

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA**



**Efecto del ensilaje en la digestibilidad aparente de la proteína de  
vísceras de *Argopecten purpuratus* en alevines de *Piaractus  
brachypomus***

**Tesis Para Optar el Título de Biólogo Acuicultor**

**AUTORA:**

**Reina Cecy Quezada López**

**ASESOR:**

**Dr. Guillermo Belisario Saldaña Rojas**

**NUEVO CHIMBOTE - PERÚ**

**2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA**



**Efecto del ensilaje en la digestibilidad aparente de la proteína de  
vísceras de *Argopecten purpuratus* en alevines de *Piaractus  
brachypomus***

**Tesis Para Optar el Título de Biólogo Acuicultor**

**AUTORA:**

**Reina Cecy Quezada López**

Revisado y Aprobado por el Asesor

---

**Dr. Guillermo Belisario Saldaña Rojas**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA**



**Efecto del ensilaje en la digestibilidad aparente de la proteína de  
vísceras de *Argopecten purpuratus* en alevines de *Piaractus  
brachypomus***

**Tesis Para Optar el Título de Biólogo Acuicultor**

**AUTORA:**

**Reina Cecy Quezada López**

**APROBADO POR EL JURADO CALIFICADOR**

**Luis Ángel Campoverde Vigo  
Presidente**

**Guillermo Belisario Saldaña Rojas  
Integrante**

**Mirian Noemi Velásquez Guarniz  
Secretaria**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos general .....	5
Objetivos específicos .....	5
Hipótesis .....	5
II. MATERIALES Y MÉTODOS .....	6
2.1. Localización del experimento .....	6
2.2. Población y muestra.....	6
2.3. Procedencia, traslado y aclimatación de los alevines de <i>P. brachypomus</i> .....	6
2.4. Unidad y diseño experimental .....	7
2.5. Limpieza y recambio del agua .....	8
2.6. Preparación del ensilado biológico de vísceras de <i>Argopecten purpuratus</i> “concha de abanico” .....	8
2.7. Preparación de la harina de vísceras sin enislar y harina de ensilado de vísceras de <i>A. purpuratus</i> .....	10
2.8. Preparación de las dietas pelletizadas para los alevines de <i>P. brachypomus</i> .....	11
2.9. Alimentación de los alevines de <i>P. brachypomus</i> .....	11
2.10. Recolección de las heces de alevines de <i>P. brachypomus</i> .....	12
2.11. Determinación de proteínas de los insumos y heces de los alevines de <i>P. brachypomus</i> .....	12
2.12. Determinación de la digestibilidad aparente de la proteína (DAP) .....	12
2.13. Costos de los insumos y dietas de los alevines de <i>P. brachypomus</i> .....	12
2.14. Registro de los parámetros del agua de los acuarios .....	13
2.15. Análisis estadístico .....	13
III. RESULTADOS .....	14
3.1. Determinación de proteínas de los insumos, dietas y heces de los alevines de <i>P. brachypomus</i> .....	14

3.2. Digestibilidad aparente de las proteínas (DAP) en alevines de <i>P. brachypomus</i> ....	15
3.3. Costos de los insumos y dietas de los alevines de <i>P. brachypomus</i> .....	16
3.4. Parámetros del agua de los acuarios .....	17
IV. DISCUSIÓN .....	20
V. CONCLUSIONES .....	25
VI. RECOMENDACIONES .....	26
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27
VIII. ANEXOS .....	33

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS**

Luz en mi vida, mi fortaleza y mi guía en mi camino.

### **A MIS PADRES**

#### **CASIMIRO QUEZADA CASTILLO Y FLORA LOPEZ CORONEL**

Quienes son mi fuerza, los pilares que me sostienen, y me impulsan a seguir siempre adelante sin importar las dificultades, por inculcarme principios, valores para la vida.

### **A MI ESPOSO**

#### **SANTOS JOSE MEZA VASQUEZ**

Por su amor, comprensión y apoyo incondicional en este nuevo logro.

### **A MI HIJO**

#### **DEREK NAHUEL MEZA QUEZADA**

Por ser mi motor y motivo para seguir adelante.

### **A MIS HERMANOS**

#### **OSWALDO, SANTOS, FLOR, FREDY, OSCAR Y CRISTIAN**

Por el amor y apoyo que siempre me brindan.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesor de tesis, Dr. Guillermo Saldaña Rojas por su orientación y apoyo constante en la realización de esta tesis, Dios lo bendiga siempre. A los profesores que durante toda mi carrera profesional han aportado con sus conocimientos en mi formación, por sus consejos, sus enseñanzas y su amistad. A mis amigos y compañeros por la dicha y el privilegio de contar con su amistad y el apoyo incondicional que me han brindado en el transcurso de mi carrera universitaria, por compartir momentos inolvidables de alegría, tristeza y demostrar que siempre podre contar con ellos.

A mi alma mater la Universidad Nacional del Santa.

**La Autora.**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tratamientos para el diseño experimental en la determinación de la digestibilidad de la harina de vísceras ensiladas y sin ensilar, utilizadas como dieta para alevines de <i>P. brachypomus</i> .....	8
<b>Tabla 2.</b> Insumos utilizados en las dietas para la determinación de la digestibilidad aparente de proteínas de los alevines de <i>P. brachypomus</i> . .....	11
<b>Tabla 3.</b> Porcentajes de las proteínas en las heces de los alevines de <i>P. brachypomus</i> , alimentados con dietas HEV y HVSE.. .....	14
<b>Tabla 4.</b> Porcentajes de digestibilidad aparente de las proteínas (DAP) en alevines de <i>P. brachypomus</i> , alimentados con dietas HEV y HVSE.....	15
<b>Tabla 5.</b> Costos en la elaboración de la harina de vísceras sin ensilar y harina de ensilado de visceras de <i>A. purpuratus</i> utilizados en el experimento .....	16
<b>Tabla 6.</b> Costos en la elaboración de las dietas en base a harina de vísceras sin ensilar y harina de ensilado de visceras de <i>A. purpuratus</i> utilizados en el experimento.. .....	16



## ÍNDICE DE FIGURAS

- Fig. 1.** Porcentajes de digestibilidad aparente de las proteínas (DAP) en alevines de *P. brachypomus* alimentados con dietas HEV y HVSE ver Axeso 01 . ..... 15
- Fig. 2.** Temperatura del agua en los acuarios con alevines de *P. brachypomus*, alimentados con dietas HEV y HVSE... ..... 17
- Fig. 3.** pH en los acuarios con alevines de *P. brachypomus*, alimentados con dietas HEV y HVSE..... 18
- Fig. 4.** Oxígeno disuelto en los acuarios con alevines de *P. brachypomus*, alimentados con dietas HEV y HVSE..... 18

## RESUMEN

Se evalúa el efecto del ensilaje en la digestibilidad aparente de la proteína (DAP) de harina de las vísceras de *A. purpuratus* en alevines de *P. brachypomus*. Se utilizaron 90 especímenes con una talla promedio de  $7,4 \pm 0,4$  cm de longitud total y un peso promedio de  $8,53 \pm 0,60$  g, distribuidos en dos tratamientos, una con harina de vísceras sin ensilar (HVSE) y otra con harina de ensilado de vísceras (HEV), con tres repeticiones y diseño experimental completamente al azar. La DAP de la HEV en alevines de *P. brachypomus* fue de 89,83 %; respecto a la DAP de la HVSE fue de 86,73 %, encontrándose diferencias significativas entre ambos resultados ( $p < 0,05$ ). Se estimó el costo de la dieta HEV en S/ 2,66 / kg y de la dieta HVSE en S/ 2,43 / kg. De acuerdo a lo obtenido el proceso de ensilaje mejora la digestibilidad aparente de la proteína de harina de vísceras de *A. purpuratus* en alevines de *P. brachypomus*.

**Palabras Clave:** Digestibilidad aparente, alevines, proteínas, ensilado, *Piaractus brachypomus*, *Argopecten purpuratus*.

## ABSTRACT

The effect of silage on the apparent digestibility of the protein(DAP) of meal from the viscera of *A. purpuratus* in fry of *P. brachypomus* was evaluated. 90 specimens were used with an average size of  $7,4 \pm 0,4$  cm in total length and an average weight of  $8,53 \pm 0,60$  g, distributed in two treatments, one with non-ensiled viscera flour (HVSE) and another with viscera silage flour (HEV), with three repetitions and a completely randomized experimental design. The DAP of the HEV in fry of *P. brachypomus* was 89,83%; compared to the DAP of the HVSE it was 86,73%, finding significant differences between both results ( $p < 0,05$ ). The cost of the HEV diet was estimated at S/ 2,66/kg and the HVSE diet at S/ 2,43/kg. According to what was obtained, the silage process improves the apparent digestibility of the protein of viscera meal of *A. purpuratus* in fry of *P. brachypomus*.

**Key Words:** Apparent digestibility, fingerlings, proteins, silage, *Piaractus brachypomus*, *Argopecten purpuratus*.

## I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una importante actividad productiva que permite asegurar tanto en calidad como en cantidad el suministro de productos hidrobiológicos para el consumo humano directo, se estima que para el año 2030 la acuicultura a nivel mundial tendría una producción mayor a 109 millones TM (FAO, 2018). Por muchos años, la pesca y la acuicultura son importantes fuentes de alimentación para el mundo, cuya exportación de productos pesqueros tradicionales sumó US\$ 184 millones en enero de 2017, con un crecimiento de 368,3 %, similar al periodo de 2016, y FAO (2016), la cual representa un total de 6 % de las exportaciones totales peruanas.

De acuerdo a Campos (2008) y PRODUCE (2019), en el Perú la acuicultura de especies amazónicas tiene mucho potencial debido a la gran diversidad de especies de buena calidad para el consumo humano; estando entre ellas *Piaractus brachypomus* “paco”, además de *Arapaima gigas* “paiche”, *Brycon cephalus* “sábalo”, *Colossoma macropomum* “gamitana”, *Pseudoplatistoma fasciatum* “doncella” y *Zungaro zungaro* “zungaro”, cultivos que van en aumento acelerado. Reportándose en el año 2017 *P. brachypomus* como la especie de mayor cosecha del ámbito continental producto de la acuicultura peruana amazónica (PRODUCE, 2019).

*P. brachypomus* presenta un cuerpo plateado con vientre rojo (Cabello *et al.*, 1995; Gómez, 2002), los juveniles presentan un color más claro con tonalidades rojo intenso o anaranjado en la parte anterior del abdomen y en las aletas anal y caudal, a su vez estos viven en aguas negras de los llanos de inundación hasta su madurez sexual y es utilizado en acuicultura, debido a que son organismos muy resistentes a las enfermedades que se presenten (Gómez, 2002).

