

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



**Digestibilidad aparente de la proteína de harina de plumas de
Gallus gallus domesticus en juveniles de *Piaractus
brachypomus* (Pisces)**

Tesis para Optar el Título de Biólogo Acuicultor

AUTORES:

Karla Mirella, Bernal Ruíz

Wendy Josselyn, Flores Rojas

ASESOR:

Dr. Guillermo Saldaña Rojas

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



**Digestibilidad aparente de la proteína de harina de plumas de
Gallus gallus domesticus en juveniles de *Piaractus
brachypomus* (Pisces)**

Tesis para Optar el Título de Biólogo Acuicultor

AUTORES:

Karla Mirella, Bernal Ruíz

Wendy Josselyn, Flores Rojas

Revisado y Aprobado por el Asesor

Dr. Guillermo Saldaña Rojas

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



**Digestibilidad aparente de la proteína de harina de plumas de
Gallus gallus domesticus en juveniles de *Piaractus
brachypomus* (Pisces)**

Tesis para Optar el Título de Biólogo Acuicultor

AUTORES:

Karla Mirella, Bernal Ruíz

Wendy Josselyn, Flores Rojas

***APROBADO POR EL JURADO CALIFICADOR INTEGRADO POR LOS
SEÑORES MIEMBROS***

Dr. Luis Campoverde Vigo

Mg. Juan Carhuapoma Garay

Dr. Guillermo Saldaña Rojas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivos general	5
Objetivos específicos	5
II. MATERIALES Y MÉTODOS	6
2.1. MATERIALES	6
2.1.1. Localización del proyecto	6
2.1.2. Población	6
2.1.3. Muestra	6
2.1.4. Unidad de análisis	6
2.2. MÉTODOS	6
2.2.1. Tipo de estudio	6
2.2.2. Diseño de investigación	6
2.3. PROCEDIMIENTO	7
2.3.1. Acondicionamiento de juveniles de <i>P. brachypomus</i>	7
2.3.2. Unidad experimental	7
2.3.3. Dieta para juveniles de <i>P. brachypomus</i>	8
2.3.4. Preparación de la dieta	8
2.4. TÉCNICAS DE ALIMENTACIÓN Y RECOLECCIÓN DE HECES	9
2.4.1. Ración y frecuencia de alimento	9
2.4.2. Recolección de heces	10
2.4.3. Limpieza y recambio de agua	10
2.5. EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE	10
2.6. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA EN LOS ACUARIOS	10
2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	11
III. RESULTADOS	12

3.1. COMPOSICIÓN DE PROTEÍNAS EN DIETAS Y HECES	12
3.1.1. Proteínas en dietas	12
3.1.2. Proteínas en heces	12
3.2. DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LAS PROTEÍNAS (DAP)	13
3.3. COSTOS DE LAS DIETAS	14
3.4. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA	15
3.4.1. Oxígeno disuelto	15
3.4.2. Temperatura del agua	16
3.4.3. pH del agua	16
IV. DISCUSIÓN	18
V. CONCLUSIONES	23
VI. RECOMENDACIONES	24
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
VIII. ANEXOS	32

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mi madre EDITH RUIZ SANCHEZ

Por haberme apoyado en todo momento, por creer en mí y porque ha sido la guía y el camino para poder llegar a este punto de mi carrera profesional, que con su ejemplo, dedicación y palabras de aliento nunca bajo los brazos para que yo tampoco lo haga aun cuando todo era difícil.

A mi padre CESAR BERNAL RAMOS

A pesar de nuestra distancia física puedo comprender que te encuentras en un mejor lugar en el cual tienes descanso eterno, y aun así siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial tanto para ti como lo es para mí.

A mis abuelos en el cielo CELINDA SANCHEZ Y CARLOS RUIZ

Porque en vida me apoyaron en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor incondicional. Los amo.

A mis Familiares.

*Agradezco a mi hermano, tíos, primos por su confianza puesta en mí por su cariño y consideración, pero sobre todo a mis lindas sobrinas por ser tan dulces y tiernas conmigo y con solo una sonrisa transforman mi día en alegría
CELINDA MARIE Y LUANA SHANTALL.*

Karla Mirella Bernal Ruiz

DEDICATORIA

A Dios, quién me dió la vida y fortaleza, por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida, el cual permitió que todo esto sea posible, con su bendición.

A mi madre Elizabeth Rojas Quiñones, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante, su apoyo incondicional, por luchar conmigo y desear lo mejor en cada paso, día a día de mi vida.

A mi abuela Sabina Quiñones Mejía por su cariño, su amor, apoyo incondicional a lo largo de mi vida y en el transcurso de mi carrera universitaria, por compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre puedo contar con ella.

A mis hermanos Ashly, Alejandro y José Miguel por estar a mi lado en los buenos y malos momentos, a mi tío Simón y a mi tía Michelle, por su apoyo moral y por demostrar la gran fe que tienen en mí.

A mis tíos, Alex, Eliane, quienes con su ayuda, cariño y comprensión han sido parte fundamental de mi vida, por toda la colaboración brindada durante la elaboración de este proyecto.

Wendy Josselyn Flores Rojas

AGRADECIMIENTOS

A nuestro asesor de tesis, Dr. Guillermo Saldaña Rojas por su esfuerzo y dedicación, durante todo este tiempo, quien con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación ha logrado guiarnos por un buen camino profesional.

A cada uno de los docentes de la Escuela Académico Profesional de Biología en Acuicultura que nos acompañaron durante toda la carrera universitaria aportando con un granito de arena a nuestra formación.

Y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

Las Autoras

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diseño experimental de los tratamientos empleados en el estudio de la digestibilidad aparente de proteínas en juveniles de <i>P. brachypomus</i> “paco” alimentados con harina de pescado y harina de plumas	7
Tabla 2. Proporción de insumos (%) para la preparación de las dietas a base de harina de pescado y harina de plumas	8
Tabla 3. Proteínas en los insumos y dietas, utilizados en el análisis de digestibilidad aparente de harina de pescado y harina de plumas, en <i>P. brachypomus</i> “paco”	12
Tabla 4. Proteínas en las heces de <i>P. brachypomus</i> “paco”, en el análisis de digestibilidad aparente de harina de pescado y harina de plumas	12
Tabla 5. Valores de digestibilidad aparente de proteínas en juveniles de <i>P. brachypomus</i> “paco” alimentados con harina de pescado y harina de plumas	13
Tabla 6. Costos de los insumos utilizados en la elaboración de la dieta control	14
Tabla 7. Costos de los insumos utilizados en la elaboración de la dieta experimental	14

ÍNDICE DE FIGURAS

- Fig. 1.** Digestibilidad aparente de proteínas (DAP) de las dietas a base de harina de pescado y harina de plumas utilizado en juveniles de *P. brachypomus* “paco” 13
- Fig. 2.** Concentraciones del oxígeno disuelto en los tratamientos del estudio de digestibilidad aparente de proteínas con dietas a base de harina de pescado y harina de plumas en juveniles de *P. brachypomus* “paco” 15
- Fig. 3.** Temperatura del agua en los tratamientos del estudio de digestibilidad aparente de proteínas con dietas a base de harina de pescado y harina de plumas en juveniles de *P. brachypomus* “paco” 16
- Fig. 4.** pH el agua en los tratamientos del estudio de digestibilidad aparente de proteínas con dietas a base de harina de pescado y harina de plumas en juveniles de *P. brachypomus* “paco” 17

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la digestibilidad aparente de la proteína de la harina de plumas de *Gallus gallus domesticus* en juveniles de *Piaractus brachypomus* “paco”. Se utilizó 108 especímenes de 8,5 g \pm 0,7 de peso total y 6,8 cm \pm 0,3 de longitud total, siendo distribuidos en dos tratamientos con tres repeticiones, empleándose el diseño clásico completamente al azar. La digestibilidad aparente de la proteína de la harina de plumas fue de 86,45 %, mientras que el control con harina de pescado ascendió a 92,57 %. Se concluye que, la harina de plumas presentó una buena digestibilidad aparente de proteínas en juveniles de *P. brachypomus* “paco” lo que haría posible reemplazar en un alto porcentaje la harina de pescado en sus dietas.

Palabras Clave: *Piaractus brachypomus*, paco, juveniles, harina de plumas, digestibilidad aparente, proteínas, harina de pescado.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the apparent digestibility of the protein of the feather meal of *Gallus gallus domesticus* in juveniles of *Piaractus brachypomus* “paco”. We used 108 specimens of 8,5 g \pm 0,7 of total weight and 6,8 cm \pm 0,3 of total length, being distributed in two treatments with three repetitions, using the classic design completely at random. The apparent digestibility of the protein of the feather meal was 86,45 %, while the control with fishmeal amounted to 92,57 %. It is concluded that feather meal presented a good apparent protein digestibility in juveniles of *P. brachypomus* “paco” which would make it possible to replace fishmeal in a high percentage in their diets.

Key Words: *Piaractus brachypomus*, pacu, juveniles, feather meal, apparent digestibility, proteins, fish meal.

I. INTRODUCCION

El desarrollo de la acuicultura, está sustentada en el empleo de dietas, para especies acuáticas, la fuente proteica ha sido generalmente la harina de pescado, gracias a su excelente perfil de aminoácidos y a su gran aporte de ácidos grasos esenciales, energía, vitaminas y minerales (Guevara, 2003). El alimento representa hasta el 60 a 80% de los costos variables en la mayor parte de las operaciones de la piscicultura, sumado a esto y debido al crecimiento de la acuicultura, la demanda por harina de pescado ha forzado un incremento en sus precios (Lavell, 1998; Silva *et al.*, 2003; Espinal *et al.*, 2005; Álvarez, 2008), por cuanto es el ingrediente más utilizado en la elaboración de alimentos para la mayoría de las especies cultivadas (Álvarez, 2007).

La harina de pescado presenta una alta incidencia en los costos de producción de especies acuícolas, su uso como materia prima en la fabricación de alimentos para otras especies de mayor participación en el mercado (pollo de engorde, gallinas ponedoras y porcinos), hace que este insumo sea cada vez más escaso y caro por lo que es interesante la búsqueda de nuevos insumos que puedan aportar nutrientes dentro de la ración para los organismos acuícolas (Espinal *et al.*, 2005); surge la necesidad de disponer fuentes de proteínas alternativas, como el uso de harinas de subproductos avícolas (harina de sangre, plumas y vísceras) en la formulación de alimentos y además de menor costo frente a la harina de pescado, la cual se utiliza convencionalmente en este sector (Steffens, 1994).

Debido a la alta calidad de la harina de pescado es dificultoso hallar una sustitución adecuada a este producto, sin embargo existe la posibilidad de hacerlo de forma parcial mediante la incorporación de otras fuentes proteicas como la harina de plumas en la formulación adecuada de una dieta a utilizar, dado a que todo insumo deberá aportar la cantidad de aminoácidos esenciales que cubran los requerimientos del organismo acuático y tener una alta digestibilidad proteica a fin de aunar los criterios de cantidad y calidad (Steffens, 1994).

