado: 17 de junio, 2020

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de dietas con zeolita natural en el crecimiento y supervivencia del camarón de río *Cryphiops caementarius*. Se empleó 72 camarones machos de 4.88 cm de longitud total promedio, capturados en el río Pativilca (Perú). El cultivo se realizó en 12 acuarios (55L) con sistema de recirculación de agua y filtro biológico. En cada acuario se instaló seis recipientes donde se sembró un camarón por recipiente (32 camarones m⁻²). Se empleó cuatro dietas con 0%, 2%, 4% y 8% de zeolita, con tres repeticiones, respectivamente. Los camarones fueron alimentados con el 6% de su biomasa total. La frecuencia de alimentación fue de dos veces al día (08:00 y 16:00 h) durante seis días a la semana. El experimento duró 84 días. Los diferentes niveles de zeolita (2%, 4% y 8%) en la dieta no afectaron ($p > 0.05$) el crecimiento en longitud y peso de los camarones. En cambio, solo la dieta con 8% de zeolita ocasionó disminución ($p < 0.05$) de la supervivencia (50%) al final del periodo de cultivo, donde los camarones muertos evidenciaron signos del síndrome de la ecdisis incompleta.

Palabras claves: Zeolita, crecimiento, supervivencia, camarón, *Cryphiops*

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the effect of diets with natural zeolite on the growth and survival of the *Cryphiops caementarius* river shrimp. 72 male shrimp, 4.88 cm total length, captured from the Pativilca River (Peru) were used. The culture was carried out in 12 aquariums (55L) with a water recirculation system and a biological filter. Six containers were installed in each aquarium where one shrimp was put per container (32 shrimp m⁻²). Four diets with 0%, 2%, 4% and 8% of zeolite were used, with three repetitions, respectively. Shrimp were fed 6% of their total biomass. The feeding frequency was twice a day (08:00 and 16:00) for six days a week. The experiment lasted 84 days. The different levels of zeolite (2%, 4% and 8%) in the diet did not affect ($p > 0.05$) the growth in length and weight of shrimp. In contrast, only the diet with 8% zeolite caused a decrease ($p < 0.05$) in survival (50%) at end of the growing period, where the dead shrimp showed signs of incomplete ecdysis syndrome.

Keywords: Zeolite, growth, survival, shrimp, *Cryphiops*

1. INTRODUCCIÓN

El camarón *Cryphiops caementarius* es la especie de mayor densidad poblacional en los ríos de Arequipa (Perú), cuya extracción fue de 997 t en el 2017 (Wasiw y Yépez, 2015; Produce, 2018). Además, la especie tiene importancia gastronómica y turística (Carrillo et al., 2012) y los ejemplares machos son los que alcanzan mayor tamaño que las hembras (Reyes et al., 2018), de ahí el interés por el cultivo de la especie.

Las dietas disponibles comercialmente contienen fuentes importantes de proteínas, lípidos, carbohidratos, enzimas, astaxantina que se suplementan con vitaminas y minerales, cuyas proporciones dependen de las especies (García-Galano y Carrillo-Farnés, 2015). Los estudios nutricionales con el camarón de río *C. caementarius* son escasos y sólo se refieren a la digestibilidad aparente de la proteína del ensilado de pescado (Rubio, 2010), al uso de levadura (Cornejo et al., 2015), lecitina de soya (Acosta et al., 2018) y con ensilado biológico de residuos blandos de molusco en las dietas (Terrones y Reyes, 2018).

La zeolita natural es un mineral de aluminosilicatos microporosos cristalinos neutros, que se origina en rocas volcánicas y hay más de 45 tipos, de las cuales la clinoptilolita es el más puro, efectivo y barato (Abdel-Rahim, 2017). Las zeolitas se aplican en la remoción eficiente de metales pesados en efluentes mineros (Curi et al., 2006), en la industria, agricultura, ganadería, protección del medio ambiente (Calleja, 2009; Ghasemi et al., 2016) y se utilizan como reductores del amonio, nitritos, sulfuro de hidrógeno de los estanques de cultivos acuáticos (Óz et al., 2016; Abdel-Rahim, 2017).