Por muchos años, el desarrollo de la alimentación piscícola se basó en la harina de pescado como principal insumo por su alto valor de proteína y excelente perfil de aminoácidos y fuente de ácidos grasos esenciales en perfecto balance, además su excelente palatabilidad y su alto coeficiente de digestibilidad, hacen que este ingrediente sea el más costoso y a la vez más escaso en dietas para animales. Por ello es importante obtener fuentes de menores costos y que nos permita a la vez obtener buenas producciones para diferentes especies, en nuestro caso en el cultivo de “paco”.

Los subproductos artesanales e industriales de recursos hidrobiológicos, pueden aprovecharse por sus contenidos en proteínas y otros nutrientes de valor comercial, para el caso de *A. purpuratus*, en el Perú el año 2008 se generaron 21000 TM de desechos blandos producidas por las plantas procesadoras (Saldaña, 2011), por lo que se debe promover y utilizar las vísceras de “concha de abanico” como harina contribuyendo a disminuir el riesgo de contaminación por este subproducto en el ambiente. Asimismo, podemos decir que la harina de desechos blandos tiene un potencial como sustituto de la harina de pescado (FAO, 2010), esto a través del proceso de ensilado biológico, alternativa de aprovechamiento de subproductos de acuicultura, que generan ventajas económicas, nutricionales y ambientales, convirtiéndose en una alternativa viable en la diversificación como insumo para alimentos de organismos acuáticos (Encomendero & Uchpa, 2002).

El ensilado es una buena alternativa, para favorecer la proteólisis, gracias a bacterias lácticas fermentadoras empleadas en el proceso que inhiben a la proliferación de microorganismos patógenos putrefactivos (Encomendero & Uchpa, 2002), obteniéndose los ensilados biológicos a través de la fermentación con ácido-láctico, que se emplea para la alimentación animal y que suele elaborarse a base de desechos de pescado (Vidotti *et al.*, 2003).

El ensilado puede ser elaborado de dos maneras, una bioquímica y la otra biológica, presentando características organolépticas (olor, color y consistencia) diferentes (Toledo & Llanes, 2006). En el caso de la fermentación ácido-láctica, se puede recuperar algunos componentes de los desechos orgánicos como la proteína, quitina, minerales y lípidos (López-Cervantes *et al.*, 2006), por ejemplo, al adicionar bacterias como *Lactobacillus bulgaricus* para elaborar un ensilado biológico, se da un proceso de fermentación e incrementa su valor nutricional (Perea *et al.*, 2011) y debido a la presencia de bacterias lácticas que participan oxidando la melaza, se debe añadir suficiente cantidad para lograr la reducción del pH a 4,0 y con ello aumentar la disponibilidad de sus nutrientes y la duración del producto (Llanes *et al.*, 2007).

El ensilado biológico de residuos pesqueros, es fuente de proteína de alto valor nutricional y digestibilidad (Llanes *et al.*, 2010), a su vez, el ensilado biológico de residuos de *A. purpuratus* es digerible por su aroma y palatabilidad, además, posee un contenido de 40,24 % y 45,12 % de proteínas (Encomendero & Uchpa, 2002).

En una dieta, la proteína es el nutriente más importante que influye en el estado fisiológico de los peces y les brinda aminoácidos esenciales y no esenciales para sintetizar la proteína corporal (López *et al.*, 2015; Jena *et al.*, 2012), es así, que el requerimiento de la proteína en los peces se diferencia, entre especies, etapas de crecimiento y factores, como: el agua, la temperatura y el estrés (Abdel-Tawwab *et al.*, 2010), reflejándose en el porcentaje de alimento absorbido por el animal (Gutiérrez, 2011).

En las dietas se debe tener en cuenta la calidad de la proteína a utilizar, ya que depende de la composición de aminoácidos, disponibilidad biológica y los requerimientos de la especie a estudiar (Gutiérrez *et al.*, 2010; Morillo *et al.*, 2013), por lo que, la proteína que reemplaza a la harina de pescado debe proveer una calidad similar en los requerimientos proteicos necesarios ya que es el factor principal que afecta la digestibilidad en los peces (Köprücü & Özdemir, 2005), es muy importante en un insumo, determinar la digestibilidad o habilidad del pez para digerir y absorber los nutrientes de la dieta (Gutiérrez *et al.*, 2008).

En la obtención de buenas tasas de crecimiento, es necesario que una dieta no sólo supla los requerimientos cualitativos y cuantitativos de nutrientes, sino también debe presentar un alto valor de digestibilidad (Cuenca & García, 1987; De la Higuera, 1987; Akiyama *et al.*, 1991). Siendo esencial obtener información acerca de la digestibilidad de los insumos constituyentes (Akiyama *et al.*, 1991; Sudaryono *et al.*, 1996).

Por ello, la digestibilidad es el primer paso en la evaluación potencial de un ingrediente para su uso en la alimentación animal (Allan *et al.*, 2000), determinando el valor nutricional de la proteína puede ser de origen animal o vegetal (Manríquez, 2011), y que proporciona un indicativo de la biodisponibilidad de nutrientes, con la cual se pueden formular las dietas (Gomes & Oliva-Teles, 1998), porque una baja digestibilidad de la materia seca constituye un factor limitante a la gran cantidad de desperdicios eliminados en las heces que no es asimilado por los peces (Vásquez *et al.*, 2010).

En las investigaciones sobre la DAP en *P. brachypomus*, Vázquez *et al.* (2013), determinaron la DAP para germen de maíz (55,3 %), harina de arroz (59,8 %), harina de trigo duro granillo (53,5 %), harina de trigo de tercera (48,5 %), maíz amarillo americano (59,9 %), mezcla de maíz para forraje (32,2 %), torta de palmiste (57,5 %), torta de soya (62,5 %); mientras que, para harina de pescado, Fernandes *et al.* (2004), encontraron una DAP por encima de 90 %.

Guevara & Chipana (2015), evaluaron la DAP en harina de ensilado biológico de residuos de *Sciaena deliciosa* “lorna” (ERL), en juveniles de *P. brachypomus*, utilizando 60 especímenes de 8,9 cm de longitud y 13,5 g de peso, encontrando una DAP de 83,73 % en la dieta con ERL y un promedio similar ( $P > 0,05$ ) a los alimentados con harina de pescado con una DAP de 91,48 %, concluyendo que, el ERL de *Sc. deliciosa* presenta una alta digestibilidad proponiéndose como una buena alternativa para sustituir a la harina de pescado en las dietas para juveniles de *P. brachypomus*.

Bernal & Flores (2018), estudiaron la DAP de harina de plumas de *Gallus gallus domesticus* (en juveniles de *P. brachypomus*, utilizando 108 especímenes de 8,5 g de peso y 6,8 cm de longitud, encontrando que la DAP de la harina de plumas fue de 86,45 %, mientras que el control con harina de pescado ascendió a 92,57 %, concluyendo que, la harina de plumas presentó una buena digestibilidad aparente de proteínas en juveniles de *P. brachypomus* lo que haría posible reemplazar en un alto porcentaje la harina de pescado en sus dietas.

Ante lo expuesto y con la finalidad de encontrar fuentes alternativas mejoradas de proteína para las dietas de peces y que presenten una buena digestibilidad, se planteó el siguiente problema: ¿Cuál es el efecto del ensilaje en la digestibilidad aparente de la proteína de vísceras de *Argopecten purpuratus* en alevines de *Piaractus brachypomus*?

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto del ensilaje en la digestibilidad aparente de la proteína de vísceras de *A. purpuratus* en alevines de *P. brachypomus*.

### **Objetivos Específicos**

- ✓ Determinar el efecto del ensilaje en la digestibilidad aparente de la proteína de vísceras de *A. purpuratus* en alevines de *P. brachypomus*.
- ✓ Cuantificar los costos del ensilaje de vísceras de *A. purpuratus*.

## **Hipótesis**

- ✓ El porcentaje de digestibilidad aparente de la proteína será mayor en las vísceras de *A. purpuratus* ensilada, que en las vísceras de *A. purpuratus* sin ensilar en los alevines de *P. brachypomus*.



## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Localización del experimento

El trabajo de investigación fue realizado en el Laboratorio de Acuicultura Continental y Nutrición de la Escuela Profesional de Biología en Acuicultura de la Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Región Ancash, Perú.

### 2.2. Población y muestra

La población estuvo compuesta por alevines de *P. brachypomus* proveniente del Centro del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Puerto Maldonado (9° 55' 3" S y 77° 22' 27" O), departamento Madre de Dios - Perú.

La muestra fue de 90 alevines de *P. brachypomus* (15 especímenes por acuario y 45 por tratamiento) con una talla promedio de 7,4 ( $\pm 0,4$ ) cm de longitud total y un peso promedio de 8,53 ( $\pm 0,60$ ) g, seleccionados al azar del lote de 200 especímenes, las mismas que se encontraron dentro de una curva normal de acuerdo al análisis de Kolmogorov-Smirnov.

Para la obtención de los datos biométricos de los alevines de *P. brachypomus*, se pesaron con una balanza marca Hanna ( $\pm 0,01$  g) y se tallaron con papel milimetrado graduado a una regla plástica de 30 cm ( $\pm 0,1$  cm).

### 2.3. Procedencia, traslado y aclimatación de los alevines de *P. brachypomus*

Fue seleccionada una población de 200 alevines que se transportaron por vía aérea, utilizando bolsas plásticas con oxígeno, dentro de un balde de capacidad de 18 L. El tiempo de traslado de Madre de Dios a Lima fue de 6 h y de Lima - Chimbote de 6 h, las que una vez en la ciudad de destino final, se llevaron directamente al Laboratorio de Acuicultura Continental y Nutrición de la Escuela Profesional de Biología en Acuicultura, Universidad Nacional del Santa.

La selección de los alevines de *P. brachypomus* fueron seleccionados al azar del lote que contaban con buena natación, buen color y captación de alimento.

La aclimatación de *P. brachypomus* se realizó en tanques con agua potable previamente declorada y posteriormente fueron alimentados *ad libitum* con alimento balanceado a partir del tercer día.

#### **2.4. Unidad y diseño experimental**

La unidad de análisis estuvo constituida por 15 alevines de *P. brachypomus* por cada acuario.

Se emplearon seis acuarios de vidrio de 80 x 35 x 36 cm., de 80 L, a una densidad de 15 peces acuario, tres acuarios se utilizaron para la dieta con harina de vísceras sin ensilar y tres para el tratamiento con harina de ensilado de vísceras.