Menassa (2002), considera que las plumas de las aves representan una fuente potencial de proteínas, constituida la mayor parte de ellas por queratina, sustancia orgánica que forma la base de la epidermis, uñas, pelos y tejidos córneos, siendo una proteína que por

su estructura química al descomponerse de tirosina y leucina, se considerada como una fuente concentrada de proteínas que pueden servir para aumentar el valor nutritivo y la densidad energética, mejorando la eficiencia alimenticia.

La harina de plumas procesada de manera óptima tiene un alto contenido de proteínas (varía entre 80 y 90 %) y alto grado de digestibilidad; puede utilizarse en la elaboración de alimentos balanceados sustituyendo a la harina de soya o de pescado, hay que tener en cuenta el hecho que la materia prima utilizada en un material considerado como desecho en nuestro país (Moritz & Latshaw, 2001; Gonzales, 2007). Al aprovecharla se previene la contaminación a corrientes de agua o su concentración en rellenos sanitarios, cuando no se les realiza ningún tipo de procesamiento (Blas *et al.*, 2003).

Considerando sus características nutricionales de la harina de plumas como su reducido costo, solo dos tercios del costo de otras proteínas animales y su disponibilidad en gran cantidad, la inclusión de este insumo en dietas comerciales contribuiría a una reducción significativa del precio de producción, permitiendo al mismo tiempo la utilización de un subproducto abundante (Bishop *et al.*, 1995).

Entre los parámetros para determinar el valor nutricional de los insumos y de las dietas empleadas en la alimentación acuícola se encuentran, la composición química del ingrediente, las necesidades de la especie y la digestibilidad (Manríquez, 1994; Pezzato *et al.*, 2002; Gonçalves & Carneiro, 2003). La digestibilidad puede variar en función del nivel de inclusión del ingrediente en la dieta y generalmente tiende a disminuir en la medida en que aumenta su concentración en la dieta (Furuichi & Yone, 1980; Henken *et al.*, 1985; Gonçalves & Carneiro, 2003). Asimismo, afecta al volumen y forma de las heces, y la frecuencia de las defecaciones, en la medida que aumenta la digestibilidad de una dieta, el volumen fecal disminuye; por consiguiente, un alimento altamente digestible produce heces sólidas y bien formadas; a diferencia de un alimento con baja digestibilidad contiene una elevada proporción de ingredientes que las enzimas del tracto gastrointestinal no pueden digerir, lo que produce una alta concentración de fecas blandas (Case *et al.*, 1997).

La medición de la digestibilidad proporciona una buena indicación de la biodisponibilidad de nutrientes, que de esta manera brinda una base racional con la cual

se pueden formular las dietas para cubrir las normas específicas de niveles de nutrientes disponibles. Sklan *et al.* (2004), mostraron que la digestibilidad total de una ración es el producto de la sumatoria de los valores de digestibilidad de los nutrientes y de la energía presente en los ingredientes que la componen. Gomes & Oliva (1998), manifiestan que el mecanismo de digestibilidad de un pez es el proceso completo de alimentación y digestión optimizado solo si la digestión sigue una vía óptima limitada por las características del alimento que se consume y las características del tracto digestivo del animal; de forma análoga a la teoría del forrajeo y la teoría de digestión que predice la estrategia óptima que va a permitir a un organismo una mayor adecuación biológica, que maximiza la tasa neta de nutrientes y/o energía liberada del alimento ingerido (Sibly, 1981; Taghon, 1981; Penry & Jumars, 1989; Hume, 1997; Alexander, 1996).

La especie de estudio *Piaractus brachypomus*, conocido como “paco” es nativa de las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas (Orozco, 1990; Díaz & López, 1995; Jegú, 2003); llamado también “pirapitinga” en Brasil, “cachama blanca” en Colombia y “morocoto” en Venezuela; es un pez tropical que no puede sobrevivir si la temperatura del agua desciende a menos de 15 °C; posee un cuerpo alto y comprimido, cabeza moderada; opérculos de forma alargada. Los juveniles poseen un cuerpo plateado con una mancha ocular en los flancos; los adultos con la mitad superior grisácea y la mitad inferior anaranjada; puede alcanzar en el ambiente natural hasta 85 cm de longitud total y pesar alrededor de 20 kg (Reís *et al.*, 2003; IIAP, 2006).

Es considerada como la especie de mayor potencial productivo y comercial en la piscicultura extensiva, semi intensiva e intensiva de aguas cálidas continentales de América tropical; resistente a enfermedades y al manejo en cautiverio, presenta alta docilidad y rusticidad (Hernández, 1994); además, tiene una fácil adaptación a condiciones limnológicas desfavorables por períodos no prolongados (Díaz & López, 1995). *P. brachypomus* empezó a producirse desde 1983, con un promedio de 50 toneladas/año; años después hasta el 2003, se obtuvieron entre 16000 a 18000 toneladas/año (Vásquez, 2004). Su importancia comercial (INPA, 1998), radica en la excelente calidad y sabor de su carne (Bello & Gil, 1992), que le da buena aceptación en el mercado (Wedler, 1998); igualmente, su valor productivo depende de sus hábitos omnívoros con tendencia a consumo de frutos y semillas (Vásquez, 2004), que le

permite aceptar diferentes tipos de alimentos naturales, logrando altas tasas de conversión alimenticia (Lucas, 2008); realizándose estudios preliminares en la alimentación de “paco” evaluando la inclusión de plátano, yuca, pijuayo, castaña, pulpa de café, etc., en la elaboración de alimento balanceado cuyos resultados fueron bastante alentadores en algunos casos (Bautista *et al.*, 2005; Chu-Koo & Kohler, 2005; Mercado *et al.*, 2009).

Gutiérrez *et al.* (1996), demostraron que niveles mínimos de 29,8 % de proteína bruta de alimento son los requeridos por juveniles de “paco” en dietas de crecimiento para obtener una adecuada ganancia de peso y una eficiente retención de proteínas; mientras que Vásquez (2004), menciona que los valores óptimos para que los juveniles alcancen un máximo crecimiento es de 32 %; por esta razón Mercado *et al.* (2009), evaluaron diferentes niveles de inclusión de castaña, pijuayo y mucuna, en la alimentación de juveniles de “paco”, obteniendo el valor óptimo con 30 % de proteína de castaña y con una mejor conversión alimenticia, sus resultados indicaron que los parámetros productivos no fueron afectados significativamente ($P > 0.05$) por los niveles de inclusión de estos insumos. Mientras que, Ramón *et al.* (2004), sustituyeron la harina de pescado por harina de plumas, con niveles de 20 %, 35 % y 50 % para “tilapia roja” *Oreochromis sp.*, demostrando que la dieta con 50 % de sustitución resultó ser muy eficiente.

Fernandes *et al.* (2004), encontraron un coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) de harina de pescado en 90,14 % para *P. brachypomus*; en maíz amarillo el CDA de la proteína para *Colossoma macropomum* fue más bajo con 75,46 %, y el CDA obtenidos en el híbrido *Oreochromis niloticus* × *O. aureus* fue de 97,9 %, *Cyprinus carpio* de 93,3% (Takeuchi *et al.*, 1994; Degani *et al.*, 1997; Furuya *et al.*, 2001). En *O. niloticus*, se han determinado CDA de diversas materias primas de origen animal; se reportan valores de 78,55 % de digestibilidad proteica en harina de pescado, de 73,19 % en harina de carne, de 87,24 % en harina de vísceras de pollo, de 50,69 % en harina de sangre, y de 49,12 % en harina de plumas (Pezzato *et al.*, 2002). Por otro lado, Puerta (2016), obtuvo el CDA de 67,38 % en juveniles de *P. brachypomus*, superando incluso a los de la soya integral de 44,2 % y de la torta de girasol 52,3 % reportadas por Vásquez *et al.* (2013).

Frente a este contexto, surge la necesidad de buscar sustitutos alimenticios, nutricionalmente eficientes, económicamente rentables y de disponibilidad constante; así como, de fácil manejo y aplicación (Hardy, 2001). Diversas investigaciones reportan el potencial de productos alternativos de origen animal, que pueden sustituir parcialmente la harina de pescado, en cuanto a su composición de aminoácidos esenciales, palatabilidad y digestibilidad, y que tienen un menor costo que la harina de pescado (Swick, 2002).

Para ello nos planteamos el siguiente problema de investigación: ¿Cuál es la digestibilidad aparente de la proteína de harina de plumas de *Gallus gallus domesticus* en juveniles de *Piaractus brachypomus* “paco”?

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la digestibilidad aparente de la proteína de harina de plumas de *Gallus gallus domesticus* en juveniles de *Piaractus brachypomus* “paco”.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar el porcentaje de proteína de la harina de plumas de *Gallus gallus domesticus*.
- Determinar la digestibilidad aparente de la proteína de harina de plumas en juveniles de *Piaractus brachypomus* “paco”.
- Cuantificar costos de la dieta experimental respecto a la dieta control.

El presente estudio se orienta a desarrollar una propuesta para el aprovechamiento de la harina de plumas de *Gallus gallus domesticus*, en la elaboración de una dieta para *P. brachypomus* “paco” y dar un valor agregado a estos, disminuyendo los costos de alimentación en la producción de peces, por ser un recurso poco aprovechado.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIALES

2.1.1. Localización del proyecto

La investigación se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Acuicultura Continental y Nutrición, perteneciente a la Escuela Académico Profesional de Biología en Acuicultura de la Universidad Nacional del Santa, distrito de Nuevo Chimbote, provincia del Santa, Región Ancash, Perú.

2.1.2. Población

Los juveniles de *P. brachypomus* procedieron del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana ubicado en la ciudad de Tarapoto ($6^{\circ}29'00''S$ $76^{\circ}22'00''O$) a 250 msnm, orillas del río Shilcayo, provincia y región San Martín, Perú.

2.1.3 Muestra

Se utilizaron 108 juveniles de *Piaractus brachypomus*, de $6,8 \pm 0,3$ cm de longitud total y de $8,5 \pm 0,7$ g de peso total, seleccionados al azar de un lote de 500 ejemplares que fueron mantenidos en el Laboratorio.

Para establecer la validez de la muestra, se aplicó el test de Kolmogorov-Smirnov ($\alpha=0,05$) a los datos de peso y talla encontrándose que son homogéneos y se ajustan a la distribución normal.

2.1.4. Unidad de análisis

Se contó con 2 tratamientos los cuales estuvieron formulados uno a base de harina de pescado y el otro a base de harina de plumas.

2.2 MÉTODOS

2.2.1. Tipo de estudio

La investigación comprende al tipo experimental y por su diseño explicativo.

2.2.2. Diseño de investigación

Se empleó el diseño clásico completamente al azar, con dos tratamientos y tres repeticiones cada uno (tabla 1).