Las zeolitas dietéticas tienen beneficios biológicos para los animales acuáticos al mejorar el crecimiento y la salud (Ghasemi et al., 2016). En peces de agua dulce, la inclusión de hasta 10% de zeolita en la dieta mejora la eficiencia alimenticia y el crecimiento en *Oncorhynchus mykiss* (Eya et al., 2008) y *Pterophyllum scalare* (Ghiasi y Jasour, 2012). Mientras que en *Cyprinus carpio* se emplea 5% de zeolita (Khodanazary et al., 2013) y en *Oreochromis niloticus* el 3% (El-Gendy et al., 2015). Además, en *Channa striatus* el uso de 4% y 6% de zeolita en la dieta produce, además del incremento en el crecimiento, mejoras en la respuesta inmune y en la resistencia a enfermedades causadas por *Aphanomyces invadans* (Jawahar et al., 2016).

En crustáceos, es limitado el uso de zeolita natural en dietas, solo se conoce que en las postlarvas del camarón marino *Litopenaeus schmitti* el 1% de zeolita en la dieta ocasiona mayor crecimiento en peso y menor conversión alimenticia y de igual manera sucede con *L. schmitti*, pero con 3% de zeolita en la dieta (Galindo et al., 2006). En el camarón de río *C. caementarius* hay investigaciones que evalúan otros insumos alimenticios, pero en todas ellas emplean dietas solo con el 2% de zeolita (Reyes, 2016; Acosta et al., 2018; Terrones y Reyes, 2018) y al no haberse informado que cause alguna complicación con el crecimiento y supervivencia del camarón, la especie debe soportar más del 2% de zeolita en la dieta. Esta hipótesis se sustenta en la investigación con el crustáceo de agua dulce *Astacus leptodactylus*, cuya dieta con hasta 2% de zeolita no afectó el crecimiento y es posible que soporte mayor concentración de zeolita (Zamami y Khoshkholgh, 2007). Por consiguiente, el objetivo fue evaluar el efecto de dietas con zeolita natural sobre el crecimiento y supervivencia del camarón de río *C. caementarius*.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Organismos

Los camarones procedieron del río Pativilca cerca del Centro Poblado Huayto (10°9'50''S y 77°40'02''W) a 352 msnm (Lima, Perú). Los camarones se introdujeron individualmente en vasos de plástico de 200 mL (agujereados para permitir el flujo de agua) los que se colocaron en baldes de 20 L con agua del mismo río y con aireación (Reyes, 2016). La densidad fue de 50 camarones por balde y el transporte terrestre duró 4 h. En laboratorio, todos los camarones se aclimataron durante 10 días, en el mismo sistema de transporte. Además, cada dos días se realizó recambios del 30% del agua, limpieza de los restos de alimento y de los desechos sólidos de excreción.

La especie *C. caementarius* se reconoció según Méndez (1981) y el sexo de los camarones machos se verificaron por la presencia de gonóporos en los coxopoditos del quinto par de periópodos, además se diferenciaron por el tamaño de las quelas y la amplitud del abdomen (Reyes et al., 2018). La muestra consistió de 72 camarones machos de 4.97 ± 0.89 g de peso total y de 4.88 ± 0.30 cm de longitud total (LT: desde escotadura postorbital hasta el extremo posterior del telson), con apéndices cefalotorácicos completos, seleccionados al azar de un lote de 110 ejemplares.

Sistema de cultivo

El sistema de cultivo fue el empleado por Reyes (2016), el cual consistió de 12 acuarios de vidrio (0.60 m de largo, 0.31 m de ancho y 0.35 m de alto, con área de 0.186 m² y volumen efectivo de 55 L) cada uno con un filtro biológico percolador (1.5 L min⁻¹), instalado dentro de un sistema de recirculación de agua tipo air-water-lift. Cada filtro biológico estuvo constituido por un recipiente de plástico (2.5 L) conteniendo una capa superior de espuma de poliuretano (1 cm de espesor), una capa intermedia de conchuela triturada (0.5 kg) y una capa inferior de grava de 1 a 2 cm de diámetro (0.8 kg). Además, se instaló dos difusores de aire por acuario para la circulación y aireación del agua. En cada acuario hubo seis recipientes de cultivo individuales de 284 cm², instalados en dos grupos de tres niveles y en la parte lateral de cada recipiente se instaló un tubo PVC de ½" de diámetro y 15 cm de longitud, que sobresalía el nivel del agua, por donde se introducían los gránulos de alimento balanceado. Se utilizó agua potable previamente aireada por 72 h para eliminar el cloro. La siembra fue de un camarón por cada recipiente de cultivo; es decir, se sembró seis camarones por acuario (32 camarones m⁻²).