Cada acuario estuvo equipado con un sistema de aireación producida por un blower de 1/2 HP y distribuida en los acuarios con una manguera plástica, mientras que la temperatura fue regulada con un calentador de 30 w para mantener la temperatura cercana a los 29 °C.

Previo al inicio del experimento, todos los acuarios se desinfectaron, utilizando una solución de 1000 ppm de cloro y dejándose actuar por 3 h, seguido se enjuagaron adecuadamente y se dejó con agua potable a 200 ppm de cloro por 12 h. por último se eliminó el agua y se dejó secar a temperatura ambiente, para volatilizar todo el cloro residual, quedando disponibles para iniciar el experimento.

Para la investigación de digestibilidad se empleó el diseño experimental con dos tratamientos y tres repeticiones cada uno, según la siguiente Tabla 1.

**Tabla 1.** Tratamientos para el diseño experimental en la determinación de la digestibilidad de la harina de vísceras ensiladas y sin ensilar, utilizadas como dieta para alevines de *P. brachypomus*.

TRATAMIENTOS	ESPECIFICACIONES
T1 (r1, r2, r3)	Alevines de <i>P. brachypomus</i> alimentados con una dieta a base de harina de ensilado biológico de las vísceras de <i>A. purpuratus</i> “concha de abanico”.
T2 (r1, r2, r3)	Alevines de <i>P. brachypomus</i> alimentados con una dieta a base de harina de las vísceras de <i>A. purpuratus</i> “concha de abanico”.

## 2.5. Limpieza y recambio del agua

La limpieza en los acuarios se realizó diariamente mediante sifoneo en el fondo del acuario con una manguera de 0,5 cm de diámetro. El agua tuvo un recambio diario de 10 %, lo que evitaría la contaminación por restos disueltos de alimento no consumido u otros componentes tóxicos como amonio, nitritos u otros que puedan ser perjudiciales para el correcto desarrollo del experimento (Saldaña, 2011).

## 2.6. Preparación del ensilado biológico de vísceras de *A. purpuratus* “concha de abanico”

### 2.6.1. Activación de bacterias *Lactobacillus bulgaricus*

Para la activación de las bacterias, se licuaron pequeños trozos de *Carica papaya* verde con agua destilada, luego en un vaso de precipitación de 500 mL, se agregó 50 mL de cultivo de bacteria *L. bulgaricus*, 50 mL de melaza y 125 mL de papaya verde licuada mezclándolo en forma homogénea, la mezcla de estos tres componentes se vertieron en tres frascos de vidrio oscuro de 1 L de capacidad, estos se incubaron a temperatura ambiente por tres días, verificando que el pH fuera menor a 4 unidades, quedando a disposición para la elaboración del ensilado de vísceras (Saldaña, 2011).

## **2.6.2. Obtención del ensilado de vísceras de *A. purpuratus***

### **A. Materia prima**

Los residuos blandos (vísceras) de *A. purpuratus* fueron colectados de la Planta de Acuapesca, ubicada en el km 383,3 de la Panamericana Norte, distrito de Casma. La obtención de vísceras se realizó durante el procesamiento del molusco en estado fresco y luego fueron trasladadas para su procesamiento al Laboratorio de Acuicultura Continental y Nutrición de la Escuela de Biología en Acuicultura, Universidad Nacional del Santa.

### **B. Fuente de carbono**

Como fuente de carbono para proveer energía a los microorganismos fermentadores, se empleó melaza de caña de azúcar de 73,6 °Brix, obtenida de la Empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.C.

### **C. Determinación del pH**

El pH fue medido y registrado al inicio y final del proceso, utilizando un pH-metro *OAKTON* doble función ( $\pm 0,01$  unidades) previa calibración con soluciones buffer de pH 4 y 7, el mismo que sirve de indicador para determinar la culminación del proceso de ensilado cuando este fuera igual o menor a 4 unidades.

### **D. Preparación del ensilado**

Los criterios se tomaron del trabajo realizado por Encomendero & Uchpa (2002), con algunas modificaciones propuestas por Saldaña (2011).

#### **a. Lavado y drenado**

Las partes blandas fueron limpiadas y lavadas con abundante agua potable en un cernidor grande, dejándolo drenar por 30 min.

#### **b. Cocción**

Se sometió a cocción en 100 °C durante 20 min, para eliminar las bacterias de putrefacción u otros que estas puedan contener. Luego se dejó enfriar por un periodo de dos horas.

### **c. Molienda**

La materia prima después de ser cocida, drenada y enfriada se procedió a licuar para desmenuzar las partículas grandes hasta obtener una pasta.

Es en este punto que esta pasta sirve de base tanto para preparar el insumo ensilado y no ensilado de las vísceras de *A. purpuratus*. Para obtener la harina en base al insumo no ensilado, se tomó de esta pasta y se procedió a producir la harina; mientras que, para el caso de la obtención del insumo ensilado, se tomó esta pasta y se procedió con los siguientes pasos descritos.

### **d. Mezclado y homogenizado**

Obtenida la pasta de vísceras de *A. purpuratus* se procedió a mezclar en forma homogénea el licuado de vísceras con el 5 % de melaza y el 10 % del inóculo de *L. bulgaricus* activado, hasta obtener una mezcla bien homogenizada, esto permitiría una mejor actividad enzimática de las bacterias y por ende lograr una mejor fermentación.

### **e. Fermentación**

La mezcla obtenida fue distribuida en frascos de vidrio estériles de 200 mL de capacidad con tapa esmerilada y cubiertos con papel aluminio. El homogenizado de dicha mezcla se incubó por 48 h a 40 °C, registrando el pH inicial y el pH final, que debe ser ácido alrededor de 4,0 unidades, debido a que esta condición favorece la acción enzimática e inhibe el desarrollo de las bacterias putrefactivas y patógenas. Esta pasta sirvió de base para la producción de harina de ensilado.

## **2.7. Preparación de la harina de vísceras sin ensilar y harina de ensilado de vísceras de *A. purpuratus*.**

Para el caso de la preparación de la harina de vísceras sin ensilar, se tomó lo producido y descrito en el numeral 2.6-2.6.2-D-c; mientras que, para la harina de ensilado de vísceras, se tomó la pasta ensilada; ambas fueron secadas en bandejas forradas con papel aluminio en capas delgadas (<1 cm) que fueron colocadas a una estufa a 60 °C por 24 h. Luego de esto, cada una de ellas se molió con un molino manual hasta obtener harina, y se almacenó en bolsas plásticas tipo Ziploc® hasta su utilización en el experimento. Luego fue analizado su contenido en proteínas en un Laboratorio acreditado.

## 2.8. Preparación de las dietas pelletizadas para los alevines de *P. brachypomus*

Las dietas en base a harina de vísceras sin ensilar (HVSE) y harina de ensilado de de vísceras (HEV) de “concha de abanico”, se realizaron con los insumos según la Tabla 2.

**Tabla 2.** Insumos utilizados en las dietas para la determinación de la digestibilidad aparente de proteínas de los alevines de *P. brachypomus*.

INSUMOS	Dieta base con harina de ensilado de vísceras (%)	Dieta base con harina de vísceras sin ensilar (%)
Harina de ensilado de vísceras	94,0	----
Harina de vísceras sin ensilar	----	94,0
Aceite de soya	5,0	5,0
Premix	0,5	0,5
Colapiz	0,5	0,5
<b>TOTAL (%)</b>	100,0	100,0

Según cada dieta, los insumos fueron tamizados a 250  $\mu\text{m}$  y mezclados en una bandeja con agua caliente (60 °C) hasta obtener una mezcla húmeda homogénea, y esta estas se pelletizaron con la ayuda de una máquina peletizadora, dejándose secar a temperatura ambiente sobre papel aluminio. Finalmente, fueron envasados en bolsa de papel y plástico para evitar la proliferación de hongos patógenos, hasta ser utilizados como alimento para los alevines de *P. brachypomus*.

## 2.9. Alimentación de los alevines de *P. brachypomus*

Los peces fueron alimentados a saciedad en dos raciones por día, a 8:00 h y 16:00 h con los pellets preparados a base de la harina de vísceras sin ensilar y harina de ensilado de vísceras de “concha de abanico”, durante un periodo de 15 días, previa observación de la aceptabilidad de las mismas.

### **2.10. Recolección de las heces de alevines de *P. brachypomus***

Las heces se colectaron media hora antes de suministrarles el alimento, las mismas que una vez colectadas con un sifón a base de una manguera plástica de 0,5 cm de diámetro, se filtraron a un vaso con papel de filtro, siendo colocadas en papel aluminio y secadas en una estufa marca Cole – Parmer TZ 4ST a 60 °C de temperatura durante 24 h.

Las muestras deshidratadas se recolectaron en papel aluminio y fueron almacenadas en bolsas herméticas Ziploc® en refrigeración hasta culminar los 15 días, fueron pesadas y enviadas para los análisis de proteínas en el Laboratorio acreditado Certipez E.I.R.L.

### **2.11. Determinación de proteínas de los insumos y heces de los alevines de *P. brachypomus***

Tanto a la harina de vísceras sin ensilar y harina de ensilado de vísceras de “concha de abanico” y las heces recolectadas, se realizaron análisis de proteínas utilizando el método de micro Kjeldhal con el factor 6,25 descrito por la AOAC (1995), en el Laboratorio acreditado Certipez E.I.R.L.

### **2.12. Determinación de la digestibilidad aparente de la proteína (DAP)**

Para medir el DAP se utilizó el método directo de acuerdo a la siguiente fórmula de Sanz (2009).

$$DAP (\%) = \left( \frac{\text{Nutrientes ingeridos} - \text{Nutrientes en heces}}{\text{Nutrientes ingeridos}} \right) \times 100$$

Para la determinación del porcentaje de digestibilidad se tuvo en cuenta el contenido total de proteínas ingeridas en el alimento y las determinadas en las heces que fueron recolectadas en los acuarios durante los 15 días del experimento.

### **2.13. Costos de los insumos y dietas de los alevines de *P. brachypomus***

Los costos de los insumos y dietas se calcularon en moneda nacional (S/) con el fin de poder contrastar los beneficios de ensilar un producto; además, de prever si podría ser viable utilizar un insumo sin ensilar o ensilado en la elaboración de las dietas de alevines de *P. brachypomus*.

#### **2.14. Registro de los parámetros del agua de los acuarios**

El registro de los parámetros del agua comprendió la medición diaria a las 18:00 h, de la temperatura (°C) utilizando un termómetro digital ( $\pm 0,1$  °C), el oxígeno con un Oxímetro YSI ( $\pm 0,01$  mg L<sup>-1</sup>) y el pH medido digitalmente con el uso de pH-metro OAKTON con doble función ( $\pm 0,1$  unidades).

