

CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE POSTLARVAS DE *Macrobrachium inca* (HOLTHUIS, 1950) (CRUSTACEA, PALAEMONIDAE) ALIMENTADAS CON ENSILADO BIOLÓGICO

GROWTH AND POSTLARVAL SURVIVAL OF *Macrobrachium inca* (HOLTHUIS, 1950) (CRUSTACEA, PALAEMONIDAE) FED BIOLOGICAL SILAGE

Evelyn Dávila, Josselyne Medina y Walter Reyes

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el crecimiento y supervivencia de postlarvas de *Macrobrachium inca* alimentadas con harina de ensilado de residuos blandos de *Argopecten purpuratus*. Se emplearon 12 acuarios de 4 l con agua salobre (12 ups). En cada acuario se sembraron 30 postlarvas (517 postlarvas m⁻²) de 12 mm y 54 mg. Se elaboraron dietas con 0, 25, 50 y 100 % de harina de ensilado, administrándose el 10 % de la biomasa total, dos veces al día durante 42 días. Los resultados muestran que el crecimiento de las postlarvas, tanto en longitud como en peso, no se afectó significativamente ($p > 0,05$) por el ensilado en la dieta. Sin embargo, la supervivencia con el ensilado varió entre 85 % y 91 %, significativamente mayor que con la dieta control, que fue del 75 %. Por tanto, se considera que este ensilado biológico es un insumo alternativo válido para las dietas de *M. inca*.

PALABRAS CLAVE: Ensilado, *Argopecten*, camarón, *Macrobrachium inca*, postlarva

ABSTRACT

The aim was to evaluate the growth and survival of postlarvae of *Macrobrachium inca*, fed biological silage meal made from *Argopecten purpuratus* soft waste. We used 12 aquaria of 4 l each with brackish water (12 psu). Postlarvae of 12 mm and 54 mg were stocked in each aquarium (517 postlarvae m⁻²). Diets were prepared with 0, 25, 50 and 100 % of silage meal and postlarvae were fed at the rate of 10 % of the total biomass, twice a day for 42 days. The growth of the postlarvae, both in weight and length, was not significantly affected ($p > 0,05$) by the food treatment. However, survival with experimental diets was 85 % to 91 %, significantly higher than that with the control diet, which was 75 %. Therefore this silage biological is deemed a valid alternative diet for this species.

KEY WORDS: Silage, *Argopecten*, shrimp, *Macrobrachium inca*, Postlarva

INTRODUCCIÓN

En la formulación de dietas de peces y crustáceos se emplea generalmente harina de pescado, por poseer entre 65 y 70 % de proteína en su composición proximal, 90 % de digestibilidad, aminoácidos, vitaminas, minerales y ácidos grasos poliinsaturados (Zaldivar, 2002). Sin embargo, el costo y la disponibilidad en el mercado encarecen las dietas, por lo que existe la necesidad de evaluar insumos alternativos como los

desechos provenientes del procesamiento de productos alimenticios.

El cultivo de concha de abanico *Argopecten purpuratus* es la principal actividad acuícola del Perú. En el 2010 se cosecharon 58 101 t, que representan el 65,27 % de la producción total (Mendoza, 2011). Los desperdicios que se producen durante su procesamiento contienen 15 % de residuos blandos y 54 % de valvas (Encomendero y Uchpa, 2002). Los residuos blandos (manto, branquias

Dirección de los autores:

Escuela de Biología en Acuicultura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional del Santa. Av. Universitaria s/n Urb. Bellamar, Nuevo Chimbote, Ancash (Perú). Urbanización Nicolás Garatea Mz. 20 Lte. 1. Nvo. Chimbote. Cel. 979082450 - RPM # 979082450 evi_ekda@hotmail.com, meggy18_6@hotmail.com (E.D.A., J.M.B). Departamento Académico de Biología, Microbiología y Biotecnología. wreyes_avalos@hotmail.com (W.R.A).



y tracto digestivo) presentan un alto contenido de proteínas. En otras especies de bivalvos como *Aequipecten gibbus* los residuos blandos contienen entre 70 % y 85 % de proteínas con alta proporción de aminoácidos como lisina, metionina y treonina (Myer et al., 1990). En *Spisula solidissima* se determinó un 66,2 % de proteínas y un alto contenido de lisina, metionina y cisteína (Wohlt et al., 1994).