Dietas

La dieta basal fue la que tuvo 2% de zeolita (Terrones y Reyes, 2018), luego se elaboró dietas con 0%, 4% y 8% de zeolita natural del tipo clinoptilolita. La zeolita natural de las dietas fue balanceada con la harina de maíz según lo recomendado por Jaime-Zevallos y Galindo-López (2006). Todas las dietas fueron suplementadas con 3% de levadura (Cornejo et al., 2015). Las dietas fueron peletizadas (3 mm de diámetro) con prensa manual y luego secada al ambiente durante 24 h. La composición proximal de la dieta fue de 30.0% de proteína cruda y 8.1% de lípidos totales, calculada según Pezzato (1996). El nivel de alimentación fue del 6% del peso húmedo del camarón. La frecuencia de alimentación fue de dos veces al día (08:00 y 16:00 h) distribuida en iguales proporciones durante seis días a la semana.

Tabla 1: Ingredientes de dietas para *C. caementarius* con diferentes niveles de zeolita.

Ingredientes (%)	Zeolita			
	0%	2%	4%	8%
Harina de pescado	15.0	15.0	15.0	15.0
Harina de ensilado de residuos de <i>Argopecten purpuratus</i>	15.0	15.0	15.0	15.0
Harina de soya	21.0	21.0	21.0	21.0
Harina de maíz	18.7	16.7	14.7	10.7
Aceite de pescado	2.0	2.0	2.0	2.0
Aceite de soya	0.5	0.5	0.5	0.5
Aceite de maíz	0.5	0.5	0.5	0.5
Lecitina de soya ¹	1.0	1.0	1.0	1.0
Polvillo de arroz	22.0	22.0	22.0	22.0
Melaza de caña	3.0	3.0	3.0	3.0
Zeolita	0.0	2.0	4.0	8.0
Sal común	1.0	1.0	1.0	1.0
Complexvit ²	0.3	0.3	0.3	0.3

¹: Lecitina de soya purificada comercial (Soya insípida en cápsulas blandas, contenido de fosfatídicos $\geq 60\%$).

²: 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.

Crecimiento y supervivencia

Los camarones fueron muestreados cada 28 días. El peso total de los camarones se determinó con una balanza digital ADAM AQT600 (± 0.1 g). La longitud total se midió con vernier graduado (± 1 mm) con los camarones posicionados ventralmente. Con los datos se determinó ganancia porcentual (GP), tasa de crecimiento absoluto (TCA) y tasa de crecimiento específica (TCE), y la supervivencia (S) se obtuvo contando a los camarones vivos de cada repetición por tratamiento.

$$GP (\%) = \left(\frac{X_2 - X_1}{X_1} \right) \times 100$$

$$TCA (\text{g día}^{-1} \text{ o cm día}^{-1}) = \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1}$$

$$TCE (\% \text{ día}^{-1}) = \frac{\ln X_2 - \ln X_1}{t_2 - t_1} \times 100$$

$$S (\%) = \left(\frac{N_f}{N_i} \right) \times 100$$

donde X_1 y X_2 son el peso húmedo (g) o la longitud total (cm), inicial y final; t_1 y t_2 es la duración en días; $\ln X_1$ y $\ln X_2$ es el logaritmo natural del peso o la longitud inicial y final. N_i es el número inicial de camarones y N_f el número final de camarones.

Calidad del agua

La limpieza de los acuarios se realizó diariamente por sifoneo de los desechos sólidos. El 30% del agua de cada acuario se renovó dos veces por semana. La calidad del agua fue monitoreada cada semana y se registró temperatura con termómetro de Hg de (± 0.1 °C), pH con pH metro Oaklon PC650 (± 0.01 unidades) y oxígeno disuelto con Oxímetro Oaklon PD650 (0.1 mg L^{-1}). El amonio total y los nitritos se analizaron con Test colorimétricos Nutrafin ($\pm 0.5 \text{ mg L}^{-1}$).

