

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA



**“EVALUACIÓN DE HARINA DE SUBPRODUCTO AVÍCOLA
EN REEMPLAZO DE HARINA DE PESCADO PARA DIETAS
DE INICIO DE PAICHE (*Arapaima gigas*)”**

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO ZOOTECNISTA**

BRENDA ANDREA YANCE FLORES

LIMA – PERÚ

2020

**La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente tesis
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual de la UNALM)**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA

**“EVALUACIÓN DE HARINA DE SUBPRODUCTO AVÍCOLA
EN REEMPLAZO DE HARINA DE PESCADO PARA DIETAS
DE INICIO DE PAICHE (*Arapaima gigas*)”**

Presentada por:

BRENDA ANDREA YANCE FLORES

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO ZOOTECNISTA

Sustentada y aprobada ante el siguiente Jurado

Dr. Carlos Vílchez Perales

Presidente

Mg. Sc. Cristina Rivera Romero

Miembro

Dra. Fabiola Olivares Ponce

Miembro

Mg. Sc. Víctor Vergara Rubín

Patrocinador

**A mis padres y hermanos,
por ser mi mayor motivación
para ser cada día una mejor profesional,
a quienes dedico todo el esfuerzo puesto
en la realización del presente trabajo.**

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Mg. Sc. Víctor Vergara Rubín por su apoyo, asesoría y valiosas recomendaciones para el desarrollo de esta investigación.

Al Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura, mediante el subproyecto Contrato N°11-2018-PNIPA “Desarrollo de un alimento balanceado con ingredientes locales para mejorar la eficiencia reproductiva sostenible y rentable en reproductores de paiches (*Arapaima gigas*) en la empresa Silver Corporation S.A.C.”, por el financiamiento del presente trabajo de investigación.

Al Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación en Peces y Crustáceos (LINAPC), Ing. Andrea Marchan e Ing. Percy Bustamante por sus consejos y apoyo constante durante la presente investigación.

Al Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos (PIPSA) por la elaboración de las dietas experimentales.

A los miembros del jurado por el aporte que me brindaron para la culminación de la presente investigación

A mi familia por su apoyo a lo largo de mi carrera y para culminar esta etapa de mi formación profesional con la presente investigación.

A Renato Sánchez por su apoyo incondicional.

A mis amigos y compañeros quienes me apoyaron, aconsejaron y acompañaron durante toda la etapa de investigación hasta la culminación.

A Bing y Pitufa por su compañía.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	Paiche (Arapaima gigas)	3
2.1.1.	Características biológicas	4
2.1.2.	Alimentación	5
2.2.	Condiciones de calidad de agua	7
2.2.1.	Temperatura del agua	8
2.2.2.	Oxígeno disuelto.....	8
2.2.3.	Amonio	9
2.2.4.	Nitrito.....	9
2.2.5.	Potencial de hidrógeno	9
2.2.6.	Conductividad.....	10
2.3.	Harina de subproducto avícola.....	10
2.3.1.	Procesamiento de la harina de subproducto avícola.....	11
2.3.2.	Valor nutritivo de la harina de subproducto de aves	13
2.3.3.	Factores que afectan el valor nutritivo de la harina de subproducto avícola. 16	
2.3.4.	Factores que afectan la calidad de la harina de subproducto avícola	18
2.4.	Restricciones legales en el Perú	21
2.5.	Uso de la harina de subproducto de aves en la alimentación de peces	21
2.5.1.	Digestibilidad del subproducto de aves en paiche.....	21
2.5.2.	Evaluación de subproducto de camal avícola en peces	22
III.	METODOLOGÍA	25
3.1.	Lugar y periodo de evaluación	25
3.2.	Animales experimentales	25
3.3.	Instalaciones y equipos.....	25
3.4.	Producto evaluado	26
3.5.	Tratamientos	26
3.6.	Dietas experimentales.....	26
3.7.	Análisis químico proximal	28
3.8.	Manejo experimental	29
3.9.	Frecuencia de alimentación	30
3.10.	Calidad de agua	30

3.10.1.	Temperatura.....	30
3.10.2.	Potencial de hidrogeno	31
3.10.3.	Oxígeno disuelto.....	31
3.10.4.	Amonio	31
3.10.5.	Nitrito.....	31
3.10.6.	Dureza.....	31
3.10.7.	Conductividad.....	32
3.11.	Evaluaciones biológicas y productivas.....	32
3.11.1.	Peso unitario y talla	32
3.11.2.	Ganancia de peso e incremento de talla.....	33
3.11.3.	Consumo de alimento	33
3.11.4.	Conversión alimenticia.....	33
3.11.5.	Tasa de crecimiento	33
3.11.6.	Sobrevivencia	34
3.11.7.	Costo de alimentación por kilogramo de ganancia de peso.....	34
3.12.	Diseño estadístico.....	34
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1.	Peso vivo y ganancia de peso	36
4.2.	Talla e incremento de talla	38
4.3.	Consumo de alimento.....	39
4.4.	Conversión alimenticia.....	40
4.5.	Tasa de crecimiento.....	41
4.6.	Sobrevivencia	41
4.7.	Costo de alimentación	42
V.	CONCLUSIONES	43
VI.	RECOMENDACIONES	44
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	45
VIII.	ANEXOS.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de paiche (<i>Arapaima gigas</i>) por estado fisiológico	4
Tabla 2: Rangos adecuados de calidad de agua para manejo de paiche	7
Tabla 3: Composición química y de aminoácidos de la harina de subproducto avícola	15
Tabla 4: Coeficientes de digestibilidad aparente de proteína, energía y aminoácidos de ingredientes proteicos estudiados en el paiche.	22
Tabla 5: Composición de las dietas experimentales y su valor nutricional calculado	27
Tabla 6: Premezcla de vitaminas y minerales para acuicultura	28
Tabla 7: Resultados de análisis químico proximal de las dietas experimentales	29
Tabla 8: Metodología para la medición y parámetros de la calidad del agua	32
Tabla 9: Efecto del reemplazo de harina de subproducto avícola (HSA) en el desarrollo productivo de alevines de paiche	37
Tabla 10: Ingesta de nutrientes acumulado por tratamiento	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Flujo del procesamiento de la harina de subproducto avícola.	12
---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Peso vivo y ganancia de peso por tratamiento	56
Anexo 2: Biomasa y ganancia de biomasa por tratamiento.....	56
Anexo 3: Incremento de talla por tratamiento	57
Anexo 4: Consumo de alimento por tratamiento.....	57
Anexo 5: Conversión alimenticia por tratamiento.....	58
Anexo 6: Tasa de crecimiento por tratamiento.....	58
Anexo 7: Evaluación de los costos de alimento por kilogramo de ganancia de peso	59
Anexo 8: Costo de las dietas experimentales	59
Anexo 9: Distribución de unidades experimentales	60
Anexo 10: Resultados obtenidos por tratamientos y repetición para evaluación biométrica y nutricional.....	61
Anexo 11: Análisis de variancia del peso.....	62
Anexo 12: Análisis de variancia de biomasa.....	63
Anexo 13: Análisis de variancia de talla	64
Anexo 14: Análisis de la variancia del consumo de alimento.....	65
Anexo 15: Análisis de la variancia de la conversión alimenticia	65
Anexo 16: Análisis de la variancia de la tasa de crecimiento	65
Anexo 17: Análisis de la variancia del costo de alimentación	65
Anexo 18: Instalaciones y equipos del Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC).....	66
Anexo 19: Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC).....	67

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar tres dietas isoproteicas e isocalóricas, con tres niveles de reemplazo 0, 15, 30% de harina de pescado premium por harina de subproducto avícola, en dietas para alevines de Paiche (*Arapaima gigas*). El ensayo se realizó en el Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC), del Departamento de Académico de Nutrición, de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), durante 28 días, para lo cual se utilizaron 48 alevines de paiche de 30.88 gramos de peso promedio. Fueron distribuidos en tres tratamientos que contenían diferentes niveles de reemplazo de harina de subproducto avícola (HSA) por harina de pescado premium, T1 (0% HSA), T2 (15% HSA) y T3 (30% HSA), con cuatro repeticiones de cuatro peces cada uno. Las dietas experimentales fueron formuladas por programación lineal al mínimo costo con los mismos niveles de proteína y energía Mcal/Kg de Energía Digestible. Los parámetros evaluados fueron el peso final, la ganancia de peso, el incremento de talla, el consumo de alimento, la conversión alimenticia, el incremento de longitud, la tasa de crecimiento, la sobrevivencia y el costo de alimentación. Los datos obtenidos fueron analizados mediante un diseño completamente al azar, se utilizó la prueba de Duncan para evaluar las diferencias entre los promedios de los tratamientos. Los resultados muestran diferencias significativas ($P < 0.05$) entre todos los tratamientos. Se observan mejores rendimientos de los parámetros evaluados con el nivel de 0% de reemplazo con HSA, seguido por el nivel de 15% de reemplazo con HSA, observándose también que no existen diferencias significativas en la conversión alimenticia entre ambos tratamientos. En conclusión, los resultados obtenidos nos dan un indicativo que la HSA puede ser utilizada hasta en un 15 por ciento de reemplazo en dietas para alevines de paiche.

Palabras clave: paiche, alevín, harina de subproducto avícola, harina de pescado.

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate three isoproteic and isocaloric diets, with three replacement levels 0, 15, 30% of premium fishmeal by poultry by-product meal, in diets for Paiche's fry (*Arapaima gigas*). The trial was carried out in the Research Laboratory in Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans (LINAPC), of the Department of Nutrition Academic, of the National Agrarian University of La Molina (UNALM), for 28 days, for this study it was used 48 paiche's fry of 30.88 grams of average weight. They were distributed in three treatments that contained different levels of poultry by-product meal (PBPM) in replacement of premium fish meal, T1 (0% PBPM), T2 (15% PBPM) and T3 (30% PBPM), with four repetitions of four fish each. The experimental diets were formulated by linear programming at minimum cost with the same level of protein and energy Mcal / Kg of Digestible Energy. The parameters evaluated were the final weight, weight gain, length increase, food consumption, feed conversion, length increase, growth rate, survival and feeding cost. The data obtained were analyzed by a completely randomized design, the Duncan test was used to evaluate the differences between the treatments averages. The results show significant differences ($P < 0.05$) among all treatments. Better performance of the parameters evaluated were observed with the level of 0% replacement with PBPM, followed by the level of 15% replacement with PBPM, also it was observed that there are no significant differences in the feed conversion between both treatments. In conclusion, the results obtained give us an indicative that the PBPM can be used up to a 15 percent replacement in diets for paiche's fry.

Keywords: paiche, fry, poultry by-product meal, fishmeal.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente en el Perú se ha desarrollado un crecimiento significativo en la acuicultura, tanto en la producción como exportación de productos acuícolas debido a la creciente demanda de productos de origen hidrobiológico. El paiche (*Arapaima gigas*) es una de las especies amazónicas altamente valoradas por el mercado nacional e internacional y su producción se ha ido incrementando durante los últimos años de 1 TM en el año 2008 a 218 TM en el año 2017 (PRODUCE, 2017). El cultivo de esta especie se va intensificando a una escala comercial y esto genera una alta demanda de alimentos balanceados que permitan cubrir sus necesidades y asegurar su crecimiento óptimo.

Los costos de alimentación en acuicultura representan entre el 70 a 80 % de los costos de producción y los ingredientes proteicos son los componentes nutricionales más importantes y costosos, especialmente para los peces carnívoros como el paiche que tienen mayores requerimientos de proteína en su dieta. La harina de pescado es la principal fuente de proteínas en la dieta, y generalmente constituye entre el 40 a 60% de las dietas de peces carnívoros, debido al incremento de la demanda y el elevado costo de este ingrediente, es necesario buscar nuevas estrategias para reducir los costos de alimentación mediante el uso de ingredientes proteicos alternativos como la harina de subproducto avícola.

La acuicultura depende grandemente de la pesca de captura marina para abastecer la harina de pescado, el ingrediente proteico más importante y costoso en alimentos balanceados para peces. La FAO (2018) prevé una reducción en la producción mundial de este ingrediente y éste provendrá principalmente de los subproductos del pescado de captura, lo que puede disminuir su contenido nutricional; dicha situación disminuirá la oferta y aumentará aún más su precio. Con la utilización de ingredientes alternativos que puedan reemplazar parcial o totalmente a la harina de pescado, se podrá tener más opciones de fuentes proteicas, reducir los costos de alimentación y con ello maximizar la rentabilidad de los piscicultores de paiche.

Para el 2017 en el Perú se produjeron cerca de 350 000 toneladas de subproducto de camal avícola, y solo el 15% de éstos es recuperado para la alimentación de otras especies MINAGRI (2017); por lo tanto, existe un gran potencial de inclusión de este subproducto en la alimentación de especies acuícolas como una alternativa económica y productivamente sostenible.

La harina de subproducto avícola podría ser un sustituto importante de la harina de pescado, por el alto contenido de proteínas, aminoácidos esenciales y lípidos, además de tener un precio mucho menor. Sin embargo, actualmente no se han reportado investigaciones utilizando este insumo en alevines de paiche, desconociendo la respuesta productiva en esta especie siendo necesario realizar pruebas de alimentación.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar los niveles de reemplazo de 0, 15 y 30% de harina de pescado premium por harina de subproducto avícola en dietas de alimento balanceado para alevines de paiche mediante los parámetros productivos de peso, talla, consumo de alimento, conversión alimenticia, sobrevivencia y costo de alimentación por ganancia de peso.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Paiche (*Arapaima gigas*)

El paiche es una de las especies acuícolas más grande del mundo, puede llegar a medir hasta más 3 m de longitud y pesar hasta más de 200 kg. Esta especie ha demostrado tener gran potencial para la piscicultura, debido a su rusticidad, alto valor en el mercado, excelente sabor de carne y extraordinario desempeño en ambientes controlados. A esto se suma que se reproduce naturalmente en condiciones de cultivo, llegando a producir en promedio, cerca de 1500 crías por desove. Puede alcanzar pesos de entre 8 y 12 kg/año; tiene un rendimiento en filete de casi 52%, buen sabor, color y textura, con condiciones óptimas para la preparación de productos con valor agregado, lo que además se evidencia por una demanda incipiente, pero en aumento en el mercado externo. (Udewald, 2005; Chu-Koo & Alcántara, 2009; Chu-Koo *et al.*, 2012; Schaefer *et al.*, 2012).

Las etapas de desarrollo del paiche inician desde la fase larvaria, que comprende desde la eclosión hasta la desaparición del saco vitelino (8 a 9 días de nacido). Al quinto día post eclosión, las larvas empiezan a buscar su propio alimento, cuando las reservas del saco vitelino presentan una gran reducción de volumen; al séptimo día, las larvas presentan su coloración característica (verde oscuro); al octavo día, el saco vitelino está completamente absorbido. A partir del noveno día, las larvas forman cardúmenes, nadan de forma ordenada y suben a la superficie para respirar (EMBRAPA, 2015). En la Tabla 1 se presenta la clasificación del paiche por estado fisiológico según Chu-Koo *et al.* (2017).

La fase de alevinos comprende desde los 9 días (2 cm) hasta los 3 meses de edad (20 cm). Se consideran alevinos una vez que han reabsorbido por completo el saco vitelino, completado la formación del sistema digestivo y desarrollado la capacidad de respirar aire atmosférico. El color del paiche es negro cuando están en estado larval y de alevinos. Es en esta fase, y de preferencia los primeros días, que se debe comenzar la adaptación de los alevinos al consumo de alimento balanceado (Chu-Koo *et al.*, 2017).

Tabla 1: Clasificación de paiche (*Arapaima gigas*) por estado fisiológico

	Larva	Alevino	Juvenil	Reproductor
Edad	0-8 días	9 días a 3 meses	3 meses a 3 años	A partir de 4 años a 5 años
Talla	10mm	2 a 20 cm	Hasta 1.5 m	>1.7 m

Se considera a los paiches juveniles desde los 3 meses hasta los 3 años de edad (1.5 m), cambiando de color a castaño claro del octavo al noveno mes de edad. Las mejores ganancias de peso en esta fase han sido obtenidas con raciones entre el 40 a 50% de proteína (Chu-Koo *et al.*, 2017).

Los paiches alcanzan la primera madurez sexual con una talla entre 1.68 a 1.85 metros y en ambientes controlados se reproducen a la edad de cinco años. Durante el período de reproducción, los ejemplares machos tienen una acentuada coloración oscura en la región dorsal y se observa la aparición de una franja de coloración rojiza-anaranjada que se origina en la zona lateral de la cabeza (Franco, 2005).

