

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS PECUARIAS

MENCIÓN ACUICULTURA



**INCLUSIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE ENSILADO FERMENTADO DE
PESCADO EN LAS DIETAS SOBRE EL DESEMPEÑO BIOMETRICO, PARÁMETROS
HEMATOLÓGICOS Y CALIDAD DE CARCASA DE JUVENILES DE *ARAPAIMA***

GIGAS

Tesis

para optar el grado académico de:

MAESTRO EN CIENCIAS PECUARIAS,

MENCIÓN: ACUICULTURA

Presentado por:

BLANCA NIEVES SILVESTRE SOBRADO

Tingo María - Perú

2025



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS **Nro. 002-2025-UPG-FZ-UNAS**

En la ciudad universitaria, siendo las 06:00 p.m., del viernes 04 de abril de 2025, reunidos en el auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, se instaló el jurado calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada: "INCLUSIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE ENSILADO FERMENTADO DE PESCADO EN LAS DIETAS SOBRE EL DESEMPEÑO BIOMÉTRICO, PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS Y CALIDAD DE CARCASA DE JUVENILES DE *ARAPAIMA GIGAS*". A cargo de la candidata al grado de Maestra en Ciencias Pecuarias, Mención: Acuicultura; **SILVESTRE SOBRADO, BLANCA NIEVES**. Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el jurado calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**. Acto seguido, a horas 7:45 pm. el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

Tingo María, 14 de octubre de 2025.

.....
Dr. Daniel Marco Paredes López
Presidente del Jurado

.....
Ing. M. Sc. Marco A. Rojas Paredes
Miembro del Jurado

.....
Ing. M. Sc. Miguel A. Pérez Olano
Miembro del Jurado

.....
Ph. D. Medardo Antonio Díaz Céspedes
Asesor

.....
Blgo. M. Sc. Carlos André Amaringo Cortegano
Asesor



“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 329 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Maestría en Ciencias Pecuarias Mención: Acuicultura

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
INCLUSIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE ENSILADO FERMENTADO DE PESCADO EN LAS DIETAS SOBRE EL DESEMPEÑO BIOMETRICO, PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS Y CALIDAD DE CARCASA DE JUVENILES DE ARAPAIMA GIGAS	BLANCA NIEVES SILVESTRE SOBRADO	09 % Nueve	Menor a 20 %

Tingo María, 24 de octubre de 2025.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO

ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
JEFE

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS PECUARIAS

MENCIÓN ACUICULTURA



**INCLUSIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE ENSILADO FERMENTADO DE
PESCADO EN LAS DIETAS SOBRE EL DESEMPEÑO BIOMETRICO, PARÁMETROS
HEMATOLÓGICOS Y CALIDAD DE CARCASA DE JUVENILES DE *ARAPAIMA***

GIGAS

Autor: Ing. Blanca Nieves Silvestre Sobrado.

Asesor (es): Ph.D. Medardo Antonio Díaz Céspedes.
Blgo. Mg. Carlos Andre Amaringo Cortegano.

Programa de investigación: Acuicultura

Línea de investigación: Nutrición y alimentación de organismos acuáticos

Lugar de ejecución: Estación IVITA-Pucallpa, Fac. Medicina Veterinaria,
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Duración del trabajo: 6 meses

Financiamiento: Proyecto contrato N° PE501079781-2022-PROCIENCIA

Tingo María – Perú

2025



VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
OFICINA DE INVESTIGACION

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA


REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO
ACADÉMICO DE MAESTRO, INVESTIGACIÓN
DOCENTE Y TESISISTA

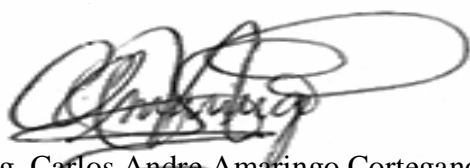
I. Datos Generales de Posgrado

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva.
Escuela de posgrado : EPG-UNAS.
Posgrado : Maestría en Ciencias Pecuarias
Mención : Acuicultura
Título de tesis : Inclusión de diferentes niveles de ensilado fermentado de pescado en las dietas sobre el desempeño biométrico, parámetros hematológicos y calidad de carcasa de juveniles de *Arapaima gigas*.
Autor : Ing. Blanca Nieves Silvestre Sobrado.
Asesor de tesis : Ph.D. Medardo Antonio Díaz Céspedes.
Blgo. Mg. Carlos Andre Amaringo Cortegano.
Programa de investigación : Acuicultura
Línea(s) de investigación : Nutrición y alimentación de organismos acuáticos.
Eje Temático : Valorar nutricionalmente alimentos e insumos convencionales y no convencionales en animales domésticos, animales silvestres y organismos acuáticos.
Lugar de ejecución : Estación IVITA-Pucallpa, Fac. Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Duración Inicio 06 de junio 2024
Término 06 de diciembre 2024
Financiamiento FEDU S/0.00
Propio S/0.00
Otros S/. 90788,1

Tingo María, Perú, febrero 2025.


Ing. Blanca Nieves Silvestre Sobrado
Tesisista


Ph.D. Medardo Antonio Díaz Céspedes
Asesor


Blgo. Mg. Carlos Andre Amaringo Cortegano
Asesor

DEDICATORIA

A Dios que supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante, no desmayar en los problemas que se presentaban y cuidar siempre a mis seres queridos.

A mis padres: Rosalía Sobrado Chagua y Sadi Hilario Silvestre Retis por su apoyo, consejos, comprensión, amor y ayuda en los momentos difíciles.

A mis hermanos: Smith, Rosa luz y Danilo por su apoyo incondicional en cualquier actividad que involucre mi formación profesional.

A la memoria de mis seres queridos LUIS, ALEJANDRINA y PASCASIO que me cuidan desde el cielo.

AGRADECIMIENTO

Al PROCENCIA del CONCYTEC, por el financiamiento de la investigación y por la subvención durante la ejecución de la tesis, mediante el Proyecto contrato N° PE501079781-2022-PROCIENCIA.

A la Estación IVITA Pucallpa, de la Facultad de Medicina Veterinaria, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por facilitarme sus instalaciones para el desarrollo de mi tesis.

A mi ALMA MATER, Universidad Nacional Agraria de la Selva, por su contribución en mi formación profesional.

A mis Asesores PhD. MEDARDO ANTONIO DÍAZ CÉSPEDES y Blgo. MSc. CARLOS ANDRE AMARINGO CORTEGANO, por facilitar los materiales, equipo de trabajo, las instalaciones y animales durante la ejecución del trabajo de campo y laboratorio.

A los docentes de la Escuela de Posgrado de Zootecnia, quienes me han formado con sus enseñanzas, teóricas y prácticas en mi formación profesional.

Al equipo del Proyecto Colorada que hicieron parte de la investigación tales como: CARLOS, ZOILA, ISABEL, ROBINSON, LUIS, DEYKIE, MARCO y JHONATAN.

Doy mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que de alguna manera me brindaron el apoyo moral.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. La acuicultura amazónica en el Perú.....	3
2.2. <i>Arapaima gigas</i> (paiche) Paiche (Schinz, 1822).	3
2.3. Requerimientos nutricionales del paiche	4
2.4. Parámetros hematológicos y bioquímica sanguínea de <i>A. gigas</i>	5
2.5. Característica proximal de la carne de paiche.....	7
2.6. Ensilado de pescado.....	9
2.6.1. Tipos de ensilado de pescado como alternativa en la dieta para peces.....	9
2.6.2. Proceso de elaboración del ensilado fermentado de pescado.....	10
2.6.3. Composición nutricional del ensilado químico, biológico y enzimático.....	10
2.6.4. Ventajas del ensilado fermentado en la acuicultura.....	12
2.7. Inclusión de ensilado fermentado de pescado usado en la piscicultura.....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1. Lugar de ejecución	15
3.2. Aspectos éticos.....	15
3.3. Tipo y nivel de investigación.....	15
3.4. Materiales y Métodos	15
3.4.1. Materiales y equipos	15
3.4.2. Metodología.....	16
3.4.2.1. Elaboración del ensilado fermentado de pescado (EFP).....	16
3.4.2.2. Dietas experimentales.....	17
3.4.2.3. Animales experimentales.....	20
3.4.3. Etapas del experimento.....	20
3.5. Croquis y distribución de tratamientos y repeticiones (numeración de tanques).....	23
3.6. Variables de estudio	23
3.6.1. Variable independiente.....	23
3.6.2. Variables dependientes.....	23
3.7. Tratamientos en estudio	24

3.8. Análisis Estadístico.....	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1. Desempeño biométrico de los peces.....	25
4.2. Parámetros hematológicos y bioquímica sanguínea de los peces.....	30
4.3. Composición proximal del cuerpo entero	33
V. CONCLUSIONES.....	36
VI. PROPUESTAS A FUTURO	37
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Tabla 1: Clasificación del <i>Arapaima gigas</i> (paiche) por edad.....	4
2. Tabla 2: Composición nutricional del ensilado químico, biológico y enzimático...	12
3. Tabla 3. Formulación, composición proximal determinada, composición de ácidos grasos determinados y contenido estimado de aminoácidos de las dietas experimentales con niveles crecientes de harina de ensilado fermentado de pescado (EFP) para juveniles de <i>Arapaima gigas</i> (en base de materia seca).....	19
4. Tabla 4. Supervivencia y parámetros de desempeño biométrico de juveniles de <i>Arapaima gigas</i> alimentados con dietas con niveles crecientes de harina de ensilado fermentado de pescado (EFP).....	26
5. Tabla 5. Parámetros hematológicos y bioquímicos de juveniles de <i>Arapaima gigas</i> alimentados con dietas con niveles crecientes de harina de ensilado fermentado de pescado (EFP).....	31
6. Tabla 6. Composición proximal (g kg ⁻¹) del cuerpo entero de juveniles de <i>Arapaima gigas</i> alimentados con dietas con niveles crecientes de harina de ensilado fermentado de pescado (EFP).....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración del ensilado fermentado de pescado (EFP).....	17
2. Figura 2. Diagrama de la elaboración de la harina de ensilado fermentado de pescado EFP.....	18

INDICE DE ANEXOS

1. ANEXO 1. Parámetros biométricos de juveniles de <i>Arapaima gigas</i> alimentados con dietas con niveles crecientes de harina de ensilado fermentado de pescado (EFP).....	47
2. ANEXO 2. Parámetros hematológicos y bioquímicos de juveniles de <i>Arapaima gigas</i> alimentados con dietas con niveles crecientes de harina de ensilado fermentado de pescado (EFP).....	48
3. ANEXO 3. Composición proximal de la carne de <i>Arapaima gigas</i> alimentado con dietas conteniendo ensilado fermentado de pescado (EFP).....	49
4. ANEXO 4. Preparación de ensilado fermentado de pescado (EFP).....	50
5. ANEXO 5. Elaboración de las dietas.....	52
6. ANEXO 6. Procedimiento de procesamiento de datos.....	53
7. ANEXO 7. Constancia de autorización ética.....	54

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del uso de ensilado fermentado de pescado (EFP) elaborado con residuos de paiche, gamitana y paco, como ingrediente en dietas sobre el desempeño biométrico, parámetros hematológicos y calidad de carcasa de juveniles de *Arapaima gigas*. Se utilizó un diseño completamente al azar, con cinco niveles de inclusión de harina de EFP (0%, 4%, 8%, 12% y 16%) (n=4), empleando dietas extruidas isoproteicas (452.22 g de proteína bruta/kg) e isocalóricas (4.495,31 kcal de energía bruta/kg). Un total de 300 juveniles, distribuidos en 20 tanques de 500 litros (15 peces/tanque) se alimentaron por 60 días, cuatro veces al día, por saciedad aparente. Los parámetros del agua se mantuvieron óptimos para la especie. Los datos se analizaron mediante ANOVA y la prueba de Tukey ($p < 0.05$). La supervivencia fue del 100% en todos los tratamientos. Se observaron diferencias significativas en el desempeño biométrico, indicándose que inclusión del 12% de EFP no afecta el crecimiento, mientras que una inclusión del 16% de EFP afecta el desempeño del animal. Dietas con hasta 4% de EFP favorecieron la retención corporal de proteína ($22.86 \pm 1.83\%$) y grasa ($24.26 \pm 2.03\%$), con efectos positivos en parámetros hematológicos, como el aumento de glóbulos rojos ($3.54 \pm 0.39 \times 10^6 \text{ dL}^{-1}$). Niveles dietéticos altos de EFP aumentan los triglicéridos y el contenido lipídico, sin afectar la calidad de la carne. Se concluye que la harina de EFP es viable como ingrediente en dietas de paiche, con un nivel máximo de inclusión de hasta el 12%.

Palabras clave: crecimiento, dietas extruidas, fermentación, nutrientes, paiche.

**The Inclusion of Different Levels of Fermented Fish Silage in the Diets of Juvenile
Arapaima Gigas on the Biometric Performance, Hematological Parameters and Carcass
Quality**

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the effect of the use of fermented fish silage (EFP – acronym in Spanish), elaborated with waste from paiche, gamitana and paco as ingredients in the diets, on the biometric performance, hematological parameters and carcass quality of juvenile *Arapaima gigas*. A completely randomized design was used, with five levels of inclusion for the EFP flour (0%, 4%, 8%, 12%, and 16%) (n=4), using extruded iso-protein (452.22 g of gross protein/kg) and iso-caloric (4,495.31 kcal of gross energy/kg) diets. A total of 300 juveniles, distributed among twenty 500 liter tanks (15 fish/tank) were fed for sixty days, four times a day, until apparent satiety. The parameters of the water were optimally maintained for the specie. The data was analyzed using the ANOVA and the Tukey test ($p < 0.05$). The survival rate was 100% for all of the treatments. Significant differences were observed for the biometric performance, indicating that an inclusion of the EFP at 12% did not affect the growth, while the inclusion of the EFP at 16% affected the performance of the animal. Diets with up to the 4% of the EFP favored the retention of protein ($22.86 \pm 1.83\%$) and fats ($24.26 \pm 2.03\%$) in the body, with positive effects for the hematological parameters, such as an increase in the red globulins ($3.54 \pm 0.39 \times 10^6 \text{ dL}^{-1}$). High dietary levels of EFP increased the triglycerides and the lipid content without affecting the quality of the meat. It was concluded that the EFP flour was viable as a dietary ingredient for paiche, with a maximum level of inclusion of up to 12%.

Keywords: growth, extruded diets, fermentation, nutrients, paiche

I. INTRODUCCIÓN

La actividad acuícola amazónica en el país se inició en el año de 1940 con el cultivo de *Arapaima gigas* (paiche), convirtiéndose en una especie emblemática de la Amazonía, debido a sus múltiples ventajas zootécnicas. Estas incluyen su adaptación a diversos sistemas de crianza, rápido crecimiento, ausencia de espinas intramusculares y respiración aérea, lo que le permite tolerar bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua. Durante su etapa larval, el *A. gigas* es capaz de adaptarse al consumo de raciones peletizadas o extrusadas con un contenido proteico entre 50 y 55% en un período de cuatro a cinco semanas.

Sin embargo, esta especie ha enfrentado una intensa presión de pesca, lo que ha provocado una disminución significativa de sus poblaciones, llegando a ser considerada una especie amenazada y su aprovechamiento se limita a áreas bajo manejo pesquero. Actualmente, el *A. gigas* se encuentra incluido en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), lo que implica un control en su comercio como medida de conservación. En la región amazónica, el cultivo de *A. gigas* se realiza en sistemas intensivos, semiintensivos y extensivos, cada uno con diferentes requerimientos de infraestructura.

Uno de los principales desafíos en la producción de esta especie es el elevado costo de las dietas balanceadas, ya que su hábito carnívoro exige fuentes proteicas de alta digestibilidad. Además, la limitada información específica sobre las necesidades nutricionales del *A. gigas* genera incertidumbre, ya que las dietas suelen formularse en base a datos de otras especies, lo que puede conducir a una sobreestimación o subestimación de sus necesidades. Como respuesta, algunos productores recurren a alternativas no sostenibles, como el uso de peces vivos o de pequeño porte como alimento, lo que puede generar riesgos para la conservación de otras especies, la transmisión de enfermedades y un desbalance nutricional para el *A. gigas*.

En este contexto, es crucial buscar alternativas sostenibles que reduzcan los costos de alimentación sin comprometer el desempeño productivo. Una opción prometedora es el uso de ensilado fermentado de pescado (EFP), elaborado a partir de residuos de pescado no aptos para el consumo humano, como vísceras, hígado, intestino y pescados descartados procedentes del desembarque pesquero, acuicultura o del beneficiamiento del pescado para consumo. Estos subproductos, que actualmente son considerados contaminantes orgánicos por el manejo inadecuado de residuos sólidos en la región, pueden transformarse en una fuente de nutrientes de calidad para la formulación de dietas acuícolas menos costosas.

El presente estudio busca evaluar el impacto de la inclusión de harina de EFP en dietas extruidas para juveniles de *A. gigas*, ofreciendo a los piscicultores un ingrediente alternativo accesible, paliativo y sostenible que permita disminuir los costos de alimentación sin afectar el crecimiento, la salud ni la calidad del producto final.

Para ello se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál será el efecto de la inclusión de harina de EFP en dietas extruidas de juveniles de *A. gigas* sobre el desempeño biométrico, parámetros hematológicos y calidad de carcasa?

- **Hipótesis.**

La inclusión de diferentes niveles de ensilado fermentado de pescado (0%, 4%, 8%, 12% y 16%) en las dietas de juveniles de *Arapaima gigas* influye significativamente en el desempeño biométrico, parámetros hematológicos y calidad de la carcasa, siendo posible identificar un nivel óptimo de inclusión.