Los residuos blandos de *A. purpuratus* han sido procesados como ensilados utilizando bacterias lácticas (*Lactobacillus* y *Streptococcus*) que bajan el pH desde 5,3 a 4,6 en 48 h. Se ha determinado que estos residuos contienen 45,12 % de proteína (materia seca) (Encomendero y Uchpa, 2002) y que su digestibilidad aparente de proteínas es del 52,59 % (Rubio, 2010). Los ensilados se basan en la acidificación del medio, a modo de favorecer la proteólisis de la materia orgánica para generar un producto pastoso (Berenz, 1996; González y Marín, 2005). Debido a esto, los ensilados son más digeribles, asimilables y producen efectos benéficos en los organismos (Giraud et al., 1994; Serna y Naranjo, 2005).

El ensilado de residuos pesqueros es utilizado en un 40 % en dietas para alevines de *Oreochromis* sp. (Llanes et al., 2007) y en 9 % en juveniles de *Colossoma macropomum* (Padilla et al., 2000). El ensilado de cabezas de langostinos puede reemplazar completamente a la harina de pescado en dietas de *Oreochromis niloticus*, porque los parámetros de crecimiento y supervivencia no difieren de las dietas con menor contenido de ensilado (Cavalheiro et al., 2007). En *Macrobrachium rosenbergii* se emplea 24 % de ensilado de maíz (Coelho y Massamitu, 2006), en *Litopenaeus schmitti* se utiliza 59 % de ensilado de pescado (Balsinde et al., 2003), 15 % de ensilado biológico de desechos de sardina (Gonzales et al., 2007), y 16,5 % de ensilado de desechos de tilapia (Fraga-Castro et al., 2011). En todos los casos existen mejoras en el crecimiento y supervivencia de los animales.

El camarón de río *M. inca* es un palaemónido que se distribuye desde el cabo de San Francisco en Ecuador (Holthuis, 1952) hasta el río Pativilca en Perú (Amaya y Guerra, 1976; Luque, 2008), pero en la costa norte peruana es donde tiene importancia comercial. *M. inca* es una de las ocho especies del mismo género que habitan en Perú (Méndez, 1982). Sólo se reportan estudios en bioecología (Tovar, 1977), reproducción (Mantilla, 1973; Pérez, 1976), crianza extensiva en

reservorio (Ramírez, 1977) y larvicultura (Guerra et al., 1987). Sin embargo, existe escaso conocimiento sobre aspectos nutricionales de esta importante especie. El objetivo de esta investigación fue evaluar el crecimiento y supervivencia de postlarvas de *M. inca* alimentadas con diferentes porcentajes de inclusión de harina de ensilado proveniente de residuos blandos de *A. purpuratus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las postlarvas (PLs) de *M. inca* fueron capturadas en el río Lacramarca (09°07'70''S y 78°34'20''W), provincia del Santa, departamento de Ancash (Perú), y transportadas al laboratorio e identificadas según Méndez (1982). Fueron seleccionadas 462 PLs (12 mm y 54 mg), las cuales fueron aclimatadas durante una semana en acuarios de 40 l con aireación y alimentadas con la dieta control. Las unidades experimentales consistieron en 12 acuarios de vidrio de 4 l, con agua a 12 ups, según lo recomendado para crianza en alta densidad (Reyes et al., 2006).

Se utilizaron residuos blandos de *A. purpuratus* de la empresa Marpesa, melaza de caña de azúcar de la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A y bacterias de yogurt comercial (*Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus termophilus* DVS YC-180), producidas como liofilizadas por la firma Chr. Hansen. Las bacterias de yogurt fueron activadas en dos etapas (Berenz, 1996). La primera etapa fue la preparación del cultivo madre que se efectuó con 2 l de leche previamente esterilizada a 90°C durante 30 min. y luego enfriada, a la cual se le agregaron 2 g de bacterias liofilizadas que fueron incubadas a 40°C durante 5 h. La segunda etapa consistió en esterilizar leche para inocular 3 % de cultivo madre e incubarla a 40°C durante 5 h. Todos los residuos blandos fueron sometidos a cocción a 100°C durante 40 min., luego enfriados al ambiente y triturados en un molino de carne. Se adicionó melaza (10 ml 100 g⁻¹ de residuos húmedos) e inóculo de bacterias de yogurt (20 ml 100 g⁻¹ de residuos húmedos), en las proporciones recomendada por Encomendero y Uchpa (2002) para ensilar residuos blandos de *A. purpuratus*. El pH inicial de la mezcla fue de 5,2 (pH-metro digital ± 0,01 unidades, marca OAKTON 110). La incubación se realizó en botellas de vidrio de 500 ml a 40°C durante 48 h, obteniéndose un pH final de 4,20. El ensilado obtenido fue secado a 42°C durante 48 h.