2.1.1. Características biológicas

La cabeza del paiche es relativamente pequeña en relación con el tamaño del cuerpo y representa aproximadamente el 10% del peso total. La boca es grande, de posición superior y oblicua, provista de dientes pequeños y numerosos. Su lengua es grande y de naturaleza ósea. La boca posee dos placas óseas laterales que funcionan como verdaderos dientes, los cuales detienen a la presa matándolas antes de la deglución (Rebaza, 1999).

Las branquias son relativamente pequeñas en comparación con el tamaño del pez. Por esta razón, debe salir a la superficie para captar aire atmosférico utilizando la vejiga natatoria, que presenta numerosas trabéculas semejando un pulmón, y funciona como órgano respiratorio principal (Alcántara *et al.*, 2006). La capacidad de la vejiga es muy grande pues ocupa totalmente la parte dorsal de la cavidad abdominal, comunicándose con la parte posterior de la garganta, saliendo frente a la glotis. Esto les permite permanecer sumergido en el agua un máximo de 40 minutos; normalmente salen a la superficie a tomar aire a intervalos de 10 a 15 minutos (Franco, 2007).

El tubo digestivo es corto, el estómago tiene forma de V y presenta dos ciegos pilóricos relativamente grandes. El intestino delgado y el grueso son distinguibles por su contenido: el primero está en fase líquida y el segundo en fase sólida (Alcántara *et al.*, 2006). El estómago, tiene una baja capacidad de almacenamiento, pero con gran capacidad de contracción, algunos pueden usar arena y piedras con el fin de triturar los alimentos y facilitar su absorción. Recientemente, se han detectado pequeñas piedras en el estómago de juveniles cultivados en cautiverio (Bezerra *et al.*, 2013).

Hurtado *et al.* (2014) evaluó el efecto de dos tipos de alimentación (pez forraje y alimento balanceado) que ocasionaría cambios en las características histológicas en el aparato digestivo del paiche. Concluyendo que el paiche (*Arapaima gigas*) presenta un sistema digestivo grueso y corto. El esófago no presenta diferencias en cuanto a su estructura, formado por 4 capas, mucosa, submucosa, muscular y serosa; pero si en cuanto a las profundidades de los pliegues longitudinales. El estómago presenta 3 regiones distintas, cárdica, pilórica y fúndica, diferenciándose la región cárdica por tener mayor cantidad de glándulas y fosas gástricas, y la región pilórica presenta una mucosa de menor tamaño y una capa muscular más desarrollada; Los intestinos son cortos gruesos cuyas paredes están compuestas por 4 capas: mucosa, submucosa, muscular y serosa. La mucosa va de menor a mayor grosor hasta el íleon, caso contrario se observa con la capa muscular. Concluyó también que el efecto de dos tipos de alimentación (pez forraje y alimento balanceado) en el sistema digestivo de los juveniles de paiche influencia en las características histológicas.

2.1.2. Alimentación

El paiche es un pez carnívoro, que se alimenta de peces en proporción de 3 a 5% de su peso vivo en su fase de crecimiento, su alimentación en el ambiente natural se basa principalmente en diversas especies de carachamas, además de otras como boquichico, yahuarachi, yulillas, mojarra, lisas y sardinas (Sánchez, 1961; Rebaza *et al.*, 1999; Alcántara *et al.*, 2006). Este pez captura su presa mediante una fuerte succión con la boca que produce un chasquido, acompañado muchas veces de un coletazo. En ambientes controlados acepta peces vivos y muertos, además de alimento artificial (Alcántara *et al.*, 2006; Chu-Koo *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2015).

Los peces carnívoros asimilan mejor los alimentos de origen animal, lo que requiere un alto

contenido de proteínas en la alimentación cuando se crían en cautiverio (Marculino, 2012). El cultivo de peces carnívoros se ve obstaculizada al no aceptar de manera voluntaria raciones balanceadas (Sagratzki *et al.*, 2003); sin embargo, el paiche acepta estas con facilidad, debido a una adecuada adaptación y reemplazo del alimento vivo por alimento balanceado.

Durante la fase larvaria, los paiches cambian de hábito alimenticio, inicialmente se alimentan a base de zooplankton y nauplios de artemia, luego se va especializando a la ingesta de alimento balanceado. El sistema digestivo se desarrolla progresivamente, adquiriendo una mayor eficiencia de digestión y asimilación de los alimentos (Darias *et al.*, 2007). El éxito de la adaptación al alimento balanceado depende, entre otros factores, de la calidad y composición del alimento, del tamaño de la partícula (adaptado al diámetro del esófago del pez), de la textura, de la palatabilidad, de la disponibilidad y de que la dinámica en la columna de agua esté adaptada a la estrategia de alimentación del pez (Yúfera & Darias, 2007).

Considerando sus hábitos alimenticios, características anatómicas y morfológicas del tracto digestivo, Chu-Koo *et al.* (2006), evaluaron tres tasas de alimentación de 5, 8 y 11% en alevines de paiche de 30.6 g. utilizando una dieta granulada que contiene 50% de proteína cruda. Se evaluaron la longitud promedio, el peso, la tasa de crecimiento específica, el factor de condición, la relación de conversión alimenticia, la eficiencia alimenticia y la tasa de supervivencia. Como resultado se obtuvo que no hubo diferencias significativas en tasa de crecimiento y factor de condición ($P < 0.05$) entre los tratamientos. Sin embargo, hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) en la relación de conversión alimenticia y la eficiencia alimenticia entre los tratamientos probados. Los peces alimentados con la tasa de alimentación 5% produjeron la mejor relación de conversión alimenticia y la eficiencia alimenticia que los peces alimentados con otras tasas de alimentación.

Padilla *et al.* (2005) evaluaron el efecto de la tasa de alimentación en el crecimiento de paiche, utilizando una ración peletizada del 50% de proteína bruta y tres tasas de alimentación 6, 8 y 10%, no encontrando diferencias significativas entre tratamientos en los promedios de longitud y peso. Sin embargo, la mejor conversión alimenticia fue obtenida con la tasa de alimentación del 6%. Además, Arévalo (2014) evaluó el efecto de tres tasas

de alimentación: 6, 12 y 18% de la biomasa en el crecimiento de juveniles de paiche cultivados en corrales, alimentados con una dieta comercial con 45% de proteína bruta. Los resultados finales indican que no existieron diferencias significativas en relación de peso y longitud entre tratamientos ($P < 0.05$); sin embargo, el tratamiento con 12 % tuvo una mejor conversión alimenticia.

Por otro lado, Oliveira *et al.* (2013) utilizaron tasas de alimentación de 2 y 3% con un alimento comercial extruido de 40% de proteína cruda y no se encontraron diferencias significativas en los parámetros longitud, peso y sobrevivencia. Sin embargo, sí se presentaron diferencias en cuanto a la conversión alimenticia, obteniéndose un menor valor con la tasa de 2% en comparación con la tasa de 3%, recomendando la tasa de alimentación de 2%. Finalmente, EMBRAPA (2015) recomienda alimentar a los paiches adultos una vez al día, seis veces a la semana, a una tasa entre 0.5% y 1.0% de peso vivo. Para las fases de levante de larvas y alevinaje, recomienda como mínimo ocho raciones al día, divididas en los periodos diurno y nocturno.

2.2. Condiciones de calidad de agua

Los alevinos de paiche son más sensibles a las variaciones bruscas de la calidad de agua que los juveniles y adultos, debido a que están más expuestos a factores de estrés por la propia naturaleza del manejo en esta fase (Chu-Koo *et al.* 2017). En la Tabla 2 se presentan los parámetros de calidad de agua para el cultivo de paiche en las diferentes fases de crianza según Chu-Koo *et al.* (2017) y FONDEPES (2018).

Tabla 2: Rangos adecuados de calidad de agua para manejo de paiche

Parámetros	Semilla de alevines	Alevines		Reproductores	
		Rango adecuado	Rango óptimo	Rango adecuado	Rango óptimo
Temperatura (°C)	28	26-30	27-28	25 - 31	27 – 29
Oxígeno disuelto (mg/l)	5 - 7	4-7	> 5	4 – 7	> 5
Amonio(mg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.02	< 0.05	< 0.02
Nitritos(mg/l)	Ausente	< 0.05	Ausente	< 0.05	Ausente
Conductividad eléctrica (µS/cm ²)	-	20-60	30-40	10-60	25-40
pH	6.5 – 7.5	6-8	6.5-7	5-8	6-7

2.2.1. Temperatura del agua

La temperatura del agua juega un papel muy importante en la biología de los organismos acuáticos, principalmente en los peces, influyendo en su desarrollo por ser organismos poiquilotermos. La temperatura condiciona la maduración gonadal, el tiempo de incubación de las ovas, el desarrollo larval, la actividad metabólica y el ritmo de crecimiento de larvas, alevinos y adultos de los peces. Además, la temperatura del agua es un factor muy importante ya que influye indirectamente en la respiración, al condicionar la concentración de oxígeno disuelto en el agua y el ritmo respiratorio de los peces (Argumedo, 2005).

Para cultivos de paiche, la temperatura adecuada del agua oscila entre 24° y 31°C. Esta especie excepcionalmente puede soportar hasta 34°C por poco tiempo y de persistir esta condición, puede ocurrir mortalidad. Igualmente, temperaturas menores a 18°C también pueden ocasionar su muerte. Para el manejo intensivo de semilla de paiche, la temperatura adecuada debe estar entre 26° y 30°C, con un óptimo de 28 °C, debiendo mantenerse el menor rango de variación posible (FONDEPES, 2018).

2.2.2. Oxígeno disuelto

En los sistemas de cultivo, la concentración de oxígeno disuelto es un factor crítico. Éste sufre variaciones diarias debido a la demanda biológica de oxígeno ocasionada por la alta densidad de peces y el plancton, la temperatura ambiental y del agua, la profundidad del estanque, así como por la descomposición del alimento no aprovechado por los peces, que constituye la principal fuente de compuestos nitrogenados y que aumenta en el caso de peces carnívoros por los elevados niveles de proteína usados en las raciones en comparación con otros peces (Pereira & Mercante 2005; Ismiño-Orbe *et al.*, 2003).

Sin embargo, el paiche tiene una ventaja respecto a los peces de respiración acuática (Cavero *et al.* 2003) por su respiración aérea obligatoria, obteniendo la mayor parte del oxígeno a través de la vejiga natatoria (Brauner & Val, 1996), lo que le permite tolerar aguas con bajos niveles de oxígeno disuelto. El nivel aceptable de oxígeno disuelto en el cuerpo de agua para el acondicionamiento de reproductores es 3,0 mg/l, siendo un valor óptimo concentraciones iguales o mayores a 4,0 mg/l. Para el cultivo de alevines, el nivel que debe mantenerse como mínimo, es 5,0 mg/l, siendo un valor óptimo una concentración igual o mayor a 7,0 mg/l (FONDEPES 2018).

2.2.3. Amonio

El amonio se encuentra presente en los estanques como un producto del metabolismo de los organismos y como resultado de la descomposición de la materia orgánica por medio de las bacterias. El nitrógeno amoniacal total está representado por dos formas que se encuentran en equilibrio; la ionizada o amonio (NH_4^+), y la no ionizada o tóxica llamada amoníaco (NH_3). Si los valores de pH y temperatura son altos y de baja concentración de oxígeno disuelto, son condiciones que favorecen la transformación de un porcentaje del NAT a su estado tóxico, amoníaco (Castillo, 1994). Se debe considerar que el amoníaco, un producto del catabolismo proteico, es el principal producto de la excreción de los peces (Castagnolli, 1992) y en altas concentraciones en el agua puede influir en el proceso de fosforilación oxidativa de las células, disminuyendo el crecimiento de los peces (Vinatea, 1997).

El paiche es bastante tolerante a ese compuesto en el agua. De igual manera los niveles elevados de amonio en el agua son indeseables, se recomienda mantener valores menores a 0.05 mg/l de NH_4^+ (FONDEPES, 2018).

2.2.4. Nitrito

La presencia del nitrito en los estanques se debe a la nitrificación proceso en que el amonio derivado de la excreción y de la descomposición de la materia orgánica es oxidado a nitrito. Sin embargo, el nitrito también puede derivarse de la reducción del nitrato por acción de las bacterias anaeróbicas. Las altas concentraciones de nitritos en el agua de los estanques producen un sangrado en los peces, causada por la oxidación de la hemoglobina convirtiéndose en metahemoglobina produciendo la disminución de la capacidad respiratoria de los peces (Pavanelli *et al.*, 1999).

Los nitritos son tóxicos, si su concentración aumenta al elevarse el pH y la temperatura; y, al disminuir la concentración de oxígeno disuelto en agua (Castillo, 1994). En el cultivo de paiches los niveles de nitrito en el agua deberían estar ausentes y el rango adecuado es menor a 0.05 mg/L (Chu-Koo *et al.*, 2017).

2.2.5. Potencial de hidrógeno

El pH del agua de los estanques es fuertemente influenciado por la concentración del dióxido de carbono, el cual actúa como sustancia acida. El fitoplancton y las plantas acuáticas fijan el dióxido de carbono durante el proceso de la fotosíntesis disminuyendo su concentración

en el agua y lo liberan durante el proceso de respiración, por esta razón se producen variaciones de pH a través del curso diario, observándose mayores valores durante el día y menores durante la noche (Rebaza *et al.*, 1999). El pH recomendado para el manejo del paiche debe estar entre 6,5 y 8,0 unidades. Son adecuadas aguas neutras o ligeramente ácidas de 6.4 de pH (Chu-Koo *et al.*, 2017).

2.2.6. Conductividad

La conductividad corresponde a la concentración de los iones disueltos en el agua y depende de la composición química del terreno adyacente al estanque. La conductividad se mide con un conductivímetro. Según Argumedo (2005) los Osteoglósidos se deben mantener en conductividades que oscilen entre 26,0 a 64,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cavero *et. al* (2003), cita conductividades de 35,0 a 45,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para estanques de Pirarucú.

2.3. Harina de subproducto avícola

La harina de subproducto avícola o Poultry by-product meal (conocido por sus siglas en inglés PBM) consiste en las partes molidas, procesadas y limpias de las aves sacrificadas en camal, tales como cuellos, patas, cabezas, vísceras y sistema digestivo, tejidos magros, grasa y plumas; sin embargo, hay quienes no consideran a ésta última. El proceso utilizado para producir esta harina se denomina "rendering". Durante dicho proceso, las piezas de pollo crudo se cocinan completamente a altas temperaturas (aproximadamente 140 °C) para expulsar el agua y la grasa del hueso y los tejidos. La grasa se elimina y se vende como grasa de ave. El subproducto restante se deshidrata, se muele hasta obtener un polvo fino y se vende como harina de subproducto avícola (Watson, 2006; Halver, 1989).

Tradicionalmente la harina de subproductos de camal avícola estaba constituida por todos los productos del procesamiento de las aves, incluyendo las plumas, cabezas, patas, sangre, vísceras y mortalidades. La harina de subproducto de aves consistía en todas las antes mencionadas con excepción de las plumas y posiblemente también la sangre y las mortalidades. Sin embargo, en años recientes la harina de subproducto de aves ha comenzado a comercializarse en dos presentaciones, una para consumo animal y otra especial para el alimento de mascotas (de calidad Premium) lo que ha incrementado la variación en la composición de la harina de subproducto de aves (Dozier y Dale, 2005; Dozier *et al.*, 2003).

2.3.1. Procesamiento de la harina de subproducto avícola

El proceso de reciclaje de subproductos de origen animal o rendering es un proceso de transformación física y química que utiliza una gran variedad de equipos y procesos. Todos los procesos de reciclaje incluyen la aplicación de calor, extracción de la humedad y separación de la grasa. Las variables como la temperatura y el tiempo del proceso de cocción constituyen los principales factores determinantes de la calidad del producto terminado. Asimismo, los procesos varían según la composición de la materia prima (Hamilton, 2004).

Existen dos tipos de procesos de rendering: el proceso húmedo y el proceso seco. El procesamiento húmedo separa la grasa de la materia prima mediante agua hirviendo. Este proceso implica agregar agua a la materia prima y usar vapor bajo presión para cocinar la materia prima y separar la grasa. El procesamiento en seco es por lote o proceso continuo en el que el material que se procesa se cocina en su propia humedad y grasa con calor seco en tambores abiertos encamisado a vapor hasta que la humedad se haya evaporado. El proceso de procesamiento en húmedo ya no se usa en determinados países debido al alto costo de la energía y su efecto adverso sobre la calidad de la grasa (Jayathilakan *et al.*, 2011).