Análisis de datos

Los datos se procesaron con el programa Excel. La normalidad de los datos se analizó mediante Kolmogorov-Smirnov. Las diferencias entre las medias de los tratamientos se determinaron con análisis de varianza simple y con la prueba pos hoc de Duncan. En todos los casos la significancia fue del 5%. Los análisis estadísticos se efectuaron con el software estadístico SPSS versión 23 para Windows.

3. RESULTADOS

Calidad del agua

Los parámetros ambientales durante los 84 días de cultivo de *C. caementarius* alimentados con diferentes niveles de zeolita, fueron similares ($p > 0.05$) entre tratamientos (Tabla 2). La temperatura del agua fue de ~ 23.50 °C, el oxígeno disuelto de $\sim 6.50 \text{ mg L}^{-1}$ y el pH fue neutro. El amonio total varió entre 0.01 a 0.02 mg L^{-1} y los nitritos entre 0.03 a 0.04 mg L^{-1} .

Tabla 2: Parámetros físicos y químicos del agua de cultivo de adultos de *C. caementarius* alimentados con diferentes niveles de zeolita natural, durante 84 días de cultivo.

Zeolita	Temperatura (°C)	Oxígeno (mg L ⁻¹)	pH	Amonio Total (mg L ⁻¹)	Nitritos (mg L ⁻¹)
0%	23.33 ± 0.56 ^a	6.76 ± 0.10 ^a	7.06 ± 0.04 ^a	0.02 ± 0.01 ^a	0.03 ± 0.01 ^a
2%	23.33 ± 0.56 ^a	6.12 ± 1.04 ^a	7.02 ± 0.14 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	0.04 ± 0.01 ^a
4%	23.67 ± 0.56 ^a	6.69 ± 0.22 ^a	7.06 ± 0.03 ^a	0.01 ± 0.01 ^a	0.04 ± 0.01 ^a
8%	23.67 ± 0.56 ^a	6.63 ± 0.17 ^a	7.08 ± 0.14 ^a	0.01 ± 0.01 ^a	0.03 ± 0.01 ^a

Datos con letras en súper índice diferentes en una misma fila indica que hay diferencia significativa ($p < 0.05$).

Crecimiento

El crecimiento en longitud (Fig. 1A) y en peso (Fig. 1B) de los camarones adultos de *C. caementarius* alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta, fueron similares ($p > 0.05$) durante el periodo experimental. Sin embargo, a los 84 días de cultivo, los camarones que se alimentaron con 2% y 4% de zeolita en la dieta, crecieron más en peso (7.35 g y 7.29 g, respectivamente) que aquellos alimentados con 0% y 8% de zeolita (6.36 g y 6.83 g, respectivamente) (Fig. 1B), aunque sin diferencias significativas ($p > 0.05$).

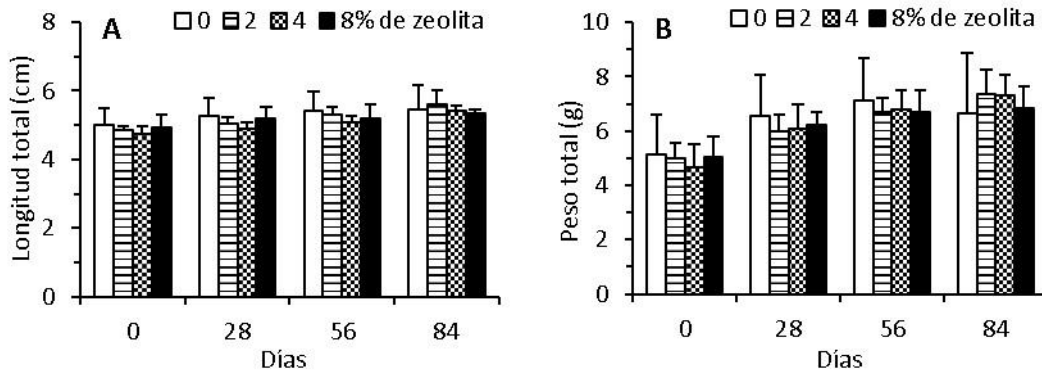


Figura 1. Crecimiento en longitud (A) y peso (B) de adultos de *C. caementarius* alimentados con diferentes niveles de zeolita natural durante 84 días de cultivo.