- **Objetivo General.**

Evaluar el efecto de la inclusión de diferentes niveles de ensilado fermentado de pescado en las dietas sobre el desempeño biométrico, parámetros hematológicos y calidad de carcasa de juveniles de *Arapaima gigas*.

- **Objetivos Específicos.**

Evaluar el efecto de diferentes niveles de ensilado fermentado de pescado en el crecimiento (peso y longitud) de juveniles de *Arapaima gigas*.

Analizar el efecto de diferentes niveles de ensilado fermentado de pescado en los parámetros hematológicos (hematocrito, hemoglobina, etc.) de juveniles de *Arapaima gigas*.

Determinar el efecto de diferentes niveles de ensilado fermentado de pescado en la calidad de la carcasa (rendimiento de filete, grosor de filete, etc.) de juveniles de *Arapaima gigas*.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La acuicultura amazónica en el Perú.

El Perú es reconocido a nivel mundial por su destacada actividad pesquera y ha emergido como un importante productor acuícola debido al rápido crecimiento de sus cultivos. Este desarrollo se debe, en gran medida, a su extraordinaria biodiversidad, que incluye recursos esenciales para la producción acuícola, como recursos hídricos, hidrobiológicos y condiciones climáticas favorables que permiten una acuicultura diversificada (FAO, 2020).

En la actualidad, tanto el sector público como el privado están impulsando la acuicultura de especies nativas, no solo por su contribución al desarrollo económico y a la seguridad alimentaria de la población, sino también por las atractivas características zootécnicas de estas especies. Entre las principales se encuentran *Piaractus brachypomus* (paco), *Colossoma macropomum* (gamitana), *Prochilodus nigricans* (boquichico) y *A. gigas* (paiche). Sin embargo, en el caso específico de *A. gigas*, aún no se han obtenido resultados consistentes y debidamente documentados que permitan determinar con precisión los niveles nutricionales óptimos de la dieta para cada una de sus fases de vida (Velásquez *et al.*, 2007).

2.2. *Arapaima gigas* (paiche) (Schinz, 1822).

El *A. gigas*, conocido comúnmente como paiche, es el pez con escamas más grande y primitivo de la cuenca del Amazonas, Orinoco, Venezuela y Essequibo. Pertenece a la familia Arapaimidae, orden Osteoglossiformes y clase Actinopterygii (Fink y Fink, 1978). En su hábitat natural, durante su etapa adulta, puede alcanzar una longitud de hasta tres metros y un peso de hasta 200 kg (Castelo, 2008).

Según Rebaza *et al.* (1999), el *A. gigas* es un pez carnívoro que se alimenta de crustáceos, moluscos, plancton, insectos acuáticos y peces pequeños, consumiendo entre el 8% y 10% de su peso vivo cuando es joven, y alrededor del 6% en su etapa adulta. Durante su primer año de vida, puede alcanzar un peso de hasta 10 kg. Estos autores también mencionan que habita en climas ecuatoriales de aguas cálidas, tolerando temperaturas que oscilan entre 24 y 31°C.

El *A. gigas* se distribuye en la cuenca amazónica de América del Sur, incluyendo Brasil, Perú, Ecuador y Colombia, así como en ríos de Guyana. En Perú, se encuentra principalmente en las cuencas bajas de los ríos Napo, Putumayo, Marañón, Pastaza y Ucayali, en

la Amazonía peruana. La población más numerosa e importante se localiza dentro de la Reserva Nacional Pacaya-Samiria, en la región de Loreto (Gonzales, 2019).

De acuerdo con Campos (2001), el *A. gigas* presenta un color castaño claro en el dorso, con tonos ligeramente blanquecinos en las regiones lateral y ventral. Durante la época de reproducción, el macho cambia su coloración blanquecina por un tono rojo ladrillo en la parte inferior de la cabeza y en las regiones laterales del cuerpo y la cola. La hembra exhibe una coloración similar, aunque menos intensa. Esta pigmentación puede variar según el color del agua del ambiente en el que habita. Además, Imbiriba *et al.* (1996) describen que su cuerpo es alargado, de forma circular y elipsoidal, cubierto por escamas cicloideas grandes y gruesas.

Rebaza *et al.* (1999) destacan que el *A. gigas* es una especie de gran importancia económica y social debido a la calidad y cantidad de su carne, la cual contiene un 36,5% de proteína y un 1,6% de grasa. Con un rendimiento de carne del 57%, carece de huesos intermusculares, posee una textura firme, color blanco, sabor neutro y una calidad que lo convierte en un producto altamente preferido por los consumidores.

Tabla 1: Clasificación del *Arapaima gigas* (paiche) por edad.

Etapa	Edad	Talla
Larva	0 a 4 días	12 mm
Post larva	5 a 15 días	<4 cm
Alevino	15 días a 3 meses	4-5 a 20 cm
Juvenil	3 meses a 3 años	Hasta 1.5 m
Reproductor	A partir de 4 a 5 años	>1.7 m

Fuente: IIAP (2007).

2.3. Requerimientos nutricionales del paiche.

De acuerdo con Vergara *et al.* (2016), el requerimiento de proteína para alevines de *A. gigas* con un peso aproximado de 40 g fue del 53.74%. Por su parte, Ituassú *et al.* (2005) determinaron que un 48.6% de proteína bruta en la dieta es óptimo para juveniles de *A. gigas* con un peso promedio de 120 g, ya que favorece un mejor crecimiento. Asimismo, Del Risco *et al.* (2008) encontraron que, para juveniles de *A. gigas* con un peso promedio de 85 g, un nivel de 40% de proteína bruta promueve un crecimiento óptimo.

En cuanto al metabolismo de lípidos, Ono *et al.* (2008) señalaron que los juveniles de *A. gigas* digieren con mayor eficiencia las grasas insaturadas en comparación con las grasas saturadas. Además, destacaron que las dietas deficientes en ácidos grasos esenciales pueden

provocar signos de deficiencia nutricional, como pudrición de aletas, miocarditis, reducción en la tasa de crecimiento y eficiencia alimenticia, síndrome de shock y alta mortalidad. Estos déficits también afectan el rendimiento reproductivo, causando una baja fecundación, eclosión de huevos, deformidades embrionarias y una reducida supervivencia de la descendencia.

Respecto a las vitaminas, Menezes *et al.* (2006) observaron que una suplementación elevada de vitamina E (α -tocoferol) en la dieta no aporta beneficios significativos para el estado oxidativo o inmunológico de *A. gigas*. Sin embargo, demostraron que niveles altos de vitamina C (ácido ascórbico) mejoran el sistema inmunológico, favoreciendo la ganancia de peso y aumentando la supervivencia de los peces.

En relación con los requerimientos energéticos, Del Risco *et al.* (2008) reportaron que la energía digestible necesaria para alevines de *A. gigas* con un peso promedio de 87 g es de 3.2 Mcal/kg de alimento. Por otro lado, Ono *et al.* (2008) indicaron que, para peces con un peso promedio de 97 g, la energía digestible requerida es de 3,965 kcal/kg. Finalmente, Vergara *et al.* (2016) determinaron que los requerimientos de energía digestible para alevines de *A. gigas* con un peso aproximado de 170 g son de 4.84 Mcal ED/kg de alimento.

2.4. Parámetros hematológicos y bioquímica sanguínea de *A. gigas*.

El estudio de los parámetros hematológicos y bioquímicos constituye una herramienta fundamental para evaluar el estado fisiológico y de salud en los peces. Estos indicadores han probado ser sensibles y efectivos para monitorear respuestas fisiológicas ante factores de estrés, enfermedades, así como alteraciones metabólicas y nutricionales en condiciones de cultivo (Tewary & Patra, 2011; Ranzani-Paiva *et al.*, 2013; Días *et al.*, 2019).

Los parámetros hematológicos, como el recuento de eritrocitos, leucocitos y la concentración de hemoglobina, son indicadores clave para evaluar el estado de salud general de los peces, particularmente en sistemas de cultivo intensivo. Mendes *et al.* (2014) señalan que cualquier alteración en estos valores puede ser un indicio de infecciones, anemia u otras patologías que afectan negativamente la productividad en la acuicultura. Esta perspectiva es respaldada por Marcon *et al.* (2016), quienes resaltan la importancia de los análisis hematológicos para monitorear la capacidad de los peces de adaptarse a condiciones de manejo intensivo, como altas densidades de siembra, transporte y exposición a cambios ambientales.

En el caso de *A. gigas*, Almeida *et al.* (2019) destacan que la bioquímica sanguínea es una herramienta precisa para identificar el estado metabólico y nutricional del pez, mediante la evaluación de parámetros clave como glucosa, proteínas totales, lípidos y enzimas hepáticas (ALT, AST). Estos indicadores son esenciales para determinar la eficacia de distintas dietas y realizar ajustes que optimicen la conversión alimenticia y el bienestar general del animal. Por su parte, Reis

et al. (2020) analizaron los efectos de dietas comerciales con un 45% de proteína bruta sobre los parámetros hematológicos e inmunológicos de *A. gigas*. Sus resultados demostraron que una dieta balanceada favorece la estabilidad de indicadores como el hematocrito y el recuento de leucocitos, lo que refleja un estado de salud óptimo en los peces.

Los parámetros bioquímicos también desempeñan un papel crucial en la detección temprana de enfermedades, como lo señalan Sousa *et al.* (2017), quienes evidencian que las variaciones en los niveles de glucosa y proteínas plasmáticas pueden predecir la aparición de patologías subclínicas, permitiendo una respuesta sanitaria más eficiente. De manera similar, Días *et al.* (2019) determinaron que alteraciones en los niveles de linfocitos y hemoglobina en *A. gigas* sometidos a estrés reflejan un deterioro en el sistema inmunológico, lo que subraya la importancia de un monitoreo constante para prevenir brotes epidémicos en sistemas de manejo intensivo.

En Brasil, Brandão *et al.* (2006) y Gomes (2007) reportaron que el hematocrito de *A. gigas* se incrementa de manera significativa bajo condiciones de estrés por manipulación, un fenómeno asociado con la inflamación eritrocitaria causada por toxinas ambientales o sustancias químicas presentes en el agua (Saravanan *et al.*, 2011; Sharma & Langer, 2014). Estos hallazgos están en línea con investigaciones como las de Huyben *et al.* (2017), quienes observaron que el aumento de glucosa en sangre es una respuesta fisiológica al estrés, regulada por la activación del sistema nervioso simpático, lo que estimula la liberación de glucosa al torrente sanguíneo. Este proceso se intensifica con una mayor tasa de ventilación y absorción de oxígeno a nivel branquial.

Por su parte, Casado *et al.* (2020) destacan que en *A. gigas*, los niveles de glucosa y proteínas totales son indicadores fundamentales del estado fisiológico de los peces. Esto se debe a que las proteínas totales reflejan el estado nutricional y el equilibrio proteico, mientras que la glucosa actúa como un marcador de estrés metabólico. Esta observación coincide con lo reportado por Lima *et al.* (2015), quienes señalan que niveles adecuados de proteínas totales están asociados con una dieta balanceada y una menor incidencia de enfermedades.

No obstante, las investigaciones sobre *A. gigas* aún son escasas, aunque los datos existentes muestran una concordancia con las tendencias observadas a nivel internacional. Por ejemplo, en Perú, iniciativas impulsadas por instituciones locales han empezado a incorporar herramientas de diagnóstico hematológico y bioquímico para mejorar las prácticas de cultivo, alineándose con los estándares globales de producción sostenible. Estos avances resaltan la relevancia de integrar tecnologías analíticas, como la hematología y la bioquímica, en la piscicultura de *A. gigas*, asegurando no solo la salud y el bienestar de los peces, sino también la rentabilidad y sostenibilidad del sector.

2.5. Característica proximal de la carne de paiche.

Como señala Vela (2013), la composición química de los peces, especialmente en especies como *A. gigas*, es un aspecto fundamental en la acuicultura, ya que tiene un impacto directo en su valor nutricional y en su aceptación en el mercado. Esto se debe a que las variaciones en la composición química de los peces de cultivo pueden ser controladas mediante ajustes en las dietas, lo que permite predecir la calidad del filete en términos de su contenido de proteínas, lípidos y agua. Este enfoque resulta esencial en el manejo alimentario dentro de sistemas de producción intensiva.

Como señala Hernández (2010), el contenido de agua en el músculo de los peces varía entre el 60% y el 80%, una característica que también se observa en otras especies cultivadas en regiones tropicales, como *Oreochromis niloticus* (tilapia del Nilo) y *C. macropomum*. Este rango de humedad guarda una relación inversa con el contenido lipídico, lo que significa que un aumento en la acumulación de grasa disminuye la proporción de agua en los tejidos musculares. Investigaciones realizadas en Asia por Hung *et al.* (2017) con *Pangasius hypophthalmus* confirman patrones similares, resaltando que la manipulación de la dieta puede afectar el contenido de lípidos y, por ende, la proporción de agua en el músculo.

Por otra parte, el perfil proteico del músculo de *A. gigas* se destaca por su notable estabilidad, una cualidad que lo consolida como una fuente abundante en aminoácidos esenciales. Hernández (2010) resalta que especies como *A. gigas* poseen elevadas concentraciones de lisina y metionina, aminoácidos cruciales para el crecimiento y la regeneración de tejidos. En comparación con especies cultivadas en regiones templadas, como el *Salmo salar* (salmón del Atlántico), el *A. gigas* presenta ventajas significativas en términos de digestibilidad y valor biológico de sus proteínas (Anchía y Hernández, 2003).

El contenido lipídico de *A. gigas* resulta especialmente relevante desde el punto de vista nutricional. Como indican Anchía y Hernández (2003), en los peces magros, la grasa se acumula principalmente en el hígado, mientras que en los peces grasos se distribuye en el tejido muscular. Aunque *A. gigas* suele clasificarse como un pez magro, estudios recientes realizados por Reis *et al.* (2020) demuestran que su perfil lipídico puede modificarse mediante dietas enriquecidas con fuentes de ácidos grasos esenciales. Este hallazgo tiene importantes implicaciones en la calidad nutricional del producto, dado que los ácidos grasos omega-3 y omega-6, reconocidos por su papel crucial en la salud humana, no pueden ser producidos por el organismo y deben obtenerse a través de la dieta (Vela, 2013).

Investigaciones realizadas en la región amazónica peruana han demostrado que la carne de *A. gigas* presenta concentraciones significativas de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), lo que refuerza su consideración como un alimento funcional. Estos hallazgos coinciden con estudios internacionales llevados a cabo en especies tropicales, como *Clarias gariepinus*, que también exhibe altos niveles de PUFA cuando es cultivado en sistemas controlados (Hernández, 2010).

El valor nutricional de *A. gigas* no solo se fundamenta en su alto contenido de proteínas y lípidos, sino también en su reducido nivel de carbohidratos, que generalmente no supera el 0.5%. Esta característica representa una ventaja para los consumidores que priorizan alimentos con bajo contenido de azúcares y carbohidratos, coincidiendo con las tendencias actuales de consumo a nivel mundial. Asimismo, el colesterol, principal esteroide presente en el músculo de los peces, varía según la especie; sin embargo, su presencia en cantidades moderadas en *A. gigas* lo convierte en una opción adecuada para dietas equilibradas y saludables (Hernández, 2010).

Oliveira *et al.* (2012) destacan que el músculo de *A. gigas* posee una composición química sumamente favorable, con un elevado contenido de proteínas (18-22%), niveles moderados de lípidos (2-8%) y una baja concentración de carbohidratos (<0.5%). Además, su perfil lipídico, rico en ácidos grasos esenciales como omega-3 y omega-6, lo posiciona como una excelente alternativa para la alimentación humana, con potencial aplicaciones en la industria alimentaria y en el campo de la nutrición funcional.

Estudios realizados por Cortegano *et al.* (2017) donde evaluaron la composición proximal y el perfil de ácidos grasos en los músculos dorsal y ventral de *A. gigas*, determinando que la proporción de proteínas, lípidos y cenizas está influenciada por el contenido de humedad. Donde se identificaron 27 tipos de ácidos grasos, con una predominancia de los saturados y monoinsaturados. En cuanto a los ácidos eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA), se observará una concentración similar en ambos músculos, aunque con un ligero predominio en el ventral. Los índices nutricionales obtenidos en el estudio resaltan el valor de la carne de *A. gigas* como una fuente importante de ácidos grasos esenciales, contribuyendo a una dieta equilibrada y con beneficios para la salud humana.

Según Cantuária *et al.* (2014), mencionan que el porcentaje de cenizas en la carne de *A. gigas*, es un indicativo de la presencia de minerales esenciales como calcio, fósforo y potasio, suele oscilar entre un 1% y 2%, esta especie representa una fuente importante de minerales fundamentales para una alimentación equilibrada.

Por su parte, Gómez *et al.* (2020) llevaron a cabo una investigación en las regiones de Loreto y Ucayali, en la cual demostraron que el contenido proteico de *A. gigas* varía dependiendo del tipo de alimentación empleada en sistemas de acuicultura. Según sus hallazgos, las dietas con un elevado porcentaje de proteína de origen vegetal pueden alterar tanto la cantidad como la calidad de los aminoácidos presentes en el tejido muscular. Por el contrario, la incorporación de harina de pescado en la dieta contribuye a un perfil más favorable de ácidos grasos esenciales.