La temperatura y el tiempo del proceso de cocción son de importancia fundamental y constituyen los principales factores determinantes de la calidad del producto terminado. Los procesos varían con la composición de la materia prima. El procesamiento de subproducto avícola comienza con la recolección y el transporte sanitario de la materia prima procedente de los camales hacia la planta de rendering en donde se muele a un tamaño de partícula consistente, el cual luego se transfiere a un cocedor, ya sea de configuración de flujo continuo o por lotes. Por lo general, la cocción se logra con vapor y temperaturas de aproximadamente 115 °C a 145 °C durante 40 a 90 minutos, dependiendo del tipo de sistema y materiales. Esta parte del proceso es de suma importancia ya que la cocción inactiva bacterias, virus, protozoarios y parásitos (Hamilton, 2004).

Después de la deshidratación, se elimina la mayor cantidad de grasa posible mediante drenaje, y el residuo se pasa a través de una prensa de tornillo dentro de un recipiente cerrado para eliminar parte de la grasa y la humedad restantes. Después de la cocción y la separación de la grasa, los cracklings, los cuales contienen proteína, minerales y algo de grasa residual, siguen en el proceso para eliminar humedad adicional, se someten a un proceso de molienda

en molinos de martillos para lograr la granulometría deseada por el sector de alimentos balanceados. Por último, el producto pasa por un tamizado para finalmente poder ser ensacado y almacenado (Hamilton, 2004).

En la Figura 1 se muestra el flujo del procesamiento de la harina de subproducto de avícola resultante del proceso de rendering de la empresa PROCINSUR.

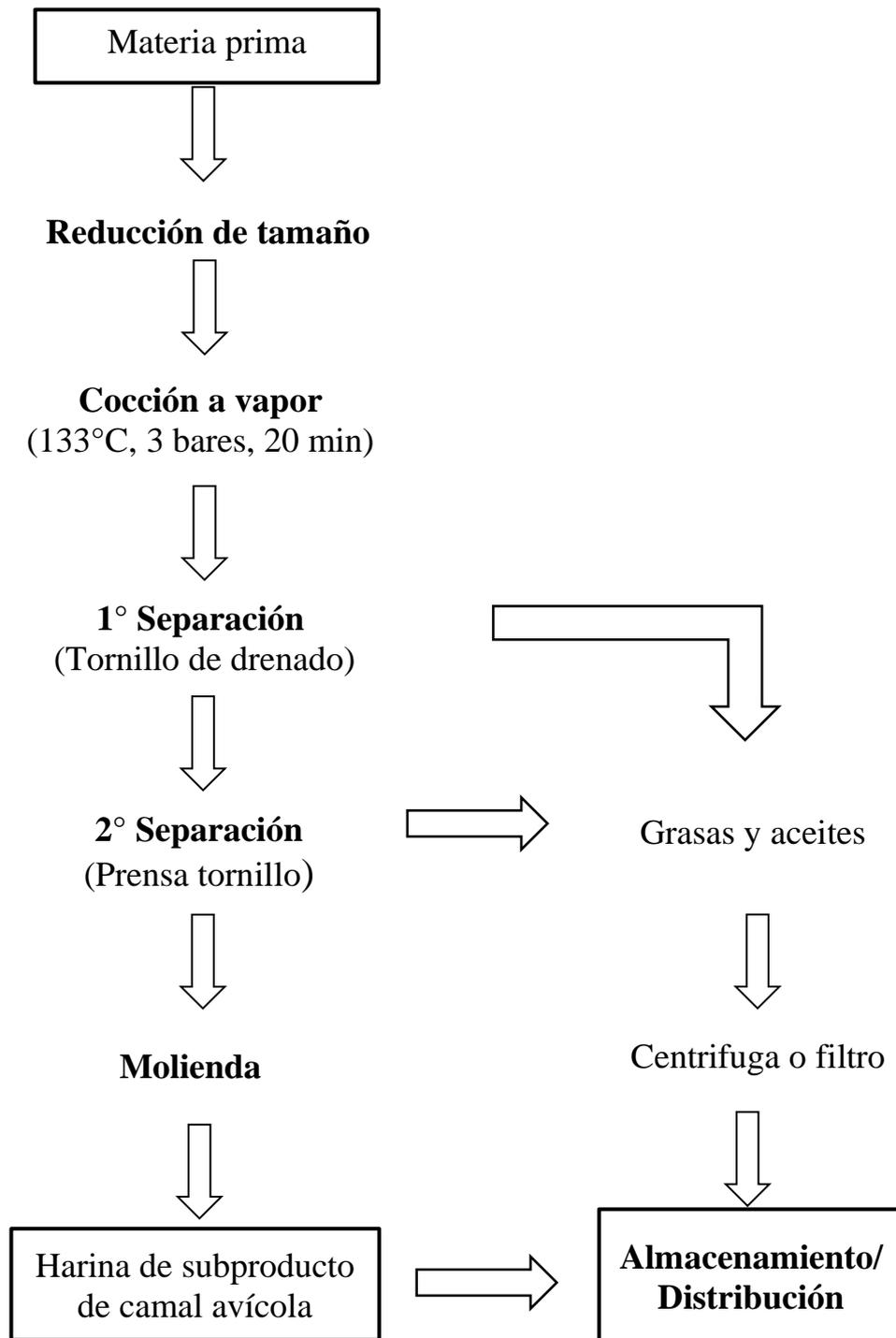


Figura 1: Flujo del procesamiento de la harina de subproducto avícola.

2.3.2. Valor nutritivo de la harina de subproducto de aves

En la Tabla 3 se muestra la información general sobre la composición nutritiva de los subproductos avícola, sin embargo, la composición específica de nutrientes en los lotes puede variar mucho de los valores citados en las tablas. Esto se observa en mayor grado en las harinas producidas a base de subproductos de la industria animal ya que las proporciones entre los ingredientes utilizados varían mucho entre lotes (Dale *et al.*, 1993).

El valor nutritivo de la harina de subproducto de aves en el Perú es diferente a la del extranjero debido a la variación de la materia prima utilizada y al nivel de inclusión de plumas en la preparación de la harina. La clasificación tradicional proporciona dos alternativas: la harina de subproducto de aves (exenta de plumas) y la harina de subproducto de camal avícola (que incluye un nivel elevado de plumas). La harina de subproducto de aves nacional tiene exclusión mayoritaria de plumas, lo que significa que, si tiene plumas, pero que su contenido es bajo (Verastegui, 2007).

a. Proteína

La harina de subproducto avícola de alta calidad contiene más de sesenta y cinco por ciento de proteína cruda, veintitrés por ciento de grasa y ocho por ciento de cenizas. La calidad de la proteína es menor a la de la harina de pescado, pero comparable a la de la harina de carne de res (Ravindran & Blair, 1993). La presencia de plumas como materia prima del subproducto avícola eleva en cierto grado el contenido de proteína cruda en la harina (Verastegui, 2007).

b. Aminoácidos

Bureau (2006) menciona que los subproductos avícolas también son fuentes eficaces de varios nutrientes clave (lisina, aminoácidos azufrados, histidina y arginina), que complementan muy bien, logrando aportar algunos aminoácidos marcadamente deficientes en algunos ingredientes proteínicos vegetales como harina de gluten de maíz y la harina de soya. Ravindran & Blair (1993) indican que la metionina y la lisina son los aminoácidos limitantes en el caso de este ingrediente.

Las harinas de subproductos avícolas son buenas fuentes proteicas y de aminoácidos esenciales con una adecuada relación calidad y precio; sin embargo, tienen un bajo contenido en triptófano, que además es poco disponible. El sobrecalentamiento reduce la disponibilidad de los aminoácidos, especialmente de la lisina, y puede reducir el valor energético de la grasa (Cabrera *et al.*, 2018).

c. Energía

Los niveles de energía bruta reportados en la Tabla 3 indican que la harina de subproducto avícola tiene un rango entre 4750 a 5612 Kcal/kg. La harina de subproductos avícolas desengrasada es más palatable y fácil de conservar, pero tiene un valor energético notablemente inferior (Orskov, 1995).

d. Lípidos

La mayor parte de las industrias extraen la grasa por presión, por lo que el contenido medio en la harina entre 12 a 15 % es bastante elevado, similar al de las harinas de origen de Estados Unidos de Norteamérica; pero superior a las de origen francés, donde la grasa se extrae casi completamente con disolventes orgánicos (Orskov, 1995). Bureau (2006) menciona que la harina de subproducto de aves tiene un alto contenido de proteína y lípidos lo que los hace especialmente muy aptos para usarse en alimentos acuícolas altos en proteína y lípidos.

e. Vitaminas y minerales

La harina de subproductos avícola tiene un perfil adecuado de aminoácidos esenciales disponibles y es rico en calcio, fósforo y vitamina B (NRC, 1994; Waldroup & Adams, 1994). El contenido de la harina de ave aporta fósforo y calcio, contribuyendo al suministro de minerales necesarios para la dieta de bovinos, presentando una considerable variabilidad en su composición química, basada en proteína, grasa y cenizas (Gómez, 2009).

Tabla 3: Composición química y de aminoácidos de la harina de subproducto avícola

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	u
EB Kcal/kg	-	4750	5162	-	4900	-	-	5612	-	5106
MS %	89	93.0	93.8	90.3	-	95.8	94.54	95.1	99.54	93.89
PC %	55.9	57.7	57.6	61.8	58-65	58.1	77.94	72.4	77.94	64.60
EE %	-	14.2	15.0	19.3	12	14.4	9.24	16.1	9.24	13.69
FC %	2.1	-	-	1.0	1-4		0.78	-	0.78	1.43
Cz %	14.5	-	15.8	6.1	10-18	17.1	-	4.8	-	12.05
Arginina %	4.32	4.09	-	4.02	3.94	3.63	4.52	-	4.52	4.15
Histidina %	1.05	1.10	-	-	1.25	1.65	2.29	-	-	1.47
Isoleucina %	2.30	2.31	-	-	2.01	1.36	2.27	-	-	2.05
Leucina %	4.27	4.10	-	-	3.89	3.16	7.09	-	-	4.502
Lisina %	3.32	3.33	-	3.20	3.32	2.75	4.46	-	4.46	3.55
Metionina %	1.29	1.10	-	1.11	1.11	0.77	0.83	-	0.83	1.01
Cisteína %	0.92	0.85	-	1.13	0.66	0.20	-	-	-	0.75
Fenilalanina %	1.66	2.39	-	-	2.26	1.57	-	-	-	1.97
Tirosina %	1.21	1.60	-	-	1.56	-	-	-	-	1.46
Treonina %	2.14	2.36	-	2.21	2.18	1.85	3.34	-	3.34	2.49
Triptófano %	-	0.54	-	0.49	0.48	-	0.60	-	0.60	0.54
Valina %	3.65	2.93	-	2.97	2.51	1.86	5.43	-	5.43	3.54
Calcio %	0.27	4.34	4.31	1.62	4.0	5.17	1.79	-	1.79	2.92
Fosforo %	0.61	2.54	2.22	0.72	2.0	2.50	1.17	-	1.17	1.62
Sodio %	0.07	0.39	0.32	0.24	-	0.46	0.26	-	0.26	0.29
Potasio %	1.16	0.52	0.46	0.30	-	0.51	-	-	-	0.59

1. Poultry by product meal, feed grade (NRC, 2011)
2. Harina de vísceras de aves (Rostagno *et al.*, 2017)
3. Farinha de vísceras de aves (Eyng *et al.*, 2010)
4. Harina de subproducto de matadero (FEDNA, 2017)
5. Poultry by product meal (Yu, 2004)
6. Poultry by product meal, feed grade (Dozier *et al.* 2003)
7. Concentrado proteico de subproducto de aves (Macavilca, 2013)
8. Harina de subproducto de aves (Verastegui, 2007)
9. Concentrado proteico de subproducto de aves (Marchan, 2012)

2.3.3. Factores que afectan el valor nutritivo de la harina de subproducto avícola

El valor nutritivo de la harina de subproducto avícola se puede ver afectado por varios factores como la materia prima utilizada, el procesamiento y el almacenamiento del producto final; que serán detallados a continuación:

a. Materia prima

Nacimiento *et al.* (2002) encontraron variaciones en la composición química y energética de diferentes harinas de vísceras y harinas de plumas, debido a las diferencias en las materias primas utilizadas para la fabricación de las harinas. Recalaron que no existe un registro de la proporción de ingredientes utilizados en estos productos a causa de algunos factores operacionales.

Pokniak & Gonzáles (1984) mencionan que la mayor o menor inclusión de vísceras y la edad de beneficio de las aves modifican el contenido de grasa (y por lo tanto de energía) de las harinas de subproductos avícolas. Además, reconocieron que los huesos, a la vez que incrementan el contenido de ceniza, reducen el contenido de proteína y la cantidad de aminoácidos esenciales dentro del alimento.

b. Tiempo previo al procesamiento

Brinker *et al.*, (2003) mencionan que es importante que los subproductos avícolas sean procesados inmediatamente después del beneficio para evitar el crecimiento de microorganismos, la producción potencial de aminas biogénicas y la oxidación de las grasas debido a que la materia prima es vulnerable al deterioro bacteriano cuando se deja a altas temperaturas durante largos períodos de procesamiento previo.

Tamim & Doerr (2003) realizaron un estudio que demostró que conforme se incrementa el tiempo entre el beneficio de las aves y el procesamiento de los subproductos se van acumulando elevados niveles de aminas biogénicas que podrían reducir la calidad final de los subproductos.

c. Procesamiento

Las fuentes de proteína animal tienen variación en su composición como resultado de las condiciones de procesamiento. Los factores críticos del procesamiento son la temperatura, presión y tiempo de cocción. A pesar de que el procesamiento es necesario para incrementar la disponibilidad de los aminoácidos en muchos ingredientes, las condiciones adversas de procesamiento como la excesiva presión y calentamiento prolongado pueden disminuir la disponibilidad y causar la pérdida de ciertos aminoácidos (NRC, 2011).

En el procesamiento de las harinas de origen animal, la temperatura necesaria para la eliminación de agentes patógenos presentes en los residuos y para promover la ruptura de los enlaces entre los aminoácidos que constituyen la proteína de las plumas (como en el caso de la queratina) es generalmente elevada. Esta alta temperatura causa relaciones entre los nutrientes, formando complejos o provocando desnaturalización proteica, convirtiendo a estos nutrientes en indigestibles y ocasionando una reducción en el valor energético de los alimentos (Rose, 1997). Gerrard *et al.* (2002) define la conjugación de proteínas como una reacción química que se produce cuando la temperatura, tiempo y presión de procesamiento son excesivos y está relacionada con la reducción de la disponibilidad de aminoácidos como la lisina y cistina. Cabrera *et al.* (2018) mencionaron que la disponibilidad de los aminoácidos se reduce marcadamente cuando la temperatura de procesamiento se incrementa de 140 °C.

El procesamiento también determina la humedad final de la harina de subproducto de aves, cuando la humedad del producto es mayor al 8 por ciento se facilita la contaminación bacteriana, mientras que humedades demasiado bajas (menores a 4 - 5 %) indicarían la destrucción de ingredientes en el proceso (Bellaver, 2002).

d. Almacenamiento

Otro factor que contribuye al aumento de la carga bacteriana en las harinas es la contaminación cruzada que se produce debido a que muchas plantas no poseen zonas de almacenamiento de producto terminado aisladas de las materias primas sin procesar. Además, los equipos destinados a la reserva o almacenamiento del

producto en proceso de producción suelen no estar fabricados en acero inoxidable, lo cual los hace más susceptibles al desarrollo de microorganismos indeseables (Watson, 2006).

2.3.4. Factores que afectan la calidad de la harina de subproducto avícola

a. Variabilidad en el valor nutritivo

La principal restricción en el uso de la harina de subproducto de aves es su falta de homogeneidad causada por la variabilidad en la proporción de ingredientes utilizados para su producción, consecuentemente esto puede causar una ineficiente formulación de dietas al utilizar valores nutricionales determinados de un ingrediente no estandarizado. Para solucionar este inconveniente es recomendable conocer cuáles son las variables del proceso o características de la materia prima que más influyen en la calidad del producto final y que pueden modificarse con el fin de mejorar o uniformizar las características de los lotes obtenidos (Ravindran & Blair, 1993).