Tabla 1. Diseño experimental de los tratamientos empleados en el estudio de la digestibilidad aparente de proteínas en juveniles de *P. brachypomus* “paco” alimentados con harina de pescado y harina de plumas.

TRATAMIENTOS	ESPECIFICACIONES
TC r1, r2 y r3	Juveniles de <i>P. brachypomus</i> “paco”, alimentados con una dieta a base de harina de pescado como fuente de proteínas.
TE r1, r2 y r3	Juveniles de <i>P. brachypomus</i> , “paco”, alimentados con una dieta a base de harina de plumas como fuente de proteínas.

2.3. PROCEDIMIENTO

2.3.1. Acondicionamiento de juveniles de *P. brachypomus*

Los peces estuvieron siendo adaptados desde la etapa de alevines en el Laboratorio de Acuicultura Continental y Nutrición de la E.A.P. Biología en Acuicultura de la Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú.

Al inicio del experimento los juveniles de *P. brachypomus* “paco” fueron colocados en los acuarios correspondientes para ser aclimatados, mantenidos y dejados en ayuno por un periodo de tres días, con el objetivo de vaciar completamente el tracto digestivo e iniciar la alimentación con sus respectivos tratamientos.

2.3.2. Unidad experimental

Se utilizaron 6 acuarios de vidrio de 60x40x50 cm, con 80 L de capacidad útil. Los acuarios vacíos fueron lavados y desinfectados con hipoclorito de sodio al 5 % en su superficie interna y externa, dejándose actuar por 5 min. Se enjuagaron con abundante agua y se dejaron secar a temperatura ambiente. En cada acuario se instalaron mangueras de 0,5 cm de diámetro con sus respectivas llaves y piedras difusoras los que permitieron airear el agua en forma continua, siendo abastecidos mediante un blower de 3/4 HP. Los restos del alimento fueron colectados mediante un tubo sifón antes de la primera alimentación del día y al

finalizar la tarde. Los recambios del agua en cada acuario fue 10 % respecto al volumen total, cada día durante los 21 días del experimento.

2.3.3. Dieta para juveniles de *P. brachypomus*

La dieta formulada tuvo como ingrediente principal harina de pescado y harina de plumas, para el tratamiento control y experimental respectivamente, haciéndose una mezcla homogénea con aceite de pescado y premix en las siguientes proporciones (%) para cada ingrediente como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Proporción de insumos (%) para la preparación de las dietas a base de harina de pescado y harina de plumas.

INSUMOS	TRATAMIENTOS	
	HARINA DE PESCADO	HARINA DE PLUMAS
Harina de plumas	-	95,0
Harina de pescado	95,0	-
Aceite de pescado	4,5	4,5
Premix	0,5	0,5

Posteriormente se peletizó y se tomó 10 g de muestra para realizar el análisis de proteína correspondiente utilizando el método de Kjeldahl en la corporación de laboratorios acreditada de ensayos clínicos, biológicos e industriales Colecchi S.A.C.

2.3.4. Preparación de la dieta

Para la elaboración del tratamiento control se utilizó harina de pescado adquirida de la empresa pesquera VLACAR S.A.C. y para la elaboración del tratamiento experimental se utilizó harina de plumas de *Gallus gallus domesticus* adquirida de la planta procesadora de harina de plumas ISIDORA S.A.C.; y fueron transportadas al laboratorio de Acuicultura Continental y Nutrición de la E.A.P. Biología en Acuicultura.

2.3.4.1. Proceso productivo de la harina de plumas

La harina de plumas de *Gallus gallus domesticus* fue adquirida ya procesada, para la cual adjuntamos de manera referencial su procedimiento (Guillen, 2017; anexo 6).

2.3.4.2. Procedimiento

Se pesaron 950 g de harina de pescado y harina de plumas, se les agregó premix (complejo vitamínico y minerales) y aceite de pescado logrando obtener una mezcla homogénea, asimismo, se le agregó agua tibia, hasta obtener una masa consistente. Luego se procedió al peletizado con la ayuda de un tamiz de 2 um, sobre un plástico para la recolección de pellets y posteriormente secado a temperatura ambiente.

2.3.4.3. Análisis físico químico

a) Determinación de pH

El pH fue medido y registrado al inicio del proceso, a las 48 y 72 h, utilizando un pH-metro Oakton doble función ($\pm 0,01$ unidades) previa calibración con soluciones buffer de pH 4, 7 y 10 unidades.

b) Determinación de proteínas

Las proteínas de la harina de pescado y de harina de plumas se cuantificaron utilizando el método de micro Kjeldahl descrito por AOAC (1990). La proteína cruda fue estimada multiplicando el valor de nitrógeno por el factor (N x 6,25).

2.4. TÉCNICAS DE ALIMENTACIÓN Y RECOLECCIÓN DE HECES

2.4.1. Ración y frecuencia de alimento

La tasa de alimentación fue *ad libitum*, pero no menor al 5 % de la biomasa. Los peces recibieron alimento dos veces por día a las 9:00 y 16:00 h de acuerdo a su requerimiento, durante 21 días.

2.4.2. Recolección de heces

Las heces se recogieron sifoneando desde el fondo de cada acuario con una manguera plástica de 0,5 cm de diámetro (antes y después de cada alimentación) y colocando las heces en vasos de precipitación de 100 mL, los que se filtraron en un tamiz de 200 μ m, eliminando partículas de alimento. Luego las muestras se pusieron en placas de Petri y fueron secadas en una estufa a una temperatura de 40 °C durante 12 h para reducir la humedad. Se dejó enfriar y almacenaron en un recipiente cerrado, y se separó 10 g de muestra, cantidad suficiente para realizar el análisis proximal.

2.4.3. Limpieza y recambio de agua

Se hizo recambios diarios de agua del 10 %, sacando el alimento no consumido, luego las heces evitando así la mezcla para la obtención de una buena muestra de heces.

2.5. EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE

Se realizó el análisis de proteína en las heces por el método de micro Kjeldahl, utilizando el factor 6,25, estos análisis se realizaron en la Corporación de laboratorios en Ensayos clínicos, biológicos e industriales (COLECBI SAC) en Nuevo Chimbote, el mismo procedimiento fue llevado a cabo para el tratamiento control. Una vez obtenido los resultados de los análisis anteriormente descritos, se aplicó la siguiente fórmula para el cálculo de la Digestibilidad aparente de la proteína (DAP) descrita por Cho *et al.* (1985), quien utiliza valores de los nutrientes a evaluar.

$$DAP = \frac{\text{Cantidad Proteínas Ingeridas} - \text{Cantidad Proteínas en Heces}}{\text{Cantidad Proteínas Ingeridas}} \times 100$$

2.6. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA EN LOS ACUARIOS

El registro de los parámetros físico-químicos se realizó de manera interdiaria, tomándose en cuenta lo siguiente: oxígeno disuelto, temperatura y pH del agua, se utilizó equipos como un pHmetro digital marca Oakton con una de sensibilidad de $\pm 0,1$ unidades, oxímetro y termómetro digital marca YSI con $\pm 0,1$ mgO₂ L⁻¹ y $\pm 0,1$ ° C de sensibilidad, respectivamente.

2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Por la naturaleza de la investigación y para fines de interpretación estadística, se utilizó el Diseño clásico completamente aleatorizado, consistente en dos (2) tratamientos y tres (3) repeticiones.

El análisis estadístico de los resultados finales comprendió la Prueba “t” Student, para establecer diferencias entre promedios y la comparación de ambos tratamientos, con un nivel de significancia de 0,05. Todas las pruebas estadísticas se realizaron utilizando el programa computacional IBM-SPSS 23.0.

III. RESULTADOS

3.1. COMPOSICIÓN DE PROTEÍNAS EN DIETAS Y HECES

3.1.1. Proteínas en dietas

En la Tabla 3 se observan los porcentajes de proteínas en el insumo evaluado y en el alimento suministrado a los peces.

Tabla 3. Proteínas en los insumos y dietas, utilizados en el análisis de digestibilidad aparente de harina de pescado y harina de plumas, en *P. brachypomus* “paco”.

PARÁMETRO	DIETAS	
	HARINA DE PESCADO	HARINA DE PLUMAS
Proteínas en el insumo (%)*	68,12	80,22
Proteínas en el alimento (%)**	64,71	76,21

* Porcentajes de proteína en masa seca, analizados en el laboratorio COLECBI S.A.C.

** Valores calculados de acuerdo al análisis de los insumos.

Se puede observar, que la harina de plumas presenta un mayor porcentaje de proteínas con 80,22 % que la harina de pescado con 68,12 %; mientras que, se observa un patrón similar en el alimento suministrado a paco con 64,71 % en harina de pescado y 76,21 % en harina de plumas (tabla 3).

3.1.2. Proteínas en las heces

En la tabla 4 se observan los porcentajes de proteínas en las heces de los peces alimentados con harina de pescado y harina de plumas.

Tabla 4. Proteínas en las heces de *P. brachypomus* “paco”, en el análisis de digestibilidad aparente de harina de pescado y harina de plumas.

Repeticiones	DIETAS	
	HARINA DE PESCADO	HARINA DE PLUMAS
1	19,73	28,90
2	20,35	28,01
3	19,52	29,14
Promedio (%)*	19,87 ±0,43 ^a	28,68 ± 0,60 ^b

* Proteínas en masa seca, analizados en el laboratorio COLECBI S.A.C.

Letras diferentes en la misma fila, de acuerdo a la t de Student, indica diferencia significativa ($p < 0,05$).

Se observa, un mayor promedio de proteínas en las heces de los alimentados con harina de pescado con 19,87 %, que los alimentados con harina de plumas que presentaron 28,68 % en las heces (tabla 4).

3.2. DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LAS PROTEÍNAS (DAP)

Los valores determinados de la digestibilidad aparente de proteínas (DAP) se describen en la siguiente tabla 5 y fig. 1.

Tabla 5. Valores de digestibilidad aparente de proteínas en juveniles de *P. brachypomus* “paco” alimentados con harina de pescado y harina de plumas.

Repeticiones	DIETAS	
	HARINA DE PESCADO	HARINA DE PLUMAS
1	92,47	86,32
2	92,14	87,27
3	93,11	85,76
Promedio (%)	92,57±0,49^a	86,45±0,76^b

Letras diferentes en la misma fila, de acuerdo a la t de Student, indica diferencia significativa ($p < 0,05$).