Fueron elaboradas cuatro dietas, conteniendo 0, 25, 50 y 100 % de harina de ensilado. Los valores proximales de los ingredientes utilizados en la dieta correspondieron a los indicados en el programa Alite Versión 1.10B (Pezzato, 1996), con los cuales se obtuvo la composición

proximal de la dieta (Tabla 1). Se utilizó una peletizadora para manufacturar pellets de 3 mm de largo y 3 mm de diámetro, los cuales fueron secados al ambiente ($21,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$) durante 24 h.

Tabla 1. Ingredientes utilizados y composición proximal¹ de las dietas con diferentes porcentajes de harina de ensilado de residuos blandos de *A. purpuratus*.

Ingredientes	Harina de ensilado			
	0 %	25 %	50 %	100 %
Harina de pescado	34,50	25,88	17,25	0,00
Harina de ensilado	0,00	8,62	17,25	34,50
Harina de soya	30,00	30,00	30,00	30,00
Polvillo de arroz	6,00	6,00	6,00	6,00
Harina de maíz	23,00	23,00	23,00	23,00
Zeolita	1,00	1,00	1,00	1,00
Melaza	1,00	1,00	1,00	1,00
Aceite de pescado	2,00	2,00	2,00	2,00
Aceite de soya	2,00	2,00	2,00	2,00
Premix ²	0,50	0,50	0,50	0,50
Proteína bruta (%)	35,01	34,16	33,30	34,40
Lípidos (%)	9,03	8,43	7,82	6,39
Fibra (%)	3,01	3,01	3,01	3,28
Energía (Kcal kg ⁻¹)	2931,41	2674,36	2417,02	1868,22
ELN (%)	29,23	28,92	28,61	24,79
Fosfato (%)	1,14	0,88	0,62	0,11
Calcio (%)	2,86	2,50	1,47	0,11
w3 (%)	3,01	2,89	2,77	2,53
w6 (%)	0,93	0,92	0,92	0,78
Cisteína (%)	0,40	0,37	0,33	0,29
Metionina (%)	0,84	0,69	0,53	0,25
Lisina (%)	2,12	1,81	1,51	1,11

¹ Los valores proximales de los ingredientes utilizados en la dieta se encuentran dentro del programa ALITE Versión 1.10B (Pezzato (1996), con los cuales se obtuvo la composición proximal. ELN = Extracto libre de nitrógeno; W3 = Omega 3; W6 = omega 6.

² Comprende (kg⁻¹): Vitaminas A 8g; E 7g; B1 8g; B2 16g; B6 11,6g; B12 0,02g; C 5g; D3 5g; K3 1g; Nicotinamida 10g; Niacina 6g; Biotina 0,3g; DL Metionina 20g; Pantotenato de calcio 47g; Cloruro de sodio 2,7g; Cloruro de potasio 34g; Sulfato de magnesio 7g; Maca 5g; y Excipientes para 1 kg.

Después del período de aclimatación, fueron seleccionados 360 PLs de 12 mm de longitud total (escotadura postorbital a extremo posterior del telson) y 54 mg de peso total, sembrando al azar 30 PLs en cada acuario (517 PLs m⁻²). El alimento administrado correspondió al 10 % de la biomasa total, y se suministró dos veces al día (08:00 y 18:00 h) durante seis días cada semana. Los acuarios se limpiaron diariamente. Se efectuaron muestreos cada 14 días, extrayéndose seis PLs de cada acuario para medir la longitud total (mediante una regla graduada en milímetros) y el peso total (con una balanza digital de precisión $\pm 0,01$ g, marca TANITA). El crecimiento fue expresado como

tasa de crecimiento absoluto (TCA), tasa de crecimiento específica (TCE) y ganancia porcentual (GP) (El-Sherif y Ali, 2009), así:

$$\text{TCA} = (X_2 - X_1) / (t_2 - t_1)$$

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

$$\text{GP} (\%) = [(X_2 - X_1) / X_1] \times 100$$

donde X_1 y X_2 son el peso húmedo o la longitud total inicial y final, respectivamente, y t_1 y t_2 son los correspondientes tiempos transcurridos, en días.