En algunos países el término “harina de subproducto de aves” hace referencia sólo a las harinas producidas a partir de vísceras, cabezas, patas y sangre. Sin embargo, en otros países como en los Estados Unidos este término puede referirse a las harinas hechas con todos los subproductos del procesamiento de las aves incluyendo las plumas y frecuentemente desechos de incubadora. Esta variación en las proporciones de los productos utilizados para fabricar la harina genera mucha variación entre diferentes lotes (Dales *et al.*, 1993).

b. Presencia de aminas biogénicas

Las aminas biogénicas pueden estar presentes en altas concentraciones en los subproductos de camal avícola debido a la acción de las enzimas de los microorganismos que descarboxilan los aminoácidos libres en sus aminas correspondientes, siendo consideradas como tóxicas para los animales. Es por esto que las aminas biogénicas son un buen indicador de la calidad del ingrediente para la alimentación de aves y peces (Brinker *et al.*, 2003).

El procesamiento de subproductos típicamente implica alguna forma de tratamiento de calor y presión durante un tiempo mínimo que inactivará los contaminantes microbianos, evitando así la producción de aminas biogénicas (Feddern *et al.*, 2019). Sin embargo, el calentamiento por sí solo puede no ser satisfactoriamente efectivo para eliminar completamente la contaminación bacteriana, que es más pronunciada cuando los productos previamente calentados se almacenan de manera inapropiada a temperaturas incontroladas o cuando se los somete a un bajo manejo higiénico, afectando también los atributos de palatabilidad (Kalac, 2014).

En el estudio realizado por Barnes *et al.*, (2001), los subproductos animales utilizados como ingredientes alimenticios se analizaron para detectar aminas biogénicas en el transcurso de un año y las concentraciones promedio. Obteniendo como resultado que la concentración de putrescina y cadaverina en la harina de aves de corral resultó casi dos veces más alta que la harina de pescado, mientras que la harina de carne y hueso tuvieron una concentración de amina biogénicas alrededor de un tercio de la harina de aves de corral para estas mismas aminas. Los autores concluyeron que la cadaverina puede inhibir la degradación de histidina, aumentando así las concentraciones de este aminoácido en los tejidos, se sugiere que tanto la harina de pescado como la de aves de corral sufran una degradación más microbiana que la harina de carne y hueso.

c. Peroxidación de las grasas

Las fuentes de lípidos que contienen altas concentraciones de ácidos grasos poliinsaturados son altamente susceptibles a la peroxidación, especialmente cuando se exponen al calor, la luz, el oxígeno y los metales de transición durante la producción, el procesamiento y el almacenamiento (Belitz *et al.*, 2009). La peroxidación lipídica provoca la degradación de los ácidos grasos insaturados, lo que da como resultado una reducción del valor energético, así como efectos nocivos sobre la salud animal, el estado metabólico oxidativo y el rendimiento de crecimiento. Además de alterar la fisiología del tracto digestivo y reducir la disponibilidad de los nutrientes, como las vitaminas liposolubles (Penz Júnior, 1998).

La peroxidación lipídica es un proceso complejo y dinámico que simultáneamente produce y degrada numerosos compuestos. Al menos 19 compuestos volátiles se forman durante la peroxidación de ácido linoleico, y estos compuestos pueden degradarse posteriormente. En consecuencia, la cuantificación precisa del grado de peroxidación de los lípidos en los ingredientes del alimento es un desafío debido a la naturaleza compleja de la peroxidación y los numerosos compuestos producidos y degradados durante el proceso de peroxidación a lo largo del tiempo (Shurson *et al.*, 2015).

Es importante impedir el inicio de la formación de radicales libres lo que podrá lograrse con un manejo adecuado de la producción y almacenamiento. Sustancias antioxidantes naturales (Vit. E, pigmentos xantofílicos, Se) y sintéticas (BHT, BHA, Etoxiquin) pueden ser incorporadas para disminuir la auto oxidación de los ácidos grasos en las harinas (Bellaver, 2002).

d. Contaminación bacteriana

Una de las mayores preocupaciones de los productores que utilizan subproductos de camal es que consideran a los ingredientes de origen avícola usados en plantas de alimentos balanceados como fuente de contaminación bacteriana principalmente de *Salmonella sp.* y enterobacterias. Esto se debe a que en algunos casos los tratamientos térmicos a los que son expuestas las materias primas durante la elaboración de subproductos no son lo suficientemente efectivos. Otros factores que contribuye al aumento de la carga bacteriana en las harinas son la inadecuada manipulación y transporte de la materia prima, la contaminación cruzada que se produce debido a que muchas plantas no poseen zonas de almacenamiento de producto terminado aisladas de las materias primas sin procesar y la falta de rigurosidad y de un monitoreo constante de las tareas de limpieza y desinfección en plantas de procesamiento de subproductos. Para reducir esta posibilidad es común adicionar en el proceso de fabricación sustancias a base de formaldehído, que impiden el crecimiento bacteriano (Bellaver, 2002).

2.4. Restricciones legales en el Perú

En el Perú existen restricciones legales que prohíben la importación de aves vivas, huevos, carne de aves y otros productos y subproductos aviares como los subproductos de camal avícolas. El Servicio Nacional de Sanidad Agraria ha publicado las Resoluciones Jefaturales N° 175-2004-AG-SENASA y la N° 058-2006-AG-SENASA en las que especifica los lugares desde los cuales está prohibida la importación para prevenir la introducción y diseminación del virus de la Influenza Aviar Altamente Patógena (H5-N1). Los países son los siguientes: Japón, República de Corea, Vietnam, Tailandia, República Popular China, Indonesia, Hong Kong, Canadá y Estados Unidos de Norteamérica, Francia, Azerbaiyan, Ucrania, Rumania, Egipto, India, Turquía, Nigeria, Malasia e Irak.

2.5. Uso de la harina de subproducto de aves en la alimentación de peces

Los trabajos de investigación sobre el uso de subproducto de beneficio de aves en peces amazónicos son escasos, pese a ello se ha logrado obtener buenos resultados sobre los parámetros productivos. Además, con la creciente demanda de ingredientes proteicos para reemplazar la harina de pescado, los estudios sobre digestibilidad y potencialidad de este ingrediente son necesarios para la sostenibilidad de la industria de la acuicultura, especialmente de especies de peces carnívoros como el paiche.

2.5.1. Digestibilidad del subproducto de aves en paiche

En el trabajo de Cipriano *et al.* (2016) se determinaron los coeficientes de digestibilidad aparente de proteína, energía y aminoácidos de ingredientes proteicos en 18 juveniles de paiche de aproximadamente 235 g. Se realizó una prueba con seis ingredientes proteicos: harina de carne y hueso, harina de pescado, harina de plumas hidrolizadas, harina de subproductos avícolas, harina de soya y harina de gluten de maíz. El trabajo consistió en el reemplazo del 30% de una dieta referencial por los ingredientes de prueba. Los mejores coeficientes de digestibilidad de proteínas fueron obtenidos para la harina de pescado, seguido de la harina de subproductos avícolas, por otra parte, el menor coeficiente obtenido fue de la harina de plumas. Los valores de los coeficientes de digestibilidad aparente obtenidos en el presente estudio se muestran en la Tabla 4.

Oeda *et al.* (2019), determinaron los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de los ingredientes proteicos: harina de subproductos avícolas y harina hidrolizada de plumas para

Arapaima gigas. Como resultado obtuvieron un mayor coeficiente de digestibilidad de energía para la harina hidrolizada de plumas de 91.1 % en comparación con harina de subproductos avícolas 85.7 %. Sin embargo, los coeficientes de digestibilidad aparente de proteína resulto mayor para la harina de subproductos avícolas con 83.6% seguido por la harina hidrolizada de plumas con 79.7%, lo que indica que estos ingredientes pueden ser fuentes potenciales de proteínas en las formulaciones de alimentos para paiche.

Tabla 4: Coeficientes de digestibilidad aparente de proteína, energía y aminoácidos de ingredientes proteicos estudiados en el paiche.

CDA %	Harina de pescado	Harina de subproductos avícolas	Harina de plumas
Materia seca	89.2	93.5	79.5
Proteína cruda	97.6	90.3	80.4
Energía	89.1	96.2	83.3
Aminoácidos			
Alanina	99.3	96.3	73.2
Arginina	99.4	91.5	76.4
Aspartato	91.9	94.5	69.6
Cisteína	86.4	69.1	59.3
Glutamato	95.3	94.6	73.3
Glicina	95.8	97.4	81.3
Histidina	93.2	95.4	72.1
Isoleucina	95	92.3	71.4
Leucina	96.1	90.8	69.2
Lisina	98.8	94.7	69.3
Metionina	94.4	94.1	72.5
Fenilalanina	94.4	91.6	68.2
Prolina	94.6	92.1	67.4
Serina	96.6	87.6	72.5
Treonina	96.5	92.2	69.0
Valina	95.4	88.9	65.1

FUENTE: Cipriano *et al.* 2016

2.5.2. Evaluación de subproducto de camal avícola en peces

a. Salmónidos

Se ha estudiado profundamente el uso de subproducto de aves en dietas de salmónidos (Higgs *et al.*, 1979; Alexis *et al.*, 1985; Fowler, 1991 y Steffens, 1994) y

la conclusión general de los primeros estudios fue que se puede incluir aproximadamente del 20 al 25 por ciento de la HSA en dietas para salmónidos sin afectar el crecimiento y la conversión alimenticia del animal. Posteriormente se han indicado que los alimentos formulados con hasta el 30 por ciento de HSA sustentan un excelente desempeño del crecimiento en la trucha arco iris (Steffens, 1994). La HSA es muy similar a la harina de pescado en términos del valor nutritivo para la trucha arco iris, ya que este ingrediente puede sustituir de manera eficaz toda la harina de pescado en la dieta de trucha arco iris sin ejercer un impacto negativo sobre el desempeño (Bureau *et al.*, 2006).

Sevgili & Ertürk (2003) realizaron un ensayo de alimentación para evaluar el potencial de reemplazar la harina de pescado con harina de subproductos avícolas (HSA) en dietas para la trucha arco iris (*Onchorynchus mykiss*) de 34.5 gramos de peso promedio. Formularon cinco dietas isocalóricas e isonitrógenas incluyendo HSA en los niveles de 0 (Control), 10, 20, 30 y 40%. El peso final y la ganancia de peso de los grupos alimentados con HSA hasta un 20% fueron similares al control, mientras que se obtuvieron valores significativamente más bajos de los grupos que recibieron niveles más altos de HSA ($p < 0.05$). La tasa de crecimiento específico de los grupos 30 y 40% con HSA fueron más bajos que los de la dieta de control ($P < 0.05$). Los peces alimentados con 40% de HSA mostraron un consumo de alimento más bajo y los grupos que contenían 20% de HSA y niveles más altos tuvieron una conversión de alimento más baja que el grupo de control ($P < 0.05$). Los resultados del estudio indicaron que la harina de subproducto de aves en la dieta podría incluirse hasta un 20% en las dietas de trucha arco iris sin ningún deterioro significativo en los criterios de rendimiento evaluados.

Estudios recientes realizados por Javaheri *et al.* (2013) evaluaron el reemplazo de la harina de pescado por harina de subproductos de aves en las dietas de trucha arco iris de 20 gramos de peso promedio. La harina de pescado se reemplazó con cantidades ascendentes de HSA 0, 25, 50, 75 y 100% con cinco dietas granuladas isoenergéticas e isonitrógenas. En los grupos de peces con 75 y 100 % de reemplazo con harina de subproducto de aves, la tasa de crecimiento y la eficiencia alimenticia fueron significativamente menores en comparación con la dieta de control ($P < 0.05$). El

nivel de HSA de 100% afectó significativamente el factor de condición y la tasa de supervivencia de los peces ($P < 0.05$). Los resultados sugirieron que la HSA puede reemplazar el 50% o más de la harina de pescado en las dietas para la trucha arcoíris sin efectos adversos sobre los peces.

b. Paco (*Piaractus brachypomus*)

Piñeros *et. al* (2014) determinaron si la harina de subproductos avícolas puede sustituir la harina de pescado como ingrediente proteico en los alimentos balanceados para juveniles de *Piaractus brachypomus* en condiciones controladas. Utilizaron tres dietas isoproteicas e isoenergéticas con 34% de proteína bruta y 4160 Kcal/kg EB; el tratamiento 1 contenía como ingrediente proteico 30% de harina de pescado; el tratamiento 2, 30% de harina de subproductos avícolas; y el tratamiento 3, 30% de harina de subproductos avícolas suplementada con aminoácidos (Lisina, Metionina y Treonina). Los resultados del presente estudio indican que la harina de subproductos avícolas puede ser usada para la alimentación de juveniles de paco sin repercusiones en la ganancia de peso, en la tasa de conversión alimenticia y en la tasa específica de crecimiento, y además que la suplementación de aminoácidos no brinda efectos significativos, por lo tanto no hace necesario su uso en estas dietas para la especie.

c. Gamitana (*Colossoma macropomum*)

El trabajo que realizaron Terrazas *et al.* (2002) tuvo por objetivo evaluar el efecto de las dietas con residuos de pescado y niveles de harina de residuos de pollo, así como la combinación de dos niveles de estos ingredientes en el aumento de peso y la composición corporal de los juveniles de gamitana. Las dietas experimentales tenían las siguientes formulaciones: R1 = 21% de harina de residuos de pescado; R2 = 14% de harina de residuos de pescado + 7% de harina de residuos de pollo; R3 = 7% de harina de residuos de pescado + 14% de harina de residuos de pollo y R4 = 21% de harina de residuos de pollo. Los resultados para el rendimiento de los peces y la composición corporal no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$), y estos parámetros mostraron mejores resultados cuando se combinaron las dos harinas de residuos.

III. METODOLOGÍA

3.1. Lugar y periodo de evaluación

La evaluación biológica se realizó en el Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación en Peces y Crustáceos (LINAPC) del Departamento Académico de Nutrición, de la Universidad Nacional Agraria la Molina. La elaboración del alimento balanceado en la Planta de Alimentos del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos (PIPSA) y los análisis proximales de las dietas en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA). El periodo de evaluación fue de 28 días, desde el 11 de febrero del 2019 hasta el 10 de marzo del 2019.

3.2. Animales experimentales

Los animales experimentales fueron 48 alevines de paiche (*Arapaima gigas*) provenientes de la empresa Acuícola Los Paiches S.A.C. ubicada en Yurimaguas - Alto Amazonas - Loreto, se inició la evaluación con un peso promedio de 30.88 gramos y una talla promedio de 15.42 centímetros los cuales fueron distribuidos homogéneamente en 12 acuarios (unidades experimentales) de cuatro peces cada uno (Anexo X). La evaluación culminó a los 28 días.

3.3. Instalaciones y equipos

El presente ensayo se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (Anexo XIX), el cual funciona con un sistema de recirculación de agua que permite el control de los parámetros de calidad de agua óptimos para la especie en evaluación y el manejo de los peces para la alimentación a precisión. El laboratorio cuenta con dos acuarios de adaptación, dieciocho acuarios para las pruebas de crecimiento y nueve acuarios tipo Guelph para las pruebas de digestibilidad. La unidad experimental está constituida por cada acuario de fibra de vidrio con dimensiones de 0.47x0.47x0.50m y capacidad de 55 litros. En el Anexo XVII se presentan los detalles de las instalaciones.

3.4. Producto evaluado

El producto evaluado fue la harina de subproducto avícola resultado del proceso de rendering de la empresa PROCINSUR S.R.L., la materia prima utilizada para el procesamiento del ingrediente contiene una proporción constante de carne, vísceras y plumas. Según los análisis realizados en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos, la composición proximal de la harina de subproducto avícola a evaluar tiene 92.12 por ciento de materia seca, 75.21 por ciento de Proteína total, 9.97 por ciento de Grasa, 0.53 por ciento de Fibra cruda, 3.02 por ciento de Ceniza, 3.39 por ciento de Extracto libre de nitrógeno y 5239.40 Kcal/kg de Energía Bruta.

3.5. Tratamientos

En el presente trabajo se evaluó 3 tratamientos con dos niveles de inclusión de harina de subproducto avícola (HSA) en reemplazo de 15 y 30 % de la harina de pescado.

- Tratamiento 1 (T1): Dieta control, sin HSA.
- Tratamiento 2 (T2): 15 por ciento de reemplazo de Harina de pescado por HSA.
- Tratamiento 3 (T3): 30 por ciento de reemplazo de Harina de pescado por HSA.