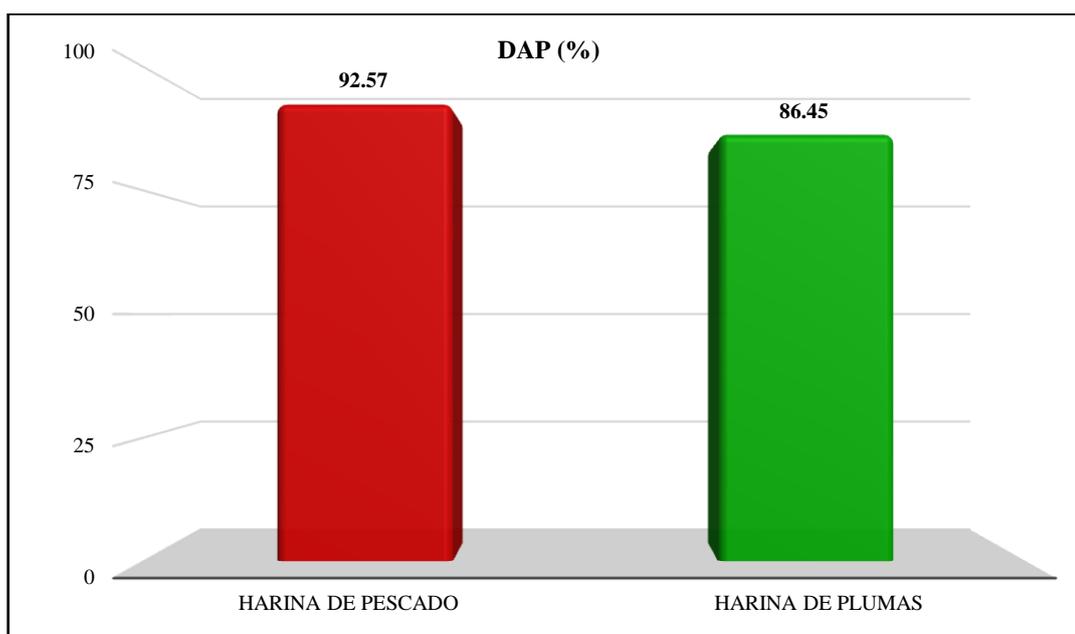


Fig. 1. Digestibilidad aparente de proteínas (DAP) de las dietas a base de harina de pescado y harina de plumas utilizado en juveniles de *P. brachypomus* “paco”.

Se observan al realizar un análisis comparativo mediante la distribución de “t” de Student ($p < 0,05$), que los promedios de DAP encontrados entre los tratamientos con harina de pescado y harina de plumas presentan diferencias significativas, siendo la harina de plumas la que presentó el valor significativo más bajo que la harina de pescado con promedios de 86,45 % y 92,57 %, respectivamente, notándose una pequeña diferencia a favor del control de 6,12 %.

3.3. COSTOS DE LAS DIETAS

Para la elaboración de las dietas se tomaron en cuenta los costos de los insumos con precio de venta al por menor.

Tabla 6. Costos de los insumos utilizados en la elaboración de la dieta control.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO (S/)
Harina de pescado	950 g	5,70
Aceite de pescado	45 mL	0,25
Premix	5 g	1,50

El costo para la elaboración de 1 kg de la dieta a base de harina de pescado (tratamiento control) fue S/ 7,45 soles.

Tabla 7. Costos de los insumos utilizados para la elaboración de la dieta experimental.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO (S/)
Harina de plumas	950 g	3,20
Aceite de pescado	45 mL	0,25
Premix	5 g	1,50

El costo para la elaboración de 1 kg de la dieta a base de harina de plumas (tratamiento experimental) fue S/ 4,95 soles.

3.4. PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA

Durante los 21 días del experimento, la calidad del agua se mantuvo en los límites establecidos, sin presentarse mortalidad en los organismos en estudio durante el experimento. Los valores registrados del oxígeno disuelto, la temperatura del agua, y pH, se presentan en las siguientes fig. 2, 3 y 4.

3.4.1. Oxígeno disuelto

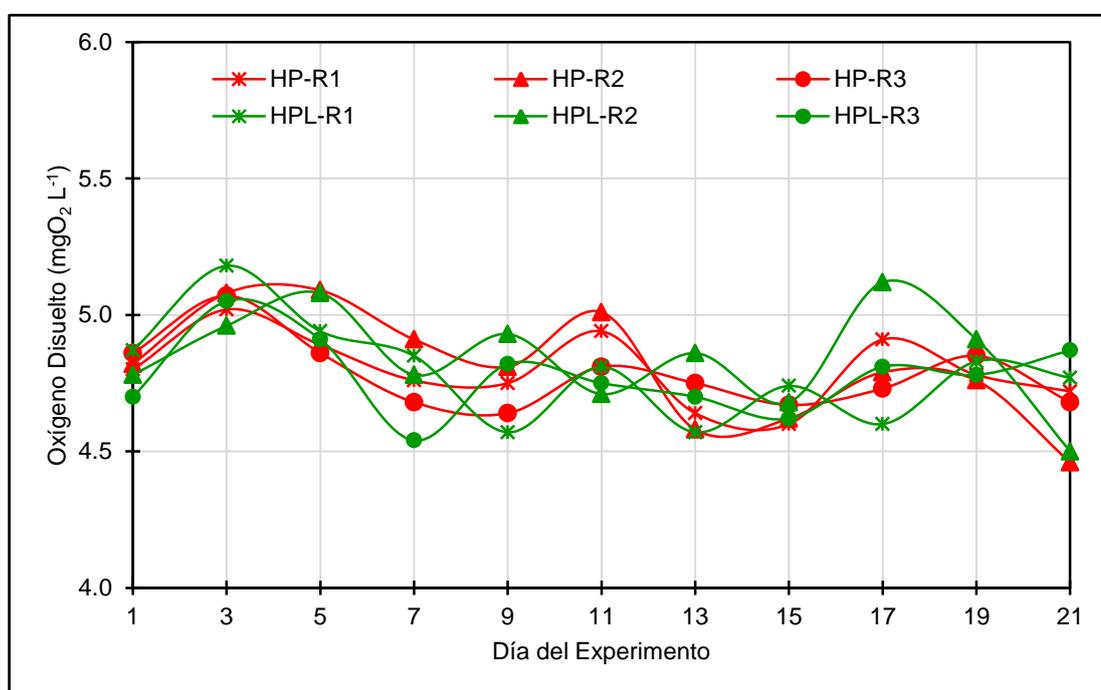


Fig. 2. Concentraciones del oxígeno disuelto en los tratamientos del estudio de digestibilidad aparente de proteínas con dietas a base de harina de pescado y harina de plumas en juveniles de *P. brachypomus* “paco”.

El oxígeno disuelto durante los 21 días del experimento, presentó una variación desde un mínimo de $4,46 \text{ mgO}_2 \text{ L}^{-1}$ y un máximo de $5,18 \text{ mgO}_2 \text{ L}^{-1}$, con un promedio general de $4,80 \text{ mgO}_2 \text{ L}^{-1}$ (fig. 2).

3.4.2. Temperatura del agua

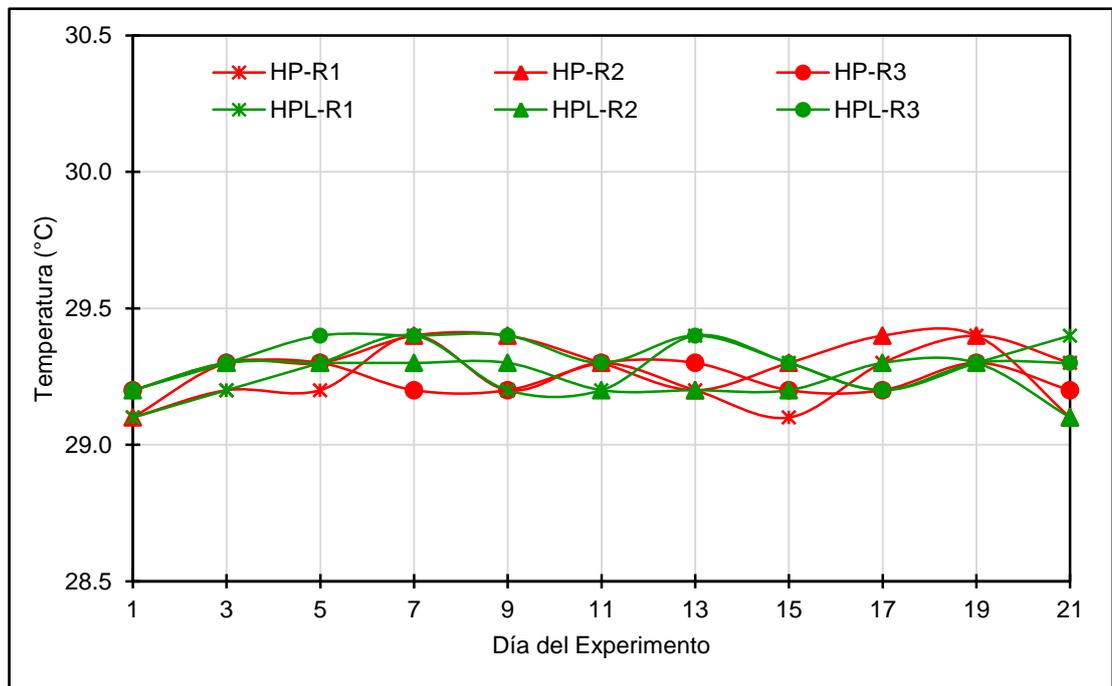


Fig. 3. Temperatura del agua en los tratamientos del estudio de digestibilidad aparente de proteínas con dietas a base de harina de pescado y harina de plumas en juveniles de *P. brachypomus* “paco”.

La temperatura del agua durante los 21 días del experimento fue controlada, presentando una variación desde un mínimo de 29,1 °C y un máximo de 29,4 °C, con un promedio general de 29,3 °C (fig. 3).

3.4.3. pH del agua

El pH del agua durante los 21 días del experimento, presentaron una variación desde un mínimo de 7,15 unidades y un máximo de 7,74 unidades, con un promedio general de 7,41 unidades (fig. 4).

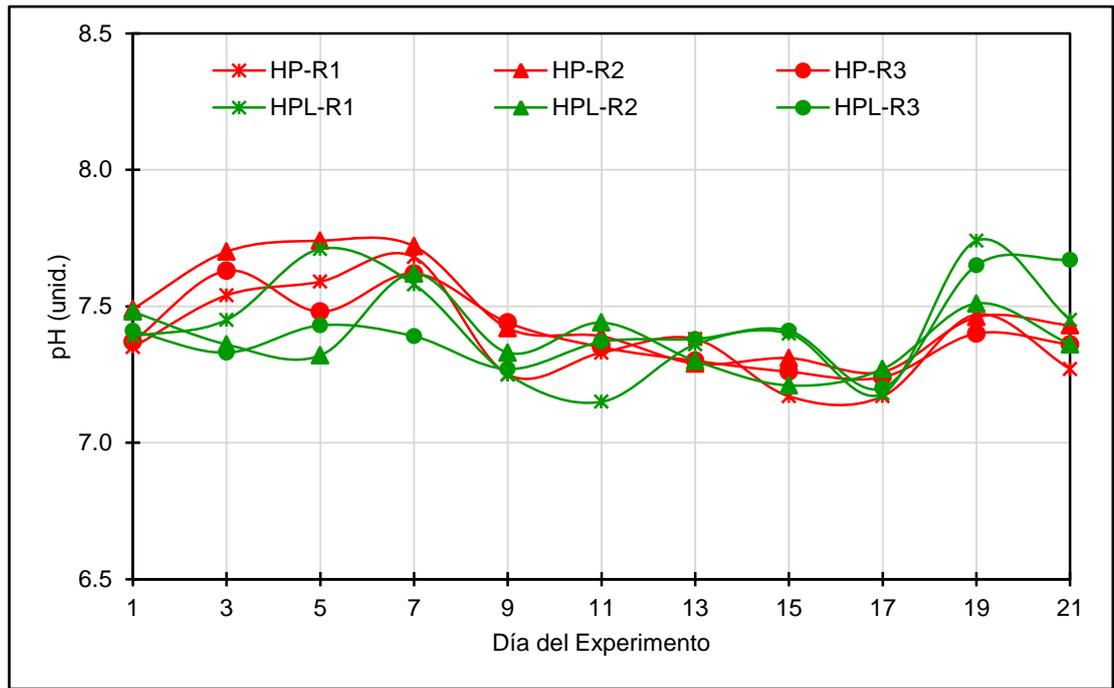


Fig. 4. pH el agua en los tratamientos del estudio de digestibilidad aparente de proteínas con dietas a base de harina de pescado y harina de plumas en juveniles de *P. brachypomus* “paco”.