De esta manera, la composición proximal del músculo de *A. gigas* lo convierte en un recurso alimentario estratégico, destacándose por sus características únicas que pueden ser aprovechadas tanto a escala local como global. La capacidad de modificar su composición química mediante la dieta en sistemas de cultivo representa un área de investigación prometedora, enfocada en optimizar su calidad nutricional y aumentar su aceptación en el mercado.

2.6. Ensilado de pescado.

El uso de ensilados en dietas para peces se remonta a la década de 1970, con el objetivo de encontrar alternativas nutricionales digeribles y eficientes que reemplacen insumos convencionales como la harina de pescado y el aceite de pescado (Tatterson, 1982). El ensilado surgió como una solución para preservar las propiedades nutricionales del forraje vegetal y los cereales desde siglos anteriores. El ensilado fermentado de pescado (EFP) es un producto líquido elaborado a partir de pescado entero o partes de él, picado o molido, al que se le añaden ácidos para facilitar la licuación de la masa mediante la acción de las enzimas presentes en el pescado. Este producto líquido también puede obtenerse por otros métodos; sin embargo, el principio fundamental es que las enzimas presentes después de la molienda se distribuyan de manera uniforme y su actividad se vea potenciada por el agente acidificante, lo que también inhibe la acción microbiana (Oetterer, 1994).

2.6.1. Tipos de ensilado de pescado como alternativa en la dieta para peces.

Según Herrero (2021), existen tres tipos principales de ensilado:

- Ensilado químico: Este método utiliza ácidos orgánicos (como fórmico, propiónico, acético o cítrico) o inorgánicos (como sulfúrico, clorhídrico o fosfórico) para crear un ambiente que inhibe el desarrollo de microorganismos putrefactivos y patógenos.
- Ensilado biológico o fermentado: Este tipo de ensilado es un producto semilíquido y pastoso que se obtiene al mezclar residuos del procesamiento primario del pescado con una fuente de carbohidratos y un cultivo microbiano de bacterias ácido lácticas, comúnmente del género *Lactobacillus*. Durante la fermentación, estas bacterias producen ácido láctico, lo que reduce el

pH del ensilado a valores inferiores a 4,5. Este pH inhibe el crecimiento de microorganismos responsables de la putrefacción y favorece la actividad de las enzimas proteolíticas presentes en la materia prima (Oetterer, 1994).

- Ensilado enzimático: Este método destaca por su eficiencia, selectividad y especificidad. Se basa en la acción de enzimas, como las proteasas, que son las más utilizadas. La proteasa se añade en una proporción del 0.5% al residuo de pescado molido y actúa durante 30 minutos a una temperatura de 60°C. Como resultado, se obtiene una pasta líquida separada de huesos y escamas, la cual puede mezclarse con otros insumos para la elaboración de alimentos acuícolas.

2.6.2. Proceso de elaboración del ensilado fermentado de pescado.

El ensilado fermentado de pescado (EFP) es un proceso que consiste en la descomposición controlada de pescado o subproductos pesqueros mediante la acción de bacterias lácticas, con el fin de mejorar la digestibilidad y el valor nutricional de los productos destinados a la alimentación animal. Esta técnica es ampliamente empleada en la acuicultura, ya que ofrece una fuente rica en proteínas y ácidos grasos esenciales, especialmente útil en sistemas de cultivo intensivo donde se requiere una fuente de alimento accesible y altamente nutritivo (Jiang *et al.*, 2020).

Los subproductos de pescado se pican o trituran, al igual que ingredientes como la piña y la papaya, para obtener una mezcla homogénea y aumentar la superficie de contacto, lo que facilita la acción de los agentes fermentadores y la liberación de nutrientes. Posteriormente, se mezclan con aditivos como melaza y yogur para estimular la actividad bacteriana. La fermentación se realiza en un ambiente anaeróbico durante un período de 7 a 14 días. Durante este proceso, las bacterias lácticas transforman los azúcares presentes en las fuentes de carbohidratos en ácido láctico, lo que reduce el pH de la mezcla a valores entre 4.0 y 4.5. Este ambiente ácido inhibe el crecimiento de microorganismos patógenos y contribuye a la conservación del producto final. Para garantizar la seguridad y calidad del ensilado, se monitorean parámetros como el pH (que debe mantenerse por debajo de 4.5), el contenido de humedad y la estabilidad microbiológica (Martínez *et al.*, 2021).

2.6.3. Composición nutricional del ensilado químico, biológico y enzimático.

El ensilado químico tiene entre 30-50% de proteína, similar a Vidotti *et al.* (2003), hallaron 65.62% de proteína en ensilados de *Salminus brasiliensis* y 64% en *Merluccius hubbsi*. indicando que los ácidos inhiben la degradación proteica, manteniendo alto contenido de proteínas. Las grasas, varían entre 5-20% según Martínez *et al.* (2021), hallaron 3-6% de grasas en ensilados de *Thunnus thynnus* y *Spaurus aurata*. Herrero (2021) halló 21.23% de extracto etéreo

en ensilados de sardina, destacando su riqueza en ácidos grasos esenciales (omega-3). Los carbohidratos, son bajos (1-3%), reflejan la naturaleza del pescado. Sesto (2010) halló 23.41% en ensilados de *Cyprinus carpio*, sugiere que la adición de fuentes externas de carbohidratos puede incrementar su valor. Los ácido láctico y acético, clave para la conservación y reducción del pH (Vidotti *et al.*, 2003), los minerales (calcio, fósforo, potasio y magnesio) y vitaminas (A, D, E y B12) se mantienen estables en el ensilado.

El ensilado biológico o fermentado tiene entre 15-30% de proteína, similar a Zhang *et al.* (2022), hallaron 32-38% de proteína en ensilados de *C. carpio* y *O. niloticus*. Sosa (2017) halló 32.05% de proteína en ensilados de *A. gigas*, indican que las proteínas se mantienen en niveles altos gracias a la acción bacteriana controlada. Las grasas, varían entre 5-25%, avalado por Herrero (2021), reportó 35.74% de extracto etéreo en ensilados de *Pseudoplatystoma fasciatum*. García *et al.* (2021) hallaron valores más bajos (4-6%) en ensilados de *S. salar*, sugiriendo variaciones según la especie y el proceso de fermentación. Los carbohidratos, son bajos (1-3%) y pueden aumentar con melaza (Gonçalves y Viegas, 2007) en ensilados de *Xiphopenaeus kroyeri* (camarón). Los ácido láctico, acético y butírico, es esencial para la fermentación y conservación (Gildberg, 2001). Los minerales (calcio, fósforo, magnesio y potasio) y vitaminas (complejo B, A, D y E) se mantienen estables en el ensilado.

El ensilado enzimático tiene entre 25-40% de proteína, similar a Rodríguez *et al.* (2023), reportando 28-35% de proteína en ensilados de *Pagrus pagrus* y *Diplodus sargus*. Además, Chen *et al.* (2020) reportaron 30-36% de proteína en ensilados de *Epinephelinae*, indicando que el proceso enzimático mejora la biodisponibilidad de los aminoácidos. Las grasas, varían entre 5-20% reportando 3-6% de extracto etéreo en ensilados de *Epinephelinae*. Aunque, Rodríguez *et al.* (2023) hallaron valores altos (5-9%) en ensilados de *P. pagrus* y *D. sargus*, sugiriendo variaciones según la especie y el proceso enzimático. Los carbohidratos, son bajos (1-3%) y pueden liberar azúcares simples durante el proceso, como indican Kristinsson y Rasco (2000). La generación mínima de ácidos orgánicos refleja que este proceso no depende de la fermentación bacteriana. los minerales (calcio, fósforo y potasio) y vitaminas (A, D, E y B12), sus niveles pueden ser menor debido a la acción enzimática.

Tabla 2: Composición nutricional del ensilado químico, biológico y enzimático.

Tipos	Ensayos	Proteína	Extracto etéreo	Cenizas	Carbohidratos
Ensilado químico	<i>Sardinella brasiliensis</i> (sardina), <i>Merluccius hubbsi</i> (merluza) Herrero (2021)	65.62%	21.23%	13.11%	-
	<i>Thunnus thynnus</i> (atún), <i>S. aurita</i> (sardina) Martínez <i>et al.</i> (2021)	30 - 40%	3 - 6%	10 - 15%	10 - 20%
	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (trucha arcoíris) Zhang <i>et al.</i> (2020)	28 - 35%	4 - 7%	12 - 17%	12 - 22%
	<i>Cyprinus carpio</i> (carpa) Vignozzi, (2012)	60.74%	9.12%	26.85%	-
	<i>C. carpio</i> Sesto (2010)	54.82%	9.09%	12.67%	23.41%
Ensilado biológico	<i>C. carpio</i> , <i>Oreochromis niloticus</i> (tilapia) Zhang <i>et al.</i> (2022)	32 - 38%	5 - 8%	9 - 12%	14 - 18%
	<i>Salmo salar</i> (salmón del Atlántico), García <i>et al.</i> (2021)	33 - 40%	4 - 6%	11 - 14%	10 - 20%
	<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i> (doncella), <i>O. mykiss</i> y <i>Pimelodus grosskopfii</i> (capaz) Herrero (2021)	33.01%	35.74%	15.28%	16.14%
	<i>A. gigas</i> Sosa (2017)	32.05%	16.91%	18.10%	32.94%
Ensilado enzimático	<i>Pagrus pagrus</i> (pargo), <i>Diplodus sargus</i> (sargo) Rodríguez <i>et al.</i> (2023)	28 - 35%	5 - 9%	9 - 13%	15 - 20%
	<i>Epinephelinae</i> (mero) Chen <i>et al.</i> (2020)	30 - 36%	3 - 6%	10 - 14%	12 - 18%

2.6.4. Ventajas del ensilado fermentado en la acuicultura.

El ensilado fermentado de pescado mejora la digestibilidad de las proteínas y grasas del pescado, lo que optimiza la absorción de esos nutrientes por parte de los peces. Además, la fermentación puede reducir los compuestos antinutricionales y las toxinas presentes en el pescado crudo, mejorando la salud de los animales. La presencia de microorganismos probióticos en el ensilado también puede tener efectos positivos en el sistema inmunológico de los peces (Zhou *et al.*, 2022). Además, la fermentación contribuye a la conservación de los ingredientes y reduce la necesidad de ingredientes de alta energía en la dieta de los peces.

2.7. Inclusión de ensilado fermentado de pescado usado en la piscicultura.

En la piscicultura, el ensilado fermentado de pescado (EFP) se ha utilizado principalmente como un suplemento proteico en dietas para peces cultivados en sistemas cerrados o intensivos. Estudios realizados por Álvarez *et al.* (2020) demostraron que el EFP puede reemplazar parcial o totalmente ingredientes más costosos, como la harina de soya o la harina de pescado, en dietas balanceadas para especies como tilapia, trucha arcoíris y camarones. Esto no solo reduce los costos de alimentación, sino que también mejora el rendimiento del crecimiento y la salud de los peces.

Los primeros estudios pioneros se llevaron a cabo con salmónidos, específicamente con *S. salar*, utilizando residuos de la industria pesquera de *Clupea* sp. (arenque) y posteriormente de *Squalus acanthias* (pez perro marino). Estos residuos se incorporaron en dietas húmedas o pre-secadas, complementadas con ingredientes sólidos pulverizados, obteniendo resultados favorables en el desempeño de los peces sin afectar su calidad organoléptica (Heras *et al.*, 1994).

Según Gonçalves y Viegas (2007), se elaboraron dos ensilados fermentados a partir de residuos de *X. kroyeri*, utilizando melaza de caña de azúcar (SM) o residuos de harina láctea (SF) como fuentes de carbohidratos. Ambos ensilados contenían 15% de carbohidratos, 10% de yogur, 0.25% de ácido sórbico y 1% de ácido fórmico. Tras 120 días de almacenamiento, se analizó su composición proximal y nitrógeno no proteico. Pruebas de digestibilidad en juveniles de tilapia mostraron que el ensilado SM presentó mayor contenido de cenizas (34.97 g/100 g) y menor materia seca (20.02 g/100 g) que SF (30.92 g/100 g y 21.11 g/100 g,). No hubo diferencias significativas en los coeficientes de digestibilidad aparente (SM = 78,2%; SF = 73.1%). Estos resultados indican que el ensilado es altamente digestible y estable durante el almacenamiento, representando una alternativa viable como ingrediente en dietas acuícolas.

Santana *et al.* (2023) reportaron un estudio con juveniles de *C. macropomum* (gamita), utilizando un ensilado ácido y tres ensilados fermentados elaborados a partir de vísceras de pescado, con diferentes fuentes de carbohidratos (melaza, salvado de trigo y desperdicios de yuca) y 0.25% de ácido sórbico. Los ensilados mostraron contenidos de ácido eicosapentaenóico (EPA) y ácido docosahexaenóico (DHA) que variaron entre 5.4 a 17.8 mg. g⁻¹ y 1.7 a 8.9 mg. g⁻¹ de lípidos, respectivamente. Los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) para la energía bruta (EB) superaron el 82% en todas las formulaciones, mientras que los CDA para proteína fueron similares entre los ensilados fermentados, alcanzando un máximo del 92% para el ensilado de salvado de trigo fermentado. Estos autores concluyeron que el ensilado de vísceras de pescado es un ingrediente energético prometedor para la alimentación acuícola.

PR (2019) reportó un estudio en el que se incluyó harina de ensilado enzimático de residuos de paiche en dietas para gallinas ponedoras durante un período de 84 días, dividido en cuatro fases de 21 días cada una. Los niveles de inclusión evaluados fueron 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5% y 3%. Los resultados mostraron que la inclusión de ensilado ácido de residuos de paiche en las dietas mejoró el rendimiento de las gallinas. Se concluyó que este ensilado puede utilizarse como una alternativa alimenticia en raciones comerciales para gallinas ponedoras, reduciendo los costos de producción de huevos y minimizando el impacto ambiental, gracias a su bajo costo operacional.

Vidotti *et al.* (2002) y Vidotti *et al.* (2003) realizaron un estudio con ensilados de pescado de tipo biológico y ácido, incluidos en dietas pelletizadas para *P. mesopotamicus* (pacú blanco). Aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas en comparación con la dieta testigo (que contenía 100% de harina de pescado), los resultados fueron alentadores, ya que demostraron que el ensilado puede ser una alternativa eficiente para reemplazar la harina de pescado en dietas para esta especie. Se concluyó que los ensilados pre-secados, tanto biológicos como ácidos, son económicamente y ambientalmente ventajosos, ya que aprovechan residuos generados por la industria pesquera.

Ensayos acuícolas que evaluaron la sustitución parcial o total de harina de pescado por ensilado de pescado han sido reportados en diversas especies, como *Micropterus salmoides* (lobina negra) (Arruda *et al.*, 2009), *O. niloticus* (De Carvalho *et al.*, 2006) y *Oreochromis mossambicus* (tilapia de Mozambique) (Goosen *et al.*, 2014), sin afectar negativamente el crecimiento corporal de los animales.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución.

La investigación se realizó en el Laboratorio de Acuicultura de la Estación Pucallpa del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA) de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, ubicado en el km 58 de la Carretera Federico Basadre, Distrito Campo Verde, Provincia Coronel Portillo, Región Ucayali. Está ubicada geográficamente a 8° 23' 00" latitud sur y 74° 33' 00" longitud oeste, a una altitud de 154 m.s.n.m. El clima es tropical cálido con una temperatura promedio anual de 26°C, una humedad relativa del 83.6 % y una precipitación de 1570 mm al año (SENAMHI, 2023).

Los análisis de composición proximal, hematología y caracterización nutricional se realizaron en colaboración con el Laboratorio Natura Analítica SAC, ubicado en la ciudad de Pucallpa. El periodo experimental abarco desde el 06 de junio hasta el 06 de noviembre del 2024

3.2. Aspectos éticos.

El estudio forma parte del proyecto de investigación “Dietas funcionales de bajo costo y doble propósito para el *A. gigas* (paiche): potenciamiento del crecimiento de pez y producción de pescado de calidad” (Contrato N° PE501079781-2022-PROCIENCIA), aprobado por el Comité de Ética y Bienestar Animal (CEBA) de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú (Constancia de Autorización Ética N° 2023-04).

3.3. Tipo y nivel de investigación.

Esta investigación es de tipo aplicada, ya que busca transformar conocimientos científicos en tecnologías que permitan la inclusión de dietas con inclusión de insumos no convencionales en juveniles de *A. gigas*, reduciendo costos y aprovechando insumos locales. El nivel de investigación es experimental, debido a que se evaluaron diversos tratamientos basados en dietas con niveles crecientes de harina de EFP.

3.4. Materiales y métodos.

3.4.1. Materiales y equipos:

Se utilizaron tanques de fibra de vidrio (500 L), balanza digital (modelo ATK-668), multiparámetro (HANNA, HI98194), medidor de TDS/EC/pH/TEM (PH-3508) y cilindros plásticos para la preparación del EFP. Los registros de los tratamientos se realizaron manualmente.

3.4.2. Metodología:

3.4.2.1. Elaboración del ensilado fermentado de pescado (EFP).

Se recolectaron residuos del procesamiento primario de la acuicultura amazónica [mezcla compuesta por desechos (vísceras – estómago, ciegos pilóricos, hígado e intestino – aletas, cabezas, piel) de paiche 21.00%, gamitana 39.20% y paco 9.80%) procedentes de dos piscicultores de la ciudad de Pucallpa, Ucayali, Perú, los ingredientes escogidos para la elaboración del ensilado corresponden a la experiencia local siguiendo la metodología propuesta por Lupin (1983). se molieron en una picadora de carne de pescado (70.00%) y se mezclaron con yogurt (15.00%) como fuente de microorganismos productores de ácido láctico (Ozyurt *et al.*, 2015), papaya molida (3.75%), piña molida (3.75%) como fuente de la enzima proteolítica papaína (Yang *et al.* 2016) y melaza (7.50%) como fuente de carbohidratos, conforme a la metodología de (Santana *et al.*, 2023).