3.6. Dietas experimentales

Se formularon tres dietas experimentales en base a los requerimientos nutricionales para paiche, utilizando la formulación al mínimo costo, por programación lineal utilizando el valor nutritivo de los ingredientes para el paiche recomendado por Vergara *et al.* (2014). La composición de las dietas experimentales y su valor nutritivo calculado se presentan en la Tabla 5. Los valores nutricionales calculados de los aminoácidos cumplen con los requerimientos nutricionales de paiche estimados por Vitti *et al.* (2015), quienes concluyeron que estos valores estuvieron estrechamente relacionados con los determinados para otras especies de peces carnívoros con la trucha arcoíris, expuestos en la tabla de requerimientos de aminoácidos para peces de NRC (2011).

La elaboración de las dietas se realizó en la Planta de alimentos de la UNALM. Se elaboraron tres dietas, de las cuales a dos de ellas se les adiciono harina de subproducto de camal avícola en niveles de 13 y 26 por ciento en cada tratamiento, en reemplazo parcial de 15 y 30 por

ciento de harina de pescado respectivamente. Los ingredientes y sus respectivas cantidades determinadas para cada dieta fueron mezclados, incorporando los ingredientes de mayor a menor cantidad y después se adiciono los ingredientes líquidos. Se utilizó una mezcladora horizontal de cintas, la mezcla se dio durante cinco minutos, posteriormente se obtuvo pellets de 2 mm de diámetro y finalmente se adiciono aceite post peletizado en la mezcladora de cintas por 5 minutos.

La Premezcla utilizada en las dietas pertenece a la empresa DSM Nutricional Products Peru S.A. En la Tabla 6 se muestra el aporte nutricional de la Premezcla de vitaminas y minerales.

Tabla 5: Composición de las dietas experimentales y su valor nutricional calculado

INGREDIENTES (%)	Nivel de reemplazo de harina de pescado por subproducto de camal avícola		
	0% Control	15% de reemplazo	30% de reemplazo
Harina de pescado prime, 67	60.00	45.00	30.00
Harina de subproducto avícola, 75	0.00	13.00	26.00
Torta de soya, 47	20.00	20.00	20.00
Harinilla de trigo	5.82	6.32	5.32
Aceite de pescado	8.50	10.00	13.00
Melaza de caña	4.00	4.00	4.00
Cloruro de colina, 60	0.10	0.10	0.10
Premezcla vitaminas y minerales	0.75	0.75	0.75
Ligante	0.80	0.80	0.80
Antioxidante	0.03	0.03	0.03
Total %	100	100	100
Materia seca %	90.83	91.40	92.12
Proteína %	50.05	50.37	50.44
Fibra %	1.59	1.57	1.47
Grasa %	14.88	16.09	18.71
Energía digestible paiche (Mcal/ Kg.)	4.23	4.24	4.23
Lisina Total, %	3.83	3.62	3.40
Metionina Total, %	1.38	1.18	0.97
Cistina, Total %	0.54	0.64	0.74
Arginina, Total %	3.13	3.14	3.13
Treonina, Total %	2.15	2.15	2.14
Triptófano, Total %	0.62	0.58	0.54
Valina Total, %	2.66	2.85	3.02
Met + Cist. Total %	1.90	1.80	1.70

«continuación»

Ácidos grasos n-3, %	3.93	3.60	3.54
Ácidos grasos n-6,%	2.82	3.31	4.28
Fosforo Total, %	1.66	1.44	1.22
Calcio %	2.34	2.01	1.68
Sodio %	0.70	0.60	0.50

Tabla 6: Premezcla de vitaminas y minerales para acuicultura

Nutriente	Cantidad	Unidad
Vitamina A	9'333,333	U.I.
Vitamina D3	1'866,667	U.I.
Vitamina E	93,333	U.I.
Vitamina K3	5.333	g
Tiamina (B1)	12.000	g
Riboflavina (B2)	13.333	g
Niacina	100.00	g
Ácido pantoténico	33.333	g
Piridoxina(B6)	10.000	g
Biotina	0.533	g
Ácido Fólico	2.667	g
Ácido Ascórbico	210.000	g
Vitamina B12	0.020	g
Manganeso	26.667	g
Hierro	13.333	g
Zinc	13.333	g
Cobre	1.000	g
Iodo	1.000	g
Selenio	0.200	g
Cobalto	0.100	g
Antioxidante	80.000	g
Carbonato de Calcio	2,000.000	g
(excipiente)		

Composición por 1Kg de Premezcla

FUENTE: DSM Nutricional Products Perú S.A. (2018)

3.7. Análisis químico proximal

Se realizó el análisis químico proximal de las dietas experimentales en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) del departamento Académico de Nutrición, perteneciente a la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para

ello se llevó una muestra de 500 gramos de cada tratamiento, realizándose los análisis químicos proximales una sola vez por muestra. Los resultados de los análisis químicos realizados a las dietas se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7: Resultados de análisis químico proximal de las dietas experimentales

Análisis	T1	T2	T3
Humedad (%)	8.19	8.43	8.37
Proteína Total (%)	51.74	52.11	52.94
Grasa (%)	14.47	15.92	17.04
Fibra Cruda (%)	0.65	0.88	1.12
Ceniza (%)	11.16	9.61	7.78
ELN (%)	13.79	13.05	12.75

3.8. Manejo experimental

En la biometría inicial, los alevines fueron pesados y distribuidos en al azar en doce acuarios (unidades experimentales), se realizaron biometrías a los catorce y veintiocho días. Durante la biometría los peces de cada acuario fueron trasladados en recipientes con agua, posteriormente fueron pesados y tallados individualmente, al finalizar retornaron a sus respectivos acuarios.

Para el manejo del alimento, se calculó la cantidad de alimento diario a ofrecer con la tasa de alimentación, el cual se mantenía en recipientes que indicaban el número de acuario al que pertenecían, luego al culminar las labores diarias se pesó el excedente del alimento suministrado y se registraba el consumo diario de alimento por acuario.

Para el manejo de los alevines se utilizaron mallas de 1mm para capturar a los peces, centímetro para medición de talla individual y una balanza de precisión marca *RADWAD* de 0.01 g de precisión con capacidad de 4500 g para obtener el peso individual de cada alevín en cada biometría realizada y también para pesar diariamente el alimento suministrado.

3.9. Frecuencia de alimentación

La alimentación fue diaria, dividida en las ocho veces que se ofreció el alimento al día: 7:30, 9:00, 10:30, 12:00, 13:30, 15:00, 16:30, 18:00. El alimento fue suministrado hasta el punto de saciedad, es decir hasta que el punto que los peces perdían el interés por comer y se alejaban.

3.10. Calidad de agua

Todos los parámetros de calidad de agua que se consideraron en el estudio, fueron registrados y monitoreados tres veces por semana, directamente de los acuarios: temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad; y directamente del tanque sumidero: dureza, amonio y nitritos. En la Tabla 8 se detallan los equipos utilizados para la medición de los parámetros.

La Tabla 8 muestra que se mantuvieron los parámetros óptimos de calidad de agua para el desarrollo de los paiches y que estos no afectaron ninguno de los parámetros productivos evaluados. La temperatura del agua de los acuarios durante toda la fase experimental presento un promedio de 27.95 °C, estando dentro de los rangos adecuados de 26 a 30 °C recomendados para el cultivo de alevines de paiche por Chu-Koo *et al.* (2017). Para el potencial de hidrogeno (pH) y conductividad eléctrica los valores obtenidos de los acuarios fue de 7 y 960.75 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$, estando dentro de los rangos óptimos recomendados por Chu-Koo *et al.* (2017). En el caso del oxígeno disuelto el valor que se encontró en el agua de los acuarios fue de 5.44 mg/l, nivel que fue mayor que el mínimo recomendado es 4 mg/l. por Chu-Koo *et al.* (2017). Los niveles de amonio y nitrito medidos en los acuarios fueron de 0.05 y 0.018 mg/l respectivamente, valores que se encuentran dentro del rango recomendado por FONDEPES (2018).

3.10.1. Temperatura

Se utilizó un termómetro ambiental *Sper Scientific* de mercurio con 0.1 de precisión, que registraba las temperaturas mínimas y máximas cada 24 horas, además se utilizó un termómetro digital de marca *La Motte* para la medición de la temperatura del agua de los acuarios. Las temperaturas fueron registradas en las mañanas (8:30) y tardes (16:30) de tres acuarios al azar, todos los días de la evaluación.

3.10.2. Potencial de hidrogeno

La medición de pH se realizó con el multiparámetro de la marca Hanna el cual realiza la medición digital directa. La medición del pH se registró en todos los acuarios tres veces por semana. Su rango de medición es de 0- 14.

3.10.3. Oxígeno disuelto

Se utilizó el multiparámetro de la marca *Hanna*, el cual puede mostrar una lectura digital para el oxígeno disuelto. Su rango de medición es de 0-50 ppm. La medición se realizó tres veces por semana de cuatro acuarios escogidos al azar.

3.10.4. Amonio

Fue medido mediante el kit colorimétrico de la marca *JBL Aquatest*, que consta de 3 reactivos y tiene un rango de medición de 0.05 mg/l de NH_4 . La medición se realizó tres veces por semana con el agua extraída directamente del tanque sumidero.

3.10.5. Nitrito

Fue medido mediante el kit colorimétrico de la marca *JBL Aquatest*, que consta tres reactivos y tiene un rango de medición de 0.01- 1 mg/l de NO_2 . La medición se realizó tres veces por semana con el agua extraída directamente del tanque sumidero.

3.10.6. Dureza

El agua proveniente de la UNALM paso por un tratamiento de ablandamiento de la dureza previo al ingreso hacia el sistema de recirculación, mediante el uso de un ablandador de agua con resina que disminuye la dureza de agua hasta un nivel de 16 ppm (concentración de iones de Ca^{++} y Mg^{++}).

Se utilizó el kit colorimétrico de dureza LaMotte, el cual realiza la lectura directa mediante titulación, que proporciona exactitud dentro del rango de 0 -200 ppm, con una sensibilidad de 4 ppm de Carbonato de calcio (CaCO_3). La medición de la dureza se realizó tres veces por semana, la muestra fue tomada directamente del tanque sumidero.

3.10.7. Conductividad

Se realizó la medición digital directa con el multiparámetro de la marca *Hanna*, con el rango de medición de 0 – 200 Ms/cm. Se registró la medición en todos los acuarios tres veces por semana.

Tabla 8: Metodología para la medición y parámetros de la calidad del agua

Parámetro	Equipo	Método	Periodicidad	Horario	Promedio
Temperatura (°C)	Termómetro	Lectura digital en los acuarios	Diario	8:30am y 4:30 pm	27.8
pH	Multiparámetro Hanna	Lectura digital en los acuarios	3 veces por semana	8:30am y 4:30 pm	7.0
Oxígeno disuelto (ppm)	Multiparámetro Hanna	Lectura digital en los acuarios	3 veces por semana	8:30am y 4:30 pm	5.44
Amonio (mg/l)	Kit colorimétrico de 2 reactivos JBL Aquatest	Colorimetría visual en el tanque sumidero	3 veces por semana	8:30am y 4:30 pm	0.05
Nitrito (mg/l)	kit colorimétrico de 3 reactivos JBL Aquatest	Colorimetría visual en el tanque sumidero	3 veces por semana	8:30am y 4:30 pm	0.018
Dureza (ppm)	kit colorimétrico de 3 reactivos LaMotte	Colorimetría visual en el tanque sumidero	3 veces por semana	10:00 am	75
Conductividad (μS/cm ²)	Multiparámetro Hanna	Lectura digital en los acuarios	3 veces por semana	8:30am y 4:30 pm	960.75

3.11. Evaluaciones biológicas y productivas

3.11.1. Peso unitario y talla

Al inicio del experimento, a los 14 y 28 días se registraron el peso unitario, biomasa y la longitud de los peces de cada acuario.

3.11.2. Ganancia de peso e incremento de talla

La ganancia de peso fue calculada mediante la diferencia entre el peso final (W_t) y el peso inicial (W_0) en cada biometría (Silva *et al.*, 2007).

$$G = W_t - W_0$$

El incremento de talla fue hallado mediante la diferencia de la longitud final (L_t) menos la longitud inicial (L_0) en cada biometría (Silva *et al.*, 2007).

$$L = L_t - L_0$$

3.11.3. Consumo de alimento

La cantidad de alimento ofrecido fue calculado considerando la biomasa total de peces por acuario, se comenzó con una tasa de alimentación de 5% respecto al peso, ajustándose de acuerdo a los resultados de los controles biométricos. Todos los días se realizó el registro de consumo de alimento por cada acuario mediante el pesaje de la ración de alimento correspondiente en un vaso de plástico etiquetado con el número del acuario, luego se obtuvo el consumo de alimento por diferencia entre el alimento suministrado diariamente y el alimento restante.

3.11.4. Conversión alimenticia

La conversión alimenticia se obtuvo con los datos obtenidos en los controles biométricos y el registro de alimento ingerido. Se determinó la conversión alimentaria dividiendo el alimento consumido en el periodo de alimentación (28 días) entre la ganancia de peso en el mismo periodo (Ghunter & Boza, 1992).

$$\text{Conversión alimenticia} = \frac{\text{Alimento consumido}}{\text{Ganancia de peso}}$$

3.11.5. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento se obtendrá mediante la diferencia del peso final (W_t) y el peso inicial (W_0), dividido entre el tiempo de evaluación (t) (Ghunter & Boza, 1992).

$$TC \left(\frac{g}{\text{día}} \right) = \frac{W_t - W_0}{t}$$

3.11.6. Supervivencia

La supervivencia y mortalidad de cada unidad experimental se evaluó diariamente en las mañanas al realizar las labores de limpieza previas a la alimentaci3n. La supervivencia fue expresada mediante la diferencia entre el n3mero de peces al final de la evaluaci3n (N_o) y el n3mero de peces inicial (N_t), dividido entre el n3mero de peces inicial (Silva *et al.*, 2007).

$$S = \left(1 - \frac{N_t - N_o}{N_o}\right) \times 100$$

3.11.7. Costo de alimentaci3n por kilogramo de ganancia de peso

Se determin3 el costo de alimentaci3n con la finalidad de realizar la comparaci3n entre tratamientos. Se calcul3 el costo (C) por unidad de peso de cada dieta experimental (Anexo VII), el costo se obtuvo multiplicando la conversi3n alimentaria (CA) y el precio del alimento por kilogramo (PA).

$$C = CA \times PA$$

Se consider3 el costo de la harina de pescado a S/.6.445 por Kg y el de la Harina de subproducto av3cola a S/. 2.862. El costo de las dietas con niveles de 0, 15 y 30 por ciento de reemplazo fueron 4.857, 4.334 y 3.883 S/. / Kg, respectivamente.

3.12. Dise2o estad3stico

Se utiliz3 un Dise2o Completamente al Azar (DCA) con tres tratamientos (0 por ciento de reemplazo, 15 por ciento de reemplazo y 30 por ciento de reemplazo) y cuatro repeticiones. La unidad experimental est3 definida por cada acuario y conformada por cuatro alevines de paiche. Para la comparaci3n de promedios de los par3metros se utiliz3 la prueba de Duncan ($P < 0.05$) (Calzada, 1984). Para estos an3lisis se utiliz3 el Software SAS System for Windows (Version 9.1)

El modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + t_i + \epsilon_{ij}$$

$i=1, 2, 3$ tratamientos
 $j=1, 2, 3, 4$ repeticiones

D3nde:

X_{ij} = Variable respuesta que se obtiene de la unidad experimental que recibió el i -ésimo tratamiento y la j -ésima repetición

μ = Media aritmética general de la población

t_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

ϵ_{ij} = Efecto de la j -ésima unidad experimental a la que se le aplicó el i -ésimo tratamiento (error experimental).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Peso vivo y ganancia de peso

Los resultados de los pesos unitarios obtenidos al inicio, a los 14 días y al final de la evaluación se muestran en el Tabla 9 y el Anexo I. Se observa que el peso unitario inicial de los tres tratamientos evaluados no presenta diferencias significativas ($P < 0.05$). Sin embargo, se muestran diferencias estadísticas significativas en los pesos unitarios finales entre todos los tratamientos evaluados.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Steffens (1994), quien obtuvo diferencias significativas en el peso vivo final al evaluar el reemplazo parcial de harina de pescado por harina de subproductos avícola en dietas para alevines de trucha con niveles de reemplazo de 0, 22.5 y 100 por ciento, obteniendo mejores respuestas con las dietas con 0 y 22.5 por ciento de reemplazo. También se asemeja a la evaluación realizada por Sevgili & Ertürk (2003) quienes obtuvieron resultados en el peso final y ganancia de peso de los grupos alimentados con harina de subproducto avícola hasta un 20% similares al control, mientras que se obtuvieron valores significativamente más bajos de los grupos que recibieron niveles más altos de subproductos avícola ($P < 0.05$).