#### **2.15. Análisis estadístico**

Los datos son presentados en tablas estadísticas que incluyen las repeticiones; así como, sus respectivas figuras. Los valores de peso y talla fueron evaluados con el test de Kolmogorov-Smirnov para evidenciar su homogeneidad y distribución normal. Asimismo, los valores de digestibilidad para los tratamientos con dieta a base de harina de vísceras sin ensilar y harina de ensilado “concha de abanico”, fueron procesados y analizados estadísticamente con el diseño estadístico completamente al azar, determinando las diferencias entre sus medias al 95 % de confiabilidad por análisis de varianza, usando para los casos el programa estadístico SPSS versión 24 para Microsoft Windows 10.



### III. RESULTADOS

#### 3.1. Determinación de proteínas de los insumos, dietas y heces de los alevines de *P. brachyomus*

El contenido de proteínas de los insumos y heces fueron basados en los análisis en peso seco realizado en el laboratorio acreditado Certipez E.I.R.L.

Se encontró que el mayor porcentaje de proteínas en la harina de ensilado de vísceras de *A. purpuratus* con un 64,57 %; mientras que fue menor en el insumo harina de vísceras sin ensilar con 62,83 %, con un incremento de 2.77% de proteína en la dieta de HEV respecto a HVSE, esto se debe a la acción de fermentación de las bacterias *L. bulgaricus* que incrementan su valor nutricional.

En cuanto al porcentaje de proteínas en las heces de los alevines de *P. brachyomus*, se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Porcentajes de las proteínas en las heces de los alevines de *P. brachyomus*, alimentados con dietas HEV y HVSE.

REPETICIONES	DIETAS	
	HARINA DE ENSILADO DE VÍSCERAS	HARINA DE VÍSCERAS SIN ENSILAR
1	24,05	25,45
2	21,17	25,14
3	22,28	24,78
<b>Promedio (%)*</b>	22,50 ±1,45 <sup>a</sup>	25,12 ±0,34 <sup>b</sup>

\* Promedio de proteína en peso seco, calculado del análisis de los insumos en laboratorio. Letras diferentes en la fila, indica existencia de diferencia significativa (p<0,05).

En los tratamientos existe diferencia significativa (p<0,05) entre los promedios de los porcentajes de proteínas en las heces de los alevines de “paco”, encontrándose que el mayor porcentaje de proteínas estuvo en las heces de los alevines de “paco” alimentados con dietas HVSE con el 25,12 %, y se presentó menor en las heces del tratamiento alimentados con HEV con un promedio proteico de 22,50 % (Tabla 3).

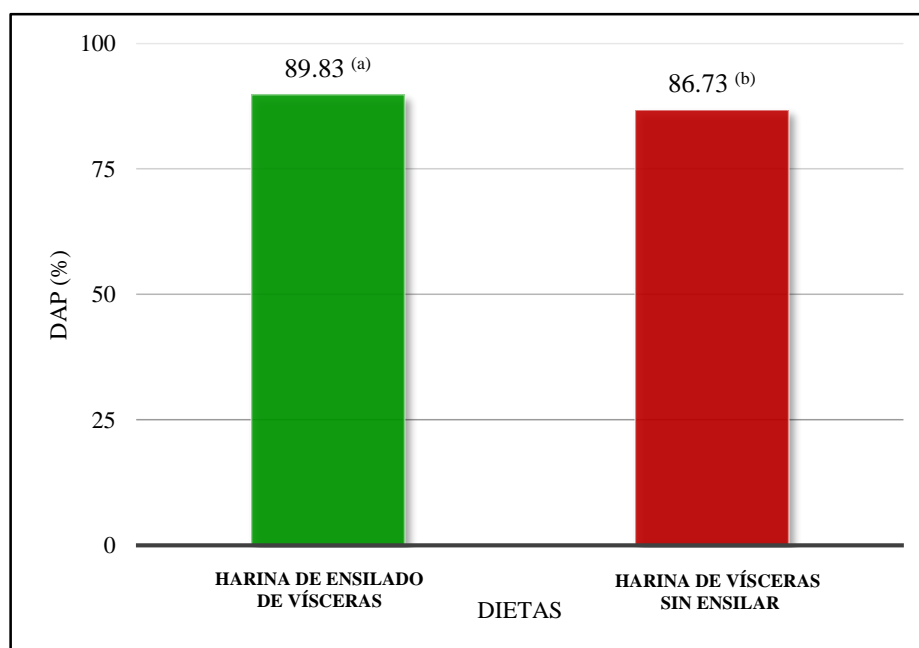
### 3.2. Digestibilidad aparente de las proteínas (DAP) en alevines de *P. brachypomus*

Los porcentajes de la digestibilidad aparente de proteínas (DAP) calculados se muestran en la Tabla 4 y Fig. 1.

**Tabla 4.** Porcentajes de digestibilidad aparente de las proteínas (DAP) en alevines de *P. brachypomus*, alimentados con dietas HEV y HVSE.

REPETICIONES	DIETAS	
	HARINA DE ENSILADO DE VÍSCERAS	HARINA DE VÍSCERAS SIN ENSILAR
1	89,04	86,28
2	90,40	86,41
3	90,05	87,51
<b>Promedio (%)</b>	89,83 ±0,71 <sup>a</sup>	86,73 ±0,68 <sup>b</sup>

Letras diferentes en la fila, indica existencia de diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).



**Fig. 1.** Porcentajes de digestibilidad aparente de las proteínas (DAP) en alevines de *P. brachypomus* alimentados con dietas HEV y HVSE. Letras diferentes sobre la columna, indican existencia de diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).

La digestibilidad aparente de proteínas en alevines de *P. brachyomus*, fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) en la dieta con base HEV con 89,83 %; mientras que, se presentó menor ( $p < 0,05$ ) en los alimentados con insumo base HVSE con 86,73 %; siendo la dieta HEV proporcionalmente un 3,57 % más digerible comparada con la dieta HVSE.

### 3.3. Costos de los insumos y dietas de los alevines de *P. brachyomus*

Los costos calculados de los insumos y dietas utilizados en el experimento con HEV y HVSE se muestran en las siguientes Tablas 5 y 6.

**Tabla 5.** Costos en la elaboración de la harina de vísceras sin ensilar y harina de ensilado de visceras de *A. purpuratus* utilizados en el experimento.

<b>ENSILADO</b>		
<b>ÍTEMES</b>	<b>COSTO UNITARIO (S/)</b>	<b>COSTO POR 100 kg (S/)</b>
Residuos de <i>A. purpuratus</i> (kg)	1,00	100,00
Inóculo bacterias (L)	1,00	10,00
Melaza (kg)	1,50	15,00
Uso de equipos	-	10,00
Mano de obra	-	15,00
<b>COSTO DE HARINA DE ENSILADO DE VÍSCERAS <i>A. purpuratus</i> POR 100 kg</b>		<b>150,00</b>
<b>COSTO DE HARINA DE ENSILADO DE VÍSCERAS <i>A. purpuratus</i> POR 1 kg</b>		<b>1,50</b>
<b>COSTO HARINA DE VÍSCERAS SIN ENSILAR DE <i>A. purpuratus</i> POR 100 kg</b>		<b>125,00</b>
<b>COSTO HARINA DE VÍSCERAS SIN ENSILAR DE <i>A. purpuratus</i> POR 1 kg</b>		<b>1,25</b>

**Tabla 6.** Costos en la elaboración de las dietas en base a harina de vísceras sin ensilar y harina de ensilado de visceras de *A. purpuratus* utilizados en el experimento.

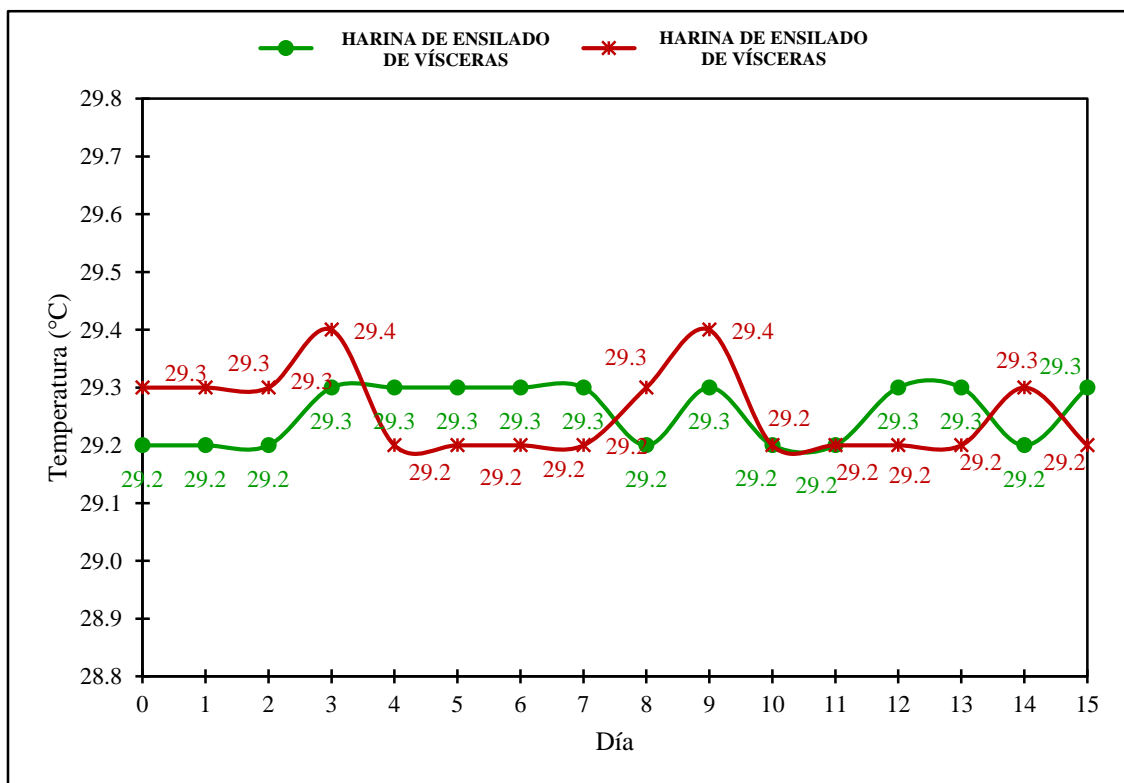
<b>INSUMOS</b>	<b>Dieta base con harina de ensilado de vísceras (S/)</b>	<b>Dieta base con harina de vísceras sin ensilar (S/)</b>
Harina de vísceras sin ensilar	----	117,50
Harina de ensilado de visceras	141,00	----
Aceite de soya	20,00	20,00
Premix	15,00	15,00
Colapiz	25,00	25,00
Uso de materiales	10,00	10,00
Uso de equipos	25,00	25,00
Mano de obra	30,00	30,00
<b>COSTO POR 100 kg (S/)</b>	<b>266,00</b>	<b>242,50</b>
<b>COSTO POR 1 kg (S/)</b>	<b>2,66</b>	<b>2,43</b>

Los precios utilizados de los insumos y en la elaboración de las dietas, se basan en precios del mercado local. Se logró estimar que el costo por cada kg para la harina de vísceras sin ensilar es S/ 1,25 soles; mientras, para la harina de ensilado de vísceras el costo de 1 kg se estimó en S/ 1,50 soles (Tabla 5).