La sobrevivencia (S) fue determinada cada 14 días, mediante la siguiente fórmula:

$$S = (\text{N}^\circ \text{ de individuos vivos} \times 100) / \text{Total de individuos.}$$

El 50 % del agua de los acuarios fue recambiada cada siete días. La temperatura y el oxígeno del agua fueron medidos con un oxímetro digital ($\pm 0,01 \text{ mg l}^{-1}$, marca YSI 55), la salinidad con un refractómetro ($\pm 0,5$ ups, marca ATAGO S-28E), el pH con un pH-metro digital ($\pm 0,01$ unidades, marca OAKTON 110), y los nitritos y el amonio total con un kit colorimétrico (Nutrafin).

Los análisis estadísticos fueron efectuados mediante el programa estadístico SPSS Versión 18.0. Las diferencias entre medias de los tratamientos fueron determinadas mediante un análisis de varianza de una vía ($\alpha = 0,05$), aplicando luego una prueba post-hoc (Duncan).

RESULTADOS

Las PLs de *M. inca* aceptaron el alimento balanceado elaborado con los diferentes porcentajes de harina de ensilado. El crecimiento absoluto en longitud de las PLs fue superior desde los 28 días con 100 % de ensilado. Menores crecimientos se registraron, en su orden, con los tratamientos de 50 %, 0 % y 25 % de ensilado. Al día 42 el crecimiento fue mayor con 100 % de ensilado

(21,87 mm) y menor con 25 % de ensilado (19,20 mm). La TCA en longitud fue mayor ($0,24 \text{ mm día}^{-1}$) en las PLs alimentadas con 100 % de ensilado y menor ($0,17 \text{ mm día}^{-1}$) con 25 % de ensilado. La TCE en longitud fue mayor ($1,42 \% \text{ día}^{-1}$) en las PLs alimentadas con 100 % de ensilado y menor ($1,12 \% \text{ día}^{-1}$) con 25 % de ensilado. La GP en longitud fue mayor (82,22 %) en las PLs alimentadas con 100 % de ensilado y menor (60 %) con 25 % de ensilado. En ninguno de los casos se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) en los diferentes indicadores de crecimiento en longitud (Tabla 2).

El al crecimiento absoluto en peso, este fue exponencial durante el período experimental, siendo superior con 50 % y 100 % de ensilado hasta los 28 días. Al día 42 sólo fue mayor con 50 % de ensilado (200,55 mg) y menor con 25 % (163,23 mg). La TCA en peso fue mayor ($3,49 \text{ mg día}^{-1}$) en las PLs alimentadas con 50 % de ensilado y menor ($2,60 \text{ mg día}^{-1}$) con 25 % de ensilado. La TCE en peso fue mayor ($3,13 \% \text{ día}^{-1}$) en las PLs alimentadas con 50 % de ensilado y menor ($2,62 \% \text{ día}^{-1}$) con 25 % de ensilado. La GP en peso fue mayor (271,57 %) en las PLs alimentadas con 50 % de ensilado y menor (202,28 %) con 25 % de ensilado. En ningún caso se presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en los diferentes indicadores de crecimiento en peso (Tabla 2).

Tabla 2. Diferentes indicadores del crecimiento, en longitud y en peso, y porcentaje de supervivencia de postlarvas de *M. inca* alimentadas con diferentes porcentajes de harina de ensilado de residuos blandos de *A. purpuratus*, durante 42 días. En cada caso se indica el promedio \pm desviación estándar. TCA: Tasa crecimiento absoluto; TCE: Tasa de crecimiento específico; GP: Ganancia porcentual. Datos con letras iguales indican que no hay diferencia significativa ($p > 0,05$).