La ganancia de peso unitario obtenido al final de la evaluación experimental con el análisis de variancia (Anexo XI) muestra diferencias significativas entre todos los tratamientos. Es importante mencionar que se observó una tendencia a mejor comportamiento productivo con los tratamientos 1 y 2. Estos resultados coinciden con lo reportado por Fowler (1991), quien obtuvo mejores resultados en ganancia de peso por pez evaluando el reemplazo parcial de harina de pescado por HSA en dietas para juveniles de salmón con niveles de inclusión de 0, 10, 20 por ciento de HSA.

En el Tabla 9 y el Anexo XII se presentan la ganancia de peso por biomasa al culminar los 28 días de evaluación, indicando que hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los

tratamientos, siendo los tratamientos 1 y 2 los de mejor ganancia de biomasa, seguido por el tratamiento 3.

Tabla 9: Efecto del reemplazo de harina de subproducto avícola (HSA) en el desarrollo productivo de alevines de paiche

Parámetros	Dietas experimentales		
	Nivel de reemplazo de HSA		
	0%	15%	30%
Peso Unitario (g)			
Inicial	30.898 ^a	30.932 ^a	30.813 ^a
14 días	82.370 ^a	78.739 ^a	63.572 ^b
Final (28 días)	159.928 ^a	149.002 ^b	108.343 ^c
Ganancia de peso	129.030 ^a	118.071 ^b	77.530 ^c
Talla unitaria (cm)			
Inicial	15.206 ^a	15.469 ^a	15.569 ^a
14 días	21.081 ^a	20.944 ^a	19.481 ^b
Final (28 días)	26.806 ^a	26.200 ^a	23.744 ^b
Incremento de talla	11.600 ^a	10.731 ^b	8.175 ^c
Biomasa (g)			
Inicial	123.593 ^a	123.727 ^a	123.250 ^a
14 días	329.66 ^a	314.96 ^a	254.29 ^b
Final (28 días)	639.71 ^a	596.01 ^b	433.37 ^c
Ganancia de biomasa	516.12 ^a	472.28 ^b	310.12 ^c
Tasa de crecimiento	4.608 ^a	4.217 ^b	2.769 ^c
Consumo promedio de alimento (g)	84.433 ^a	77.527 ^b	60.394 ^c
Conversión alimenticia	0.654 ^b	0.657 ^b	0.780 ^a
Sobrevivencia (%)	100 ^a	100 ^a	100 ^a
Costo de alimentación			
Costo de alimento por Soles/Kg	4.857	4.334	3.883
Costo de alimento por kilogramo de ganancia de peso (Soles)	3.178	2.847	3.028
Costo relativo %	100	89.59	95.28

a,b,c letras diferentes en la misma fila indican que existe diferencias significativas (P< 0.05) entre los tratamientos a la prueba de Duncan

4.2. Talla e incremento de talla

Los resultados obtenidos de las tallas unitarias al inicio, a los 14 días y al final de la evaluación se muestran en el Tabla 9 y Anexo III, el análisis de varianza (Anexo XIII) indica que no existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos para la talla inicial. En la talla final indica que no se muestra diferencias significativas entre el tratamiento 1 o control y el tratamiento 2; sin embargo, si se encontró diferencias significativas para el tratamiento 3.

El incremento de talla al culminar los 28 días de evaluación, indica que hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tres tratamientos. Se obtuvo una longitud final estadísticamente mayor en el tratamiento 1, seguido del tratamiento 2 y finalmente el tratamiento 3, estos resultados posiblemente se deben a la diferencia en el consumo de alimento entre los tres tratamientos.

El tratamiento 1 o control y el tratamiento con 15% de reemplazo con HSA presentaron peso unitario final y tallas unitaria semejantes, ya que el crecimiento fue similar entre ambos tratamientos; sin embargo, el tratamiento con 30% de reemplazo con HSA presentó un menor peso unitario final y talla unitaria final.

La tendencia nos muestra que la menor ganancia de peso e incremento de talla obtenida en esta evaluación es proporcional al incremento de los niveles de reemplazo de harina de pescado por harina de subproducto avícola. Los peces alimentados con el tratamiento 3 con 30% de reemplazo con HSA presentaron un menor crecimiento, esto puede estar relacionado a varios factores. Primero, el menor consumo de alimento del tratamiento con mayor nivel de reemplazo con HSA provocó una menor ingestión de proteína, aminoácidos y energía como se muestra en la Tabla 10, el cual ocasiono la notable diferencia de los parámetros evaluados con respecto a los otros tratamientos 1 y 2. Segundo, la menor calidad nutritiva de la dieta con respecto al control debido a una menor digestibilidad de aminoácidos y a los bajos niveles de metionina y lisina del ingrediente HSA.

Tabla 10: Ingesta de nutrientes acumulado por tratamiento

Nutrientes	Niveles de reemplazo de harina de pescado por HSA		
	0%	15%	30%
Proteína, g	42.259	39.050	30.463
ED Mcal/Kg	3.572	3.287	2.555
Lisina, g	3.234	2.806	2.05
Metionina, g	1.165	0.915	0.586
Met + Cis, g	1.604	1.395	1.027
Arginina, g	2.64	2.43	1.89
Triptófano, g	0.52	0.44	0.32
Treonina, g	1.81	1.67	1.29
Valina, g	2.25	2.21	1.82

4.3. Consumo de alimento

Los resultados obtenidos del consumo de alimento se muestran en la tabla 9 y Anexo IV. El análisis de varianza (Anexo XIV) muestra diferencias significativas para el consumo final acumulado ($P < 0.05$) para cada uno de los tratamientos. Los peces que recibieron la dieta control (0% de reemplazo con HSA), mostraron consumos de alimento mayores que el tratamiento dos (15% de reemplazo con HSA) y tres (30% de reemplazo con HSA) en 8.18 y 28.47 por ciento respectivamente.

Los peces alimentados con el tratamiento 3 con el 30% de reemplazo con HSA tuvieron un bajo consumo de alimento en comparación a los peces alimentados con los otros tratamientos, esto podría estar relacionado a la disminución de la palatabilidad de las dietas cuando se alimenta con altos niveles de HSA, causando el rechazo de la dieta y consecuentemente reflejarse esto en la disminución del consumo de alimento.

El menor consumo de alimento de los tratamientos que incluyeron la harina de subproducto avícola en las dietas, resultó en una menor ingesta de proteína, aminoácidos y energía como se muestra en la Tabla 10. La ingesta de nutrientes en los tratamientos 1 y 2 resultaron numéricamente similares; sin embargo, en el tratamiento 3 se observó una drástica reducción de ingesta de nutrientes.

La disminución en el consumo de alimento coincide con el reciente estudio de Karapanagiotidis *et al.* (2019) que informaron que tanto el 50% como el 100% de reemplazo de harina de pescado por subproducto de camal avícola resultaron en un rendimiento de crecimiento reducido en juveniles de dorada, debido a una menor ingesta de alimento, así como a bajos niveles de metionina y lisina en la dieta. Varios estudios realizados por González-Rodríguez *et al.* (2016) y Zapata *et al.* (2016) demostraron que el subproducto avícola se caracteriza por una deficiencia de algunos aminoácidos, especialmente en la metionina y la lisina que pueden afectar el crecimiento de los peces.

4.4. Conversión alimenticia

En el Tabla 9 y el Anexo V, se observan los resultados de la conversión alimenticia, en donde el análisis de variancia (Anexo XV) no muestra diferencias significativas entre el tratamiento 1 o control y el tratamiento 2; sin embargo, si encontró diferencias significativas para el tratamiento 3. Los valores obtenidos en los tratamientos 1 y 2 estuvieron en el rango de 0.654 - 0.657, lo que demuestra que los tratamientos tuvieron un efecto similar sobre la relación de ganancia de peso y consumo de alimento, en comparación al tratamiento 3 que obtuvo una mayor conversión alimenticia de 0.780.

Al analizar la tabla 9, se puede observar que tratamiento 3 con 30% de reemplazo con HSA obtuvo la peor conversión alimenticia de los tres tratamientos, resultante de una menor ganancia de peso como consecuencia del menor consumo de nutrientes a través del alimento, debido a varios factores como una menor palatabilidad del ingrediente, una baja digestibilidad de aminoácidos o reducción de la disponibilidad de estos como consecuencia de su procesamiento de cocción a altas temperaturas. Además, el tratamiento 1 o control obtuvo similar conversión alimenticia que el tratamiento 2 que contenían 15% de reemplazo con HSA, esta similar eficiencia podría deberse a que la harina de subproducto avícola presenta un mayor porcentaje de proteína sustituyendo adecuadamente a la harina de pescado, además que el consumo de alimento de ambos tratamientos fue numéricamente semejante y los peces aprovecharon adecuadamente los nutrientes de cada dieta.

Los resultados obtenidos de conversión alimenticia son menores a los reportados por López (2017) que indica rangos entre 1.17 – 1.23 para conversión alimenticia en alevines de paiche de 40 g. con una dieta con 44% de proteína, por lo tanto se obtuvieron mejores resultados en

esta evaluación experimental. A su vez Higgs *et al.* (1979), Alexis *et al.* (1985), Fowler (1991) y Steffens (1994), citados por Bureau (2006) concluyen que niveles de inclusión del 20 al 25 por ciento de harina de subproducto avícola en dietas para salmónidos no afecta el crecimiento y la conversión alimenticia de los peces. Además, Sevgili & Ertürk (2003) obtuvieron que los grupos con 20% de harina de subproductos avícola y niveles más altos tuvieron una conversión de alimento más baja que el grupo de control ($P < 0.05$)

4.5. Tasa de crecimiento

En el Tabla 9 y Anexo VI presentan la tasa de crecimiento diario. Los resultados de los análisis de varianza (Anexo XVI) indican que la tasa de crecimiento observada entre los tratamientos presenta diferencias significativas ($P < 0.05$). Siendo el tratamiento 1 o control el que obtuvo mejores resultados, seguidos por el tratamiento con 15% de reemplazo con HSA y finalmente el tratamiento 3 con 30% de reemplazo con HSA.

Los resultados concuerdan con lo reportado por Steffens (1994), quien evaluó dos niveles reemplazo de 22.5 y 100 %, los cuales mostraron diferencia significativa con el nivel de sustitución de 100% disminuyendo la tasa de crecimiento. De igual forma Fowler (1991) obtuvo diferencias significativas en la tasa de crecimiento trabajando con niveles de 0, 10, 20 y 30%, reduciendo la tasa de crecimiento a partir de 20 % de inclusión de HSA. Además, Sevgili & Ertürk (2003) evaluaron diferentes niveles de inclusión de harina de subproducto de aves en reemplazo de harina de pescado y obtuvieron que la tasa de crecimiento específico de los grupos con 30 y 40% de harina de aves en la dieta fueron más bajos que los de la dieta de control ($P < 0.05$).

4.6. Supervivencia

El porcentaje de supervivencia registrado en la evaluación experimental para cada tratamiento se presenta en el Tabla 9. Durante toda la fase experimental se obtuvo el 100% de supervivencia en todos los tratamientos, evidenciándose la ausencia de enfermedades y la óptima calidad de agua en el sistema durante toda la evaluación. La supervivencia para cada tratamiento fue igual, por tal razón no es posible que exista efecto adverso con respecto al reemplazo de harina de pescado por harina de subproducto avícola en las dietas. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Sabbagh *et al.* (2019), en donde no se reportaron mortalidades al evaluar dos niveles de reemplazo de 50 y 100% de harina de pescado por

HSA en juveniles de dorada.

4.7. Costo de alimentación

En el Tabla 9 se presentan los costos de las dietas experimentales y los costos de alimentación por kilogramo de ganancia de peso de la presente evaluación. El tratamiento 3 con 30% de reemplazo con HSA genero un menor costo por kilogramo de alimento producido debido al mayor nivel de reemplazo de la harina de pescado, seguido del tratamiento 2 con 15% de reemplazo con HSA y finalmente el tratamiento 1 o control. Los costos de alimentación por kilogramo de ganancia de peso para el Tratamiento 2 (15 % de reemplazo con HSA) fue menor, seguido por Tratamiento 3 (30% de reemplazo con HSA) y finalmente el Tratamiento 1 (0% de reemplazo con HSA).

Esto quiere decir que el costo para incrementar un kilogramo de peso de alevín de paiche del grupo con 15% de reemplazo con HSA es menor en 17.41% que el tratamiento control, siendo este último un alimento con niveles convencionales de harina de pescado en la dieta; y el tratamiento con 30% de reemplazo con HSA es menor en 4.72% que el tratamiento control. El menor costo de alimento para incrementar un kilogramo de peso de alevín del tratamiento 2 y 3 se explica porque incluyen la harina de subproducto avícola en reemplazo de la harina de pescado. El precio de la harina de pescado y la HSA en esta evaluación fue de 6.45 y 2.86 Soles respectivamente.

V. CONCLUSIONES

Con las observaciones y análisis de los resultados que se obtuvieron durante todo el ensayo podemos concluir:

1. El reemplazo parcial de la harina de pescado por harina de subproducto avícola en un nivel de 15 por ciento en dietas de inicio para paiche, no afectó la talla final, la conversión alimenticia y la sobrevivencia.
2. El reemplazo parcial de la harina de pescado por harina de subproducto avícola en un nivel de 30 por ciento en dietas de inicio para paiche afectó negativamente todos los parámetros productivos evaluados.
3. El menor costo de alimentación para incrementar un kilogramo de peso de alevín de paiche fue S/. 2.847 con costo relativo de 82.59 por ciento con el tratamiento con 15 por ciento de reemplazo con harina de subproducto avícola.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el reemplazo parcial de 15% de harina de pescado premium por harina de subproducto avícola en dietas de inicio de paiches por generar una similar conversión alimenticia y un menor costo de alimentación.
2. Se recomienda realizar evaluaciones de niveles de reemplazo parcial en la formulación de dietas de crecimiento y acabado en diferentes condiciones de cultivo comercial de paiche.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara, F.; Wust, W.; Tello, S.; Del Castillo, D.; Rebaza, M. & Miyakawa V. (2006). Paiche. El gigante del Amazonas. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Perú. Disponible en: <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/L031.pdf>
- Alexis, M.N.; Papaparaskev, E.; Papoutsoglou, A. & Theochari, V. (1985). Formulation of practical diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri*) made by partial or complete substitution of fish meal by poultry by-products and certain plant by-products. *Aquaculture*. 50:61-73.
- Arévalo, J. (2014). Efecto de tres tasas de alimentación en el crecimiento de juveniles de paiche, *Arapaima gigas*, cultivados en corrales. Universidad Nacional de La Amazonia Peruana. 57 pp.
- Argumedo, E. (2005). *Arawanas. Manual para la cría comercial en cautiverio*. Asociación de Acuicultores del Caquetá (ACUICA). Florencia, Colombia. 105 pp.
- Barnes, D.M.; Kirby, Y.K. & Oliver, K.G. (2001). Effects of biogenic amines on growth and the incidence of proventricular lesions in broiler chickens. *Poultry Science* 80, 906–911.
- Belitz, H.D.; Grosch, W. & Schieberle, P. (2009). Lipids. In *Food Chemistry* (4th revised and extended ed.). DOI 10.1007/978-3-540-69934-7
- Bellaver, C. (2002). Uso de Residuos de Origen Animal na Alimentacao de Frangos de Corte. III Simposio Brasil Sul de Avicultura. Chapeco, Brasil. 17 pp.