IV. DISCUSIÓN

Los resultados del análisis proximal de proteínas de los insumos utilizados muestran, que el porcentaje de proteínas en la harina de plumas (80,22 %) es cercano a lo reportado por Tacon (1987) con 84,2 %, y estos son mayores que en harina de pescado (68,12 %), lo que demuestra que la harina de plumas es un insumo de elevado valor proteico. Schuchardt (2002) y Yong (2004), anotan que la harina de plumas es un insumo rico en α -queratina y residuos de cistina con aminoácidos del tipo fenilalanina, isoleucina, valina y alanina; asimismo, tiene una concentración muy elevada en treonina 4,41 %, metionina y cistina 4,87 % y arginina 6,8 %, a diferencia de la harina de pescado con 4,1 %, 3,7 % y 5,9 %, respectivamente; lo que haría posible su inclusión de este como fuente alternativa de proteína, pudiendo reemplazar a la harina de pescado en la alimentación acuícola.

Para estadios juveniles de crecimiento, los peces necesitan alimentos con contenidos proteicos más altos que los peces adultos, dado su pleno desarrollo, siendo condición para la elección de un insumo que pueda suplir en parte o totalmente a la harina de pescado, dado que la proteína es uno de los ingredientes de mayor necesidad metabólica y más aún, el de mayor costo, entonces económicamente debe ser deseable que el contenido en proteínas de la dieta se ajuste a un mínimo que presenten niveles deseables para mantener tasas de crecimiento rentables (Steffens, 1987). Condición encontrada con la harina de plumas ya que posee un alto porcentaje de digestibilidad, si bien diferente a la de la harina de pescado, los resultados encontrados son también elevados en digestibilidad.

Los peces tienen un alto requerimiento de proteína, de alta calidad, siendo los aminoácidos esenciales más críticos la lisina, metionina, cistina, treonina y arginina, y si se satisface el requerimiento de estos, los demás estarán cubiertos como histidina, isoleucina, fenilalanina, tirosina, triptófano y valina (Sanz, 2009). Según Tacon (1987), la harina de plumas posee apreciables cantidades de dichos aminoácidos señalados demostrando ser un insumo con alto valor nutritivo para ser considerado insumo importante en la elaboración de dietas para animales acuáticos.

Diversas investigaciones concluyen que si es posible el reemplazo parcial o total de la harina de pescado sin generar efectos negativos en los parámetros productivos (Requeni, 2005; Priya *et al.*, 2007; Gutierrez-Espinosa, 2010; Hernandez *et al.*, 2010). A esto se suma lo descrito por Williams & Shis (1990), que existe un tipo de tratamiento para producir harina de plumas que puede sustituir a los métodos tradicionales de cocción con vapor a presión, mediante el empleo de un microorganismo degradante de las plumas, como el *Bacillus licheniformis*, observando su efecto positivo sobre la digestibilidad de la proteína de la harina de plumas en el pienso.

La harina de plumas se presenta como un insumo con gran expectativa de utilización que puede sustituir y ser eficiente como, la harina de pescado, dado su alto valor de digestibilidad de la proteína (86,45 %) encontrado en el presente estudio con juveniles de “paco” ($p > 0,05$) comparado al obtenido con harina de pescado (92,57 %); siendo este valor considerado como bueno obtenido aceptable, ya que la DAP para juveniles de *P. brachypomus* es mayor a 50 % (Gutiérrez *et al.*, 1996). Estos resultados reflejan que la harina de plumas es asimilada por paco proyectando que su uso en la formulación de dietas se obtendrá como resultado piensos con alto valor nutricional y bajo impacto ambiental negativo. Resultados concordantes por lo expresado por Manríquez (2011), quien señala que las fuentes de proteína de origen animal, entre ellos harina de pescado, harina de sangre, harina de plumas, ensilados, tienen una mayor digestibilidad que la de origen vegetal.

Entonces, la harina de plumas puede ser utilizado como un insumo para reemplazar la harina de pescado, cumpliendo lo mencionado por Boyd *et al.* (2007), la calidad de un alimento balanceado, va a estar predeterminada por los elementos que lo componen; además, de la capacidad que tiene la especie de absorber los nutrientes y la energía que el alimento contiene para balancear una ración eficiente y que cumpla con el objetivo de satisfacer los requerimientos de nutrientes y energía del individuo con el menor impacto ambiental posible, como se evidencia por el alto valor de DAP en juveniles de “paco”.

Por otro lado, la DAP obtenida con harina de plumas (86,45 %) es superior a la digestibilidad de varios ingredientes de origen vegetal empleados como insumos en dietas para *P. brachypomus* “paco” como germen de maíz (55,3 %), torta de palmiste (57,5 %), torta de soya (62,5 %), harina de trigo de tercera (48,5 %), harina de trigo

duro granillo (53,5 %), harina de arroz (59,8 %), mezcla forrajera de maíz (32,2 %) y maíz amarillo americano (59,9 %) (Vásquez *et al.*, 2013).

Fagbenro & Jauncey (1998), utilizaron dietas húmedas para alimentar tilapias del Nilo *O. niloticus*, compuestas de ensilaje biológicos de vísceras de tilapia mezcladas con diferente ingrediente proteicos (harina de pescado o torta de soya y harina de plumas hidrolizadas o harina de pescado), los resultados arrojaron valores elevados para los coeficientes de digestibilidad aparente de la proteína (entre 83,5 y 86,6 %), de energía (entre 80,6 y 84,8 %) y materia seca (entre 82,4 y 85,9 %), cuyos valores son cercanos a la DAP obtenida para la harina de plumas en este estudio. Entonces, mediante la técnica de ensilaje se podría mejorar el coeficiente de digestibilidad de un insumo, sin perjudicar el aprovechamiento nutritivo de *P. brachypomus*.

En trabajos realizados por Abdel *et al.* (2001), Turker *et al.* (2005) y Rossi *et al.* (2012), observaron que la harina de plumas puede llegar a ser igual o más palatable que la harina de pescado, aumentando el consumo de alimento. Cabe anotar que se debió a la adición de aminoácidos, la cual provocó un aumento en el consumo de alimento; en el caso de la tilapia también se ve aumentado el consumo de las dietas con harina de plumas (Priya *et al.*, 2007) y en alevines no presentan diferencias significativas (Hernández *et al.*, 2010), concordando esto con investigaciones hechas en lubina negra por Subhadra *et al.* (2006). Webster *et al.* (1999) y Menghong *et al.* (2008), indican que suplementando las dietas con lisina, metionina y treonina, se puede incrementar la utilización de los nutrientes, aumentando la ganancia de peso en “sunshinebass” (*Moronechryops M. saxatilis*).

Sobre ello, Steffens (1994), estudia el porcentaje de harina de subproductos avícolas y harina de pluma que puede sustituir a la harina de pescado en dietas para la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Encuentra que el reemplazo de un 27% de la harina de pescado, con una mezcla de las harinas mencionadas, se obtienen tasas de conversión alimenticia de 1,15, esto mismo se puede evaluar para “paco”, que es posible se obtengan resultados de tendencia similar.

“Paco” ha demostrado utilizar diversas fuentes de nutrientes, tanto animal como vegetal, así Fernandes *et al.* (2004), encontraron que las mayores digestibilidades de proteína cruda en “paco” fueron las de harina de pescado (90,5%) y maíz (85,1%), lo que

confirma la capacidad de “paco” para digerir alimentos de origen animal y vegetal; y también debido a su condición de pez omnívoro, presupone una gran capacidad digestiva para aprovechar eficientemente la proteína proveniente de alimentos de diferente naturaleza (Vásquez *et al.*, 2013).

En cuanto al costo de los insumos, se conoce que la producción de harina de pescado disminuyó hacia el año 2016 a causa de la reducción de las capturas de anchoveta, y otro por la demanda de la industria de la acuicultura, junto con la subida de los precios, incrementando la necesidad de utilizar insumos de menor costo con una buena calidad (FAO, 2018). Así, se estima la subida de los precios de peces cultivados será 19 % entre el 2016 - 2030, mayor al precio de peces capturados (a excepción del no destinado al uso alimentario) (17%), estos precios más elevados, junto con la elevada demanda de pescado para consumo humano, provocarán un aumento del 25 % del precio promedio del pescado comercializado internacionalmente, y se prevé que los precios de la harina de pescado sigan experimentando una tendencia al alza, con un incremento del 20 % en términos nominales para el año 2030, resultado de una fuerte demanda mundial (FAO, 2018).

Por ello, en la presente investigación se estimó que el costo del alimento con 95 % de harina de plumas (S/ 4,95 por kg) sería 33,56 % menor al costo de una dieta con 95 % de harina de pescado (S/ 7,45 por kg); y considerando que el alimento es el factor que más incrementa el costo de producción de peces (Sanz, 2010; FAO, 2018) y que se puede reducir el contenido de harina de pescado de los piensos acuícolas sin comprometer la calidad de nutrientes de las especies cultivadas (Hernández *et al.*, 2010; Sanz, 2010; FAO, 2018), es posible disminuir el costo de producción del pienso manteniendo la calidad del producto final, siendo factible utilizar la harina de plumas como reemplazo de la harina de pescado en la dieta de juveniles de “paco”.