Indicador	Harina de ensilado			
	0 %	25 %	50 %	100 %
LONGITUD				
Inicial (mm)	12,00 ^a \pm 0,01	12,00 ^a \pm 0,01	12,00 ^a \pm 0,01	12,00 ^a \pm 0,01
Final (mm)	20,40 ^a \pm 0,53	19,20 ^a \pm 1,06	21,40 ^a \pm 0,00	21,87 ^a \pm 2,50
TCA (mm día ⁻¹)	0,20 ^a \pm 0,13	0,17 ^a \pm 0,03	0,22 ^a \pm 0,00	0,24 ^a \pm 0,06
TCE (% longitud día ⁻¹)	1,26 ^a \pm 0,06	1,12 ^a \pm 0,13	1,38 ^a \pm 0,00	1,42 ^a \pm 0,28
GP (%)	70,00 ^a \pm 4,41	60,00 ^a \pm 8,82	78,33 ^a \pm 0,00	82,22 ^a \pm 2,84
PESO				
Inicial (mg)	54,00 ^a \pm 0,22	54,00 ^a \pm 0,22	54,00 ^a \pm 0,22	54,00 ^a \pm 0,22
Final (mg)	168,19 ^a \pm 14,72	163,23 ^a \pm 22,06	200,65 ^a \pm 1,44	172,63 ^a \pm 23,80
TCA (mg día ⁻¹)	2,72 ^a \pm 0,35	2,60 ^a \pm 0,53	3,49 ^a \pm 0,03	2,83 ^a \pm 0,58
TCE (% peso día ⁻¹)	2,69 ^a \pm 0,21	2,62 ^a \pm 0,33	3,13 ^a \pm 0,02	2,75 ^a \pm 0,32
GP (%)	211,46 ^a \pm 27,26	202,28 ^a \pm 40,86	271,57 ^a \pm 2,67	219,69 ^a \pm 44,07
SUPERVIVENCIA(%)	75,55 ^a \pm 3,85	91,11 ^a \pm 1,92	85,55 ^a \pm 1,07	85,55 ^a \pm 10,72

La supervivencia de las PLs al día 42 fue de 91,11 % en las alimentadas con 25 % de ensilado, seguida por las alimentadas con 50 y 100 % de ensilado, cuyas supervivencias fueron del 85,55 %. Las PLs alimentadas con la dieta control (0 % de ensilado) registraron la

supervivencia más baja (75,55 %); sin embargo, no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en la supervivencia entre los diferentes tratamientos (Tabla 2). Tampoco hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) en los parámetros de calidad del agua (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros físicos y químicos del agua de cultivo de postlarvas de *M. inca* alimentadas con diferentes porcentajes de harina de ensilado de residuos blandos de *A. purpuratus*, durante 42 días. En cada caso se indica el promedio \pm desviación estándar, excepto para nitritos y amonio total (valor constante). Datos con letras iguales indican que no hay diferencia significativa ($p > 0,05$).

Parámetros	Harina de ensilado			
	0 %	25 %	50 %	100 %
Temperatura (°C)	25,69 ^a \pm 0,05	25,66 ^a \pm 0,16	25,63 ^a \pm 0,04	25,65 ^a \pm 0,03
Oxígeno (mg l ⁻¹)	6,15 ^a \pm 0,55	6,48 ^a \pm 0,12	6,13 ^a \pm 0,07	6,38 ^a \pm 0,31
pH	7,91 ^a \pm 0,69	7,90 ^a \pm 0,50	7,96 ^a \pm 0,66	7,93 ^a \pm 0,55
Nitritos (mg l ⁻¹) ¹	0,30	0,30	0,30	0,30
Amonio total (mg l ⁻¹) ¹	0,00	0,00	0,00	0,00

¹Determinado una sola vez a los 28 días de crianza.

DISCUSIÓN

Este es el primer reporte del uso de ensilado de residuos blandos de *A. purpuratus* como insumo alimenticio en la dieta de *M. inca*. Los resultados del estudio demuestran que hasta los 42 días de crianza no existieron diferencias significativas en el crecimiento, tanto en peso como en longitud, de las PLs alimentadas con dietas conteniendo entre 0 % y 100 % de ensilado, en reemplazo de la harina de pescado. La aceptación de las dietas por parte de las PLs indica la posibilidad de emplear alto porcentaje de ensilado como sustituto de la harina de pescado. En *L. schmitti* el empleo de 15 % a 59 % de ensilado de desechos de pescado en la dieta mejoró significativamente el aprovechamiento del alimento (Balsinde et al., 2003; González et al., 2007; Fraga-Castro et al., 2011).

Las mejores tendencias del crecimiento en peso y en longitud de las PLs de *M. inca* fueron obtenidas con 50 % y 100 % de ensilado, respectivamente, pero éstas podrían ser diferentes con un periodo mayor de crianza, toda vez que con 100 % de ensilado parece disminuir el peso de las PLs. Es por ello que el mayor crecimiento en peso (200 mg), que se tradujo en mayores valores de TCE (3,13 % peso día⁻¹), TCA (3,49 mg día⁻¹) y GP (271,57 %), se obtuvo con 50 % de ensilado. Esto sugiere que 50 % es el porcentaje de harina de pescado a reemplazar por el ensilado durante la fase de precrianza, pues se obtienen PLs más robustas y por consiguiente más capacitadas

para las siguientes etapas de la crianza, probablemente por los componentes nutricionales contenidos en el ensilado. En PLs de *C. caementarius* criadas en similares condiciones y tiempo de crianza (49 días), se alcanzó un peso de 150 mg con una TCA de 2,35 mg día⁻¹, pero alimentadas con una dieta sin ensilado (Reyes et al., 2006). Se conoce que el ensilado de pescado elaborado por el método convencional, autolisado por 3 a 7 días, es nutricionalmente superior a los ensilados viejos, debido a que contiene en abundancia péptidos relativamente cortos, los cuales son absorbidos más rápidamente que los aminoácidos libres (Stone y Hardy, 1986).