- Bezerra, R.; Soares, M.; Carvalho, E. & Coelho, L. (2013). Pirarucu, Arapaima gigas, the Amazonian Giant Fish is Briefly Reviewed, Nova Science Publishers, Inc. New York. ISBN: 978-1-62948-137-1.
- Brauner, C.J. & Val, A.L. (1996). The interaction between O₂ and CO₂ exchange in the obligate air breather, Arapaima gigas, and the facultative air breather, Lipossarcus pardalis. In: pp. 101-110. Physiology and biochemistry of the fishes of the Amazon. Manaus, INPA.
- Brinker, C.A.; Rayner, C.J.; Kerr, M.G. & Bryden, W.L. (2003). Biogenic amines in Australian animal by-product meals. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 43, 113–119.
- Bureau, D.P. (2006). Lo imprescindible del reciclaje. Todo sobre los subproductos de origen animal. Productos reciclados de origen animal en alimentos acuícolas para peces. Fish Nutrition Research Laboratory. Department of Animal and Poultry Science. University of Guelph. 374 pp.
- Cabrera, A.; Daniel, I.; Martínez, C.; Alarcón, S. & Rojas R. (2018). Aprovechamiento de subproductos avícolas como fuente proteica en la elaboración de dietas para rumiantes Universidad Veracruzana. Tuxpan, México. 9 pp.
- Calzada, J. (1984). Métodos estadísticos para la investigación, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 527 pp.
- Campos, L. (2001). Historia Biológica del Paiche o Pirarucu *Arapaima gigas* (Cuvier) y Bases para su Cultivo en la Amazonía. Iquitos, Perú. 27 pp.
- Castagnolli, N. (1992). *Piscicultura de água doce*. Jaboticabal: FUNEP. 189 pp.
- Castillo, L. (1994). *La Historia Genética y cultivo de la tilapia roja*. Ed. Ideal, Cali (Valle) Colombia: 330 pp.

- Cavero, B.A.; Pereira-Filho, M.; Roubach, R.; Ituassú, D.R.; Gandra, A.L. & Crescêncio, R. (2003). Stocking density effect on growth homogeneity of juvenile pirarucu in confined environments. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)/Universidade Federal do Amazonas, Manaus-Brasil. 38, 103–107.
- Cavero, B.A.; Pereira-Filho, M.; Bordinhon, A.M.; Fonseca, F.A.; Ituassú, D.R.; Roubach, R. & Ono, E.A. (2004). Tolerância de juvenis de pirarucu ao aumento da concentração de amônia em ambiente confinado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39 (5): 513-516.
- Chu-Koo, F. & Alcántara, B.F. (2009). Cultivo de paiche doméstico. *Perspectivas económicas. Pesca Responsable*, 57 (marzo y abril):32-33.
- Chu-Koo, F. (2006). Domesticación y crianza en cautiverio del *Arapaima gigas*: Manejo, aspectos reproductivos y nutricionales. 43 pp.
- Chu Koo, F.; Fernández, C.; Rebaza, C.; Darias, M.J.; García, C.; García, A.; Tello, S.; Campos, L.; Alvan, M.; Ayarza, J.; Arévalo, L.; François, J. & Arbildo, H. (2017). El cultivo del paiche. *Biología, procesos productivos, tecnologías y estadísticas*. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana-IIAP. Iquitos, Perú.
- Chu-Koo, F.; Rebaza-Alfaro, C. & Rebaza-Alfaro, R. (2006). Optimal feeding rate for paiche *Arapaima gigas* (cuvier 1829) fingerlings using a pelleted diet. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana-IIAP. LACQUA 2006. Iquitos, Perú.
- Chu-Koo, F.; Sánchez, S.N.; Perea, S.C.; Panduro, T.D.; Alvan-Aguilar, M.; Alcántara, F.; Rebaza, C.; Tello, S.; Ferrer, R. & Núñez J. (2012). Estado actual del cultivo de paiche o pirarucu en el Perú. *Infopesca Internacional*, 52: 21-25.
- Civera-Cerecedo, R.; Pérez-Estrada, C.J.; Ricque-Marie, D. & Cruz-Suárez, L.E. (1998). Avances en Nutrición Acuícola IV. *Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. La Paz, B.C.S., México.

- Cipriano, F. dos S.; Lima, K.S.; Souza, R.H.B.; Tonini, W.C.T.; Passinato, É.B. & Braga, L.G.T. (2016). Digestibility of animal and vegetable protein ingredients by pirarucu juveniles, *Arapaima gigas*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45(10), 581–586.
- Dale, N.; Fancher, B.; Zumbado, M. & Villacres, A. (1993). Metabolizable Energy Content of Poultry Offal Meal. *Journal of Applied Poultry Research*. 2: 40 -42.
- Darias, M.J.; Ortiz-Delgado, J.B.; Sarasquete, C.; Martínez-Rodríguez, G. & Yúfera, M. (2007). Larval organogénesis of *Pagrus pagrus* L., 1758 with special attention to the digestive system development. *Histology and Histopathology*, 22 (7): 753-768.
- Dozier, W.A.; Dale, N.M. & Dove, C.R. (2003). Nutrient Composition of Feed-Grade and Pet-Food-Grade Poultry By-Product Meal. Poultry Science Department, University of Georgia. 5 pp.
- Dozier, W.A.; Dale, N.M. (2005). Metabolizable Energy of Feed-Grade and Pet-Food-Grade Poultry By-Product Meal. *Journal of Applied Poultry Research*. 14: 349 – 351.
- EMBRAPA. (2015). Alimentação e nutrição do pirarucu (*Arapaima gigas*). Brasil. 24 pp.
- Eyng, C.; Nunes, R.V.; Rostagno, H.S.; Albino, L.F.T.; Nunes, C.G.V. & Bruno, L.D.G. (2010). Composição química, valores energéticos e aminoácidos digestíveis verdadeiros de farinhas de vísceras para aves. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(4), 779–786.
- FAO. (2018). El estado mundial de la pesca y acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Feddern, V.; Mazzuco, H.; Fonseca, F.N. & De Lima, G.F. (2019). A review on biogenic amines in food and feed: toxicological aspects, impact on health and control measures. Embrapa Suínos e Aves. Brazil.

- FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal). (2017). Tablas FEDNA: Composición de alimentos. Valor nutritivo. Disponible en <http://www.fundacionfedna.org/tablas-fedna-composicion-alimentos-valor-nutritivo>
- Fowler, L.G. (1991). Poultry by-product meal as a dietary protein source in fall chinook salmon diets. 13 pp.
- FONDEPES. (2018). Protocolo de Reproducción de Paiche. Disponible en <https://www.fondepes.gob.pe/src/manuales/Protocolo-de-Reproduccion-de-Semilla-del-Paiche.pdf>
- Franco, H. (2007). Cría y producción de pirarucú en cautiverio. Experiencias en el Piedemonte Caqueteno, Florencia. Caquetá, Colombia. Universidad de la Amazonia. 51 pp.
- Gerrard, J.A.; Brown, P.K. & Fayle, S.E. (2002). Maillard crosslinking of food proteins I: the reaction of glutaraldehyde, formaldehyde and glicerandehyde with ribonuclease. *Food chemistry*. 79: 343 – 349.
- Gómez, A.R. (2009). Harinas de origen animal. En: Shimada, A.S., Rodríguez, F.G., Cuaron, J.A. (Ed.). *Engorda de ganado bovino en corral*. Consultores en Producción Animal, S. C. México. ISBN 6071701228.
- Guerra, H. (2002). Manual de producción y manejo de alevinos de Paiche; Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. IIAP. Lima, Perú. 98 pp.
- Ghunter, J. & Boza, A. (1992). Growth performance of *Colossoma macroporum* (cuvier) juveniles at different feed ration. *Aquaculture and Fisheries management*, 23:81-93.
- González-Rodríguez, A.; Celada, J.D.; Carral, J.M.; Sáez-Royuela, M.; García, V. & Fuertes, J.B. (2016). Evaluation of poultry by-product meal as partial replacement of fish meal in practical diets for juvenile tench *Tinca tinca L.* *Aquaculture Research*, 47, 1612– 1621.

- Hamilton, C.R. (2004). Real and Perceived Issues Involving Animal Proteins. In Protein Sources for the Animal Feed Industry. Expert Consultation and Workshop. Bangkok, April 29, 2002. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. pp. 255-276.
- Higgs, D.A.; Markert, J.R.; Macquarrie, D.W.; McBride, J.R.; Dosanjh, B.S.; Nichols, C. & Hoskins, G. (1979). Development of practical dry diets for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, using poultry by-product meal, feather meal, soybean meal, and rapeseed meal as major protein sources. Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Hamburg June 20-23, 1978. Vol. II. Berlin. pp. 191-218.
- Hurtado, J.; Tafur, L. & Sandoval, M. (2014). Descripción anatómica e histológica del sistema digestivo de juveniles de paiche (*Arapaima gigas* Cuvier, 1829), criados en jaulas y sometidos a dos tipos de alimentación, en Tingo María. Universidad Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.
- Ismiño-orbe, R.A.; Araujo-lima, C.A. & Gomes, L. (2003). Excreção de amônia por tambaqui *Colossoma macropomum* de acordó com variações na temperatura da água e massa do peixe. *Pesq. Agropec. bras.*, Brasília, 38(10): 1243-1247.
- Javaheri, M.; Dawodi, M. & Gorjipor, A. (2013). Effect of replacement fish meal by poultry meal on growth, survival and body composition of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*.
- Jayathilakan, K.; Sultana, K.; Radhakrishna, K. & Bawa, A.S. (2011). Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(3), 278–293.
- Kalac, P. (2014). Health effects and occurrence of dietary polyamines: a review for the period 2005–mid 2013. *Food Chemistry* 161, 27–39.
- Karapanagiotidis, I.T.; Psafakis, P.; Mente, E.; Malandrakis, E. & Goomazou, E. (2019). Effect of fishmeal replacement by poultry by-product meal on growth performance,

proximate composition, digestive enzyme activity, haematological parameters and gene expression of gilthead seabream *Sparus aurata*. *Aquac. Nutr.* 25, 3–14.

Macavilca, T. (2013). Evaluación del concentrado proteico de subproducto de camal avícola utilizando tres programas de alimentación en pollos de carne. (Tesis Ing.). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Marculino, A. (2012). Influência da adição de protease e lipase sobre a digestibilidade de ingredientes da dieta em juvenis de pirarucu *Arapaima gigas*. (Tesis Mg. Sc.). Brasil. UNL. 53 pp.

Marchan, A.A. (2012). Evaluación de un concentrado proteico de subproductos de camal avícola en dietas de postura sobre el comportamiento productivo de la codorniz japonesa *Coturnix coturnix japónica*. (Tesis Ing.). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

MINAGRI. (2017). Anuario Estadístico de la Producción Pecuaria y Avícola 2017. Disponible en <http://siea.minag.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario-produccion-pecuaria-2017-261118.pdf>

Nascimento, A.H.; Gomes, P.C.; Albino, L.F.T.; Rostagno, H.S. & Almeida, T. (2002). Chemical composition and metabolizable Energy Values of feathers meal and poultry by – product meal determined by different methodologies for chickens. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 31 (3): 1409 – 1417.

NRC (National Research Council). (1994). Nutrient Requirements of Poultry. 9th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.

NRC (National Research Council). (2011). Nutrient requirements of fish. Washington, D.C.: National Academy Press. 114 pp.

Oeda, A.P.; Vitti, G.; Verdolin, V.; Lima, L.E. & Machado, D. (2019). Apparent digestibility coefficients of selected protein ingredients for pirarucu *Arapaima gigas* (Teleostei: Osteoglossidae). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Pesca e

Aquicultura Palmas. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, Brazil.

- Oliveira, V.; Barreto, A.; Araújo, T.; Campos, P.; Moreira, A.; Goncalvez, E.; Gazzineo, M.; Rocha, R. & Hiran, F. (2013), Preliminary Studies on the Optimum Feeding Rate for Pirarucu *Arapaima gigas* Juveniles Reared in Floating Cages, *International Journal of Aquaculture*, 3(25):147-151
- Orskov, E.R. (1995). In: Better utilization of crop residues and byproducta in animal feeding: Research Guidelines. 1. State of Knowledge (Preston T.R., Kossila V.L., Goodwin J., Reed S., eds.). FAO Animal Production and Health No 50, pp. 163-184.
- Padilla, P.; Ismiño, R.; Alcántara, F. & Tello, S. (2005). Efecto de la tasa de alimentación en el crecimiento del Paiche *Arapaima gigas*. Memorias, Manejo de fauna silvestre en Amazonia y Latinoamérica. Iquitos, Perú.
- Pavanelli, G.; Eiras, J. & Takemoto, R. (1999). Doenças de Peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento. Maringá: EDUEM: CNPq: Nupélia. 264 pp.
- Penz Junior, A.M. (1998). Avances en la Alimentación de Monogástricos: Aves. XIV Curso de Especialización FEDNA. 25 pp.
- Pereira, L. & Mercante, C. (2005). A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Boletim do Instituto de Pesca. 8 pp.
- Piñeros, A.; Gutierrez, M. & Castro, S. (2014). Sustitución total de la harina de pescado por subproductos avícolas suplementados con aminoácidos en dietas para juveniles *de Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818. Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia. 13 pp.
- Pokniak, J. & Gonzalez, N. (1984). Evaluación química y Contenido de Energía Metabolizable Aparente de la Harina de Subproducto de Matadero de Aves. Archivo Médico Veterinario. Santiago de Chile. 16 (1): 21- 27.

- PROCINSUR (Procesamiento de alimentos del sur). (2011). Subproducto de camal avícola. Ficha técnica. Arequipa, Perú.
- PRODUCE. (2017). Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2017. (En línea). Disponible en http://ogeiee.produce.gob.pe/images/Anuario/Pesca_2017
- Ravindran, V. & Blair, R. (1993). Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. III Animal protein sources. *Worlds Poultry Science Journal*. 49 pp.
- Rebaza, M.; Alcántara, F. & Valdivieso, M. (1999). Manual de piscicultura del paiche *Arapaima gigas* Cuvier. Tratado de Cooperación amazónica. Caracas, Venezuela. 72 pp.
- Rodríguez, A.; Moro, G. & Dos Santos, V. (2015). Alimentação e nutrição do pirarucu *Arapaima gigas*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Pesca e Aquicultura. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasil 32 pp.
- Rose, S.P. (1997). *Principios de la ciencia avícola*. Zaragoza España. Acribia, S.A.
- Rostagno, H.; Teixeira, L.; Hannas, M.; Lopes, J.; Kazue, N.; Perazzo, F.; Saraiva, A.; Teixeira, M.; Borges, P.; De Oliveira, R.; De Toledo, S. & De Oliveira, C. (2017). Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos. Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales. Universidad Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. 488 pp.
- Sabbagh, M.; Schiavone, R.; Brizzi, G.; Sicuro, B.; Zilli, L.; & Vilella, S. (2019). Poultry by-product meal as an alternative to fish meal in the juvenile gilthead seabream (*Sparus aurata*) diet. 10 pp.
- Sagratzki, B.; Ituassú, D.; Pereira, M.; Roubach, R.; Moreira, A.; Leao, F. & Akifumi, E. (2003). Uso de alimento vivo como dieta inicial no treinamento alimentar de juvenis de pirarucú. *Pesq. Agropec. Bras.* 38(8):1011-1015
- Sánchez, J. (1961). El paiche, gigante aspectos de su historia natural, ecología y aprovechamiento. Ministerio de Agricultura. 48 pp.

- Schaefer, F.; Kloas, W. & Wurtz, S. (2012). Arapaima: Candidate for intensive freshwater culture. *Global Aquaculture Advocate* (noviembre-diciembre):50-51.
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria). (2004). Resolución Jefatural N° 175 – 2004 – AG – SENASA. La Molina, 20 de julio del 2004.
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria). (2006). Resolución Jefatural N° 058 – 2006 – AG – SENASA. La Molina, 3 de marzo del 2006.
- Sevgili, H. & Ertürk, M. (2003) Effects of replacement of fish meal with poultry by-product meal on growth performance in practical diets for rainbow trout, *Onchorynchus mykiss*. 6 pp.
- Shurson, G.C.; Kerr, B.J. & Hanson, A.R. (2015). Evaluating the quality of feed fats and oils and their effects on pig growth performance. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6(1): 10. doi: 10.1186/s40104-015-0005-4.
- Silva, C.; Gomes, L. & Brandao, F. (2007). Effect of feeding rate and frequency on tambaqui *Colossoma macroporum* growth, production and feeding costs during the first growth phase in cages. *Aquaculture* 264:135-139.
- Steffens, W. (1994). Replacing fish meal with poultry by-product meal in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 124(1-4), 27–34.
- Tamim, N.M. & Doerr, J.A. (2003). Effect of Putrefaction of Poultry Carcasses Prior to Rendering on Biogenic Amine Production. *Journal of Applied Poultry Science*. 12: 456 – 460.
- Udewald, R. (2005). Potencial de peces amazónicos en el mercado alemán: paiche, gamitana y dorado. Editado por PNPB-PROMPEX, Perú.
- Verástegui, M. (2007). Determinación de la Energía Metabolizable Aparente Corregida por Nitrógeno para Aves de la Harina de Subproducto de Aves. (Tesis Ing.). UNALM. Lima, Perú.