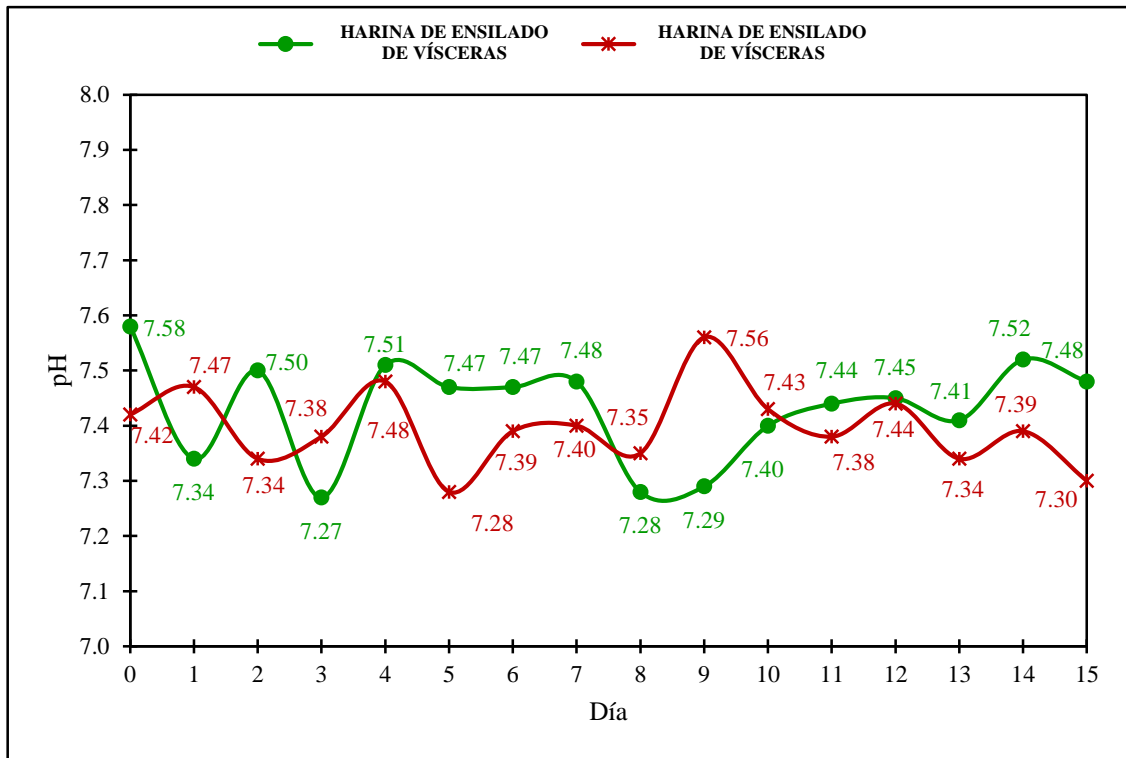
En cuanto al costo de las dietas, fue estimado que para la dieta HEV 1 kg cuesta S/ 2,66 soles; mientras que, el costo por cada kg de HVSE está en S/ 2,43 soles (Tabla 6). Comparando el costo de ambas dietas, mostraría que la dieta HEV tendría un costo proporcionalmente mayor en 0.23 soles respecto a la dieta HVSE.

### 3.4. Parámetros del agua de los acuarios

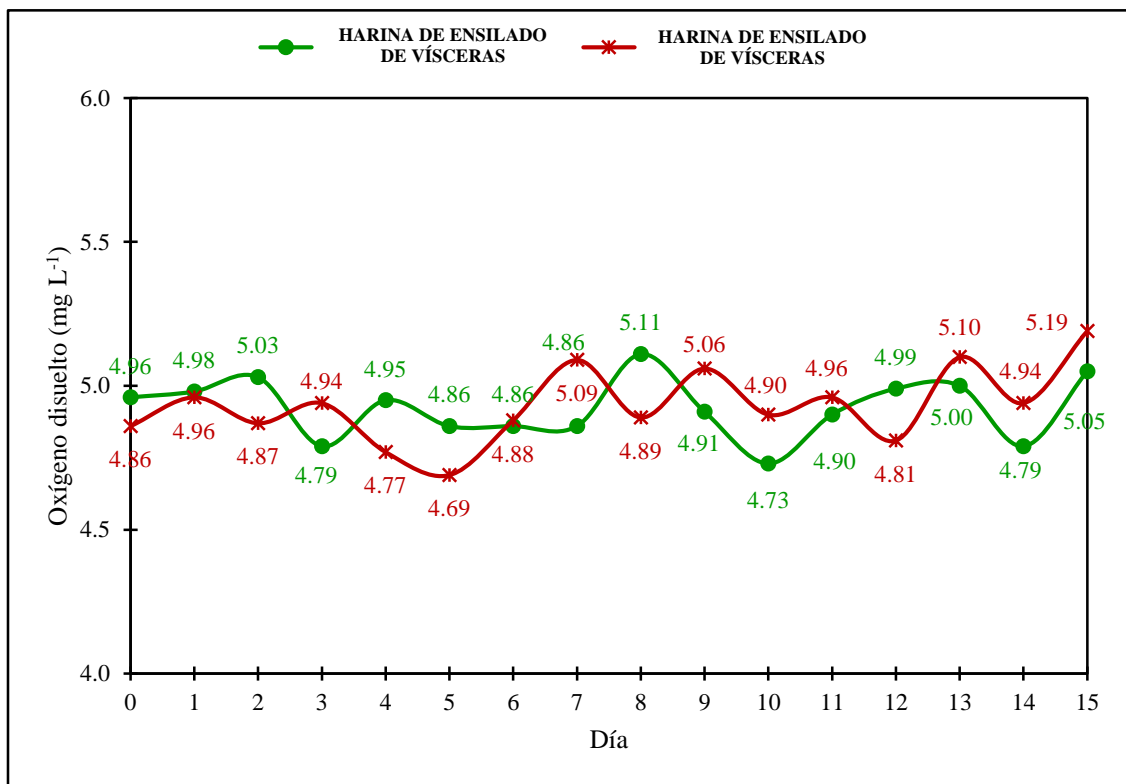
Los parámetros registrados de la temperatura, pH y oxígeno disuelto del agua, se muestran en las siguientes Fig. 2; 3 y 4.



**Fig. 2.** Temperatura del agua en los acuarios con alevines de *P. brachypomus*, alimentados con dietas HEV y HVSE.



**Fig. 3.** pH en los acuarios con alevines de *P. brachypomus*, alimentados con dietas HEV y HVSE.



**Fig. 4.** Oxígeno disuelto en los acuarios con alevines de *P. brachypomus*, alimentados con dietas HEV y HVSE.

Los valores promedio de temperatura registrados en el experimento (Fig. 2), presentaron una máxima de 29,4 °C y una mínima de 29,2 °C.

Los promedios de pH registrados en el experimento (Fig. 3), presentaron un máximo de 7,58 unidades y un mínimo de 7,27 unidades.

En cuanto los promedios del oxígeno disuelto (Fig. 4), el mayor valor registrado en el experimento fue de 5,19 mg L<sup>-1</sup>; mientras el promedio mínimo fue de 4,69 mg L<sup>-1</sup>.

#### IV. DISCUSIÓN

La DAP permite conocer el potencial de un insumo, así como la variación de la especie edad, talla, peso, estado fisiológico y parámetros ambientales (Glencross *et al.*, 2007), en los resultados obtenidos en el presente experimento, en la DAP de las dietas HEV y HVSE en alevines de *P. brachypomus*, fue mayor en la dieta a base de HEV con 89,83% y menor en los alimentados con insumo a base de HVSE con 86,73%, considerándose ambas dietas en un nivel óptimo; siendo la dieta de HEV proporcionalmente un 3,57 % más digerible que la dieta HVSE. Por lo que convendría en utilizar el proceso de ensilaje para mejorar la DAP de la harina de vísceras de *A. purpuratus* en la alimentación de alevines de *P. brachypomus*.

Por tanto *P. brachypomus* puede asimilar dietas de ensilaje de vísceras, pues una dieta con este insumo aporta cadenas polipeptídicas de diferente tamaño y aminoácidos libres, siendo los últimos rápidamente absorbidos por el epitelio simple cilíndrico del intestino anterior (López–Macías, 2014), ya que esta especie es de naturaleza omnívora con preferencias alimenticias frugívoras, pero cuando el alimento escasea toman su alimento preferentemente de origen animal (Vásquez, 2005), por ello se puede explicar que *P. brachypomus* pueda digerir insumos de naturaleza vegetal y animal Fernandes *et al.* (2004) y Vásquez (2005), lo cual en el presente experimento, se observa un buen consumo del alimento suministrado en base a HEV y HVSE.

Los reportes para las DAP en *P. brachypomus* son variadas, así como, con respecto a la DAP con “harina de pescado” se reportan promedios de 90,49 % (Fernandes *et al.*, 2004) y 85,0 % (Vásquez *et al.*, 2013), DAP en “torta de soya”, están del orden de los 81,84 % (Gutiérrez *et al.*, 2008), y para las DAP en “harina de soya integral extruida”, están entre 81,1 % (Gutiérrez *et al.*, 2008) y 84,8 % (Vásquez *et al.*, 2013).

En otras especies, la DAP se evaluó para proteínas en peso seco, así para la “harina de pescado” en *Gadus morhua* fue de 74 % a 75 % (Hansen *et al.*, 2007), en *Lepomis macrochirus* 83,4 % (Masagounder *et al.*, 2009), y en *Colossoma macropomum* entre 88,06 % y 87,08 % (Gutierrez *et al.*, 2008), estando estos últimos cercanos a los reportados en el presente experimento, lo que coloca al insumo de vísceras de

*A. purpuratus* como un insumo potencial para ser incluido en las dietas de alevines de *P. brachypomus* sin afectar su asimilación y que posiblemente pueda permitir un mejor desarrollo durante el tiempo de cultivo.