Todos los ingredientes se mezclaron bien para asegurar una adecuada acidificación e hidrólisis proteica del ensilado. El ensilado se produjo en un contenedor de plástico de 200 L y luego se selló herméticamente para garantizar la fermentación anaeróbica durante nueve días. El período de fermentación se determinó en nueve días para garantizar la hidrólisis de más del 70% de las proteínas del ensilado sin afectar la calidad proteica y lipídica (Tatterson, 1982). Al inicio del período de fermentación, la temperatura y el pH del ensilado se registraron en 29.10°C y 6.70, respectivamente. Al final del período de fermentación, la temperatura registrada fue de 28.30°C y el pH había disminuido a 4.21 (pH-metro portátil, PH-013). Para la harina de EFP, se realizó un proceso de secado a 135°C durante nueve días en la estufa. Después del secado, el material se molió para producir un polvo fino rico en nutrientes (Figura 1). La harina de EFP fue caracterizada en términos de su composición proximal y contenido de aminoácidos y ácidos grasos. Para ello, muestras de 150 g fueron enviados a los laboratorios respectivos para su análisis correspondiente.

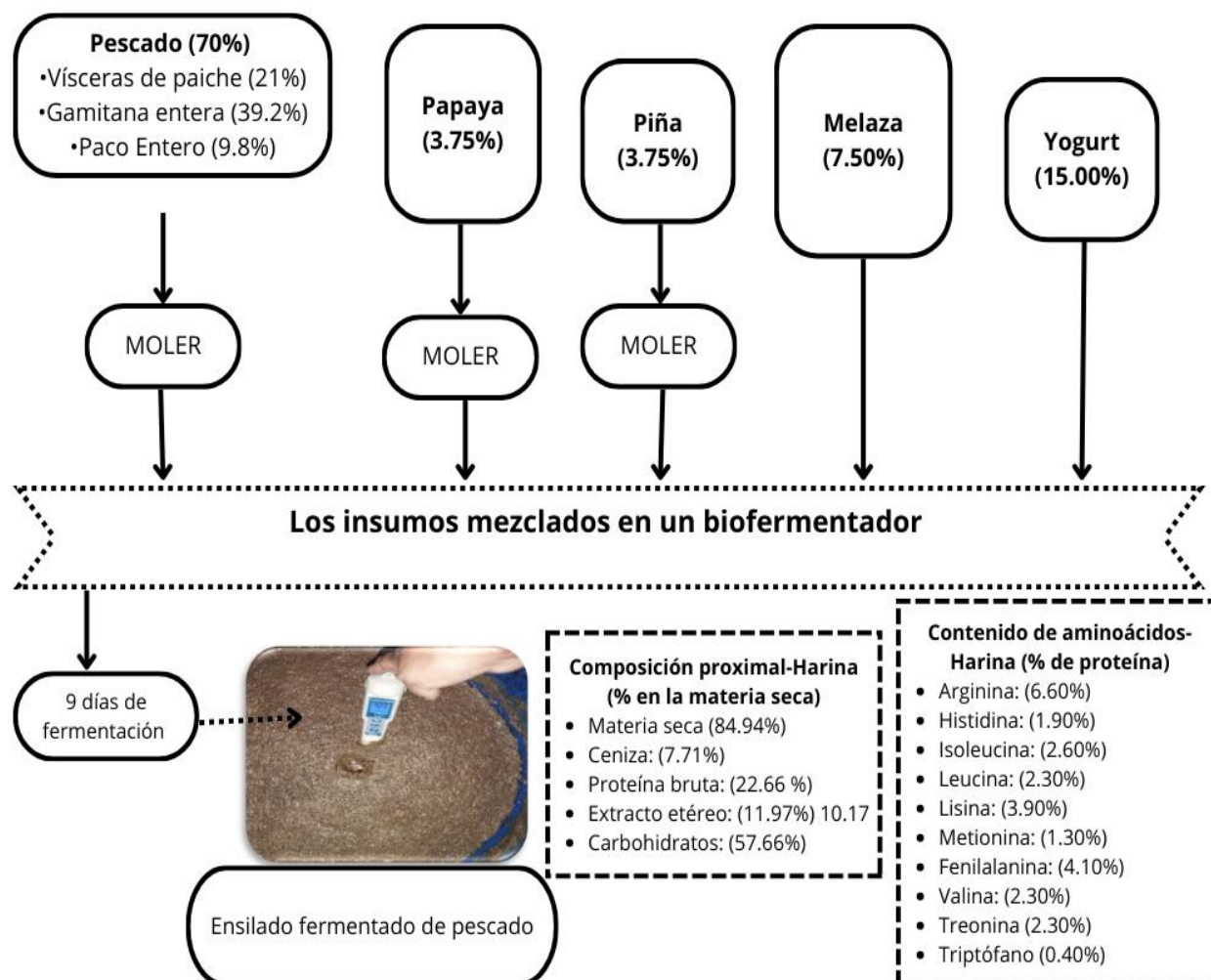


Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración del ensilado fermentado de pescado (EFP).

3.4.2.2. Dietas experimentales.

Se formularon cinco dietas isoproteicas (452.22 g de proteína bruta/kg) e isocalóricas (4.495,31 kcal de energía bruta/kg), considerando los requerimientos nutricionales del paiche (Cyrino *et al.*, 2013). Las dietas se formularon para contener niveles crecientes de harina de EFP en las dietas como 0% (0EFP), 4% (4EFP), 8% (8EFP), 12% (12EFP) y 16% (16EFP) (Tabla 3). Para su preparación, la materia prima fue pesada y dosificada según formulación posteriormente todos los ingredientes secos fueron molidos (1,000 μm ; McFord FFC-15), homogeneizados en un mezclador horizontal (Pial MPI-100) durante 20 min, extrudidos utilizando una matriz de pellet de 4 mm de diámetro en un extrusor de tornillo simple (Pial, 300 kg por hora, Perú). Los pellets fueron secados en un secador de plataforma de 500 kg de capacidad durante 25 minutos (90°C) hasta que alcanzaron un contenido de humedad de menos de 10% (Balanza Analizadora de Humedad Automatizada, BIOBASE BM-50-1). Mientras los pellets todavía estaban calientes, después del secado, se roció aceite de pescado sobre los alimentos usando una bomba de aspersión, luego las dietas se envasaron y almacenaron en bolsas opacas en un congelador a -15°C. Porciones de las

dietas para uso semanal se guardaron en recipientes de plástico opacos, herméticos y de color blanquecino para evitar la fotooxidación de los nutrientes.

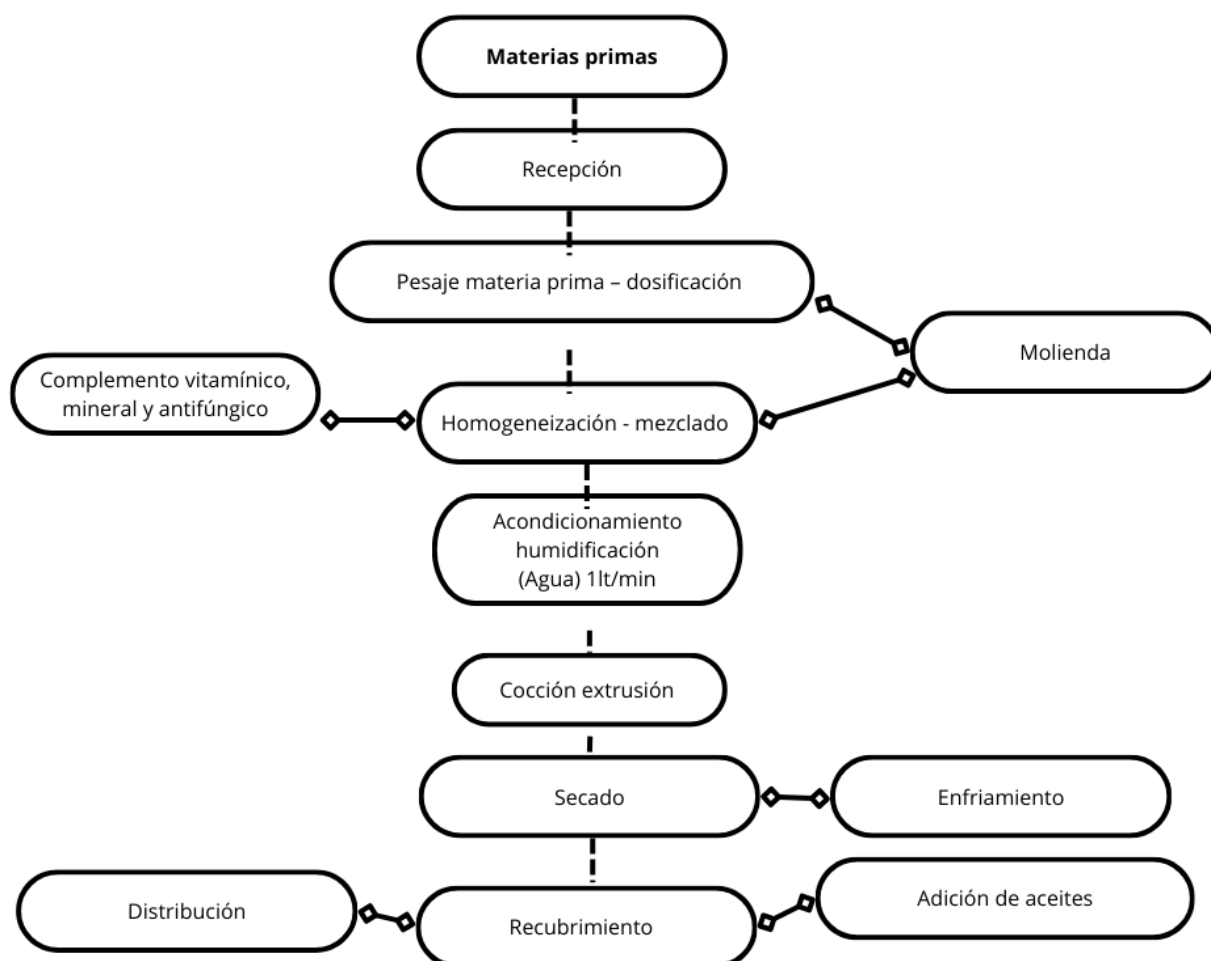


Figura 2. Diagrama de la elaboración de la harina de ensilado fermentado de pescado (EFP).

Tabla 3: Formulación, composición proximal determinada, composición de ácidos grasos determinados y contenido estimado de aminoácidos de las dietas experimentales con niveles crecientes de harina de ensilado fermentado de pescado (EFP) para juveniles de *Arapaima gigas* (en base de materia seca).

Ingredientes	Harina de EFP	Dietas ¹				
		0EFP	4 EFP	8EFP	12EFP	16EFP
<i>Ingredientes (g kg⁻¹)</i>						
Harina de EFP	-	0.00	40.00	80.00	120.00	160.00
Harina de pescado ²	-	261.00	261.00	261.00	261.00	261.00
Harina de vísceras de pollo ³	-	319.00	319.00	319.00	319.00	319.00
Harina de soya	-	190.00	170.00	160.00	140.00	120.00
Harina de trigo	-	50.00	36.00	20.00	10.00	0.00
Maíz molido	-	125.00	120.00	120.00	118.00	116.00
Aceite de pescado	-	36.90	36.00	23.40	16.20	9.00
Aceite de vísceras de pollo	-	4.10	4.00	2.60	1.80	1.00
Prémix ⁴	-	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Antimicótico ⁵	-	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Antioxidante ⁶	-	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
<i>Composición proximal (g kg⁻¹)</i>						
Materia seca	849.43	913.80	909.10	908.12	911.10	916.12
Proteína cruda	192.50	452.50	450.80	453.50	452.60	451.70
Energía bruta (kcal kg ⁻¹) ⁷	4.058,13	4.510,15	4.515,77	4.505,88	4.478,94	4.465,79
Fibra cruda	-	18.30	15.40	12.90	10.60	8.20
Ceniza	65.53	202.20	204.22	208.15	209.44	210.10
Lípidos totales	101.67	101.10	104.20	104.60	100.80	99.10
Carbohidratos ⁸	489.70	244.20	240.78	233.75	237.16	239.10
Energía bruta: proteína bruta	-	9.97	10.02	9.94	9.90	9.89
<i>Composición de ácidos grasos (mg g⁻¹ de lípidos totales)</i>						
SFA ⁹	298.40	276.55	319.95	314.05	326.50	317.70
14:0	14.30	13.40	16.95	18.20	17.25	17.45
16:0	236.10	169.60	225.45	220.4	227.9	222.75
18:0	42.80	77.75	65.50	64.3	68.05	66.5
MUFA ¹⁰	229.20	281.90	369.00	372.10	386.40	391.80
18:1n-9c	172.50	219.4	296,85	298.35	310.25	316.75
AGPI ¹¹	154.30	407.80	308.45	303.50	286.25	289.60
18:2n-6	133.90	226.9	184.2	195.55	196.95	208.95
18:3n-3	n.d	17.90	15.20	15.00	16.9	15.95
20:5n-3	n.d	10.9	5.15	3.65	4.25	3.45
22:6n-3	5.30	88.05	60.45	50.70	47.3	42.10
n-3	17.00	159.05	117.25	103.50	89.30	80.65
n-6	137.30	235.25	187.00	198.15	196.95	208.95
n-3:n-6	0.12	0.68	0.63	0.52	0.45	0.39
<i>Contenido de aminoácidos esenciales (% de proteína dietética)</i>						
Arginina	6.60	9.21	9.63	10.06	10.50	10.93
Histidina	1.90	0.89	1.01	1.13	1.26	1.38
Isoleucina	2.00	5.47	5.61	5.74	5.88	6.02
Leucina	2.30	9.92	9.89	9.87	9.84	9.81

Lisina	3.90	5.42	5.66	5.89	6.14	6.38
Metionina	1.30	3.38	3.45	3,50	3.56	3.63
Fenilalanina	4.10	7.37	7.59	7.82	8.04	8.27
Treonina	2.30	4.36	4.46	4.57	4.66	4.76
Triptófano	0.40	2.28	2.22	2.18	2.13	2.07
Valina	2.30	5.25	5.37	5.48	5.60	5.72
USD por kg de alimento ¹²	1.12	1.27	1.29	1.28	1.28	1.28

¹Niveles crecientes de harina de ensilado fermentado de pescado (EFP) en dietas para juveniles de *Arapaima gigas*: 0 % (0 EFP), 4 % (4 EFP), 8 % (8 EFP), 12 % (12 EFP) y 16 % (16 EFP). Se muestran las medias de los análisis por triplicado por muestra (n = 3) para la composición proximal y el contenido de ácidos grasos. La estimación del contenido de aminoácidos se basa en el análisis por triplicado del contenido total de aminoácidos esenciales de cada ingrediente (%): harina de pescado (4.20, Arg; 0.30, His; 2.60, Ile; 5.10, Leu; 1.70, Lys; 2.30, Met; 2.80, Phe; 2.00, Thr; 0.50, Trp; 2.80, Val), harina de vísceras de ave (6.40, Arg; 0.40, His; 4.20, Ile; 6.40, Leu; 4.80, Lys; 2.20, Met; 6.00, Phe; 3.00, Thr; 1.40, Trp; 3.80, Val), harina de soja (3.26, Arg; 0.93, His; 2.05, Ile; 5.03, Leu; 1.96, Lys; 0.84, Met; 3.07, Phe; 2.24, Thr; 1.77, Trp; 1.96, Val), grano de maíz (2.93, Arg; no detectado, His; 0.27, Ile; 0.67, Leu; 0.27, Lys; 0.27, Met; 0.40, Phe; 0.27, Thr; 0.67, Trp; 0.27, Val), harina de trigo (0.59, Arg; 0.36, His; 0.48, Ile; 1.43, Leu; 1.07, Lys; 0.71, Met; 0.71, Phe; 0.59, Thr; 0.59, Trp; 0.48, Val) y harina de ensilado fermentado de pescado. (6.60, Arg; 1.90, His; 2.60, Ile; 2.30, Leu; 3.90, Lys; 1.30, Met; 4.10, Phe; 2.30, Thr; 0.40, Trp; 2.30, Val). ²Harina de pescado premium (COSTAMAR[®]) derivada de anchoveta con 630.00 g kg⁻¹ de proteína cruda, 4,199.00 kcal kg⁻¹ de energía bruta, 92.10 g kg⁻¹ de lípidos y 194.00 g kg⁻¹ de cenizas. ³Harina de vísceras de ave con 600.00 g kg⁻¹ de proteína cruda, 4,750.00 kcal kg⁻¹ de energía bruta, 120.00 g kg⁻¹ de lípidos y 88.10 g kg⁻¹ de cenizas. ⁴Premezcla de vitaminas y minerales (DSM AQUACULTURE) – DSM es una premezcla de vitaminas ROVIMIX[®], minerales MICROGRAN[®], BHT y BHA (antioxidantes) para uso animal, elaborada por DSM NUTRITIONAL PRODUCTS PERÚ, y contiene (por kg de producto): vitamina A 9 '334,000.00 UI; vitamina D 3 1,866,800.00 UI; vitamina E 93,333.00 UI; vitamina K3 5.33 g; tiamina (B1) 12.00 g; riboflavina (B2) 13.32 g; piridoxina (B6) 10.00 g; vitamina B12 0.02 g; ácido ascórbico 210.00 g; niacina 100.00 g; ácido pantoténico 33.32 g; ácido fólico 2.67 g; biotina 0.53 g; cobre 1.00 g; hierro 13.33 g; manganeso 26.66 g; cobalto 0.10 g; yodo 1.00 g; zinc 13.33 g; selenio 0.20 g; antioxidantes 26.60 g; excipientes csp 2,000.00 g. ⁵Fugibam. ⁶Butil-hidroxi-tolueno. ⁷Energía bruta con base en valores calculados para proteína, 5,64 kcal g⁻¹; lípido, 9,44 kcal g⁻¹; carbohidrato, 4,11 kcal g⁻¹ (NRC, 2011). ⁸Carbohidratos (g kg⁻¹) = 1000 - (proteína cruda+ceniza+lípidos totales). ⁹SFA = ácidos grasos saturados, incluyendo 15:0, 17:0, 20:0, 21:0, 22:0, 24:0. ¹⁰MUFA = ácidos grasos monoinsaturados, incluyendo 17:1n-7, 18:1n-7, 20:1n-9, 22:1n-11, 24:1n-9. ¹¹PUFA = ácidos grasos poliinsaturados, incluyendo 22:5n-3. ¹²USD por kg de dietas (utilizando la tasa de conversión de S/. 3.78 Soles a USD1).