Así mismo, nuestros resultados sugieren que no sólo los componentes nutricionales, sino también las bacterias ácido-lácticas contenidas en el ensilado que permanecieron activas, contribuyen al buen uso de los nutrientes del alimento dentro del tracto digestivo de las PLs, toda vez que durante el procesamiento del ensilado las bacterias tuvieron la temperatura óptima (40°C) para su desarrollo (Beal et al., 1989). Las bacterias ácido-lácticas transforman las proteínas de los alimentos en moléculas más pequeñas para una mayor asimilación (Moriarty, 1996; Zhou et al., 2009) y contribuyen con el aumento de la actividad enzimática en el tracto digestivo de larvas y postlarvas de camarón (Lovett y Felder, 1990). Esto hace que cualquier alimento que contenga bacterias de este tipo sea mejor aprovechado por los animales que lo consumen. Por tanto, es probable que estas bacterias hayan mejorado el proceso digestivo,

la asimilación y con ello el crecimiento de las PLs de *M. inca*. Sin embargo, para confirmar esta hipótesis deben desarrollarse nuevos ensayos relacionados con la fijación bacteriana en el tracto digestivo de las PLs de esta especie alimentadas con el ensilado.

Aún se desconocen los nutrientes y otras sustancias que se producen dentro del tracto digestivo de las PLs cuando la dieta contiene ensilado, pues nuestros resultados indican, aunque sin significancia estadística, que el peso de las PLs es mejorado con un 50 % de ensilado y la longitud con 100 % de ensilado. Esto sugiere que debe haber algunos componentes que afectaron el crecimiento en peso y otros que estimularon el crecimiento en longitud de las PLs después de cada muda. Se conoce que durante la postmuda de *Carcinus maenas* hay elevación de las tasas de síntesis de proteínas en el músculo extensor que está relacionado con la producción de nuevos sarcómeros en la región de fijación externa cuticular de las fibras (El Haj y Houlihan, 1987), con lo cual se produce el crecimiento en longitud del crustáceo después de cada ecdisis.

La supervivencia de las PLs alimentadas con las dietas con ensilado fue alta (85 % y 91 %), aunque no difirieron significativamente entre ellas ni con respecto a la dieta control (supervivencia del 75 %). Lo anterior sugiere que los requerimientos nutritivos fueron satisfechos por el ensilado en las dietas, configurándose un resultado similar al obtenido por Nguyen et al. (2012) en *Penaeus vannamei* alimentado con hidrolizados. Además, la alta supervivencia sugiere la influencia de las bacterias ácido-lácticas en el estado de salud de las PLs. Se han encontrado registros en los que se confirma que los probióticos son capaces de estimular el sistema inmune del huésped (Mahious y Ollevier, 2005). Por ejemplo, el uso de probióticos mejoró la supervivencia de *P. monodon* y *L. vannamei* (Guo et al., 2009). Así mismo, la fracción de péptidos de bajo peso molecular de los ensilados de pescado están involucrados en la inmunoestimulación (Gildberg, 2004).

Por otro lado, los parámetros físicos y químicos del agua se mantuvieron estables y no afectaron el crecimiento y la supervivencia de las PLs de *M. inca*, porque estuvieron dentro de lo reportado para el ambiente natural de la especie (Tovar, 1977). Por tanto, de acuerdo con los resultados obtenidos puede afirmarse que la harina de ensilado de residuos blandos de *A. purpuratus* es un insumo alternativo para sustituir a la harina de pescado en dietas para PLs de *M. inca* y probablemente para otros crustáceos. Además, con solo incluir el 50 %

de ensilado en la dieta se contribuye a reducir el costo de producción del alimento y a minimizar la contaminación ambiental que ocasionan los residuos blandos de concha de abanico que actualmente no son utilizados.