La DAP se ve relacionada con cada especie, de ello Perea *et al.* (2011), relaciona los altos valores de digestibilidad de proteínas con la acción de proteasas endógenas presentes en los peces, lo que hace que uno u otro insumo sea mejor digerido, aunque también la variación de la digestibilidad se debe a su estructura interna, que según Grosell (2011), describe que *P. brachypomus* presenta muchas microvellosidades como estructuras apicales de las células epiteliales entéricas que confieren más del 90% de la actividad de absorción donde confluyen múltiples enzimas digestivas, y que estas estructuras varían en altura y densidad, según el individuo y las condiciones nutricionales, así una dieta influirá temporalmente en su maquinaria digestiva de acuerdo al ambiente; por lo que en este caso, las dietas a base de HEV y HVSE, permitieron asimilar estos componentes debido a la existencia de una adecuada maquinaria digestiva la cual lo hará ser más eficiente, sobre todo al alimento a base de la HEV.

Entonces, la DAP permite conocer el grado de asimilación de un insumo, particularmente en este experimento de la HEV y HVSE, cuya digestibilidad es óptima, esto también es probablemente debido a lo afirmado por Toledo & Llanes (2002), Abimorad & Carneiro (2004) y Köprücü & Özdemir (2005), que la calidad de la proteína es el principal factor que tiene influencia en el rendimiento y digestibilidad de los insumos de una dieta, y que en comparación con otros muy conocidos como la “harina de pescado” debe tener una calidad proteica similar, notándose que la dieta en base a HEV presenta una mejor DAP que la HVSE, debido posiblemente a su mejor disponibilidad de aminoácidos que permitía una mejor asimilación, esto permitirá posteriormente evaluar el grado de sustitución de un insumo que dentro de un largo o corto tiempo se hará escaso y con mayor costo como es la “harina de pescado”.

En cuanto al costo de producción, se conoce que el alimento representa un alto porcentaje dentro de la inversión productiva, el mismo que puede representar más del 50% de los costos de producción, ello por insumos como la “harina de pescado” y el “maíz” (IIAP, 2009, FAO, 2016). En el experimento elaborado con la dieta de HEV y HVSE de *A. purpuratus* para los alevines de *P. brachypomus*, se pudo calcular que



1 kg de dieta a base de harina de ensilado de vísceras de *A. purpuratus* (HEV) puede costar S/ 2,66 soles y la dieta a base de harina de vísceras de *A. purpuratus* (HVSE) sin ensilar tiene un costo de S/ 2,43 soles, teniendo la dieta a base de HEV un incremento aproximado de 0.23 soles más respecto al costo de la dieta de HVSE, esto debido a que para su elaboración, se somete a un proceso de ensilaje con la incorporación de otros insumos como inóculo bacteriano y melaza, pero este aumento del precio se ve reflejado en un incremento del promedio de la DAP en un 3,57% respecto al insumo de HVSE, por lo que el proceso de ensilaje implicaría mejorar la producción de *P. brachypomus*, además teniendo en cuenta que en el 2018 se cosecharon 38081 TM de *A. purpuratus* (Anuario Estadístico, 2018) y que los residuos blandos de representan el 15% del peso de la cosecha (Encomendero & Uchpa, 2002), entonces resulta que, anualmente se están vertiendo 5712 TM de residuos blandos de *A. purpuratus* al medio ambiente originando un impacto ambiental y social.

Comparando los resultados de la presente investigación con algunos costos calculados por otros autores, se puede mencionar, para el caso de utilizar como único insumo se reportan costos de las dietas para “harina de pescado” de S/ 7,45 por kg y el ensilado de “harina de plumas” de *Gallus gallus domesticus* de S/ 4,95 por kg (Bernal & Flores, 2018), así también se encontró similar costo en la dieta de “harina de pescado” S/ 6,80 por kg en ensilado de harina de *Psidium guajava* de S/ 3,51 por kg (Huarca & Franco, 2016), se puede evidenciar un menor costo de la presente dieta, lo que hace a la dieta en base a HEV y HVSE, lo que da potencial que podrían aprovecharse en la producción de peces amazónicos como los alevines de *P. brachypomus*.

Además, como mencionan Abimorad & Carneiro (2004) y FAO (2016), la “harina de pescado” es la fuente de proteína más representativa y a su vez de mayor costo en la preparación de dietas para los organismos acuáticos, por lo que debe considerarse fuentes de reemplazo; es así que, la V de vísceras *A. purpuratus* se presenta como una buen alternativa para poder sustituir de forma parcial o completa a la “harina de pescado”, evidenciado por su alta DAP (86,73 %) y que posiblemente permitiría óptimos crecimientos.

Dentro de los parámetros ambientales en un cultivo de peces, se conoce que existen parámetros que son importantes en su desarrollo (Díaz & López, 1993; Boyd, 1996; Timmons *et al.*, 2002), y que se deben mantener en rangos óptimos para obtener un desarrollo aceptable y por lo mismo la toma de información sea de utilidad. De esta manera se consideró registrar y acondicionarlos en rangos aceptables para *P. brachypomus* así como, los parámetros de temperatura, pH y oxígeno disuelto, en todas las unidades experimentales.

La temperatura del agua es considerada de gran importancia en los cultivos de peces ya que se relaciona con los procesos fisiológicos como la tasa respiratoria, eficiencia y asimilación alimenticia, crecimiento en talla y peso, comportamiento y procesos reproductivos (Timmons *et al.*, 2002). Sobre ello, Díaz & López (1993), afirman que los mejores crecimientos para *P. brachypomus* están en el rango de temperaturas entre 26 °C y 29 °C, y Benítez & Venegas (2003), reportan que el rango de temperatura para un mejor desarrollo y crecimiento de *P. brachypomus*, se encuentra entre 25 °C y 30 °C.

En el presente experimento, se registró un rango de temperatura con una máxima de 29,4 °C y una mínima de 29,2 °C, los mismos que se encuentran en los reportados por Díaz & López (1993) y Benítez & Venegas (2003).

Otro parámetro importante es el pH, sobre ello Benítez & Venegas (2003), consideran que en un cultivo de *P. brachypomus*, el pH debe fluctuar entre 6,5 a 9,0 unidades, con un óptimo entre 7,5 y 8 unidades; aunque Boyd (1996), es más generoso y menciona que *P. brachypomus* es una especie capaz de tolerar un amplio rango de pH que va desde 3,5 a 11 unidades, aunque debemos ceñirnos que la especie debe estar en un rango intermedio para evitarle el estrés adicional al cautiverio. En el experimento, se registró un rango de pH desde un máximo de 7,58 unidades a un mínimo de 7,27 unidades, promedios que se encuentran dentro de lo mencionado por Boyd (1996) y Benítez & Venegas (2003).

Respecto al oxígeno disuelto, Rebaza *et al.* (2002), afirman que, para un crecimiento óptimo de los peces, las concentraciones de oxígeno disuelto deben ser superior a 3 mg L<sup>-1</sup>; así Benítez & Venegas (2003), recomiendan que en un cultivo de *P. brachypomus*, debe mantenerse los niveles de oxígeno disuelto entre 3 y 6,5 mg L<sup>-1</sup>, ya que menores

concentraciones pueden causar la pérdida del apetito retardando su crecimiento. En el presente experimento, se registró un rango de oxígeno disuelto entre un máximo de 5,19 mg L<sup>-1</sup> y un mínimo de 4,69 mg L<sup>-1</sup>, valores intermedios según lo mencionado por Rebaza *et al.* (2002) y Benítez & Venegas (2003).

Por todo lo referenciado en los parámetros de cultivo del presente experimento, temperatura, pH y oxígeno disuelto, estos estuvieron en los rangos óptimos para *P. brachypomus*, los mismos que permitirían obtener resultados debido al efecto de los nutrientes en las dietas y no por las variables ambientales, los cuales nos darán mayor validez a los resultados obtenidos.

Por todo ello, la presente investigación confirmaría que un proceso de ensilaje biológico tiene un efecto positivo en la asimilación de nutrientes contenidas en las vísceras de *A. purpuratus* por los alevines de *P. brachypomus*; más aún, esto permitirá la utilización de sustancias consideradas residuos de poco valor comercial como son las vísceras de *A. purpuratus*, insertándola en la cadena productiva, como el cultivo de peces amazónicos y que lograría una disminución de los costos de producción sustituyendo principalmente a la “harina de pescado”, siendo atractiva su utilización en la elaboración de dietas para alevines de *P. brachypomus*.

## VI. CONCLUSIONES

- Se encontró diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre la digestibilidad aparente de proteínas en alevines de *P. brachypomus*, siendo mayor con la dieta a base de harina de vísceras de *A. purpuratus* ensilada con 89,83 %; y menor con la dieta a base de harina de vísceras de *A. purpuratus* sin ensilar con 86,73 %.
- Se estimó el costo del alimento para los alevines de *P. brachypomus*, así 1 kg de dieta en base a harina de vísceras de *A. purpuratus* ensilada es de S/ 2,66 y la dieta en base a harina de vísceras de *A. purpuratus* sin ensilar de S/ 2,43.
- El empleo de ensilaje en la obtención de harina de vísceras de *A. purpuratus* mejora la digestibilidad aparente de este insumo como dieta en alevines de *P. brachypomus*, justificando su costo en su procesamiento.