Los parámetros de crecimiento en longitud y peso de los camarones adultos de *C. caementarius* alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta, fueron similares ($p > 0.05$) durante el periodo de cultivo. Sin embargo, la ganancia porcentual y la tasa específica de crecimiento, tienden a ser mayor con 2% de zeolita, seguida por la dieta con 4% de zeolita; en cambio, los valores más bajos se obtuvieron con 8% y 0% de zeolita (Tabla 3).

Supervivencia

Los camarones alimentados sin zeolita y con 2% de zeolita en la dieta sobrevivieron durante el periodo de cultivo. En los camarones alimentados con 4% de zeolita la supervivencia fue de 94% a los 84 días de cultivo y la muerte de un camarón fue por causas desconocidas. En los camarones alimentados con 8% de zeolita, la supervivencia fue del 50% en el día 84 de cultivo (Fig. 2), siendo significativamente ($p < 0.05$) menor que los demás tratamientos. En este último tratamiento, los camarones encontrados muertos mostraron signos de haber iniciado la ecdisis, otros murieron después de haber realizado la autotomía del quelípodo mayor debido a la dificultad de culminar con el proceso de la ecdisis, y algunos camarones murieron con el cuerpo encorvado.

Tabla 3. Parámetros de crecimiento en longitud y peso de adultos de *C. caementarius* alimentados con diferentes niveles de zeolita natural, durante 84 días de cultivo (Media \pm desviación estándar).

Parámetros	Zeolita			
	0%	2%	4%	8%
Longitud inicial (cm)	4.99 \pm 0.49 ^a	4.84 \pm 0.12 ^a	4.73 \pm 0.22 ^a	4.94 \pm 0.37 ^a
Longitud final (cm)	5.45 \pm 0.70 ^a	5.61 \pm 0.40 ^a	5.40 \pm 0.17 ^a	5.36 \pm 0.10 ^a
GP (%)	8.94 \pm 3.23 ^a	15.82 \pm 5.66 ^a	14.39 \pm 3.35 ^a	9.06 \pm 9.79 ^a
TCA (cm día ⁻¹)	0.01 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.01 ^a
TCE (% longitud día ⁻¹)	0.102 \pm 0.035 ^a	0.174 \pm 0.059 ^a	0.160 \pm 0.035 ^a	0.100 \pm 0.110 ^a
Peso inicial (g)	5.15 \pm 1.43 ^a	4.99 \pm 0.56 ^a	4.68 \pm 0.85 ^a	5.06 \pm 0.73 ^a
Peso final (g)	6.63 \pm 2.25 ^a	7.35 \pm 0.92 ^a	7.29 \pm 0.77 ^a	7.31 \pm 1.56 ^a
GP (%)	27.46 \pm 7.40 ^a	47.13 \pm 4.14 ^a	57.72 \pm 15.83 ^a	37.77 \pm 30.49 ^a
TCA (g día ⁻¹)	0.02 \pm 0.01 ^a	0.03 \pm 0.00 ^a	0.03 \pm 0.00 ^a	0.02 \pm 0.02 ^a
TCE (% peso día ⁻¹)	0.29 \pm 0.07 ^a	0.46 \pm 0.03 ^a	0.54 \pm 0.12 ^a	0.36 \pm 0.29 ^a
Supervivencia (%)	100.00 \pm 0.00 ^a	100.00 \pm 0.00 ^a	94.44 \pm 9.62 ^a	50.00 \pm 16.67 ^b

GP: Ganancia porcentual, TCA: Tasa de crecimiento absoluto, TCE: Tasa de crecimiento específico. Datos con letras en súper índice diferentes en una misma fila indica que hay diferencia significativa ($p < 0.05$).

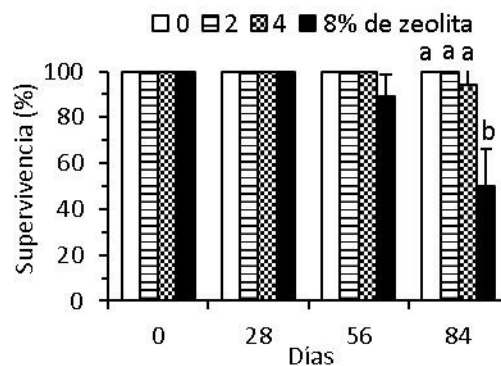


Figura 2: Supervivencia de adultos de *C. caementarius* alimentados con diferentes niveles de zeolita, durante 84 días de cultivo.