Las condiciones del agua de cultivo para los peces deben encontrarse en un determinado rango, siendo la temperatura, el pH y el oxígeno disuelto los factores más determinantes sobre los organismos en cultivo, así Benítez & Venegas (2003), mencionan que el rango de temperatura en el cual se desarrolla *P. brachypomus*, está entre 25 °C y 32 °C, en la que se obtiene el mayor crecimiento, igualmente las concentraciones de oxígeno disuelto deben mantenerse entre 3 y 6,5 mgO₂ L⁻¹, por lo que es necesario controlar este

parámetro, ya que bajas concentraciones de oxígeno disuelto pueden causar pérdidas del apetito y retardar el crecimiento, pudiendo llegar hasta la muerte por asfixia; del mismo modo, el pH debe fluctuar entre 6,5 a 9,0 unid., con un óptimo entre 7,5 y 8 unid. De acuerdo a OLDEPESCA (2010), para *P. brachypomus*, las condiciones fisicoquímicas del agua de cultivo deben ser una temperatura en el rango óptimo de 25°C a 32°C; oxígeno disuelto por arriba de 4 ppm, y el pH entre 6,5 y 8,5 unid.

En el presente estudio de DAP, la temperatura estuvo entre 29,1 °C y 29,4 °C, el oxígeno disuelto entre 4,46 mgO₂ L⁻¹ y 5,18 mgO₂ L⁻¹, y el pH entre 7,15 unid. y 7,41 unid., encontrándose en el rango mencionado por Benítez & Venegas (2003) y OLDEPESCA (2010), por lo que no serían factores que tengan influencia en la valoración de los resultados de DAP.

No se registró mortalidad durante el estudio, en donde los parámetros del agua fueron buenos, como sería la temperatura, que según Chippari *et al.* (2000), es un factor ecológico importante por los efectos directos que tiene en la supervivencia de los peces; asimismo, la nula mortalidad fue contribuida por la buena aceptación y asimilación de *P. brachypomus* al alimento basado en harina de plumas, y debido también a su rusticidad (Rebaza *et al.*, 2002; Chagas & Val, 2003; Chuquipiondo & Galdós, 2005), resistencia al manejo y a las enfermedades (Vásquez, *et al.*, 2002; Peñuela, *et al.*, 2007; Vásquez, 2013), lo que le hace una especie potencial para el desarrollo de la acuicultura a nivel industrial.

Considerando, que hay pocos estudios sobre dietas alternativas en nutrición de juveniles de *P. brachypomus*, estos resultados sirven de referencia para determinar si los pellets de harina de plumas son aceptados como alimento de peces lo que permitirá contar con un nuevo insumo para las dietas, disminuyendo la demanda de harina de pescado, lo que abaratará costos y contribuirá a la disminución de los impactos negativos al ambiente.

V. CONCLUSIONES

- La harina de plumas presentó un valor proteico de 80,22 %, considerada de alto valor nutricional para el consumo animal.
- La digestibilidad aparente de la proteína de la harina de plumas fue de 86,45 %, cuyo alto valor lo presenta con buen potencial para incluirse en la dieta de “paco”.
- Se estimó que el costo del alimento con 95 % de harina de plumas (S/ 4,95 por kg) sería 33,56 % menor al costo de una dieta con 95 % de harina de pescado (S/ 7,45 por kg), lo que hace posible disminuir el costo de producción del pienso para juveniles de “paco”.
- Dada la buena digestibilidad aparente de proteínas de harina de plumas, y el menor costo del alimento, en juveniles de “paco”, podría reemplazar en un alto porcentaje a la harina de pescado en sus dietas.

VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar diferentes proporciones harina de plumas como insumo de dietas balanceadas, en el crecimiento de alevines, juveniles y adultos de *P. brachypomus* “paco” en laboratorio.
- Evaluar dietas balanceadas a base de harina de plumas, en el factor de conversión, tasa de crecimiento, de alevines, juveniles y adultos de *P. brachypomus* “paco” en diferentes sistemas de cultivo como estanques y jaulas.
- Evaluar la factibilidad económica de la utilización de la harina de plumas como insumo de dietas para *P. brachypomus* “paco” cultivados en diferentes sistemas de cultivo como estanques y jaulas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, J. 2007. Sustitución de harina de pescado por harina de soya e inclusión de aditivos alimento a fin de mejorar la engorda del camarón blanco *Litopenaeus schmitti*. Tesis para optar el título de Doctor. La Paz, Bolivia. Centro de investigaciones biológicas del Noroeste S.C. 118p.

Álvarez, J.; N. Coello; C. Bernal; A. Bertsch; O. Estrada; Y. Moccó & M. Hasegawa. 2008. Estrategia de Desarrollo de la Acuicultura en la Región de Loreto. Laboratorio de Productos Naturales. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. 71 p.

Allen, G.; S. Parkinson; M. Booth; D. Stone & S. Rowland. 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*. 186:293-310.

AOAC. 2000. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis 16th. 12:150-163.

Bautista, E.; J. Pernía; D. Barrueta & M. Useche. 2005. Pulpa ecológica de café ensilada en la alimentación de alevines del híbrido Cachamay (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*). San Cristóbal, Estado Táchira, Colombia: Rev. Científica, FCV-LUZ. 15(1):33-40.

Bello, R. & W. Gil. 1992. Evaluación y aprovechamiento de la cachama (*Colossoma macropomum*) cultivada como fuente de alimento. Documento de campo No. 2. Proyecto Aquila II. FAO, México. 113p.

Benites, E. & Venegas, C. 2003. Guía para el Cultivo de Cachama; Primera Edición; Universidad Nacional de Loja; pg. 24.

Bishop, C.; R. Angus & S. Watts. 1995. The use of feather meal as a replacement for fishmeal in the diet of *Oreochromis niloticus* fry. *Bioresource Technology*. 54:291-295.

- Boyd, C.; C. Tucker; A. Mcnevin; K. Bostick & J. Clay. 2007. Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture. *Reviews in Fisheries Science*. 15:327–360.
- Case, L.; D. Carey & D. Hirakawa. 1997. *Nutrición Canina y Felina. Manual para profesionales*. Edit. Hartcourt Brace. España. 424p.
- Chippari, A.; L. Gomes & B. Baldisserotto. 2000. Lethal temperatures for *Rhamdia quelen* larvae (Pimelodidae). Santa Maria, Brasil. *Cien. Rural*. 30(6):1069-1071.
- Cho, C.; C. Cowey & T. Watanabe. 1985. *Finfish Nutrition in Asia: Methodological approaches to research and development*, IDRC. Ottawa, Ont. Canadá. 154p.
- Chu-Koo, F. & C. Kohler. 2005. Factibilidad del uso de tres insumos vegetales en dietas para gamitana (*Colossoma macropomum*). *Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura*. Iquitos, Perú. 130p.
- Degani, G.; S. Viola & M. Yehuda. 1997. Apparent digestibility coefficients of protein sources for carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture Research*. 28:23-28.
- Díaz, F. & R. López. 1995. El cultivo de la “cachama blanca” (*Piaractus brachyomus*) y de la “cachama negra” (*Colossoma macropomum*). *Fundamentos de Acuicultura Continental*. Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). Bogotá, Colombia. 207-219pp.
- Espinal, G.; F. Martinez & M. Peña. 2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agrocadenas Colombia Documento de Trabajo N° 61, Min. Agricultura y Desarrollo Rural. Colombia. 58p.
- FAO. 2018. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y La Alimentación. Roma, Italia. 250p.

- Fernandes, B.; R. Lochmann & F. Alcántara. 2004. Apparent digestible energy and nutrient digestibility coefficients of diet ingredients for pacu *Piaractus brachypomus*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 35(2):237-244.
- Furuichi, M. & Y. Yone. 1980. Effect of dietary levels on the growth and feed efficiency, the chemical composition of liver and dorsal muscle, and the absorption of dietary protein and dextrin in fishes. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 46:225-229.
- Furuya, W.; L. Pezzato; E. Miranda; V. Furuya & M. Barros. 2001. Apparent digestibility coefficient of energy and nutrient of some ingredients of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Acta Scientiarum*. 23:465-469.
- Gonçalves, G. & D. Carneiro. 2003. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). *R. Bras. Zootec.* 32:779-786
- Guevara, W. 2003. Formulación de dietas para peces y crustáceos. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman. Facultad de Ingeniería Pesquera. Tacna, Perú. 123p.
- Gutiérrez, W.; J. Zaldívar; S. Deza & M. Rebaza. 1996. Determinación de los requerimientos de proteína y energía de juveniles de paco, *Piaractus brachypomus* (PISCES CHARACIDAE). *Folia Amazónica*. 8(2):35-45.
- Gutierrez, M. 2010. Efecto de la sustitución de la harina de pescado por materias primas alternativas en la digestibilidad, crecimiento y retención de proteína y energía en tilapia nilótica, *Oreochromis niloticus*. Instituto de Acuicultura de los Llanos, Universidad de los Llanos. 140p.
- Hardy, R. 2001. Nuevos descubrimientos en ingredientes de alimentos para uso acuícola y el potencial de las enzimas suplementarias. *Panorama Acuícola*. 6(2):24-25.
- Henken, A.; D. Kleingeld & P. Tijssen. 1985. The effect of feeding level on apparent digestibility of dietary dry matter, crude protein and gross energy in the African catfish *Clarias gariepinus*. *Aquaculture*. 51(1):1-11.

Hernández, A. 1994. Estado actual del cultivo de *Colossoma* y *Piaractus* en Brasil, Colombia, Panamá, Perú y Venezuela. Memorias del VIII Congreso Latinoamericano de Acuicultura y V Seminario Nacional de Acuicultura, Acuicultura y Desarrollo Sostenible. Santafé de Bogotá, Colombia. 9–23pp.

Hernández, C.; M. Olvera; R. Hardy; A. Hermosillo; C. Reyes & B. González. 2010. Complete replacement of fish meal by porcine and poultry by product meals in practical diets for fingerling Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: digestibility and growth performance. *Aquaculture Nutrition*. 16(1):44-53.

INPA. 1998. Fundamentos de nutrición y alimentación en acuicultura. Serie fundamentos N° 3. Colombia. 342p.

Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana-IIAP. 2006. *Cultivando peces amazónicos*. 2da edic. Lima, Perú. 200p.

Jégu, M. 2003. Checklist of the freshwater fishes of South and Central America. Serrasalminae (Pacus and Piranhas). In: Reis, R. E., Kullander, S. O. and Ferraris Jr., C. J. Eds. Porto Alegre: EDIPUCRS. Brasil. 182-196pp.

Lavell, T. 1998. *Nutrition and feeding of fish*. Kluwer Academic Publishers. Boston, U.S.A. 267p.

Lucas, C. 2008. Flood season variation in fruit consumption and seed dispersal by two characin fishes of the Amazon. *Biotropica*. 40(5):581-589.

Manríquez, J. 1994. La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos su aplicación en peces y en la conservación del medio ambiente. Control de calidad de insumos y dietas acuáticas. FAO. México. 67-72pp.

Mercado, F. 2009. Evaluación de dietas prácticas a partir del uso de pijuayo (*Bactris gasipaes*), castaña (*Bertholletia excelsa*) y mucuna (*Mucuna pruriens*) para paco (*Piaractus brachypomus*). Tesis para optar el título profesional de Ingeniero

Agroindustrial. Facultad Ingeniería, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Madre de Dios, Perú. 111p.