3.4.2.3. Animales experimentales.

Se adquirieron 350 juveniles de *A. gigas* de un mismo desove. Los peces se obtuvieron de un productor local formal de acuerdo con las normas pesqueras peruanas con una longitud inicial de aproximadamente de 30.54 ± 1.98 cm y un peso promedio de 222.54 ± 7.48 g. Se distribuyeron en dos tanques de fibra de vidrio con una capacidad de 2,000 litros de volumen de agua para su aclimatación a las condiciones de manejo de laboratorio.

3.4.3. Etapas del experimento:

Etapa pre-experimental:

a) Preparación sanitaria de los peces:

En el sitio experimental, los peces, se distribuyeron en tanques con una capacidad de 2,000 litros de volumen de agua. Allí se realizó un análisis parasitológico con raspado de mucosa externa y branquias para verificar la posible presencia de ectoparásitos, así como el sacrificio de 10 peces para verificar ausencia de endoparásitos. Luego de verificar ausencia de parásitos interno y externos, se aclimataron durante dos semanas a condiciones de laboratorio con baños de sal diarios a razón de 2 g de sal/L de agua como medida profiláctica (Cozzi *et al.*, 2015). Los peces fueron alimentados hasta saciedad aparente con alimento comercial con 45% PB durante la primera semana y reducidos gradualmente al alimento control durante la segunda semana (0EFP), a razón de 4 comidas por día, con flujo de agua y aireación constante.

Etapa experimental:

a) Distribución y manejo de los peces:

Los juveniles de *A. gigas* (222.54 ± 7.48 g; 30.54 ± 1.98 cm) se distribuyeron aleatoriamente en veinte tanques de fibra de vidrio (500 L; $n=4$; 15 peces por tanque), alojados en un sistema abierto con renovación constante de agua (caudal: 1.50 L min^{-1}) y fotoperiodo de 12 horas. Todos los tanques se sifonaron una vez al día para eliminar las heces de los peces. La temperatura del agua ($28.53 \pm 0.77^\circ\text{C}$), el oxígeno disuelto (6.12 mg L^{-1}), y el pH (7.48 ± 0.22) se midieron una vez al día a las 10 am, utilizando un equipo multiparamétrico (HANNA, HI98194) (Cavero *et al.*, 2003; Núñez *et al.*, 2011; Oliveira *et al.*, 2012). El amoníaco total (1.33 ± 0.14 mg L^{-1}) y el nitrito (0.62 ± 0.18 mg L^{-1}) se controlaron dos veces por semana utilizando kits colorimétricos comerciales. Los parámetros de calidad del agua se mantuvieron dentro del rango de confort para el *A. gigas* durante todo el estudio. Los peces fueron alimentados con dietas experimentales en cuatro comidas diarias (8 a.m., 12 p.m., 4 p.m. y 8 p.m.) hasta aparente saciedad, durante 60 días, con biometría a los 30 días de experimentación para verificación del estado general de los peces y monitoreo del crecimiento (Lima *et al.*, 2017).

b) Evaluación de parámetros biométricos:

Al final de la prueba de alimentación, se midieron todos los peces en cada tanque y se obtuvo el desempeño biométrico mediante los siguientes cálculos: supervivencia (%) = (número final de animales \times 100) / número inicial de animales; peso final (g); longitud final (cm); ganancia de peso (g) = peso final - peso inicial; ganancia de longitud (cm) = longitud final - longitud inicial; consumo de alimento (g) = alimento ofrecido / número de peces; tasa de conversión alimenticia = consumo de alimento / ganancia de peso; retención de proteína (%) = ((peso corporal final g \times proteína de cuerpo entero % final - (peso corporal inicial g \times proteína de cuerpo entero inicial / proteína consumida g) \times 100; tasa de crecimiento relativo ($\% \text{ día}^{-1}$) = $(e^g - 1) \times 100$, e = Número de Euler, $g = [(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{ tiempo experimental}]$; y, factor de condición alométrica de Fulton = peso final / longitud final³.

De cada tanque, diez peces fueron sacrificados mediante choque térmico en agua fría y todos ellos se utilizaron para el análisis del índice somático [índice hepatosomático = peso del hígado / peso final del pez \times 100; índice viscerosomático = peso de las vísceras / peso final del pez \times 100; e índice liposomático = peso de la grasa visceral / peso final del pez \times 100].

c) Evaluación de parámetros hematológicos y bioquímicos del plasma sanguíneo:

La recolección de sangre fue de 8 peces por tratamiento, 2 peces por cada unidad experimental ($n=4$), recolectando un total de 1.5 mL de sangre por cada pez, una vez colectados, los peces fueron previamente anestesiados (1 mL/L de eugenol) y la sangre fue recolectada por punción de la vena caudal utilizando EDTA al 10% como solución anticoagulante (Dos Santos *et al.*, 2021); esto sucedió al principio y al final del experimento.

La concentración de hemoglobina se determinó mediante el método de cianometahemoglobina, utilizando el reactivo de Drabkin, con la absorbancia leída a 540 nm utilizando un espectrofotómetro. El hematocrito se determinó utilizando la escala Goldenfarb *et al.* (1971). Los eritrocitos se contaron en una cámara de Neubauer bajo un microscopio óptico (3s scientific, YJ-2005B) con un objetivo de 40 \times (10 μ L de sangre, 2.0 mL de citrato formaldehído).

Las constantes corpusculares se determinaron utilizando los métodos descritos por Brown (1976) y los siguientes cálculos: concentración media de hemoglobina corpuscular (%) = [hemoglobina] \times 100 / hematocrito; volumen corpuscular medio (fL) = hematocrito \times 10 / número de eritrocitos; y hemoglobina corpuscular media (g dL⁻¹) = [hemoglobina] \times 10 / número de eritrocitos. Los leucocitos totales se contaron mediante un método indirecto en frotis de sangre y se sometieron a tinción de May-Grunwald-Giemsa. Se contaron aproximadamente 500 eritrocitos de cada frotis, al igual que el número de leucocitos. El número total de leucocitos y trombocitos se estimó utilizando la relación del número de eritrocitos totales (obtenidos en la cámara de Neubauer) de acuerdo con la fórmula: leucocitos totales (μ L) = número de leucocitos \times número de eritrocitos cámara de Neubauer (μ L) / número de eritrocitos portaobjetos. La determinación de glucosa (mg dL⁻¹), triglicéridos (mg dL⁻¹), colesterol (mg dL⁻¹) y proteína total (g dL⁻¹) del plasma sanguíneo se realizó después de la centrifugación de sangre total (4°C, 12,000 rpm por 180 s), utilizando kits comerciales y lecturas espectrofotométricas.

d) Evaluación de la calidad de carcasa de juveniles de paiche:

Se colectaron dos peces por cada unidad experimental y se molieron enteros (BOXA, Mci-32plus). Luego se realizó un único pool por cada unidad experimental y se enviaron las muestras al Laboratorio de Natura Analytica SAC para su análisis. Se realizaron análisis proximales de acuerdo con la (AOAC, 2010) en términos de humedad, proteínas totales, extracto etéreo y cenizas, por triplicado de cada muestra.

e) Análisis de los datos:

La homogeneidad de los pesos iniciales de los peces se comprobó mediante la prueba Q de Cochran ($p < 0.05$). La normalidad se comprobó mediante la prueba de Shapiro-Wilk ($p < 0.05$) y la homocedasticidad mediante la prueba de Barlett ($p < 0.05$). Los datos de desempeño biométrico, parámetros hematológicos, y composición proximal se analizaron mediante ANOVA de un factor y la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Los datos fueron procesados utilizando el software Statistica 13.0.

3.5. Croquis y distribución de tratamientos y repeticiones (numeración de tanques).

Dieta	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Repetición 4
Dieta 1	1	14	17	20
Dieta 2	2	4	7	18
Dieta 3	8	12	15	16
Dieta 4	6	9	10	19
Dieta 5	3	5	11	13



D= Dietas y T= Tanques.

3.6. Variables de estudio.

3.6.1. Variable independiente.

Niveles de ensilado fermentado de pescado en las dietas (0%, 4%, 8%, 12% y 16%).

3.6.2. Variables dependientes.

Parámetros biométricos: Peso final, longitud final, ganancia de peso, ganancia de longitud, tasa de crecimiento relativa, consumo de alimento, conversión alimenticia, supervivencia, factor de condición, retención de proteína, retención de lípidos, índice hepatosomático, índice viscerosomático, índice liposomático.

Parámetros hematológicos: Concentración de hemoglobina, hematocrito, número de eritrocitos, índices hematimétricos, recuento de glóbulos blancos, el plasma sanguíneo, glucosa, triglicéridos, proteína total.

Parámetros nutricionales: Composición proximal de la carne.

3.7. Tratamientos en estudio.

Los tratamientos en estudio son:

- T1: Dieta sin inclusión de EFP al 0%.
- T2: Dieta con 4% de inclusión de EFP.
- T3: Dieta con 8% de inclusión de EFP.
- T4: Dieta con 12% de inclusión de EFP.
- T5: Dieta con 16% de inclusión de EFP.

3.8. Análisis Estadístico.

Para el experimento se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA), con esquema unifactorial con cinco tratamientos [niveles de inclusión en la dieta de EFP (0%EFP, 4%EFP, 8%EFP, 12%EFP y 16%EFP)] y cuatro repeticiones cada una. Las unidades experimentales estaban constituidas de tanques de fibra de vidrio de 500 L de capacidad que contenía cada uno un total de 15 de juveniles de *A. gigas*.

El modelo aditivo lineal es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : i – valor observado de la variable Y del j -ésimo juvenil de *A. gigas* que recibió en la dieta la inclusión de la i -ésima proporción de ensilado fermentado de pescado.

μ : Media general de la variable Y .

T_i : Efecto de la i -ésima proporción de ensilado fermentado de pescado.

e_{ij} : Error experimental obtenido en el J -ésimo juvenil de Paiche que recibió en la dieta la inclusión de la i -ésima proporción de ensilado fermentado de pescado.

Dónde:

Y : Son cada una de las variables dependientes.

I : 0%, 4%, 8%, 12% y 16% de ensilado fermentado de pescado.

J : Es la repetición 1, 2, 3, 4.

La homogeneidad de los pesos iniciales de los peces fue evaluada mediante la prueba Q de Cochran ($p < 0.05$). La normalidad se verificó con la prueba de Shapiro-Wilk ($p < 0.05$) y la homocedasticidad con la prueba de Bartlett ($p < 0.05$). Los datos de desempeño en crecimiento,

parámetros hematológicos, composición proximal fueron analizados mediante ANOVA de una vía y la prueba de Tukey ($p < 0.05$). El nivel máximo de EFP en la dieta que no afecta adversamente el desempeño en crecimiento de juveniles de *A. gigas* fue determinado mediante análisis de regresión polinómica. Los datos fueron procesados con el software Statistica 13.0.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Desempeño biométrico de los peces.

La Tabla 4 presenta el ANOVA de las variables de desempeño biométrico en función de diferentes niveles de harina de ensilado fermentado de pescado. Los resultados muestran que, con un nivel de significancia de 0.05, la harina de ensilado fermentado de pescado influyó significativamente en el peso final, la ganancia de peso, el consumo de alimento, la tasa de conversión alimenticia, la conversión de proteína, y el índice hepatosomático ($p < 0.05$).

Los datos no se acoplaron a regresión polinómica de segundo orden, por lo que un nivel óptimo no pudo determinarse por esta vía.

La tasa de supervivencia de juveniles de *A. gigas* fue del 100% en todos los tratamientos dietéticos, lo que indica que no hubo mortalidad durante el estudio. Se observaron diferencias significativas en los parámetros de desempeño biométrico entre los grupos de peces evaluados. Los peces alimentados con la dieta 16EFP mostraron el menor desempeño expresado en peso final (579.89 ± 9.89 g), ganancia de peso (357.35 ± 9.89 g) y tasa de conversión alimenticia (1.34 ± 0.03), en comparación con los peces alimentados con raciones con 0EFP a 12EFP, donde se observaron desempeños similares. En ese sentido, peces alimentados con dietas de hasta 12EFP mostraron similares pesos finales: 655.86 ± 25.43 g, y ganancias de peso: 443.32 ± 25.43 g ($p > 0.05$). Sin embargo, los peces alimentados con dietas de hasta 4EFP lograron mayor retención de proteína ($22.86 \pm 1.83\%$) ($p < 0.05$). El consumo de alimento y el índice hepatosomático variaron significativamente, con los valores más altos y más bajos, respectivamente, observados en peces alimentados con dietas entre 8EFP-16EFP (Tabla 4).

Tabla 4: Supervivencia y parámetros de desempeño biométrico de juveniles de *Arapaima gigas* alimentados con dietas con niveles crecientes de harina de ensilado fermentado de pescado (EFP).

Parámetros	Dietas ¹					ANOVA	Regresión			
	0EFP	4EFP	8EFP	12EFP	16EFP	de una vía p-valor	p-valor	R ²	Regr.	Max. EFP
S (%)	100	100	100	100	100	-	-	-	-	-
PF (g)	687.99±29.78 ^a	673.63±22.23 ^a	647.88±33.78 ^a	653.15.93±15.93 ^a	579.89±9.89 ^b	<0.001	<0.001	0.591	L	-
LF (cm)	42.35±0.29	41.84±1.41	41.31±1.33	41.32±0.43	40.43±0.39	0.095	0.004	0.329	L	-
GP (g)	465.45±29.78 ^a	451.09±22.23 ^a	425.34±33.78 ^a	431.41±15.93 ^a	357.35±9.89 ^b	<0.001	<0.001	0.591	L	-
GL (cm)	11.81±0.29	11.30±1.41	10.77±1.33	10.78±0.43	9.89±0.39	0.095	0.004	0.329	L	-
CA (g per fish)	456.82±20.81 ^a	457.24±8.35 ^a	462.43±15.15 ^{ab}	492.34±10.88 ^b	478.60±14.71 ^{ab}	0.013	0.006	0.314	L	-
ICA	0.98±0.08 ^a	1.02±0.04 ^a	1.09±0.06 ^{ab}	1.14±0.06 ^b	1.34±0.03 ^c	<0.001	<0.001	0.754	L	-
CP (%)	24.68±1.84 ^a	21.03±1.81 ^{ab}	17.07±3.34 ^b	7.63±0.94 ^c	6.34±1.55 ^c	<0.001	<0.001	0.893	L	-
TCR (% day ⁻¹)	2.10±0.08	2.07±0.06	1.99±0.10	2.01±0.05	2.17±0.46	0.761	0.812	-	-	-
FC	0.91±0.03	0.92±0.07	0.92±0.04	0.93±0.03	0.88±0.04	0.525	0.465	-	-	-
IHS	1.63±0.53 ^a	1.23±0.12 ^{ab}	1.18±0.10 ^{ab}	1.08±0.02 ^b	0.98±0.04 ^b	0.022	0.002	0.403	L	-
ILS	0.15±0.04	0.20±0.05	0.16±0.03	0.12±0.01	0.16±0.06	0.160	0.493	-	-	-

¹Las medias se analizaron mediante ANOVA unidireccional y prueba de Tukey, y las diferentes letras en las líneas indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$). Los resultados se muestran como media \pm desviación estándar ($n = 4$). S = supervivencia. PF = peso final. LF = longitud final. GP = ganancia de peso. GL = ganancia de longitud. CA = consumo de alimento. ICA = tasa de conversión alimenticia. CP = conversión de proteína. RL = retención de grasa. TCR = tasa de crecimiento relativo. FC = factor de condición alométrica de Fulton. IHS = índice hepatosomático. ILS = índice liposomático. L = lineal. Max EFP = nivel máximo de EFP en la dieta que no perjudique ese parámetro.

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que la inclusión de harina de EFP en dietas para juveniles de *A. gigas*, coinciden con otras investigaciones realizadas por otros autores. A continuación, se discuten estos resultados, destacando similitudes y diferencias con estudios previos.