4. DISCUSIÓN

La temperatura del agua (~ 23 °C) estuvo dentro de lo registrado para el ambiente natural de la especie de camarón (Wasiw y Yépez 2015). Las concentraciones de oxígeno (~ 6.50 mg L⁻¹), amonio total (≤ 0.02 mg L⁻¹) y los nitritos (≤ 0.04 mg L⁻¹) fueron similares entre tratamientos y estuvieron dentro del rango aceptable para especies acuáticas de agua dulce (Timmons et al., 2002). Por consiguiente, los valores de la calidad del agua no influyeron en el crecimiento y supervivencia del camarón.

En el presente estudio, se demostró que los diferentes niveles de zeolita (2%, 4% y 8%) en la dieta no afectaron ($p>0.05$) el crecimiento en longitud y peso de ejemplares machos de *C. caementarius* durante los 84 días de cultivo. Estos resultados podrían ser debido a que utilizamos camarones adultos (>4 cm de LT), cuyas necesidades nutricionales son distintas a otros estados ontogénicos como postlarvas o juveniles (Hernández et al., 2015) que es necesario estudiarlos. En postlarvas de *L. schmitti* el uso del 1% de zeolita en la dieta ocasiona mayor crecimiento (Galindo et al., 2006).

El crecimiento de los camarones machos de *C. caementarius* alimentados con y sin zeolita en la dieta fueron similares, pero el crecimiento en peso tiende a ser mayor en aquellos alimentados con 2% y 4% de zeolita. Estos resultados indicarían que los nutrientes de la dieta son aprovechados por los camarones adultos cuando hay cierta concentración de zeolita en la dieta, y probablemente se requiera mayor tiempo de cultivo para observar el efecto de estas concentraciones de zeolita en la dieta sobre el crecimiento del camarón. Las zeolitas poseen propiedades que favorecen la nutrición mediante la eficiencia de utilización de los alimentos e influyen en el crecimiento tanto en *L. schmitti* (Jaime-Ceballos y Galindo-López, 2006) como en diversos peces de agua dulce como *O. mykiss* (Eya et al., 2008), *P. scalare* (Ghiasi y Jasour, 2012), *C. carpio* (Khodanazary et al., 2013), *O. niloticus* (El-Gendy et al., 2015), entre otros.

La adición de hasta 4% de zeolita en la dieta fue inocua para *C. caementarius*, por la alta supervivencia ($>94\%$) mantenida durante el periodo experimental, con lo cual se confirma la hipótesis en lo relacionado a que la especie soporta mayor concentración de zeolita (4%) que aquellas de investigaciones previas (2%) (Reyes, 2016; Acosta et al., 2018; Terrones y Reyes, 2018) y con lo informado para *A. leptodactylus* (Zamami y Khoshkholgh, 2007). En *L. schmitti* no hubo mortalidad de postlarvas cuando se alimentó hasta con 3% de zeolita en el alimento (Galindo et al., 2006).

La mayor concentración de zeolita (8%) en la dieta ocasionó disminución significativa ($p<0.05$) de la supervivencia (50%) de *C. caementarius* después de los 56 días de cultivo, lo que indicaría que esta concentración de zeolita probablemente altera la absorción de nutrientes a nivel del tracto digestivo del camarón. Se conoce que la clinoptilolita es un intercambiador de iones, y la ingestión de esta o de zeolitas similares modifican la saturación iónica, el pH y el poder amortiguador de los jugos digestivos, reflejada en la disminución de la actividad enzimática, en los procesos de transporte a través del epitelio intestinal y en el equilibrio de electrolitos en el organismo (Boranić, 2000). Esta alteración influye en el paso de los nutrientes en el tracto digestivo de los animales (Trckova et al., 2004; Eya et al., 2008).