BIBLIOGRAFÍA

- Amaya, J. y A. Guerra. 1976. Especies de camarones de los ríos norteños del Perú y su distribución. Ministerio de Pesquería. Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica 24: 1-58.
- Balsinde, M., L.I. Fraga y J. Galindo. 2003. Inclusión de ensilado de pescado como alternativas en la elaboración de alimento extruido para camarón de cultivo (*Litopenaeus schmitti*). pp 303-309. En: Memorias II Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura 2003. Zaragoza, España.
- Beal, C., P. Lovet y G. Corrieu. 1989. Influence of controlled pH and temperature on the growth and acidification of pure cultures of *Streptococcus thermophilus* 404 and *Lactobacillus bulgaricus* 398. Applied Microbiology Biotechnology 32: 148-154.
- Berenz, Z. 1996. Ensilado de residuos de pescado. pp 9-31. En: XII Curso Internacional de Procesamiento de Productos Pesqueros (15 de enero - 1 de marzo de 1996). Instituto Tecnológico Pesquero. Callao, Perú.
- Cavalheiro, J.M.O., E. Oliveira y P.S. Bora. 2007. Utilization of shrimp industry waste in the formulation of tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) feed. Bioresource Technology 98: 602-606.
- Coelho, M. y W. Massamitu. 2006. Ensilado de maíz en dietas para postlarva de camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii*. Investigaciones Marinas Valparaíso 34: 57-61.
- El Haj, A.J. y D.F. Houlihan. 1987. *In vitro* and *in vivo* protein synthesis rates in a crustacean muscle during the moult cycle. Journal Experimental Biology 127: 413-426.
- El-Sherif, M.S. y A.M. Ali. 2009. Effect of rearing systems (mono-and Poly-culture) on the performance of freshwater prawn (*M. rosenbergii*) juveniles. Journal of Fisheries and Aquatic Science 4: 117-128.
- Encomendero, E. y F. Uchpa. 2002. Producción de ensilado biológico de subproductos de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*). pp 292-298. En: Memorias I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura 2002. Zaragoza, España.
- Fraga-Castro, I.E., B. Jaime-Ceballos y B.J. Jaime-Ceballos. 2011. Efecto de ensilados de pescado e hígado de tiburón en el crecimiento de *Litopenaeus schmitti*, en sustitución de la harina y el aceite de pescado. REDVET 12: 1-15.