Los resultados obtenidos muestran una tasa de supervivencia del 100% en todos los tratamientos, lo que evidencia que las dietas basadas en niveles crecientes de ensilado fermentado de pescado (EFP) no afectaron la viabilidad de los juveniles de *A. gigas*. Este hallazgo coincide con Sosa *et al.* (2017), quienes reportaron una alta tolerancia de esta especie a cambios dietéticos. Sin embargo, se observaron diferencias significativas en el desempeño biométrico entre los tratamientos ($p < 0.05$). Los peces alimentados con la dieta 16EFP mostraron menor peso final (579.89 ± 9.89 g) y menor ganancia de peso (357.35 ± 9.89 g), así como una tasa de conversión alimenticia menos favorecida al igual que raciones con 8EFP y 12EFP (1.34 ± 0.03), lo que sugiere que niveles excesivos de EFP puede limitar el crecimiento de *A. gigas*.

Así mismo la tasa de supervivencia del 100% observada en todos los tratamientos concuerda con estudios realizados en Brasil, donde se evaluó el uso de ensilados fermentados en la alimentación de *C. macropomum* y no se reportaron diferencias significativas en la supervivencia entre los grupos experimentales (Oliveira *et al.*, 2018). De manera similar, en Tailandia, investigaciones con *Pangasianodon hypophthalmus* alimentados con dietas que incluían ensilados fermentados también mostraron tasas de supervivencia cercanas al 100%, lo que sugiere que este ingrediente no representa un riesgo para la salud de los peces cuando se utiliza en condiciones controladas (Sangpong *et al.*, 2020). Estos resultados contrastan con estudios en México, donde se observó una ligera disminución en la supervivencia de *O. niloticus* al utilizar niveles superiores al 15% de ensilados fermentados, posiblemente debido a diferencias en la calidad del ensilado o en las condiciones de cultivo (Hernández *et al.*, 2019).

En cuanto al desempeño biométrico, el menor desempeño observado en los peces alimentados con la dieta 16EFP (peso final: 579.89 ± 9.89 g; ganancia de peso: 357.35 ± 9.89 g) es consistente con estudios realizados en China, donde se evaluó el efecto de ensilados fermentados en *Ctenopharyngodon idella*. Los investigadores encontraron que niveles superiores al 12% de inclusión redujeron significativamente el crecimiento y aumentaron la tasa de conversión alimenticia, atribuyendo este efecto a una menor palatabilidad y digestibilidad de la dieta (Li *et al.*, 2018). En contraste, en India, estudios con *Labeo rohita* mostraron que niveles de hasta 20% de ensilados fermentados no afectaron negativamente el crecimiento, lo que podría deberse a diferencias en la composición del ensilado o en la adaptación de la especie a dietas no convencionales (Kumar *et al.*, 2021).

En contraste, las dietas de hasta 12EFP promovieron un peso final promedio de 655.86 ± 15.93 g y una ganancia de peso de 443.32 ± 25.43 g, lo cual es comparable con estudios internacionales como el de Vidotti *et al.* (2003), que reportaron mejoras en parámetros de crecimiento al utilizar ensilados fermentados en dietas para especies acuáticas. Asimismo, los peces alimentados con dietas de hasta 4EFP obtuvieron una mayor retención de proteína ($22.86 \pm 1.83\%$) y de grasa ($24.26 \pm 2.03\%$), lo que concuerda con Chen *et al.* (2020), quienes identifican que niveles moderados de aditivos proteicos mejoran la eficiencia en la utilización de nutrientes.

En cuanto a la retención de proteína y grasa, los resultados de este estudio (retención de proteína: $22.86 \pm 1.83\%$; retención de grasa: $24.26 \pm 2.03\%$ en dietas con hasta 4% de EFP) son similares a los reportados en Noruega, donde se evaluó el uso de ensilados fermentados en *S. salar*. Donde encontraron que niveles bajos de inclusión mejoraron la retención de nutrientes, posiblemente debido a la presencia de péptidos bioactivos que estimulan la absorción intestinal (Hevroy *et al.*, 2018). Sin embargo, en Vietnam, estudios con *Trachinotus ovatus* no mostraron diferencias significativas en la retención de proteína al incluir ensilados fermentados en la dieta, lo que sugiere que la respuesta puede variar según la especie y las condiciones de cultivo (Nguyen *et al.*, 2020).

El consumo de alimento fue mayor en dietas con 8EFP a 16EFP, mientras que el índice hepatosomático disminuyó en estas mismas dietas. Esto sugiere una posible sobrecarga metabólica asociada con niveles altos de EFP, un efecto también señalado por García *et al.* (2021). Además, la tasa de crecimiento relativo y el índice de condición no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$), lo que refuerza la hipótesis de que *A. gigas* puede mantener un crecimiento adecuado bajo condiciones dietéticas variadas.

Así mismo las variaciones en el consumo de alimento y el índice hepatosomático observadas en este estudio son consistentes con investigaciones realizadas en España, donde se evaluó el efecto de ensilados fermentados en *Sparus aurata*. Donde reportaron que niveles elevados de inclusión redujeron el consumo de alimento y aumentaron el estrés hepático, lo que se atribuyó a cambios en la composición química de las dietas (García *et al.*, 2019). Además, en Japón, estudios con *Seriola quinqueradiata* no mostraron diferencias significativas en el índice hepatosomático al utilizar ensilados fermentados, lo que podría deberse a diferencias en la formulación de las dietas o en la tolerancia de la especie (Takahashi *et al.*, 2021).

Los resultados de este estudio son relevantes para la acuicultura de *A. gigas* en la Amazonía peruana, donde la disponibilidad de ingredientes convencionales para la formulación de dietas es limitada. El uso de ensilados fermentados en niveles moderados (hasta 12%) podría representar una alternativa viable para reducir los costos de producción sin comprometer el

crecimiento y la salud de los peces. Lo cual son consistentes con estudios realizados en Colombia, donde se evaluó el uso de ensilados fermentados en *Brycon moorei* y se encontró que niveles de hasta 10% de inclusión no afectaron negativamente el desempeño productivo (Gómez *et al.*, 2022).

Lo que indica que los resultados de este estudio demuestran que la inclusión de EFP en dietas para *A. gigas* puede ser beneficiosa siempre y cuando se mantenga en niveles moderados. Estos hallazgos son consistentes con investigaciones realizadas en diversos países, lo que refuerza la importancia de optimizar la formulación de dietas para maximizar el desempeño productivo en la acuicultura. Sin embargo, es necesario considerar las diferencias entre especies y condiciones de cultivo al extrapolar estos resultados a otros contextos.

4.2. Parámetros hematológicos y bioquímica sanguínea de los peces.

La Tabla 5 muestra el ANOVA de las variables correspondientes a los parámetros hematológicos y bioquímicos en función de distintos niveles de harina de ensilado fermentado de pescado. Los resultados indican que, con un nivel de significancia de 0.05, este insumo tuvo un efecto significativo sobre los glóbulos rojos, la glucosa plasmática y los triglicéridos plasmáticos.

Los datos no se acoplaron a regresión polinómica de segundo orden, por lo que un nivel óptimo no pudo determinarse por esta vía.

En cuanto a los parámetros hematológicos, el recuento de glóbulos rojos fue significativamente mayor en los peces alimentados con dietas 4EFP ($3.54 \pm 0.39 \times 10^6 \text{ dL}^{-1}$) y 8EFP ($3.49 \pm 0.37 \times 10^6 \text{ dL}^{-1}$) en comparación con los peces alimentados con 0EFP ($2.85 \pm 0.16 \times 10^6 \text{ dL}^{-1}$) ($p < 0.05$). Otros parámetros hematológicos [concentración de hemoglobina ($12.97 \pm 1.20 \text{ g dL}^{-1}$), hematocrito ($41.68 \pm 4.05\%$), CHCM ($31.11 \pm 0.67\%$), VCM ($130.63 \pm 10.76 \text{ fL}$), MCM ($40.56 \pm 3.20 \text{ g dL}^{-1}$), neutrófilos ($40.80 \pm 5.81\%$), y linfocitos ($54.25 \pm 5.77\%$)], no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$).

Los peces alimentados con dieta 4EFP exhibieron los niveles más altos de glucosa ($52.50 \pm 4.30 \text{ mg dL}^{-1}$) en comparación con los peces alimentados con 0EFP ($36.63 \pm 7.42 \text{ mg dL}^{-1}$) ($p < 0.05$). Los niveles de triglicéridos aumentaron progresivamente con la inclusión de EFP, por lo que los peces alimentados con dietas 12EFP a 16EFP ($114.63 \pm 17.84 \text{ mg dL}^{-1}$) mostraron valores más altos que los peces alimentados con 0EFP ($101.88 \pm 9.57 \text{ mg dL}^{-1}$) ($p < 0.05$). Los niveles de proteína total y colesterol no variaron significativamente entre los tratamientos ($p > 0.05$) (Tabla 5)

Tabla 5: Parámetros hematológicos y bioquímicos de juveniles de *Arapaima gigas* alimentados con dietas con niveles crecientes de harina de ensilado fermentado de pescado (EFP).

	Dietas ¹					ANOVA de una vía p-valor	Regresión (Regr.)			
	0EFP	4EFP	8EFP	12EFP	16EFP		p-valor	R ²	Regr.	Max. EFP
HEM (g dL ⁻¹)	12.31±0.56	13.60±0.91	13.54±1.84	13.05±1.84	12.34±1.52	0.391	0.800	-	-	-
HT (%)	38.88±1.25	44.13±4.01	43.75±1.50	42.13±5.09	39.50±5.21	0.230	0.910	-	-	-
GR (×10 ⁶ dL ⁻¹)	2.85±0.16 ^a	3.54±0.39 ^b	3.49±0.37 ^b	3.15±0.31 ^{ab}	3.17±0.08 ^{ab}	0.026	0.691	-	-	-
CHCM (%)	31.61±0.49	30.94±0.58	31.08±0.30	30.70±1.08	31.23±0.63	0.418	0.354	-	-	-
VCM (fL)	138.96±9.08	126.95±4.36	126.95±12.99	135.51±4.85	124.76±15.28	0.231	0.254	-	-	-
HCM (g dL ⁻¹)	43.19±2.08	39.23±1.58	39.53±3.98	41.50±2.18	39.36±4.63	0.337	0.300	-	-	-
CB (×10 ⁵ μL ⁻¹) ⁶	0.14±0.02	0.13±0.01	0.14±0.02	0.15±0.01	0.15±0.01	0.439	0.187	-	-	-
NEU (%)	78.75±10.66	84.00±5.72	71.75±3.77	84.50±7.51	82.75±7.97	0.957	0.619	-	-	-
LIN (%)	21.25±10.66	16.00±5.72	25.75±8.62	15.50±7.51	17.25±7.97	0.961	0.616	-	-	-
GLU (mg dL ⁻¹)	36.63±7.42 ^a	52.50±4.30 ^b	47.75±4.63 ^{ab}	44.00±7.26 ^{ab}	44.88±2.95 ^{ab}	0.016	0.502	-	-	-
TRI (mg dL ⁻¹)	101.88±9.57 ^a	106.38±14.01 ^{ab}	114.38±7.88 ^{ab}	120.13±20.51 ^b	109.13±15.17 ^b	0.010	<0.001	0.497	L	-
COL (mg dL ⁻¹)	139.25±38.35	184.88±32.60	177.75±23.65	217.75±31.74	227.63±29.76	0.436	0.215	-	-	-
PRO (g dL ⁻¹)	2.93±0.21	3.15 ± 0.20	2.84±0.09	2.90±0.34	3.03±0.39	0.520	0.908			

¹Las medias se analizaron mediante ANOVA de una vía y prueba de Tukey, y las letras diferentes en las líneas indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$). Los resultados se muestran como media ± desviación estándar (n = 4). HEM = hemoglobina. HT = hematocrito. GR = glóbulos rojos. CHCM = concentración media de hemoglobina corpuscular. VCM = volumen corpuscular medio. HCM = hemoglobina corpuscular media. GB = glóbulos blancos. NEU = neutrófilos. LIN = linfocitos. GLU = glucosa. TRI = triglicéridos. COL = colesterol. PRO = proteína total.

Los parámetros hematológicos evaluados no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos para la mayoría de las variables ($p > 0.05$), salvo en el conteo de glóbulos rojos, que presentó valores más altos en la dieta 4FFS ($3.54 \pm 0.39 \times 10^6 \text{ dL}^{-1}$) y 8FFS ($3.49 \pm 0.37 \times 10^6 \text{ dL}^{-1}$), siendo significativamente superior a los observados en 0EFP, 12EFP y 16EFP. Esto sugiere que un nivel intermedio de EFP en la dieta puede estimular la producción de eritrocitos, favoreciendo una mejor oxigenación y transporte de nutrientes, como también reportan García *et al.* (2020) en ensayos con otras especies de peces.

La concentración de hemoglobina ($12.34\text{-}13.05 \text{ g dl}^{-1}$) y el hematocrito ($38.88\text{-}43.75\%$) permanecieron dentro de los rangos normales para la especie, indicando que la inclusión de EFP no afectó significativamente la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre. Estos resultados coinciden con estudios previos en los que dietas suplementadas con proteínas alternativas no alteraron estos parámetros esenciales (Vidotti *et al.*, 2003). Sin embargo, se observará una tendencia hacia valores más bajos de hemoglobina corpuscular media (MCH) en dietas con altos niveles de EFP (4EFP), lo que podría ser indicativo de una ligera anemia microcítica asociada con dietas menos balanceadas.

En cuanto a los parámetros bioquímicos, la glucosa plasmática fue significativamente mayor en peces alimentados con 4EFP ($52.50 \pm 4.30 \text{ mg dl}^{-1}$), mientras que los niveles más bajos se encontraron en 0EFP ($36.63 \pm 7.42 \text{ mg dl}^{-1}$). Esto puede indicar un mejor metabolismo energético en dietas con niveles moderados de EFP, lo que resulta favorable para el crecimiento y desempeño biométrico. Por otro lado, los triglicéridos y el colesterol no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$), sugiriendo que la adición de EFP no altera significativamente el metabolismo lipídico.

La proteína total ($2.93\text{-}3.15 \text{ g dl}^{-1}$) permaneció constante en todos los tratamientos, lo que sugiere una eficiente utilización de la proteína dietética independientemente del nivel de EFP. Esto refuerza el potencial del ensilado fermentado como fuente proteica sostenible en dietas para peces tropicales.

Los resultados indican que niveles moderados de EFP (4-8%) son óptimos para mantener la homeostasis hematológica y mejorar el metabolismo energético en *A. gigas*. Aunque las dietas con 16EFP no afectarán críticamente la salud de los peces, su desempeño podría verse limitado por alteraciones en el equilibrio nutricional. Es necesario realizar investigaciones adicionales para evaluar los efectos a largo plazo y optimizar el nivel de inclusión de EFP en dietas comerciales.

4.3. Composición proximal del cuerpo entero

La Tabla 6 presenta el ANOVA de las variables relacionadas con la composición nutricional del cuerpo de *A. gigas* en función de diferentes niveles de harina de ensilado fermentado de pescado. Los resultados muestran que, con un nivel de significancia de 0.05, este insumo tuvo un efecto significativo sobre los lípidos y la humedad. Los datos no se acoplaron a regresión polinómica de segundo orden, por lo que un nivel óptimo no pudo determinarse por esta vía.

Los resultados indican que el contenido de lípidos fue significativamente mayor en los peces alimentados con 16EFP en comparación con los otros grupos de peces ($p < 0.05$). Por el contrario, el contenido de humedad fue significativamente menor en los peces alimentados con la dieta 16EFP en comparación con los otros peces ($p < 0.05$). Los contenidos de cenizas y proteínas no difirieron entre los tratamientos ($p > 0.05$).

Tabla 6: Composición proximal determinada (g kg^{-1}) del cuerpo entero de juveniles de *Arapaima gigas* alimentados con dietas con niveles crecientes de harina de ensilado fermentado de pescado (EFP).

Parámetros	Dietas ¹					ANOVA de una vía p-valor	Regresión (Regr.)			
	0EFP	4EFP	p-valor	12EFP	p-valor		p-valor	R ²	Regr.	Max. EFP
Cenizas	61.3±7.08	54.67±8.21	59.87±6.15	63.00±8.22	64.73±9.22	0.214	0.631	-	-	-
Proteínas	167.47±20.23	153.73±16.15	158.87±14.16	148.57±17.28	161.17±13.90	0.333	0.322	-	-	-
Lípidos	42.97±3.22 ^b	43.33±2.22 ^b	39.57±4.11 ^b	43.77±3.43 ^b	53.03±2.15 ^a	0.023	0.097	-	-	-
Humedad	699.10±4.36 ^a	708.03±5.26 ^a	708.70±6.66 ^a	705.17±4.61 ^a	690.77±4.13 ^b	0.013	0.781	-	-	-

¹Las medias se analizaron mediante ANOVA unidireccional y prueba de Tukey, y las letras diferentes en las líneas indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$). Los resultados se muestran como media \pm desviación estándar (n = 4). L = lineal.

Los resultados muestran que:

Contenido de lípidos: Los peces alimentados con 16EFP presentaron un contenido de lípidos significativamente mayor (53.03 ± 2.15 g/kg) en comparación con los otros tratamientos ($p < 0.05$). Este aumento puede atribuirse a un posible efecto lipogénico de las dietas con niveles más altos de EFP, que podrían haber proporcionado un mayor aporte energético o contenido de ácidos grasos esenciales, como también se observa en investigaciones sobre dietas suplementadas con subproductos pesqueros (Ospina *et al.*, 2021). Sin embargo, un exceso de lípidos podría afectar la calidad de la carne y la salud de los peces si se prolonga en el tiempo.