## VI. RECOMENDACIONES

- Determinar la digestibilidad aparente de la proteína de la HEV y HVSE en los alevines de *P. brachypomus*, a diferentes temperaturas en laboratorio.
- Evaluar la digestibilidad aparente de la proteína de la HEV y HVSE en los alevines de *P. brachypomus*, en estanques semi-naturales utilizando diferentes densidades de peces.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Tawwab, M.; M. Ahmad; Y. Khattab & Adel Shalaby. 2010. Effect of dietary protein level, initial body weight, and their interaction on the growth, feed utilization, and physiological alterations of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*. 298(3-4):267-274.
- Abimorad, E.G. & D.J. Carneiro. 2004. Métodos de colecta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fracción protéica e da energia dos alimentos para pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg. 1887). *Revista Brasileira de Zootecnia*. 37(5):1101-1109.
- Akiyama, D. 1991. Soybean meal utilization by marine shrimp. Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop. Thailand and Indonesia, September 19 -25, 1991. American Soybean Association. Akiyama, D. and R. Tan (eds.). 207-225pp.
- Allan, G. I.; S. Parkinson; M. A. Booth; A.J. Stone; S.J. Rowland; J. Frances & R. Warner. 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*. 186:293-310.
- Anuario Estadístico. (2018). “Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura 2018” Ministerio de la Producción. Dirección de evaluación de impacto y estudios económicos. Lima 27. Noviembre – 2019. p 40 y 56.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1995. *Official Methods of Analysis*. 16th. AOAC 0066-961X, Arlington, Va. U.S.A. 1093p.
- Benítez, E. & C. Venegas. 2003. *Guía para el Cultivo de Cachama*. 1ra. edic. Universidad Nacional de Loja. 12-13-22-23pp.
- Bernal, K. & W. Flores. 2018. Digestibilidad aparente de la proteína de harina de plumas de *Gallus gallus domesticus* en juveniles de *Piaractus brachypomus* (Pisces). Tesis para Título de Biólogo Acuicultor, Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote, Perú. 53p.
- Boyd, C. 1996. *Manejo de suelos y de la calidad de agua en la acuicultura de piscinas*. Asociación Americana de Soya (ASA). Caracas, Venezuela. 62p.
- Cabello, A.; E. Figuera; M. Ramos.; L. Villegas. 1995. Nuevos Productos Pesqueros en la Dieta del Venezolano. FONAIAP. Divulga. 49. Año 12. Julio Septiembre. 19-23pp.

- Campos, L; H. Tello & S. Tello. 2008. Estrategia de desarrollo de la acuicultura en la región Loreto. Álvarez J. (Editor), Elaborado para Ministerio de Comercio Exterior y turismo. Iquitos, Perú. 79p.
- Cuenca, E.M. & G. García. 1987. Ingesta y conducta alimentaria. *En: Nutrición en Acuicultura*. Com. Asesora del Inst. Científ. Técnico. 2:1-65.
- De La Higuera, M. 1987. Requerimientos de proteína y aminoácidos en peces. *En: Espinosa de los M. J. y U. Labarta (eds.). Nutrición en Acuicultura II. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica (CAICYT). Plan de Formación de Técnicos Superiores en Acuicultura*. Madrid, España. 53-98pp.
- Díaz, G. & B. López. 1993. El cultivo de la “cachama blanca” (*Piaractus brachypomus*) y de la “cachama negra” (*Colossoma macropomum*). *En Fundamentos de Acuicultura Continental*. INPA. Colombia.
- Encomendero, L & F. Uchpa. 2002. Evaluación del ensilado biológico a partir de desechos de “concha de abanico” *Argopecten purpuratus*, de la empresa Acuapesca S.A.C. Informe de investigación, Universidad Nacional del Santa. Perú. 24p.
- FAO. 2010. Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Roma. 3-29pp.
- FAO. 2016. Estado mundial de la pesca y la acuicultura. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. Roma. 224p.
- FAO. 2018. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Fecha de consulta: 23/04/2019. Disponible en: <<http://www.fao.org/3/I9540ES/i9540es.pdf>>.
- Fernandes, J.; R. Lochmann & F. Bocanegra. 2004. Apparent digestible energy and nutrient digestibility coefficients of diet ingredients for pacu *Piaractus brachypomus*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 35:237-244.
- Glencross, B.D.; M. Booth & G.L. Allan. 2007. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*. 13:17-34.
- Gomes da Silva, J. & A. Oliva-Teles. 1998. Apparent digestibility coefficients of feedstuffs in seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquat. Living Resour.* 11(3):187-191.
- Gómez, F. 2002. Transportation of tambaqui juveniles (*Colossoma macropomum*) in Amazon. *World Aquaculture*. 33:51-53.

- Grosell M. 2011. The multifunctional gut of fish. Volume 30 in the fish physiology series. New York: Elsevier, Academic Press.
- Guevara, J. & E. Chipana. 2015. Digestibilidad aparente de la proteína de la harina de ensilado biológico de residuos de *Sciaena deliciosa* “lorna” en juveniles de *Piaractus brachypomus* “paco”. Tesis para Título de Biólogo Acuicultor, Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote, Perú. 57p.
- Gutiérrez, F.; M. Quispe; L. Valenzuela; G. Contreras & J. Zaldivar. 2010. Utilización de la proteína dietaria por alevinos de *Colosoma macropomum*, alimentados con dietas isocalóricas. Facultad de ciencias biológicas. *Rev. Perú. Biol.* 17(2):219-223.
- Gutiérrez, M.; M. Perdomo & W. Vásquez. 2011. Digestibilidad aparente de materia seca, proteína y energía de harina de vísceras de pollo, quinua y harina de pescado en tilapia nilótica, *Oreochromis niloticus*. Instituto de Acuicultura Universidad de Los Llanos, Colombia. *Orinoquia*. 15(2):169-179.
- Gutiérrez, W.; J. Zaldivar & G. Contreras. 2008. Coeficiente de Digestibilidad aparente de harina de pescado peruano y maíz amarillo duro para *Colossoma macropomum* (Actinopterygii, characidae). Instituto de Investigación de Ciencias Biológicas “Antonio Raimondi”. *Rev. Perú. Biol.* 15(2):16-17.
- Hansen AC, Rosenlund G, Karlsen Ø, Koppe W, Hemre GI. 2007. Total replacement of fish meal with plant proteins in diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) I - effect on growth and protein retention. *Aquaculture*; 272: 599-611.
- Huarca, E. & T. Franco. 2016. Digestibilidad aparente de la proteína de la harina de ensilado biológico de *Psidium guajava* “guayaba” en alevines de *Oreochromis niloticus* “tilapia nilótica”. Tesis para Título de Biólogo Acuicultor, Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote, Perú. 50p.
- IIAP. 2009. *Evaluación económica de la piscicultura en Loreto. Estudio de casos: Piscigranjas eje carretera Iquitos-Nauta*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 102p.
- Jena, J.K.; G. Mitra & S. Biswal. 2012. Effect of dietary protein levels on growth and nutrient utilization of fringe-lipped carp, *Labeo fimbriatus* (Bloch) fingerlings. *Aquaculture Nutrition*. 18(6):628–639.
- Köprücü, K. & Y. Özdemir. 2005. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. 250:308-316.



- Llanes J.; J. Toledo; V. Fernández & J. Lazo. 2007. Estudio del ensilado biológico de pescado como inóculo de bacterias lácticas en la conservación de desechos pesqueros (Biologic fish silage's study as lactic bacterial inoculums in the fresh offal conservation). *Redvet*. 8(9):1-6.
- Llanes, J.; A. Bórquez; J. Toledo & J. Lazo de la Vega. 2010. Digestibilidad aparente de los ensilajes de residuos pesqueros en tilapias rojas (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). Centro de Preparación Acuícola Mampostón. Carretera Central Km. 41, San José de las Lajas, La Habana. Cuba. *Zootecnia. Trop*. 28(4):499-505.
- López, J., D. Salazar & C. Izquierdo. 2015. Coeficiente de digestibilidad de la harina de hidrolizado de vísceras de cachama blanca (*Piaractus brachypomus* cuvier1818), usada como fuente de proteína en la alimentación de sus alevinos. *Acta Biol. Par*. 1-2:7-16.
- López-Cervantes, J.; D. Sánchez-Machado & J. Rosas-Rodríguez. 2006. Analysis of free amino acid in fermented shrimp waste by high performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography*. 1105(1-2):106-110.
- López-Macías, J. 2014. *Nutrición y Alimentación Piscícola*. Edit. Universidad de Nariño, 1ra edic., Pasto, Colombia, 348p.
- Manríquez, J. 2011. La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos - Su aplicación en peces y en la conservación del medio ambiente. Fundación Chile, FAO. Chile. 11p.
- Masagounder, K.; J. Firman; R. Hayward; S. Sun & P. Brown. 2009. Apparent digestibilities of common feed stuffs for bluegill *Leponis macrochirus* and largemouth bass *Micropterus salmoides* using individual test ingredients. *Aquaculture Nutrition*. 15: 29-37.
- Morillo, M.; T. Visval; D. Altuvem; F. Ovalles & A. Medina. 2013. Valoración de dietas para alevines *Colosoma macropomun* utilizando como fuente proteica harinas: de lombriz (*eisenia foetida*) soya (*Glycine max*) y caraotas (*Phaseolus vulgaris*). *Rev. Chil. Nutr*. 40(2):147-154.
- Perea, R.C.; C.Y. Garcés & J. Hoyos. 2011. Evaluación de ensilaje biológico de residuos de pescado en alimentación de tilapia roja (*Oreochromis* sp). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 9(1):60-68.
- PRODUCE (Ministerio de la Producción). 2019. Anuario estadístico pesquero y acuícola 2017. Ministerio de la Producción – Perú. Fecha de consulta: 23/04/2019. Disponible en: <[http://ogeiee.produce.gob.pe/images/Anuario/Pesca\\_2017.pdf](http://ogeiee.produce.gob.pe/images/Anuario/Pesca_2017.pdf)>.

- Rebaza, C.; E. Villafana; M. Rebaza & S. Deza. 2002. Influencia de tres densidades de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* “paco” en segunda fase de alevinaje en estanques seminaturales. *Folia Amazónica*. 13(1-2):122-134.
- Saldaña, G. 2011. Efecto de dietas con diferentes concentraciones de *Lactobacillus* sp. enriquecido con proteína hidrolizada de vísceras de *Argopecten purpuratus*, sobre el crecimiento y supervivencia de alevines de *Oreochromis niloticus* en laboratorio. Tesis para optar el Grado de Doctor en Ciencias Biológicas. Programa de Doctorado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. 84p.
- Sanz, F. 2009. *La nutrición y alimentación en piscicultura*. Madrid, ES, Fundación Observatorio Español de Acuicultura. España. 406p.
- Sudaryono, A.; E. Tsvetnenko & L. Evans. 1996. Digestibility studies on fisheries by product based diets for *Penaeus monodon*. *Aquaculture*. 143:331-340.
- Timmons, M.B.; J.M. Ebeling; F.W. Wheaton; S.T. Summerrfelt & B.J. Vinci. 2002. *Recirculating aquaculture systems*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Cayuga Aqua Venture, U.S.A. 769p.
- Toledo, J. & J. Llanes. 2002. Manual práctico para nutrición y alimentación de peces. Documento manuscrito. Centro de Preparación Acuícola Mampostón. Habana, Cuba. 58p.
- Toledo, J. & J. Llanes. 2006. Estudio comparativo de los residuos de pescado ensilados por vías bioquímica y biológica. Centro de Preparación Acuicultura Mampostón. *Revista AquaTIC*. (25):28-33.
- Vásquez, W. 2005. Especies nativas para piscicultura no Brasil. Santa María. UFSM. P. 203-223p.
- Vásquez, W.; M. Perdomo; G. Hernández & M. Gutiérrez. 2010. Digestibilidad aparente de ingredientes de uso común en la fabricación de raciones balanceadas para tilapia roja híbrida (*Oreochromis* sp.). *Rev. Colomb. Cienc. Pec.* 23:207-216.
- Vásquez, W.; M. Yossa & M. Gutiérrez. 2013. Digestibilidad aparente de ingredientes de origen vegetal y animal en la cachama. *Pesq. agropec. bras.* 48(8):920-927.
- Vidotti, R.M.; D. Carneiro; E. Macedo-Viegas & D.J. Carneiro. 2003. Amino acid composition of processed fish silage using different raw materials. *Animal Feed Science and Technology*. 105:199-204.