- Vergara, V.; Ferrer, S. & Camacho, R. (2014). Determinación de los estándares nutricionales para el paiche *Arapaima gigas*. Reporte del laboratorio de investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos. Departamento Académico de Nutrición. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú
- Vinatea, L. (1997). *Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura*. Florianópolis, Ed. da UFSC. 166 pp.
- Vitti, G.; Oeda, A.P. & Almeida, A.J. (2015). Aminoacids requirements of juvenile pirarucu *Arapaima gigas* fish. EMBRAPA. LACQUA 2015. Palmas, Brasil.
- Waldroup, P.W. & Adams, M.H. (1994). Evaluation of the phosphorus provided by animal proteins in the diet of broiler chickens. *J. Appl. Poult. Res.*, 3: 209-218
- Watson, H. (2006). Poultry meal vs Poultry By-Product meal. Published in Dogs in Canada Magazine. 2 pp.
- Yu, Y. (2004). Replacement of fishmeal with poultry byproduct meal and meat and bone meal in shrimp, tilapia and trout diets. In: Cruz Suárez, L.E., Ricque Marie, D., Nieto López, M.G., Villarreal, D., Scholz, U. y González, M. 2004. Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 16-19 Noviembre, 2004. Hermosillo, Sonora, México
- Yúfera, M. & Darias, MJ. (2007). The onset of exogenous feeding in marine Fish larvae. *Aquaculture*, 268: 53-63.
- Zapata, D.B.; Lazo, J.P.; Herzka, S.Z. & Viana, M.T. (2016). The effect of substituting fishmeal with poultry by product meal in diets for *Totoaba macdonaldi* juveniles. *Aquaculture Research*, 47, 1778– 1789.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Peso vivo y ganancia de peso por tratamiento

Tratamiento	Repetición	Peso inicial(g)	Peso final(g)	Ganancia de peso(g)	Promedio(g)
T1	R1	31.308	161.620	130.313	129.030
	R2	30.775	162.230	131.455	
	R3	30.615	157.693	127.078	
	R4	30.895	158.170	127.275	
T2	R1	30.908	154.190	123.283	118.071
	R2	31.065	148.313	117.248	
	R3	30.855	146.563	115.708	
	R4	30.900	146.943	116.043	
T3	R1	30.878	110.570	79.693	77.530
	R2	30.905	102.240	71.335	
	R3	30.875	102.765	71.890	
	R4	30.593	117.795	87.203	

Anexo 2: Biomasa y ganancia de biomasa por tratamiento

Tratamiento	Repetición	Biomasa inicial(g)	Biomasa final(g)	Ganancia de biomasa(g)	Promedio(g)
T1	R1	125.23	646.48	521.25	516.12
	R2	123.10	648.92	525.82	
	R3	122.46	630.77	508.31	
	R4	123.58	632.68	509.10	
T2	R1	123.63	616.76	493.13	474.03
	R2	124.26	593.25	468.99	
	R3	123.42	586.25	462.83	
	R4	123.60	587.77	464.17	
T3	R1	123.51	442.28	318.77	310.12
	R2	123.62	408.96	285.34	
	R3	123.50	411.06	287.56	
	R4	122.37	471.18	348.81	

Anexo 3: Incremento de talla por tratamiento

Tratamiento	Repetición	Longitud inicial(g)	Longitud final (g)	Incremento de longitud (g)	Promedio(g)
T1	R1	15.375	26.675	11.30	11.600
	R2	15.250	27.250	12.00	
	R3	15.775	26.875	11.10	
	R4	14.425	26.425	12.00	
T2	R1	15.375	26.500	11.13	10.733
	R2	15.375	25.925	10.55	
	R3	15.625	26.125	10.50	
	R4	15.500	26.250	10.75	
T3	R1	15.625	24.125	8.50	8.178
	R2	15.450	23.175	7.73	
	R3	15.625	23.275	7.65	
	R4	15.575	24.400	8.83	

Anexo 4: Consumo de alimento por tratamiento

Tratamiento	Repetición	Acumulado (g)	Consumo total por alevín	Promedio(g)
T1	R1	340.52	85.130	84.433
	R2	351.44	87.860	
	R3	327.66	81.915	
	R4	331.31	82.828	
T2	R1	315.20	78.800	77.527
	R2	315.08	78.770	
	R3	312.64	78.160	
	R4	297.51	74.378	
T3	R1	253.16	63.290	60.394
	R2	229.13	57.283	
	R3	220.42	55.105	
	R4	263.59	65.898	

Anexo 5: Conversión alimenticia por tratamiento

Tratamiento	Repetición	Consumo Total(g)	Ganancia de Peso(g)	C.A	C.A Promedio
T1	R1	85.130	130.313	0.653	0.654
	R2	87.860	131.455	0.668	
	R3	81.915	127.078	0.645	
	R4	82.828	127.275	0.651	
T2	R1	78.800	123.283	0.639	0.658
	R2	78.770	117.248	0.672	
	R3	78.160	115.708	0.675	
	R4	74.378	116.043	0.641	
T3	R1	63.290	79.693	0.794	0.780
	R2	57.283	71.335	0.803	
	R3	55.105	71.890	0.767	
	R4	65.898	87.203	0.756	

Anexo 6: Tasa de crecimiento por tratamiento

Tratamiento	Repetición	Peso inicial(g)	Peso final(g)	Tasa de crecimiento (g/d)	Promedio
T1	R1	31.308	161.620	4.654	4.608
	R2	30.775	162.230	4.695	
	R3	30.615	157.693	4.538	
	R4	30.895	158.170	4.546	
T2	R1	30.908	154.190	4.403	4.217
	R2	31.065	148.313	4.187	
	R3	30.855	146.563	4.132	
	R4	30.900	146.943	4.144	
T3	R1	30.878	110.570	2.846	2.769
	R2	30.905	102.240	2.548	
	R3	30.875	102.765	2.568	
	R4	30.593	117.795	3.114	

Anexo 7: Evaluación de los costos de alimento por kilogramo de ganancia de peso

Tratamiento	Repetición	C.A	C.A Promedio	Costo de Alimento(S/.)	Costo de alimentación
T1	R1	0.653	0.654	4.8567	3.176
	R2	0.668			
	R3	0.645			
	R4	0.651			
T2	R1	0.639	0.658	4.3343	2.852
	R2	0.672			
	R3	0.675			
	R4	0.641			
T3	R1	0.794	0.780	3.8827	3.029
	R2	0.803			
	R3	0.767			
	R4	0.756			

Anexo 8: Costo de las dietas experimentales

INGREDIENTES	Costo (S./Kg)	T1	T2	T3
Harina de pescado prime, 67	6.445	3.6870	2.7653	1.8435
Harina de SA, 75	2.862	0.0000	0.3120	0.6240
Torta de soya, 47	1.754	0.3508	0.3508	0.3508
Harinilla de trigo	0.825	0.0480	0.0521	0.0439
Aceite de pescado	5.546	0.4714	0.5546	0.7210
Melaza de caña	0.735	0.0294	0.0294	0.0294
Cloruro de colina, 60	6.903	0.0069	0.0069	0.0069
Premezcla vitaminas y minerales	26.796	0.2010	0.2010	0.2010
Ligante	7.137	0.0571	0.0571	0.0571
Antioxidante	15.765	0.0047	0.0047	0.0047
Costo total S/.		4.8563	4.3339	3.8823

Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos (PIPS) Febrero 2019

Anexo 9: Distribución de unidades experimentales

Nivel de reemplazo	0%	30%	30%	15%	30%	0%
Tratamiento	T1	T3	T3	T2	T3	T1
Acuario	6	5	4	3	2	1
	7	8	9	10	11	12
Tratamiento	T2	T2	T3	T1	T2	T1
Nivel de reemplazo	15%	15%	30%	0%	15%	0%

Anexo 10: Resultados obtenidos por tratamientos y repetición para evaluación biométrica y nutricional

Parámetros	0% de reemplazo				15% de reemplazo				30% de reemplazo			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
BIOMASA (g)												
Inicial	125.23	123.1	122.46	123.58	123.63	124.26	123.42	123.6	123.51	123.62	123.5	122.37
14 días	341.87	345.87	298.72	332.18	324.82	307.85	314.08	313.07	258.88	240.51	242.61	275.14
Final	646.48	648.92	630.77	632.68	616.76	593.25	586.25	587.77	442.28	408.96	411.06	471.18
Ganancia de biomasa	521.25	525.82	508.31	509.1	493.13	468.99	462.83	464.17	318.77	285.34	287.56	348.81
PESO (g)												
Inicial	31.3075	30.775	30.615	30.895	30.9075	31.065	30.855	30.9	30.8775	30.905	30.875	30.5925
14 días	85.468	86.288	74.680	83.045	81.205	76.963	78.520	78.267	64.720	60.128	60.653	68.785
Final	161.620	162.230	157.693	158.170	154.190	148.313	146.563	146.943	110.570	102.240	102.765	117.795
Ganancia de peso	130.313	131.455	127.078	127.275	123.283	117.248	115.708	116.043	79.693	71.335	71.890	87.203
CONSUMO ACUM. (g) 28 días												
	85.130	87.860	81.915	82.828	78.800	78.770	78.160	74.378	63.290	57.283	55.105	65.898
CONV. ALIM. ACUM. 28 días												
	0.653	0.668	0.645	0.651	0.639	0.672	0.675	0.641	0.794	0.803	0.767	0.756
TALLA (cm)												
Inicial	15.375	15.25	15.775	14.425	15.375	15.375	15.625	15.5	15.625	15.45	15.625	15.575
14 días	20.875	21.400	21.000	21.050	21.075	20.725	21.000	20.975	19.600	19.125	19.175	20.025
Final	26.675	27.25	26.875	26.425	26.5	25.925	26.125	26.25	24.125	23.175	23.275	24.4
Incremento de talla	11.30	12.00	11.10	12.00	11.125	10.55	10.5	10.75	8.5	7.725	7.65	8.825
Tasa de crecimiento(g/d)	4.65	4.69	4.54	4.55	4.40	4.19	4.13	4.14	2.85	2.55	2.57	3.11
Sobrevivencia (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Costo de alimento (S/.)	4.857	4.857	4.857	4.857	4.334	4.334	4.334	4.334	3.883	3.883	3.883	3.883
Costo de alimento/ Kg de ganancia de peso	3.173	3.246	3.131	3.161	2.770	2.912	2.928	2.778	3.084	3.118	2.976	2.934

Anexo 11: Análisis de variancia del peso

Análisis de variancia del peso unitario inicial

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	0.03022650	0.01511325	0.38	0.6913	n.s
Error	9	0.35347750	0.03927528			
Total	11	0.38370400				

C.V= 0.641754

ns : no significativo, * significativo

Análisis de variancia del peso unitario a los 14 días

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr > F	NS
Tratamiento	2	795.5016885	397.7508442	25.05	0.002	*
Error	9	142.9210985	15.8801221			
Total	11	938.4227870				

C.V= 5.320872

ns : no significativo, * significativo

Análisis de variancia del peso unitario final.

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr > F	NS
Tratamiento	2	5911.576465	2955.788233	122.88	<.0001	*
Error	9	216.486649	24.054072			
Total	11	6128.063114				

C.V= 3.526105

ns : no significativo, * significativo

Análisis de variancia de la ganancia de peso unitario.

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr > F	NS
Tratamiento	2	5887.837320	2943.918660	120.22	<.0001	*
Error	9	220.388991	24.487666			
Total	11	6108.226311				

C.V= 4.573040

ns : no significativo, * significativo

Anexo 12: Análisis de variancia de biomasa

Análisis de variancia de la biomasa inicial

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr	Sig.
Tratamiento	2	0.48471667	0.24235833	0.39	0.6906	n.s
Error	9	5.65195000	0.62799444			
Total	11	6.13666667				

CV= 0.641548

ns : no significativo, * significativo

Análisis de variancia de la biomasa a los 14 días

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	12771.30207	6385.65103	24.88	0.0002	*
Error	9	2309.70160	256.63351			
Total	11	15081.00367				

C.V= 5.346463

ns : no significativo, * significativo

Análisis de variancia de la biomasa final

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	94584.41432	47292.20716	122.48	<.0001	*
Error	9	3463.90515	384.87835			
Total	11	98048.31947				

C.V= 3.526170

ns : no significativo, * significativo

Análisis de variancia de la ganancia de biomasa

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	94205.08160	47102.54080	120.23	<.0001	*
Error	9	3526.04520	391.78280			
Total	11	97731.12680				

C.V= 4.572938

ns : no significativo, * significativo

Anexo 13: Análisis de variancia de talla

Análisis de variancia de longitud inicial.

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	0.28041667	0.14020833	1.23	0.3377	n.s
Error	9	1.02765625	0.11418403			
Total	11	1.30807292				

C.V= 2.192153

ns : no significativo, * significativo

Análisis de variancia de longitud a los 14 días.

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	6.29041667	3.14520833	37.67	<.0001	*
Error	9	0.75140625	0.08348958			
Total	11	7.04182292				

C.V= 1.409348

ns : no significativo, * significativo

Análisis de variancia de longitud final.

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	21.03947917	10.51973958	57.13	<.0001	*
Error	9	1.65718750	0.18413194			
Total	11	22.69666667				

C.V= 1.677287

ns : no significativo, * significativo

Análisis de variancia de incremento de longitud

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	25.35968750	12.67984375	59.81	<.0001	*
Error	9	1.90796875	0.21199653			
Total	11	27.26765625				

C.V= 4.527900

ns : no significativo, * significativo

Anexo 14: Análisis de la variancia del consumo de alimento

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	1225.495358	612.747679	49.70	<.0001	*
Error	9	110.961629	12.329070			
Total	11	1336.456987				

C.V= 4.737410

ns : no significativo, * significativo

Anexo 15: Análisis de la variancia de la conversión alimenticia

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	0.04134650	0.02067325	64.48	<.0001	*
Error	9	0.00288550	0.00032061			
Total	11	0.04423200				

C.V= 2.568955

ns : no significativo, * significativo

Anexo 16: Análisis de la variancia de la tasa de crecimiento

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	7.50875317	3.75437658	120.39	<.0001	*
Error	9	0.28067375	0.03118597			
Total	11	7.78942692				

C.V= 4.569587

ns : no significativo, * significativo

Anexo 17: Análisis de la variancia del costo de alimentación

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	0.21944217	0.10972108	19.21	0.0006	*
Error	9	0.05139875	0.00571097			
Total	11	0.27084092				

C.V= 2.504354

ns : no significativo, * significativo

Anexo 18: Instalaciones y equipos del Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC)

EQUIPO	UNIDAD	FUNCIÓN
Ablandador de agua	1 m ³	Al poseer el agua de La Molina 1500 ppm (concentración de iones de Ca ⁺⁺ y Mg ⁺⁺), el ablandador cumple la función de disminuir la dureza hasta 16 ppm.
Tanque sumidero	Capacidad 360 Lt	Recepciona directamente el agua del ablandador. Consta de un desagüe por rebose y una salida hacia la bomba de agua.
Bomba de agua	1 HP de potencia	Permite el movimiento del agua desde el tanque sumidero a través de todos los filtros hacia todos los acuarios.
Filtro mecánico (Reemy)	1 unidad	Tiene la capacidad para retener partículas de hasta un mínimo de 20µm.
Filtros Housing	2 unidades	Apoyan al filtro mecánico con la retención de partículas de 20µm
Filtro Biológico	1 unidad	Permite controlar los niveles de amoníaco.
Enfriador/calentador de agua	2 HP de potencia	Enfriar o calienta el agua entre un rango de 13 – 32 °C.
Filtros Cuno	4 unidades	Compuesto por dos pares de filtros de 5µm y 1µm, permiten que el agua llegue con mayor pureza a los acuarios.
Esterilizador U.V.	25 watts	Esteriliza el agua disminuyendo de esta forma la presencia de algas, bacterias y virus no deseada en los acuarios.
Bomba de aire (Blower)	1/3 HP de potencia	Toma aire del ambiente y lo traslada a través de las líneas de aire hacia los acuarios, donde se encuentran las piedras difusoras de aire.
Acuarios para pruebas de crecimiento	18 unidades	Alberga a los peces durante la evaluación. Cada acuario de fibra de vidrio tiene capacidad de 55 litros, de color blanco, liso por dentro y fuera, con frontis de vidrio de 6mm y dimensiones de 0.47x0.47x0.50m.

Anexo 19: Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC)