Además, los camarones alimentados con 8% de zeolita mostraron signos evidentes de haber sufrido el síndrome de la ecdisis incompleta. Este síndrome sucede en camarones machos de *C. caementarius* por deficiencia de lecitina de soya en la dieta (Acosta et al., 2018; Reyes, 2018). La lecitina de soya mejora la digestibilidad y absorción del colesterol (Irvin et al., 2010) necesario para la síntesis de ecdisona que se requiere para el proceso de la muda de los crustáceos (Kumar et al., 2018). En consecuencia, la alta concentración de zeolita en la dieta afectó la asimilación de lecitina de soya, evidenciado por la dificultad para culminar con la ecdisis.

5. CONCLUSIONES

Los diferentes niveles de zeolita (2%, 4% y 8%) en la dieta no afectaron ($p>0.05$) el crecimiento en longitud y peso de ejemplares machos de *C. caementarius* durante los 84 días de cultivo. En cambio, la dieta con 8% de zeolita ocasionó disminución ($p<0.05$) de la supervivencia (50%) del camarón al final del periodo de cultivo, donde los camarones muertos evidenciaron signos del síndrome de la ecdisis incompleta.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Rahim, M. (2017). Sustainable use of natural zeolites in aquaculture: A short review. *Fisheries and Oceanography Open Access Journal*, 2(4): 1-5. DOI: <http://dx.doi.org/10.19080/OFOAJ.2017.02.555593>
- Acosta, A., Quiñones, D., y 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. DOI: <http://www.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.15>
- Boranić, M. (2000). What a physician should know about zeolites. *Lijec. Vjesn*, 122: 292–298.
- Calleja, A. (2009). Importancia de las zeolitas. *Cuadernos del Tomás*, 1: 211- 227. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3760692>
- Carrillo, G., Pacora, F., Risco, R. & Zepa, L. (2012). Plan estratégico para el camarón de río. Tesis de Magíster. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. 177 pp. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/4595>
- Cornejo, J., Pérez, L. y Reyes, W. (2015). Effect of *Saccharomyces cerevisiae* yeast in the diet of male shrimp *Cryphiops caementarius* (Crustacea, Palaemonidae) on total and differential hemocytes count. *Revista Bio Ciencias*, 3(3): 173-186.
- Curi, A., Granda, W., Lima, H. y Sousa W. (2006). Las zeolitas y su aplicación en la descontaminación de efluentes mineros. *Inf. Tecnol.*, 17(6): 111-118. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642006000600017>.
- El-Gendy, M., Gouda, y Shehad, M. (2015). Effect of zeolite on feeding rates and growth performance for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Scientific Research in Agricultural Sciences*, 2: 18-24.
- Eya, J., Parsons, A., Haile, I. y Jagidi, P. (2008). Effects of dietary zeolites (bentonite and mordenite) on the performance juvenile rainbow trout *Onchorhynchus myskis*. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2(4): 961-967.
- Galindo, J., Barbarito, J., Fraga, I. y Álvarez, S. (2006). Empleo de zeolita en la alimentación del camarón blanco *Litopenaeus schmitti*. *Comunicación Científica CIVA-2006*, 106-112.
- García-Galano, T. y Carrillo-Farnés, O. (2015). Nutrición del camarón blanco, *Litopenaeus schmitti* Burkenroad: 25 años de investigación científica. *Revista Investigaciones Marinas*, 35(2): 24-40.
- Ghasemi, Z., Sourinejad, I., Kazemian, H. y Rohani, S. (2016). Application of zeolites in aquaculture industry: a review. *Reviews in Aquaculture*, 0: 1-21. DOI: <http://www.doi.org/10.1111/raq.12148>
- Ghiasi, F. y Jasour, M. (2012). The effects of natural zeolite (Clinoptilolte) on aquarium fish, Angel (*Pterophyllum scalare*). *International Journal of Research in Fisheries and Aquaculture*, 2(3): 22-25.
- Hernández, L., Padilla, A., Fernández, M. y López, O. (2015). Avances en Requerimientos Nutricionales de Langostinos Nativos. En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., NietoLópez, M.G., Villarreal-Cavazos, D. A., Gamboa-Delgado, J., Rivas Vega, M. y Miranda Baeza, A. (Eds). *Nutrición Acuícola: Investigación y Desarrollo*, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, pp.82-93. <http://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/35/35>
- Irvin, J., Williams, K., Barclay, M. y Tabrett, S. (2010). Do formulated feeds for juvenile *Panulirus ornatus* lobsters require dietary cholesterol supplementation? *Aquaculture*, 307(3-4): 241-246. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.07.026>
- Jaime-Ceballos, B. y Galindo-López, J. (2006). Dietas para el cultivo de *Litopenaeus schmitti*, una revisión. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 7(12). 1-13.
- Jawahar, S., Nafar, A., Vasanth, K., Musthafa, M., Arockiaraj, J., Balasundaram, C. y Harikrishnan, R. (2016). Dietary supplementation of zeolite on growth performance, immunological role, and disease resistance in *Channa striatus* against *Aphanomyces invadans*. *Fish & Shellfish Immunology*, 51: 161-169. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.02.019>
- Khodanazary, A., Boldaji, F., Tatar, A. y Dastar, B. (2013). Effects of dietary zeolite and perlite supplementations on growth and nutrient utilization performance, and some serum variables in common carp, (*Cyprinus carpio*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13(3): 495-501. DOI: http://doi.org/10.4194/1303-2712-v13_3_12
- Kumar, V., Kumar, A., Romano, M., Allen, K.M., Bowman, B., Thompson, K. y Tidwell, J.H. (2018). Metabolism and nutritive role of cholesterol in the growth, gonadal development, and reproduction of