Moyle, P. & J. Cech. 2004. *Fishes an intoduction to ichthyology*. 5ta. Edition, Prentice Hall. U.S.A. 84 -85pp.

OLDEPESCA. 2010. Estudio sobre los efectos del cambio climático en las especies acuícolas más importantes de la región, Junio 2009. Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA). Memorias de la XXI Conferencia de Ministros, San Francisco de Campeche, México. 74p.

Orozco, J. 1990. Estudio de crecimiento y de producción de cachama negra (*Colossoma macropomum*) y la cachama negra (*Colossoma bidens*) a densidades altas en tanques y jaulas flotantes. Informe CERER-U. Bélgica. 42p.

Parker, N. & K. Davis. 1981. Requirements of warm water fish. *In*: L. Allen and E. Kinney eds. Proc Bioengineering Sym Fish Culture. Fish Cul. Sec. Am. Fish Soc, Bethesda, Maryland, USA. 21-28pp.

Peñuela, H.; A. Hernández; M. Corredor & C. Cruz. 2007. Consumo de oxígeno en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) durante diferentes etapas de desarrollo corporal. *Orinoquia*. 11(1):49-55.

Pezzato, L.; E. Carvalho; M. Barros; P. Quintero; M. Furuya & C. Pezzato. 2002. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *R. Bras. Zootec.* 31:1595-1604.

Priya, E. & S. Davies. 2007. Growth and feed conversion ratio of juvenile *Oreochromis niloticus* fed with replacement of fishmeal diets by animal by products. *Indian J. Fish.* 54(1):51-58.

Ramón, M.; M. Fernández & E. Galimany. 2004. Desarrollo del cultivo del mejillón (*Mytilus galloprovincialis*) en la bahía del Fangar (Delta del Ebro) a partir de semilla

captada en zonas distintas. IX Congreso Nacional de Acuicultura. Consejería de Agricultura y Pesca. España. 12:257-258.

Sanz, F. 2009. *La nutrición y alimentación en piscicultura*. Fundación Observatorio Español de Acuicultura Consejo Superior de Investigaciones Científicas Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, España. 803p.

Schuchardt, D.; H. Fernandez; C. Hernández; A. Valencia & J. Vergara. 2002. Sustitución parcial de harina de pescado por harina de krill en dietas de engorde para bocinegro (*Pagrus pagrus*).13p.

Sklan, D.; T. Prag & I. Lupatsch. 2004. Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their prediction in diets for tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Teleostei, Cichlidae). *Aquaculture Research*. 35:358-364.

Steffens, W. 1994. Replacing fish meal with poultry by-product meal in diets for rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*. *Aquaculture*. 124:27-34.

Subhadra, B.; R. Lochmann; S. Rawles & R. Chen. 2006. Effect of fish-meal replacement with poultry by-product meal on the growth, tissue composition and hematological parameters of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) fed diets containing different lipids. *Aquaculture*. 260(1- 4):221-231.

Swick, R. 2002. Soybean meal quality: assessing the characteristics of a major aquatic feed ingredient. *Global Aquaculture Advocate*. 5:46-49.

Tacón, A.G. 1987. Nutrición y Alimentación de peces y camarones cultivados. Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación. Brasil. 93p.

Takeuchi T.; M. Hernandez & T. Watanabe. 1994. Nutritive value of gelatinized corn meal as a carbohydrate source to grass carp and hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Fisheries Science*. 60:573-577.

Turker, A.; M. Yigit; S. Ergun; B. Karaali & A. Erteken. 2005. Potential of poultry by product meal as a substitute for fish meal in diets for black sea turbot *Scophthalmus maeoticus* growth and nutrient utilization in winter. *Isr. J. Aquacult. Bamid.* 57(1):49-61.

Urteaga, A. 1996. Análisis de la transformación de la pluma cruda como fuente de proteína para *Penaeus vannamei*. Tesis para Obtener el Grado de Maestro en Ciencias. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, N.L., México. 104p.

Vásquez, W. 2004. Retrospectiva del cultivo de las cachamas en Colombia. II Congreso nacional de acuicultura. Universidad de los Llanos, Villavicencio. Colombia. 71-73pp.

Vásquez, W. 2013. Crescimento de juvenis de *Piaractus brachypomus* alimentados com dietas contendo diferentes perfis de aminoácidos essenciais. *En: Brasil Pesquisa Agropecuária Brasileira* ISSN: 0100-204X ed: Embrapa. 48(8):849–856.

Vásquez, W., F. Pereira & C. Arias. 2002. Estudos para composição de uma dieta referência semipurificada para avaliação de exigências nutricionais em juvenis de pirapitinga, *Piaractus brachypomus* (CUVIER 1818). *En: Brasil Revista Brasileira De Zootecnia-Brazilian Journal Of Animal Science* ISSN. 283–292pp.

Vásquez, T., M. Yossa & M. Gutiérrez. 2013. Digestibilidad aparente de ingredientes de origen vegetal y animal en la cachama. *Pesq. agropec. bras., Brasília.* 48(8):920-927.

Wedler, E. 1998. Introducción en la Acuicultura con énfasis en los geotrópicos. Santa Marta: Eds. E. Wedler. Colombia. 304–346pp.

Yong. Y.; S. Xie; W. Lei; X. Zhu & Y. Yang. 2004. Effect of replacement of fish meal by meat and bone meal and poultry by-product meal in diets on the growth and immune response of *Macrobrachium nipponense*. *Fish Shellfish Immunol.* 17(2):105-114.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Valores de longitud total (cm) de los 108 especímenes juveniles de *P. brachypomus* “paco”, utilizados en el estudio de digestibilidad aparente de las proteínas de harina de pescado y harina de plumas.

N°	DIETAS					
	HARINA PESCADO			HARINA DE PLUMAS		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	7,5	6,4	6,6	6,8	6,5	6,7
2	7,1	6,6	7,0	6,9	6,2	6,6
3	6,5	6,4	6,9	7,5	6,6	6,8
4	6,8	7,1	6,8	6,4	7,5	6,7
5	6,7	7,4	7,0	6,8	7,1	6,6
6	7,2	7,3	6,7	6,6	6,5	6,8
7	7,3	6,7	6,9	6,9	6,5	6,5
8	6,7	7,3	6,7	6,5	6,5	6,3
9	6,8	6,9	7,2	6,2	6,9	6,5
10	6,6	7,0	7,0	7,3	6,6	6,8
11	6,8	6,9	6,5	6,4	6,9	7,2
12	6,9	7,4	7,0	6,3	6,9	7,4
13	7,2	6,7	6,3	7,2	6,5	6,9
14	6,4	6,8	6,9	6,6	7,1	6,7
15	7,0	7,2	7,0	7,1	6,7	6,6
16	6,6	6,6	6,3	6,8	7,1	6,9
17	6,2	6,7	6,9	6,1	6,8	6,3
18	6,7	6,5	6,2	6,6	7,0	6,8
MÍNIMO	6,2	6,4	6,2	6,1	6,2	6,3
MÁXIMO	7,5	7,4	7,2	7,5	7,5	7,4
PROMEDIO	6,8	6,9	6,8	6,7	6,8	6,7
D.E.	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3
C.V.	4,9	4,9	4,2	5,7	4,7	4,1

Anexo 2. Valores de peso total (g) de los 108 especímenes juveniles de *P. brachypomus* “paco”, utilizados en el estudio de digestibilidad aparente de las proteínas de harina de pescado y harina de plumas.

N°	DIETAS					
	HARINA PESCADO			HARINA DE PLUMAS		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	9,8	7,7	7,7	8,5	8,2	8,3
2	8,6	8,3	9,1	9,4	7,5	8,3
3	7,5	8,6	7,6	9,6	7,4	8,9
4	8,4	9,1	8,6	7,8	9,7	8,5
5	8,9	9,5	9,5	7,9	9,3	8,5
6	9,3	9,7	8,0	7,8	8,1	8,6
7	9,5	7,4	8,7	8,6	7,8	7,3
8	8,9	9,6	8,7	8,4	7,7	7,7
9	7,6	8,9	9,4	8,4	8,7	8,5
10	8,2	9,3	8,8	9,4	7,4	7,6
11	8,0	8,9	8,1	8,7	8,7	9,2
12	8,6	9,8	8,4	7,5	9,1	9,5
13	9,0	7,9	7,7	8,8	8,5	9,0
14	7,9	8,2	7,5	8,8	8,9	8,1
15	8,0	9,0	9,0	8,8	8,5	8,5
16	8,1	8,7	7,8	8,6	8,9	7,3
17	8,0	8,4	9,2	7,6	8,0	7,8
18	8,3	8,5	9,2	7,9	8,2	7,3
MÍNIMO	7,5	7,4	7,5	7,5	7,4	7,3
MÁXIMO	9,8	9,8	9,5	9,6	9,7	9,5
PROMEDIO	8,5	8,8	8,5	8,5	8,4	8,3
D.E.	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7
C.V.	7,6	7,9	7,9	7,4	8,0	8,0

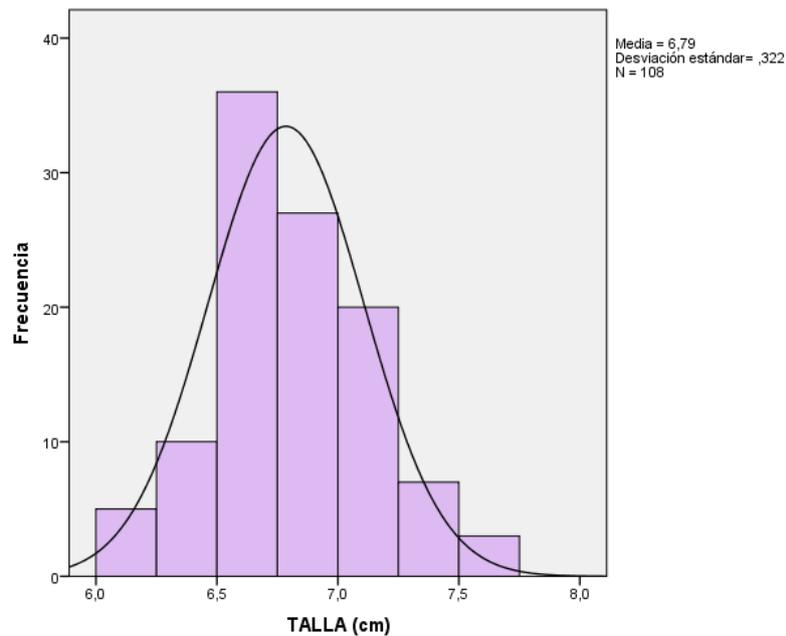
Anexo 3. Test de Kolmogorov-Smirnov aplicado a los 108 especímenes juveniles de *P. brachypomus* “paco”, utilizados en el estudio de digestibilidad aparente de las proteínas de harina de pescado y harina de plumas.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