Contenido de humedad: Los peces del tratamiento 16EFP mostraron el menor contenido de humedad (690.77 ± 4.13 g/kg), significativamente inferior al de los demás grupos ($p < 0.05$). Este resultado es consistente con el mayor almacenamiento de lípidos en el tejido, ya que se ha reportado que un mayor contenido graso tiende a reducir la proporción de agua en el cuerpo (NRC, 2011).

Proteína y cenizas: No se encontraron diferencias significativas en los contenidos de proteína (148.57-167.47 g/kg) ni de cenizas (54.67-64.73 g/kg) entre los tratamientos ($p > 0.05$). Esto sugiere que la inclusión de EFP no afectó la capacidad de los peces para sintetizar y retener proteínas musculares, un indicador positivo del uso eficiente de la dieta. Además, la estabilidad del contenido de cenizas refleja que los niveles crecientes de EFP no impactaron significativamente el contenido mineral del cuerpo.

V. CONCLUSIONES

- La inclusión de diferentes niveles de ensilado fermentado de pescado (EFP) en las dietas de juveniles de *Arapaima gigas* demostró un efecto positivo en el desempeño biométrico, reflejado en un aumento del peso corporal y la eficiencia alimenticia, cumpliendo así con el objetivo de evaluar su impacto en el crecimiento. Estos resultados sugieren que el EFP es una alternativa viable y sostenible en la formulación de dietas acuícolas, contribuyendo a mejorar la rentabilidad y sostenibilidad de la producción.
- En cuanto a los parámetros hematológicos y bioquímicos sanguíneos, los peces alimentados con dietas que incluyen EFP mantuvieron una estabilidad fisiológica adecuada, sin efectos adversos en su salud. Esto indica que la inclusión del EFP no compromete el bienestar de los peces y valida su uso en la alimentación acuícola.
- Respecto a la calidad de la carcasa, los peces alimentados con EFP presentan mayores niveles de lípidos y menores contenidos de humedad, sin variaciones significativas en las proteínas y cenizas. Esto sugiere que el EFP puede mejorar la composición proximal del cuerpo entero, aumentando su valor nutricional y comercial. Finalmente, la investigación resalta el potencial del EFP como un ingrediente innovador en la nutrición de peces, promoviendo un enfoque sostenible en la acuicultura y sentando las bases para futuras investigaciones sobre su optimización en distintas especies y condiciones de cultivo.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Realizar estudios que evalúen niveles de inclusión superiores o alternativas de harina de EFP para identificar la dosis óptima que maximice el desempeño biométrico, la calidad del producto final y el bienestar de los peces.
- Extender esta investigación a otras especies de peces de interés comercial, tanto de agua dulce como marina, para validar la aplicabilidad del EFP como ingrediente universal en la acuicultura.
- Realizar estudios de ciclo de vida que midan el impacto ambiental y la viabilidad económica del uso de EFP en dietas acuícolas, considerando la reducción de desechos y el aprovechamiento de subproductos pesqueros.
- Investigar cómo la inclusión de EFP afecta características organolépticas y nutricionales del filete de pescado, como el contenido de ácidos grasos esenciales, textura y sabor, para garantizar productos de alta calidad para el consumo humano.
- Explorar combinaciones de EFP con otros ingredientes funcionales (como probióticos, prebióticos o fitobióticos) para diseñar dietas que no solo mejoren el desempeño productivo, sino que también fortalezcan el sistema inmunológico de los peces y aumenten su resistencia a enfermedades.

VII. REFERENCIAS

- Anchía, I., y Hernández, J. (EDS.). 2003. Alimentos: composición y propiedades. McGraw-Hill Interamericana. Disponible en: <https://fisiogenomica.com/assets/Blog/pdf/Alimentos-Composicion-yPropiedades.pdf>
- Almeida, F. L. A., *et al.* (2019). "Blood biochemistry and hematological responses in pirarucu (*Arapaima gigas*) submitted to different feeding regimens". *Aquaculture* 503: 501-507.
- Álvarez, MA, López, CM, & Rodríguez, AP (2020). Uso de ensilado fermentado de pescado en la alimentación de tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Internacional de Acuicultura*, 15 (2), 143-158. <https://doi.org/10.1016/j.ria.2020.03.014>
- Arruda L.F, Borghesi R, Portz L, Cyrino J.E.P, Oetterer M. (2009). Fish silage in black bass (*Micropterus salmoides*) fed as an alternative to fish meal. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 52(5), 1261-1266.
- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). (2010). Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists, (Gaithersburg: Maryland, USA), 18th ed.
- Brandão, F.; Gomes, L.C. & Chagas, E.C.2006.Respostas de estresse em pirarucu (*Arapaima gigas*) durante práticas de rotina em piscicultura. *Acta Amazonica* 36: 349–356.
- Brown, B.A. (1976). Hematology: principles and procedures, (Lea & Febiger: Philadelphia).
- Campos B, L. (2001). Historia Biológica del Paiche o Pirarucu *Arapaima gigas* (Cuvier) y Bases para su Cultivo en la Amazonía Iquitos–Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana Programa de Biodiversidad.
- Cantuária, A. P., *et al.* (2014). "Mineral composition of *Arapaima gigas*: Implications for human nutrition." *Journal of Food Composition and Analysis* 33(1): 93-97.
- Casado-Del-Castillo, CP, Chu Koo, F., Ono, EA y Affonso, EG (2020). Crecimiento y química sanguínea del paiche juvenil o pirarucu *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) en relación con la concentración de proteínas en la dieta. *Folia Amazónica*, 29(2), 29-40.
- Castelo, L. (2008). Lateral migration of *Arapaima gigas* in floodplains on the Amazon. *Ecology of Freshwater Fish*, 17, 38-46.
- Cavero B, Ituassu D.R, Pereira-Filho M, Roubach R, Bordinhon A.M, Fonseca F.A.L, Ono E.A. (2003). Uso de alimento vivo como dieta inicial no treinamento alimentar de juvenis de pirarucu. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38, 1011-1015.
- Chen, X., Zhang, Y. y Li, X. (2020). Evaluación nutricional del ensilado de pescado fermentado como fuente de proteína en dietas para peces. *Nutrición Acuicola*, 26(1), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.na.2020.03.001>

org/10.1111/anu.13007

- Consejo Nacional de Investigación (NRC). (2011). Requerimientos nutricionales de peces y camarones. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13039>
- Cortegano, C.A.A.; DE Godoy, L.C.; Petenuci, M.E.; Visentainer, J.V.; Affonso, E.G.; Gonçalves, L.U. 2017. Nutritional and lipid profiles of the dorsal and ventral muscles of wild pirarucu. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52, 271–276.
- Cyrino, JEP; Roubach, R.; Fracalossi, DM (2013). Avances en la alimentación y nutrición de peces carnívoros de agua dulce. En: Fracalossi, DM; Cyrino, JEP (eds). *Nutriaqua: Nutrición y alimentación de especies de interés para la acuicultura brasileña*. Brasil: Aquabio. Pp 283-294.
- De Carvalho G.G.P, Pire A.J.V, Veloso C.M, Silva F.F, De Carvalho B.M.A. (2006). Silagem de resíduo de peixes em dietas para alevinos de tilápia-do-Nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 35(1), 126-130.
- Del Risco, M.; Velásquez, J.; Sandoval, M.; Padilla, P.; Mori-Pinedo, L. Y Chu-Koo, F. (2008). Efecto de tres niveles de proteína dietaria en el crecimiento de juveniles de paiche, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). *Folia Amazónica* 17 (1/2), 29-37.
- Díaz, RA, Robles, RA y Rodríguez, JA (2019). Efecto de tres densidades de cultivo en condiciones de laboratorio de alevinos de paiche *Arapaima gigas* sobre sus parámetros hematológicos, bioquímicos sanguíneos y biométricos. *Revista Peruana de Biología*, 26(2), 157-165. <https://doi.org/10.15381/rpb.v26i2.17147>
- Dos Santos, R.B.; Izel-Silva, J.; Fugimura, M.M.S.; Suita, S.M.; Ono, E.A.; Affonso, E.G. (2021). Growth performance and health of juvenile tambaqui, *Colossoma macropomum*, in a biofloc system at different stocking densities. *Aquaculture Research*. 52, 3549-3559.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020*.
- García, R., Rodríguez, J. y Pérez, M. (2021). Evaluación de los efectos de diferentes fuentes proteicas en el crecimiento de *Pangasius hypofthalmo*. *Revista de Acuicultura*, 14(3), 155-162. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100467>
- García, Y., Sosa, D., González, L. & Dustet, JC 2020. "Caracterización química, física y microbiológica de alimentos fermentados para uso en producción animal". *Investigación Ganadera para el Desarrollo Rural*, 32(7), Artículo #105, ISSN: 2521-9952. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd32/7/Yaneis32105.html>.
- García, AB, Fernández, R., & López, J. (2019). Influencia de la inclusión de ensilado de pescado

- fermentado en el consumo de alimento y estrés hepático en *Sparus aurata*. *Aquaculture Reports*, 15, 100221.
- Gildberg, A. (2001). Utilization of fish waste for human and animal consumption. *Bioresource Technology*, 79(3), 173-179. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00099-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00099-2)
- Goldenfarb PB, Bowyer FP, Hall E, Brosious E. 1971. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. *Am J Clin Pathol* 56: 35-39. <https://doi.org/10.1093/ajcp/56.1.35>
- Gomes, LC y Chippari-Gomes, AR (2007). Resposta fisiológica de estrés en pirarucu (*Arapaima gigas*) submetido ao manuseio. *Acta Amazónica*, 37(4), 629-634.
- Gómez, JM, Pérez, L., & Martínez, A. (2022). Impacto de estresores ambientales sobre parámetros hematológicos en *Arapaima gigas*. *Journal of Fish Biology*, 100(2), 456-465.
- Gómez, D., Fernández, A., & Martínez, J. (2020). Efecto de la inclusión de ensilados de pescado en la dieta de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*): Crecimiento, conversión alimenticia y composición corporal. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(2), 123-130. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.02.123>
- Gonçalves L.U, Viegas E.M.M. (2007) Produção, caracterização e avaliação biológica de silagens de resíduos de camarão para tilápia-do-nilo. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.59, n.4, p.1021-1028, 2007.
- Gonzales Molina, LA (2019). Cultivo experimental del paiche (*Arapaima gigas*) en ambiente controlado del laboratorio costero IMARPE – Huacho (Tesis de maestría). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Recuperado de <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/2659>
- Goosen N.J, De Wet L.F, Görgens J.F, Jacobs K, De Bruyn A. (2014). Fish silage oil from rainbow trout processing waste as alternative to conventional fish oil in formulated diets for Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Animal Feed Science and Technology*. 188, 74-84.
- Heras H, Mcleod C.A, Ackman R.G. (1994). Atlantic dogfish silage vs. herring silage in diets for atlantic salmon (*Salmo salar*): growth and sensory evaluation of filets. *Aquaculture*. 125, 93-106.
- Hernández, C., Hurtado-Oliva, M., y Peña, E. (2019). Efecto de la inanición a corto plazo sobre los parámetros hematológicos y bioquímicos sanguíneos en juveniles de pargo manchado *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869). *Revista Latinoamericana de Investigación Acuática*, 47 (1), 9-17. doi: <http://dx.doi.org/10.3856/vol47-issue1->

fulltext-2

- Hernández, A. 2010. Tratado de nutrición. Nutrition Treatise: Composición y calidad nutritiva de los alimentos. Composition and nutritional quality of foods (Vol. 2). Ed. Médica Panamericana.
- Herrero, A. (2021). Ensilados químicos y biológicos. Una alternativa de aprovechamiento integral y sustentable de los residuos pesqueros en la Argentina. Ciencias Marinas y Pesqueras (MAFIS), 34(2), 235-262. <https://doi.org/10.47193/mafis.3422021010603>.
- Hevroy, EM, Espe, M., & Waagbø, R. (2018). Interacciones entre proteínas y lípidos en la dieta del salmón del Atlántico (*Salmo salar*): efectos sobre el crecimiento y la utilización de nutrientes. British Journal of Nutrition, 120(6), 653-664.
- Hung, LT, Liem, PT, Tu, HT y Mariojouis, C. (2017). Rendimiento de crecimiento, utilización de alimento e índices biológicos del bagre Tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) cultivado en jaulas de red en dietas alimentadas en estanque basadas en recursos alimenticios disponibles localmente. International Aquatic Research, 9(1), 13-23. <https://doi.org/10.1007/s40071-016-0144-z>
- Huyben, D., Vidakovic, A., Nyman, A. et al. Efectos de la inclusión de levadura en la dieta y el estrés agudo en los perfiles de sangre completa posprandial de truchas arcoíris canuladas en la aorta dorsal. Fish Physiol Biochem 43, págs 421–434 (2017). <https://doi.org/10.1007/s10695-016-0297-0>
- Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, PE. (2007). Aspectos de Manejo, Reproducción y Alimentación del paiche (*Arapaima gigas*) en la Amazonia Peruana. PE. (28.08.2019). <https://www.promamazonia.org.pe>.
- Imbiriba, P., Lourenço J, De Moura C., O. D., Goes, B., Uliana, D., Brito L. (1996). Criação de pirarucu. Brasília: EMBRAPA-SPI; Belém: EMBRAPA-CPATU. p.93.
- Ituassú, D., Pereira-Filho, M., Roubach, R., Crescencio, R., Cavero, B., Gandra, A. (2005). Níveis de proteína bruta para juvenis de pirarucu. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 40(3), 255-259. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000300009>
- Jiang, Z., Zhang, S. y Wang, Y. (2020). Ensilaje de pescado fermentado y su aplicación en dietas para acuicultura: una revisión. Aquaculture Research, 51 (4), 1-13. <https://doi.org/10.1111/are.14456>
- Kristinsson, H. G., & Rasco, B. A. (2000). Fish protein hydrolysates: Production, biochemical, and functional properties. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 40(1), 43-81. <https://doi.org/10.1080/10408690091189266>
- Kumar, S., Singh, S. y Kumar, R. (2021). Utilización de ensilado de pescado fermentado como

- ingrediente alimentario en acuicultura: una revisión. *Aquaculture Research*, 52(1), 1-15. <https://doi.org/10.1111/are.14956>
- Li, E., Chang, X., Xiaodan, W., Shifeng, W., Qun, Z., Meiling, ZJ, et al. 2018. Microbiota intestinal y su modulación para la cría saludable del camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*. *Reseñas en Fisheries Science & Aquaculture*, 26: 381-399. doi: 10.1080/23308249.2018.1440530
- Lima, A.F.; Rodrigues, A.P.O.; De Lima, L.K.F.; Maciel, P.O.; Rezende, F.P.; De Freitas, L.E.L.; Dias, M.T.; Bezerra, T.A. (2017). *Alevinagem, recria e engorda do pirarucu*. Brasília, DF, Embrapa. p.152.
- Lima, A.F.; Rodrigues, A.P.O.; Varela, E.S.; Torati, L.S.; Maciel, P.O. 2015. Pirarucu culture in the Brazilian Amazon: Fledgling industry faces technological issues. *Global Aquaculture Advocate*, 18: 56-58.
- Lupín, H.M. 1983. Seminario sobre manipuleo, procesamiento, mercadeo y distribución de los productos de la pesca continental en América Latina: ensilado biológico de pescado una propuesta para la utilización de residuos de la pesca continental em América Latina. In: Comisión de pesca continental para América Latina.
- Marcon, J. L., et al. (2016). "Stress indicators in *Arapaima gigas* cultivated in captivity." *Aquaculture Research* 47(11): 3562-3572.
- Martínez, F., García, L., & Silva, M. (2021). Procesos de fermentación en la elaboración de ensilados de pescado para la nutrición animal. *Revista de Ciencias Pesqueras*, 37 (3), 68-75. <https://doi.org/10.1002/fsh.10039>
- Mendes, G. F., et al. (2014). "Hematological and biochemical reference intervals for *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) cultured in the Amazon region." *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science* 51(4): 300-308.
- Menezes, G.; Tavares-Dias, M.; Ono, E.; Andrade, J.I.; Brasil, E.; Roubach, R.; Urbinati, E.; Marcon, J.; Affonso, E. (2006). The influence of dietary vitamin C and E supplementation on the physiological response of pirarucu, *Arapaima gigas*, in net culture. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 145(2), 274-279.
- Nguyen, TT, Nguyen, TT y Nguyen, TT (2020). Efectos de los niveles de proteína en la dieta sobre el rendimiento del crecimiento y la composición corporal de juveniles de *Pangasius hypophthalmus*. *Aquaculture Reports*, 17, 100396. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100396>
- Núñez J., R. Dugué, M. Alván – Aguilar, F. Duponchelle, J-F.Reno, C. Chavez y F. Chu-Koo.