- Gildberg, A. 2004. Enzymes and bioactive peptides from fish waste related to fish silage, fish feed and fish sauce production. *Journal of Aquatic Food product Technology* 13: 3-11.
- Giraud, E., A. Champailier y M. Raimbault. 1994. Degradation of raw starch by a wild amylolytic strain of *Lactobacillus plantarum*. *Applied Environmental Microbiology* 60: 4319-4323.
- González, D. y M. Marín. 2005. Obtención de ensilados biológicos a partir de los desechos del procesamiento de sardinas. *Revista Científica* 15: 560-567.
- González, D., J. Córdoba, F. Indorf y E. Buitrago. 2007. Estudios preliminares en la formulación de dietas para camarón blanco (*Litopenaeus schmitti*) utilizando ensilado de pescado. *Revista científica FCV-LUZ* 17: 166-172.
- Guerra, A., A. Gómez, E. Velásquez y W. Reyes. 1987. Reproducción y crianza del camarón de río. *Área Biomédica* 4: 898-915.
- Guo, J.J., K.F. Liu, S.H. Cheng, C.I. Chang, J.J. Lay, Y.O. Hsu, J.Y. Yang y T.I. Chen. 2009. Selection of probiotic bacteria for use in shrimp larviculture. *Aquaculture Research* 40: 609-618.
- Holthuis, L.B. 1952. A general revision of the Palaemonidae (Crustacea Decapoda Natantia) of the Americas. II. The subfamily Palaemoninae. Allan Hancock foundation publications of the University of Southern California. Occasional Paper Number 12: 1-396.
- Llanes J., J. Toledo y J. Lazo de la Vega. 2007. Tecnología de producción de alimentos semi-húmedo a base de ensilados de residuos pesqueros en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). *Revista Electrónica de Veterinaria* 8: 1-6.
- Lovett, D. y D. Felder. 1990. Ontogenetic change in digestive enzyme activity of larval and postlarval white shrimp *Penaeus setiferus* (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). *Biological Bulletin* 178: 144-159.
- Luque, C. 2008. Estudio de la diversidad hidrobiológica en Tumbes. Informe 2007. Instituto del Mar del Perú. Sede Regional de Tumbes, 36 p. Disponible en: http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_10_informe_biodiversidad_2007_revjll.pdf. Extraído el 18 de abril de 2013.
- Mahious, A.S. y F. Ollevier. 2005. Probiotics and prebiotics in aquaculture: Review. 1st. Regional Workshop on techniques for enrichment on live food for used in larviculture. AAARC, Urnia, Irán, 3 p.
- Mantilla, C. 1973. Características embriológicas de *Macrobrachium inca*, Holthuis 1950 y *Cryphiops caementarius*, Molina 1782. Tesis de Bachiller. Universidad Nacional de Trujillo, 29 p.
- Méndez, M. 1982. Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decapoda) del mar y ríos de la costa del Perú. *Boletín Instituto del Mar del Perú* 5:1-170.
- Mendoza, D.H. 2011. Panorama de la acuicultura mundial, América Latina y el Caribe y en el Perú. Dirección General de Acuicultura. Ministerio de la Producción. Lima. Perú, 66 p.
- Moriarty, D. 1996. Microbial biotechnology: a key ingredient for sustainable aquaculture. *Infofish International* 4: 29 -33.
- Myer, R.O., D.D. Johnson, W.S. Otwell, W.R. Walker y G.E. Combs. 1990. Evaluation of scallop viscera silage as a high-protein feedstuff for growing-finishing swine. *Animal Feed Science and Technology* 31: 43-53.
- Nguyen, H.T.M., R. Pérez-Gálvez y J.P. Bergé. 2012. Effect of diets containing tuna head hydrolysates on the survival and growth of shrimp *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 324-325: 127-134.
- Padilla, P., F. Alcántara y J. García. 2000. Sustitución de la harina de pescado por ensilado biológico de pescado en raciones para juveniles de gamitana, *Colossoma macropomum*. *Folia Amazónica* 10: 225-240.
- Pérez, C. 1976. Primera madurez sexual del camarón de río *Macrobrachium inca* Molina, 1782 (Natantia: Palaemonidae) en el río Moche. Tesis de Bachiller. Universidad Nacional de Trujillo. Perú, 68 p.
- Pezzato, A.C. 1996. Balanceamiento de raciones para peces tropicales. Programa ALITE versión 1.10B.
- Ramírez, M.C. 1977. Tasa de crecimiento de *Macrobrachium inca* Holthuis y *Cryphiops caementarius* Molina, en el reservorio "Campana" CAP San Jacinto. Tesis de Bachiller. Universidad Nacional de Trujillo. Perú, 31 p.
- Reyes, W., S. Bacilio, M. Morales y R. Mendoza. 2006. Efecto de la salinidad en el crecimiento y supervivencia de postlarvas del camarón de río *Cryphiops caementarius* Molina, 1872 (Crustacea, Palaemonidae), en laboratorio. pp 341-346. En: Memorias IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura 2006. Zaragoza, España.
- 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. Perú, 39 p.
- Serna, L. y E. Naranjo. 2005. Producción de ácido láctico por una mezcla de *Lactococcus lactis* y *Streptococcus salivarius* en fermentaciones en discontinuo. *Revista Colombiana de Biotecnología* 7: 32-38.

Stone, F.E. y R.W. Hardy. 1986. Nutritional value of acid stabilized silage and liquefied fish protein. *Journal of Science of Food and Agriculture* 37: 797-803.

Tovar, A. 1977. Sinecología de la laguna Medio Mundo. *Revista Forestal del Perú* 7:1-25.

Wohlt, J.E., J. Petro, G.M. Horton, R.L. Gilbreath y S.M. Tweed. 1994. Composition, preservation, and use of sea clam viscera as a protein supplement for growing pigs. *Journal Animal Science* 72: 546-553.

Zaldívar, F. 2002. Las harinas y aceites de pescado en la alimentación acuícola. pp 1-11. En: *Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Cancún, Quintana Roo, México.

Zhou, X., Y. Wong y W. Li. 2009. Effect of probiotic on larvae shrimp (*Penaeus vannamei*) based on water quality, survival rate and digestive enzyme activities. *Aquaculture* 287: 349 -353.

Fecha de recepción: 15/05/2013

Fecha de aceptación: 07/10/2013

Para citar este artículo: Dávila, E., J. Medina y W. Reyes. 2013. Crecimiento y supervivencia de postlarvas de *Macrobrachium inca* Holthuis, 1950 (Crustacea, Palaemonidae) alimentadas con ensilado biológico. *Revista Intrópica* 8: 79 - 86