- crustaceans. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26(2): 254-273. DOI: <https://doi.org/10.1080/23308249.2018.1429384>
- 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. Mar Perú – Callao*, 5:1-170. Disponible en: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe:8080/bitstream/handle/123456789/1028/BOL%205.pdf?sequence=1>
- Öz, M., Şahin, D. y Aral, O. (2016). The effect of natural zeolite clinoptilolite on aquarium water conditions. *J. Biol. & Chem.*, 44(2): 205-208. DOI: <http://www.doi.org/10.15671/HJBC.20164418130>
- Pezzato, A. (1996). Balanceamiento de raciones para peces tropicales. Programa ALITE versión 1.10B. Produce. (2018). Anuario estadístico pesquero y acuícola 2017. La actividad productiva del sector en números. Ministerio de la Producción. http://ogeiee.produce.gob.pe/images/Anuario/Pesca_2017.pdf
- Reyes, W. (2016). Efecto del recipiente de cultivo sobre la supervivencia y el crecimiento de machos de *Cryphiops caementarius* en sistemas individualizados. *Revista Biociencias*, 3(4): 311-325.
- Reyes, W., Ferrer, K. y Sernaqué, J. (2018). Dimorfismo sexual del camarón *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae). En: Reyes, W.E. (Ed.). Memoria del XVIII Congreso Nacional de Estudiantes de Biología. Trabajos de investigación escritos en extenso. Nuevo Chimbote, del 3 al 8 de septiembre de 2017. pp. 14-16.
- Reyes, W. (2018). El síndrome de la ecdisis incompleta en machos adultos de *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae) y sus consecuencias en cultivo intensivo. *Rev Inv Vet Perú*, 29(1): 368-374 DOI: <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i1.14200>
- Rubio, L. (2010). Coeficiente de digestibilidad proteica de dos tipos de ensilado, en juveniles de “camarón de río” *Cryphiops caementarius* (Molina, 1872) (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae), en condiciones de laboratorio. Tesis de Título. Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote. Perú. 38 pp.
- Terrones, S. y 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. DOI: <http://www.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.01>
- Timmons, M., Ebeling, J., Wheaton, F., Summerfelt, S. y Vinci, B. (2002). Sistemas de recirculación para la acuicultura. 2da. Edic. Fundación Chile. 745 pp.
- Trckov, M., Matlova, L., Dvorska, L. y Pavlik, I. (2004). Kaolin, bentonite, and zeolites as feed supplements for animals: health advantages and risks. *Vet. Med. Czech*, 49(10): 389–399.
- Wasiw, J. y Yépez, V. (2015). Evaluación poblacional del camarón *Cryphiops caementarius* en ríos de la costa sur del Perú. *Rev Inv Vet Perú*, 26(2): 166-181. DOI: <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v26i2.11103>
- Zamami, H. y Khoshkholgh, M. (2007). Effects of zeolite level on growth indexes of juvenile freshwater crayfish (*Astacus leptodactylus*). *Irianian Scientific Fisheries Journal*, 16(3): 81-90.