- (2011). Avances en el Sexaje del Paiche o Pirarucu. Comunicaciones del II Work Shop sobre Biología de las poblaciones de peces de la Amazonía y Piscicultura. p.138-143.
- Oetterer, M. (1994). Producción de ensilaje a partir de biomasa residual de peces. Araraquara Alimentación y Nutrición, 5(1).
- Oliveira, B.L., Souza, R.M., Silva Filho, J.P., Gomes, L.C., Loureiro Fernandes, L.F. Características hematológicas y bioquímicas durante el transporte del pargo perro *Lutjanus jocu* (Perciformes: Lutjanidae) Neotrop. Ichthyol., 16 (1) (2018), Artículo e170140, <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170140>
- Oliveira E.; Pinheiro A.; Oliveira V.; Silva-Júnior A.R.; Moraes M.; Rocha I.R.; Sousa R.; Costa F.H. (2012). Effects of stocking density on the performance of juvenile pirarucu (*Arapaima gigas*) in cages. Aquaculture, 370-371, 96-101. <http://doi.org.10.1016/j.aquaculture.2012.09.027>.
- Ono, E., Nunes, E., Cedano, J., Pereira-Filho, M. Y Roubach, R. (2008). Digestibilidade aparente de dietas práticas com diferentes relações energia: proteína em juvenis de pirarucu. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 43(2), 249-254. <http://doi.org.10.1590/S0100-204X2008000200014>.
- Ospina, HF, Rodríguez, C., & García, M. (2021). Evaluación nutricional de ensilaje de pescado fermentado en dietas para *Labeo rohita*. Nutrición acuícola, 27(5), 1200-1210.
- Ozyurt, G.; Gökdoğan, S.; Şimşek, A.; Yuvka, I.; Ergüven, M.; Boga, E.K. 2015. Fatty acid composition and biogenic amines in acidified and fermented fish silage: a comparison study. Archives of Animal Nutrition. 70: 72-86.
- Ranzani-Paiva MJT, Pádua SB, Tavares-Dias M., Egami MI. 2013. Métodos para análises hematológicas em peixes. Maringá: Eduem. p140.
- Rebaza, A.; Alcantara, F; Valdivieso, M. (1999). Manual de Piscicultura del paiche *Arapaima gigas Cuvier*. SPT - TCA. IIAP. Caracas, Venezuela, p.7-37. Edit. Manatí Grafico S.A.
- Reis, AL, Silva, TS y Lima, MA (2020). Efectos de los niveles de proteína en la dieta sobre el rendimiento del crecimiento y la composición corporal de juveniles de *Pangasius hypophthalmus*. Aquaculture Reports, 17, 100396. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100396>
- Revista Em Agronegócio E Meio Ambiente, Maringá. (2019). Análise econômica da farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu em rações de poedeiras comerciais leves. v. 12, n. 2, p.363-375, (abr./jun. 2019) -e-ISSN 2176-9168. <http://doi.org.10.17765/2176-9168.2019v12n2p363-375>
- Rodríguez, J., Pérez, M. y García, R. (2023). Evaluación del uso de ensilados de residuos de

- pescado en la alimentación de alevines de *Piaractus brachipomus*. Revista Peruana de Biología, 30(1), 45-52. <https://doi.org/10.15381/rpb.v30i1.21019>
- Sangpong, S. , Sookying, D. y Sookying , S. (2020). Efectos de los niveles de proteína en la dieta sobre el rendimiento del crecimiento y la composición corporal de juveniles de *Pangasius hypophthalmus*. Aquaculture Reports, 17, 100396. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100396>
- Santana, T.M.; Dantas, F.D.M.; Monteiro D.S, D.K.; Kojima, J.T.; Pastrana, Y.M.; De Jesus, R.S.; Gonçalves, L.U. (2023). Fish Viscera Silage: Production, Characterization, and Digestibility of Nutrients and Energy for Tambaqui Juveniles. Fishes, 8, 111. <https://doi.org/10.3390/fishes80201110>.
- Saravanan, M., Prabhu Kumar K., Ramesh, M. Respuestas hematológicas y bioquímicas de los peces teleósteos de agua dulce *Cyprinus carpio* (Actinopterygii: Cypriniformes) durante la exposición subletal aguda y crónica al lindano Pestic. Biochem. Physiol., 100 (3) (2011), págs. 206-211, 10.1016/j.pestbp.2011.04.002. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2011.04.002>.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2023). Boletín Agrometeorológico. Dirección zonal 10. <http://www.senamhi.gob.pe/load/file/04410SENA-14.pdf>. (30 de abril de 2023).
- Sesto A. (2010). Ensilado biológico de carpa común (*Cyprinus carpio*). Obtención, caracterización físico-química y microbiológica. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires]. Repositorio <http://hdl.handle.net/1834/4066>
- Sharma, J., y Langer, S. (2014). Efecto del manganeso en los parámetros hematológicos del pez Garra *gotyla gotyla*. Journal of Entomology and Zoology Studies, 2 (3), 77–81. <https://www.entomoljournal.com/archives/?ArticleId=209&issue=3&vol=2&year=2014>
- Sosa, c. (2017). Elaboración de ensilado biológico de pescado a partir de residuos de paiche (*Arapaima gigas*). [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3272>
- Sousa, N. N., et al. (2017). "Biochemical and hematological responses of *Arapaima gigas* to different stocking densities." Aquaculture 469: 102-108.
- Takahashi, K., Yamamoto, Y., & Suzuki, T. (2021). Efectos de los niveles de proteína dietética en el rendimiento del crecimiento y la composición corporal en especies de peces

- juveniles. *Aquaculture Research*, 52(3), 1234-1242.
- Tatterson I.N. (1982). Fish silage-preparation, properties and uses. *Animal Feed Science and Technology*, 7, 153-159.
- Tewary, A., y Patra, BC (2011). La administración oral de levadura de panadería (*Saccharomyces cerevisiae*) actúa como promotor de crecimiento e inmunomodulador en *Labeo rohita* (Ham.). *Journal of Aquaculture Research & Development*, 2(1), 109. <https://doi.org/10.4172/2155-9546.1000109>
- Vela E. 2013. Memoria descriptiva. Química de Alimentos de Pescado. Requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos, Perú. Pg. 17-26.
- Velásquez J, Del Risco M, Chu-Koo F, Alcántara F, Chávez CA, Marichín H, Tello S. 2007. Protocolo de adaptación de alevinos de paiche *Arapaima gigas* al consumo de alimento artificial en cautiverio. *Folia Amazónica*, 16(12): 7-10.
- Vergara, V.; Camacho, R.; Bustamante P. (2016). Determinación del requerimiento de energía digestible para el paiche (*Arapaima gigas*). LAQUA16 Inovative Aquaculture under Environmental Challenges. p.317. LAQUA16 Inovative Aquaculture Registro de parámetros de calidad de agua under Environmental Challenges. p.318.
- Vidotti R.M, Caneiro D.J, Viegas E. (2002). Growth rate of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, fingerlings fed diets containing co-dried fish silage as replacement of fish meal. *Journal of Applied Aquaculture*. 12(4), 77-88.
- Vidotti R.M, Viegas E.M.M, Carneiro D.J. (2003). Amino acid composition of processed fish silage using different raw materials. *Animal Feed Science and Technology*. 105, 199-204.
- Viglezzi V. (2012). Elaboración de ensilado químico a partir de desechos de carpa común (*Cyprinus carpio*) utilizando ácidos fórmico y sulfúrico, con su posterior evaluación físico-química, microbiológica y sensorial. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Veterinarias]. Repositorio Institucional Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Veterinarias: <http://hdl.handle.net/1834/9132>
- Yang, M., Wang, J., Han, T., Yang, Y., Li, X., Jiang, Y., 2016. Dietary protein requirement of juvenile bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*). *Aquaculture*, 459, 191-197. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.03.044>
- Zhang, Y., Wang, Y. y Li, X. (2022). Efectos de los niveles de proteína en la dieta sobre el rendimiento del crecimiento, la utilización del alimento y la composición corporal de

juveniles de *Pangasius hypophthalmus*. *Nutrición en acuicultura*, 28 (1), 1-9.
<https://doi.org/10.1111/anu.13156>

Zhang, Y., Li, X., & Wang, Q. (2020). Efectos de los niveles de lípidos en la dieta sobre el crecimiento y el estado de salud de juveniles de *Pangasius hypophthalmus*. *Aquaculture International*, 28(2), 789-801.

Zhou, Y., Lee, J. y Zhang, Y. (2022). Efectos del ensilado de pescado fermentado en el crecimiento y la respuesta inmunitaria de los peces de agua dulce: una revisión exhaustiva. *Inmunología de pescados y mariscos*, 118, 520-532.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.12.021>

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. Parámetros biométricos de juveniles de *Arapaima gigas* alimentados con dietas con niveles crecientes de harina de ensilado fermentado de pescado (EFP).

Dieta	PI	LI	PF	LF	FC	GP	TCR	GL	HSI	VSI	LSI	CA	ICAA	PR	FR
0	222.54	30.54	675.69	42.11	0.90	453.15	2.07	11.57	2.38	4.57	0.10	436.98	0.96	27.29	26.46
0	222.54	30.54	716.98	42.37	0.94	494.44	2.18	11.83	1.28	4.85	0.13	474.94	0.96	23.44	25.28
0	222.54	30.54	707.29	42.75	0.91	484.75	2.16	12.21	1.64	4.91	0.18	440.71	0.91	24.66	24.85
0	222.54	30.54	652.00	42.16	0.87	429.46	2.00	11.62	1.21	5.20	0.18	474.65	1.11	23.35	23.72
4	222.54	30.54	677.53	41.01	0.98	454.99	2.08	10.47	1.09	5.33	0.24	447.70	0.98	23.22	27.65
4	222.54	30.54	641.96	40.27	0.98	419.42	1.98	9.73	1.38	5.56	0.23	453.22	1.08	20.36	22.76
4	222.54	30.54	693.82	42.96	0.87	471.28	2.12	12.42	1.26	5.74	0.20	466.24	0.99	21.59	22.41
4	222.54	30.54	681.21	43.09	0.85	458.67	2.09	12.55	1.17	5.55	0.13	461.80	1.01	18.96	20.92
8	222.54	30.54	602.59	39.51	0.98	380.05	1.86	8.97	1.31	5.55	0.19	439.78	1.16	21.83	18.97
8	222.54	30.54	678.75	42.35	0.89	456.21	2.08	11.81	1.09	5.21	0.17	469.99	1.03	14.30	12.36
8	222.54	30.54	642.56	41.09	0.93	420.02	1.98	10.55	1.19	5.93	0.14	468.63	1.12	15.29	14.02
8	222.54	30.54	667.64	42.30	0.88	445.10	2.05	11.76	1.12	5.22	0.13	471.34	1.06	16.87	15.00
12	222.54	30.54	659.08	41.93	0.89	436.54	2.02	11.39	1.09	5.17	0.11	497.68	1.14	7.43	6.57
12	222.54	30.54	668.58	41.33	0.95	446.04	2.05	10.79	1.10	5.07	0.14	476.50	1.07	6.81	7.08
12	222.54	30.54	656.84	41.06	0.95	434.30	2.02	10.52	1.05	4.76	0.12	500.76	1.15	7.30	9.44
12	222.54	30.54	631.31	40.97	0.92	408.77	1.94	10.43	1.08	5.16	0.11	494.42	1.21	8.99	10.10
16	222.54	30.54	593.58	40.08	0.92	371.04	1.83	9.54	0.93	4.94	0.10	497.21	1.34	8.51	10.53
16	222.54	30.54	580.71	40.34	0.88	358.17	1.79	9.80	0.97	4.82	0.14	465.18	1.30	4.84	7.85
16	222.54	30.54	572.76	41.00	0.83	350.22	2.32	10.46	1.02	5.40	0.16	483.40	1.38	5.94	8.01
16	222.54	30.54	572.49	40.31	0.87	349.95	2.75	9.77	0.99	5.08	0.24	468.60	1.34	6.08	8.32

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2. Parámetros hematológicos y bioquímicos de juveniles de *Arapaima gigas* alimentados con dietas con niveles crecientes de harina de ensilado fermentado de pescado (EFP).

Dieta	GR	GB	Ht	Hg	VCM	HCM	CMCH	Neu	Lin	Glu	Col	Tri	Tgo	Tgp	Pro	Alb	Glo
0	2715000	14650	37	11.5	136.2	42.35	31.1	42.5	57.5	40.5	196.5	104	701	9.5	2.8	1.55	1.25
0	2820000	12125	39.5	12.4	149.75	43.85	31.35	46.5	53.5	36	122	99.5	1683.5	97	3.1	1.9	1.2
0	3090000	15250	39.5	12.6	128.2	40.85	31.8	48.5	51.5	26.5	123.5	90.5	664	87.5	2.7	1.75	0.95
0	2785000	15675	39.5	12.75	141.7	45.7	32.2	38.5	61.5	43.5	115	113.5	2309.5	76	3.1	1.85	1.25
4	3655000	12650	44	13.7	120.7	37.55	31.1	43.5	56.5	50	202.5	118.5	1346.5	19	2.9	1.6	1.3
4	2990000	13875	38.5	12.3	129.7	41.35	31.65	44	56	48	157	98	1983.5	83	3.1	1.75	1.35
4	3910000	13750	47	14.4	127.25	39.1	30.7	39.5	60.5	57.5	222	118	1918.5	51.5	3.25	1.8	1.45
4	3610000	13450	47	14	130.15	38.9	30.3	55	45	54.5	158	91	2172	180.5	3.35	1.9	1.45
8	3735000	14650	46	14.25	123.1	38.1	30.95	45.5	54.5	44	170.5	104	723.5	10	2.95	1.8	1.15
8	3410000	16550	43	13.35	129.25	41	31.5	50.5	50.5	54	183	112.5	1020	21.5	2.75	1.7	1.05
8	3000000	12325	43	13.25	143.3	44.15	30.8	39	61	48.5	207	120.5	761	22.5	2.85	1.7	1.15
8	3805000	13700	43	13.3	112.15	34.85	31.05	52	48	44.5	150.5	120.5	662.5	9	2.8	1.7	1.1
12	3410000	13225	44.5	13.85	130.7	40.7	31.05	46.5	53.5	35	178	124.5	896	9.5	2.8	1.75	1.05
12	2725000	16600	34.5	10.3	134.4	38.9	29.1	49.5	50.5	42	240.5	147	448	15.5	3.3	1.95	1.35
12	3125000	15075	44.5	13.85	142.25	43.95	31.15	53.5	46.5	47	246	108.5	383.5	9	2.5	1.55	1.05
12	3345000	15150	45	14.2	134.7	42.45	31.5	39.5	60.5	52	206.5	100.5	1443.5	78	3	1.7	1.3
16	3125000	16025	41	12.35	133.3	41.95	30.3	49	51	42.5	267.5	93.5	418.5	10.5	2.95	1.75	1.2
16	3245000	15150	45	14.1	138.8	43.6	31.4	44	56	43	227.5	115	448	10	2.8	1.65	1.65
16	3070000	14525	32.5	10.4	104.1	33.1	31.7	34.5	65.5	45	196	127.5	453	14	3.6	1.6	2.05
16	3225000	14350	39.5	12.5	122.85	38.8	31.5	54.5	45.5	49	219.5	100.5	466	12.5	2.75	1.6	1.15

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3. Composición proximal de la carne de *Arapaima gigas* alimentado con dietas conteniendo ensilado fermentado de pescado (EFP).

Dieta	Ceniza	Humedad	Proteína	Aceites y Grasas
D1	6.06	69.5	16.74	4.12
D1	6.12	70.09	16.98	4.54
D1	6.21	70.14	16.52	4.23
D2	5.64	71.02	15.53	4.56
D2	5.24	70.88	15.24	4.32
D2	5.52	70.51	15.35	4.12
D3	5.86	71.04	16.04	3.84
D3	5.95	71.43	15.89	3.98
D3	6.15	70.14	15.73	4.05
D4	6.54	69.83	14.89	4.01
D4	6.1	70.98	14.56	4.27
D4	6.26	70.74	15.12	4.85
D5	6.67	69.04	16.74	5.13
D5	6.51	69.22	15.09	5.36
D5	6.24	68.97	16.52	5.42

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 4. Preparación de ensilado fermentado de pescado (EFP).



D. Impermeabilización





G. Ensilado seco



H. Recolección del EFP presecado



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5. Elaboración de las dietas



A. Pesado de insumos



B. Mezcla de insumos



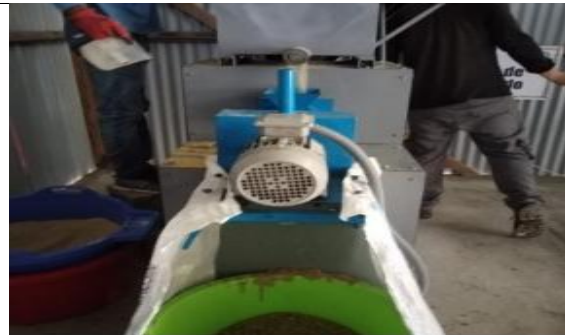
C. Acondicionamiento



D. Molienda insumos



E. Insumos de la dieta pulverizados



F. Extrusión de dietas



G. Secado de las dietas



H. Dieta extruida

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 6. Procedimiento de procesamiento de datos.



A. Biometría



B. Evaluación para el análisis de composición proximal.



completa y plasma sanguíneo



calidad de agua

Fuente: Elaboración propia.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Comité de Ética y Bienestar Animal (CEBA)



Constancia de Autorización Ética N.º 2023-04

El Comité de Ética y de Bienestar Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, expide la presente **Constancia de Autorización Ética** con código CEBA 2023-04 al proyecto: “Dietas funcionales de bajo costo y doble propósito para el paiche (*Arapaima gigas*): potenciamiento del crecimiento del pez y producción de pescado de calidad” presentado por el investigador Carlos Andre Amaringo Cortegano

Atentamente



Firmado digitalmente por
MATURRANO HERNANDEZ
Abelardo Lenin FAU 20148092282
soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 24.04.2023 13:57:07 -05:00

Presidente del Comité de Etica y de Bienestar Animal