## **IX. ANEXOS**

**Anexo 1.** Análisis de las HEV y HVSE vísceras *A. purpuratus* y de heces de los tratamientos

HARINA DE ENSILADO DE VISCERAS			HARINA DE VÍSCERAS SIN ENSILAR		
64,57			62,83		
HECES					
R1	R2	R3	R1	R2	R3
24,05	21,17	22,28	25,45	25,14	24,78

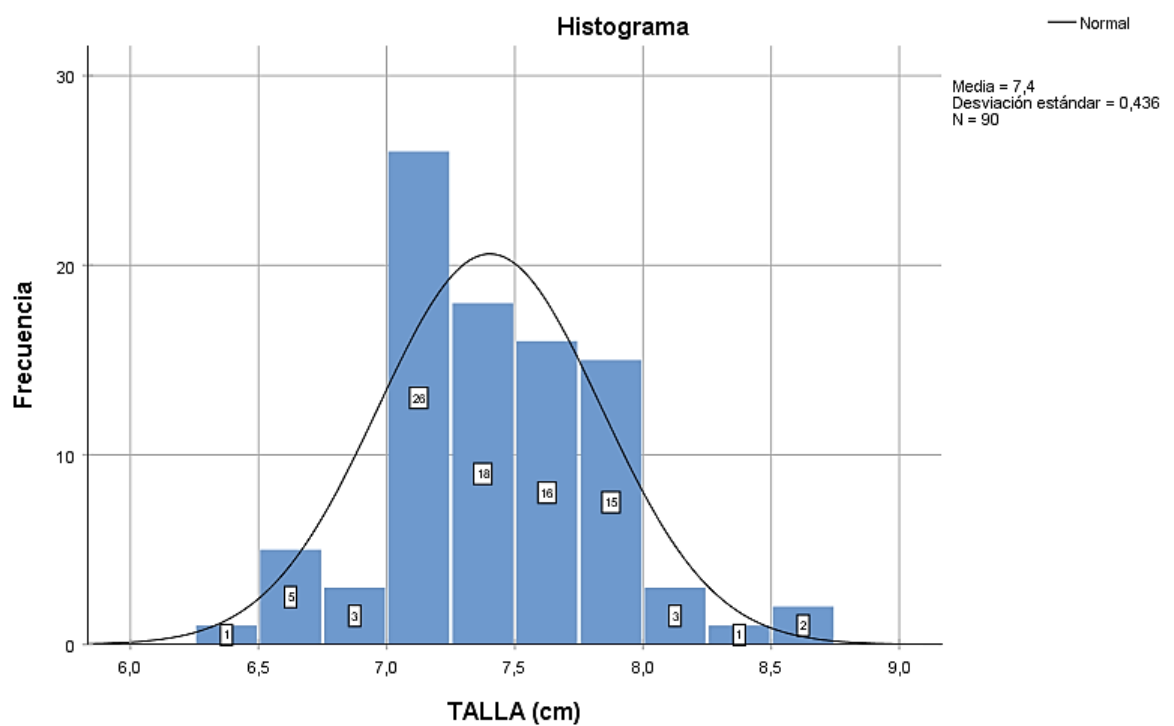
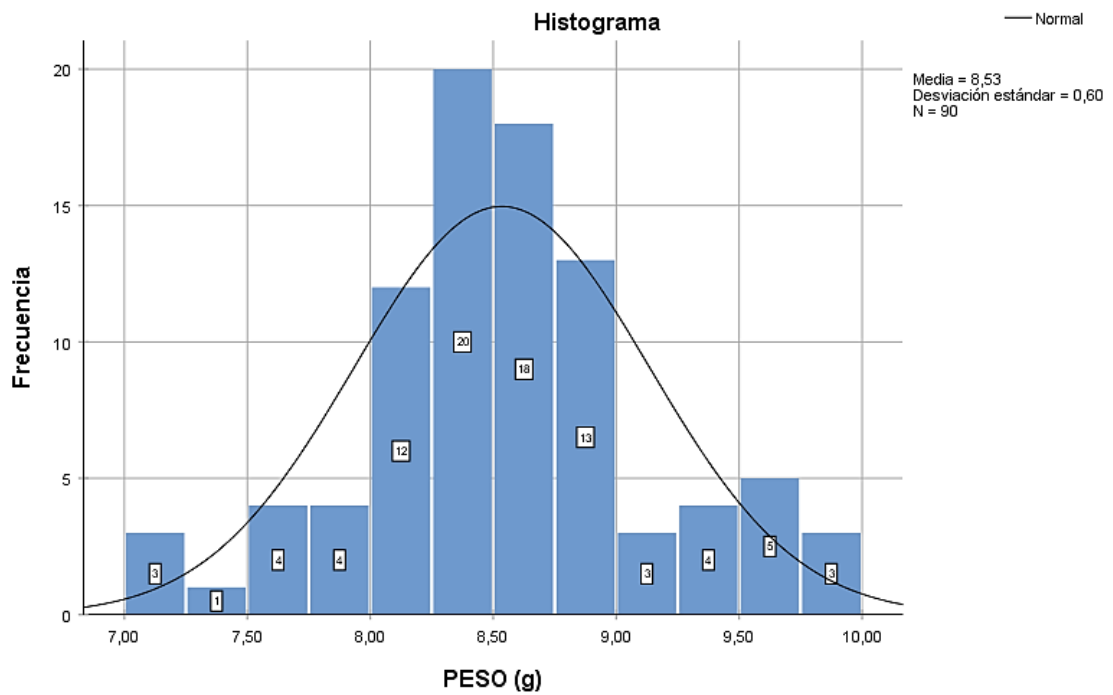
**Anexo 2.** Valores de los pesos (g) de los alevines de *P. brachypomus* “paco”

Nº	DIETAS					
	HARINA ENSILADA			HARINA SIN ENSILAR		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	7,67	8,39	8,25	7,42	8,33	7,10
2	8,40	8,25	8,44	8,07	8,55	8,15
3	8,30	9,78	8,01	9,91	8,56	8,26
4	9,69	7,20	8,00	8,75	8,49	8,20
5	8,32	8,34	8,51	8,31	8,25	8,45
6	9,00	9,26	8,56	9,47	7,88	8,77
7	8,19	8,23	8,52	8,62	8,53	8,67
8	8,97	9,33	7,15	8,83	8,95	8,66
9	8,34	8,63	8,48	8,91	8,46	8,29
10	7,77	8,12	9,10	8,64	7,57	7,50
11	8,79	7,80	8,14	8,65	8,22	9,68
12	9,74	8,17	9,23	8,68	9,50	9,25
13	7,84	8,47	9,94	8,87	8,82	8,89
14	8,67	7,71	8,93	8,84	8,92	8,57
15	8,63	8,54	8,72	9,64	8,23	8,31
MÍNIMO	7,67	7,20	7,15	7,42	7,57	7,10
MÁXIMO	9,74	9,78	9,94	9,91	9,50	9,68
PROMEDIO	8,55	8,41	8,53	8,77	8,48	8,45
D.E.	0,62	0,66	0,64	0,61	0,46	0,63
C.V.	7,24	7,81	7,48	6,93	5,44	7,43

**Anexo 3.** Valores de las tallas (cm) de los alevines de *P. brachypomus* “paco”.

Nº	DIETAS					
	HARINA ENSILADA			HARINA SIN ENSILAR		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	6,8	7,3	7,2	6,5	7,2	6,4
2	7,3	7,1	7,3	7,0	7,4	7,1
3	7,2	8,4	7,0	8,5	7,4	7,2
4	8,1	6,5	7,0	7,6	7,4	7,1
5	7,2	7,3	7,4	7,2	6,6	7,3
6	7,8	7,9	7,4	7,9	7,0	7,6
7	7,1	7,1	7,8	7,4	7,4	7,6
8	7,8	7,9	6,5	7,6	7,8	7,5
9	7,2	7,5	7,4	7,8	7,2	7,2
10	6,9	7,1	7,9	7,5	7,3	6,6
11	7,6	7,0	7,1	7,5	7,1	8,0
12	8,1	7,1	7,9	7,6	7,9	7,9
13	7,0	7,4	8,7	7,7	7,6	7,8
14	7,5	6,8	7,4	7,7	7,8	7,4
15	7,6	7,4	7,6	7,9	7,2	7,2
MÍNIMO	6,8	6,5	6,5	6,5	6,6	6,4
MÁXIMO	8,1	8,4	8,7	8,5	7,9	8,0
PROMEDIO	7,4	7,3	7,4	7,6	7,4	7,3
D.E.	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,4
C.V.	5,6	6,5	6,8	5,9	4,6	6,0

**Anexo 4.** Histogramas de frecuencias y curvas normal del peso (g) y talla (cm) de los alevines de *P. brachypomus* “paco”.



**Anexo 5.** Pruebas de Normalidad para el peso (g) y talla (cm) de los alevines de *P. brachyomus* “paco”.

**Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TALLA	0,091	90	0,064	0,978	90	0,126
PESO	0,082	90	0,180	0,975	90	0,086

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Anexo 6.** Análisis de varianza ( $\alpha=0,05$ ) de las proteínas en las heces recolectadas y la DAP de los alevines de *P. brachyomus* “paco” alimentados con dietas HVSE y HEV.

**ANOVA**

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
PROTEÍNAS_HECES	Entre grupos	10,323	1	10,323	9,290	0,038
	Dentro de grupos	4,445	4	1,111		
	Total	14,767	5			
DA_PROTEÍNAS	Entre grupos	14,384	1	14,384	30,113	0,005
	Dentro de grupos	1,911	4	0,478		
	Total	16,295	5			