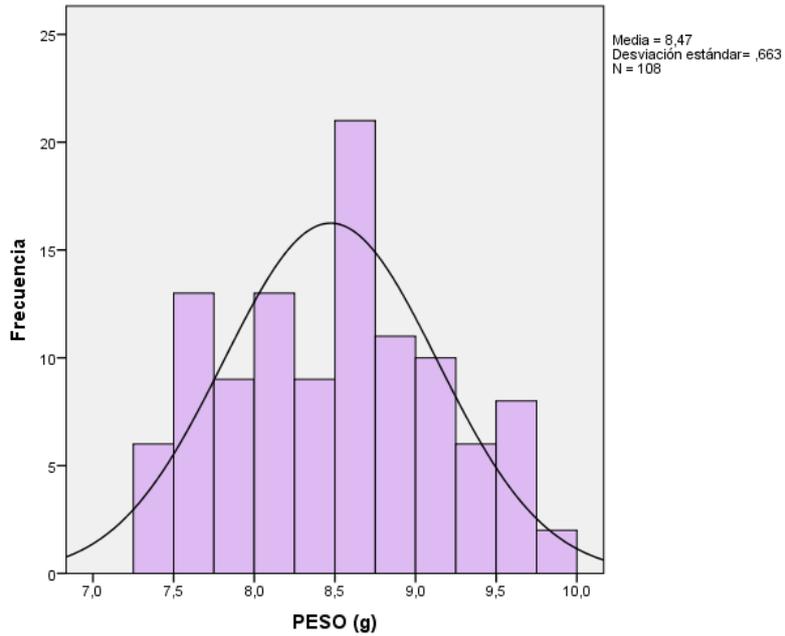
		TALLA	PESO
N		108	108
Parámetros normales ^{a,b}	Media	6,785	8,473
	Desviación estándar	,3220	,6630
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,083	,068
	Positivo	,083	,068
	Negativo	-,049	-,053
Estadístico de prueba		,083	,068
Sig. asintótica (bilateral)		,065 ^c	,200 ^{c,d}

- a. La distribución de prueba es normal.
- b. Se calcula a partir de datos.
- c. Corrección de significación de Lilliefors.
- d. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

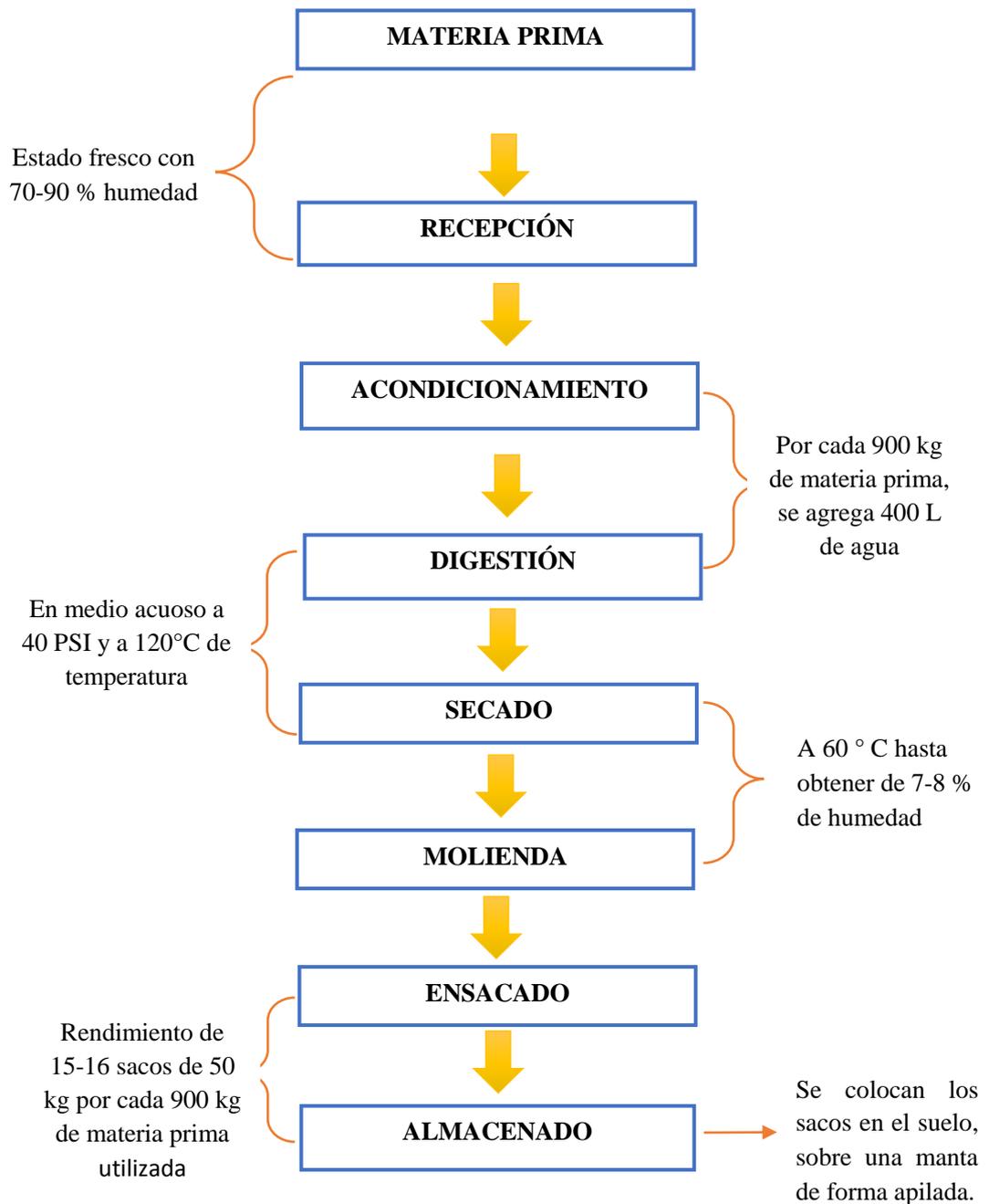
Anexo 4. Histogramas de frecuencias y curva normal de la longitud total (cm) de los 108 especímenes juveniles de *P. brachypomus* “paco”, utilizados en el estudio de digestibilidad aparente de las proteínas de harina de pescado y harina de plumas.



Anexo 5. Histogramas de frecuencias y curva normal de peso total (g) de los 108 especímenes juveniles de *P. brachypomus* “paco”, utilizados en el estudio de digestibilidad aparente de las proteínas de harina de pescado y harina de plumas.



Anexo 6. Diagrama del proceso de producción de harina de plumas de *Gallus gallus domesticus* (Guillen,2017).



Anexo 7. Oxígeno disuelto ($\text{mgO}_2 \text{ L}^{-1}$), promedio, mínimo y máximo en el agua de los acuarios, utilizados en el estudio de digestibilidad aparente de las proteínas de harina de pescado y harina de plumas en juveniles de *P. brachypomus* “paco”.

DÍA	DIETAS					
	HARINA PESCADO			HARINA DE PLUMAS		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	4,80	4,82	4,86	4,87	4,78	4,70
3	5,02	5,08	5,07	5,18	4,96	5,05
5	4,89	5,09	4,86	4,94	5,08	4,91
7	4,76	4,91	4,68	4,85	4,78	4,54
9	4,75	4,81	4,64	4,57	4,93	4,82
11	4,94	5,01	4,81	4,81	4,71	4,75
13	4,64	4,58	4,75	4,57	4,86	4,70
15	4,60	4,62	4,67	4,74	4,68	4,62
17	4,91	4,79	4,73	4,60	5,12	4,81
19	4,78	4,76	4,85	4,83	4,91	4,78
21	4,72	4,46	4,68	4,77	4,50	4,87
MÍNIMO	4,60	4,46	4,64	4,57	4,50	4,54
MÁXIMO	5,02	5,09	5,07	5,18	5,12	5,05
PROMEDIO	4,80	4,81	4,78	4,79	4,85	4,78

Anexo 8. Temperatura (°C), promedio, mínimo y máximo en el agua de los acuarios, utilizados en el estudio de digestibilidad aparente de las proteínas de harina de pescado y harina de plumas en juveniles de *P. brachypomus* “paco”.

DÍA	DIETAS					
	HARINA PESCADO			HARINA DE PLUMAS		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	29,1	29,1	29,2	29,1	29,2	29,2
3	29,2	29,3	29,3	29,2	29,3	29,3
5	29,2	29,3	29,3	29,3	29,3	29,4
7	29,4	29,4	29,2	29,4	29,3	29,4
9	29,2	29,4	29,2	29,2	29,3	29,4
11	29,3	29,3	29,3	29,2	29,2	29,3
13	29,2	29,2	29,3	29,4	29,2	29,4
15	29,1	29,3	29,2	29,3	29,2	29,3
17	29,3	29,4	29,2	29,2	29,3	29,2
19	29,4	29,4	29,3	29,3	29,3	29,3
21	29,3	29,1	29,2	29,4	29,1	29,3
MÍNIMO	29,1	29,1	29,2	29,1	29,1	29,2
MÁXIMO	29,4	29,4	29,3	29,4	29,3	29,4
PROMEDIO	29,2	29,3	29,2	29,3	29,2	29,3

Anexo 9. pH (unidades), promedio, mínimo y máximo en el agua de los acuarios, utilizados en el estudio de digestibilidad aparente de las proteínas de harina de pescado y harina de plumas en juveniles de *P. brachypomus* “paco”.

DÍA	DIETAS					
	HARINA PESCADO			HARINA DE PLUMAS		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	7,35	7,49	7,37	7,39	7,48	7,41
3	7,54	7,70	7,63	7,45	7,36	7,33
5	7,59	7,74	7,48	7,71	7,32	7,43
7	7,68	7,72	7,62	7,58	7,62	7,39
9	7,25	7,42	7,44	7,25	7,33	7,27
11	7,33	7,39	7,35	7,15	7,44	7,37
13	7,38	7,29	7,30	7,36	7,30	7,38
15	7,17	7,31	7,26	7,40	7,21	7,41
17	7,17	7,26	7,24	7,18	7,27	7,20
19	7,47	7,46	7,40	7,74	7,51	7,65
21	7,27	7,43	7,36	7,45	7,36	7,67
MÍNIMO	7,17	7,26	7,24	7,15	7,21	7,20
MÁXIMO	7,68	7,74	7,63	7,74	7,62	7,67
PROMEDIO	7,38	7,47	7,40	7,42	7,38	7,41

Anexo 10. Prueba de “t” de Student ($p < 0,05$), aplicada a la digestibilidad aparente de proteínas en juveniles de *P. brachypomus* “paco”, alimentados con harina de pescado y harina de plumas.

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
CDA_P	Se asumen varianzas iguales	,577	,490	11,670	4	,000	6,12333	,52470	4,66653	7,58014
	No se asumen varianzas iguales			11,670	3,422	,001	6,12333	,52470	4,56415	7,68252

Prueba desarrollada utilizando el software IBM-SPSS 23.0.