Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Medicina Veterinaria
Escuela Profesional de Medicina Veterinaria

Efecto de la inclusión de péptidos y probiótico microorganismos eficientes en la dieta sobre los parámetros productivos, hematológicos y bioquímica sanguínea de juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*)

TESIS

Para optar el Título Profesional de Médico Veterinaria

AUTOR

Angui Arely PAICO RUIZ

ASESOR

Mg. Carlos Andre AMARINGO CORTEGANO

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Paico A. Efecto de la inclusión de péptidos y probiótico microorganismos eficientes en la dieta sobre los parámetros productivos, hematológicos y bioquímica sanguínea de juveniles de paco *(Piaractus brachypomus)* [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria, Escuela Profesional de Medicina Veterinaria; 2023.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Angui Arely Paico Ruiz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	48300009
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0001-8199-8284
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Carlos Andre Amaringo Cortegano
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	46304475
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-1494-5262
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Nieves Nancy Sandoval Chaupe
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07011047
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Sandra Gracia Bezada Quintana
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07630662
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Luis Antonio Hoyos Sifuentes
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41175479
Datos de investigación	
Línea de investigación	B.4.5.4. Producción pecuaria y acuícola en el trópico

Grupo de investigación	Biodiversidad, Conservación y Producción Sostenible - BIOCOPS
Agencia de financiamiento	Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Vicerrectorado de Investigación y Posgrado. Programa de Proyectos de Investigación para Grupos de Investigación (PCONFIG) - 2021. Proyecto Código: A21081351.
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Estación IVITA Pucallpa, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Ucayali Provincia: Coronel Portillo Distrito: Campo Verde Latitud: -8.6541667 Longitud: -74.94277777777778
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2022 - 2023
URL de disciplinas OCDE	Ciencia veterinaria https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.03.01

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú, Decana de América
Facultad de Medicina Veterinaria
Escuela Profesional de Medicina Veterinaria

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO VETERINARIA

En el Auditorio Principal de la Facultad de Medicina Veterinaria, el día **miércoles 30 de enero de 2023**, a las **12:00** horas, se constituyó el Jurado Examinador designado mediante Resolución Directoral **Nº 0272-EPMV/FMV-2023** integrado por los siguientes profesores:

MV. Mg. SANDOVAL CHAUPE NIEVES NANCY	**Presidente del Jurado**
Blgo. Mg. AMARINGO CORTEGANO CARLOS	**Asesor de la Tesis**
MV. Mg. BEZADA QUINTANA, SANDRA GRACIA	**Miembro del Jurado**
MV. Mg HOYOS SIFUENTES LUIS ANTONIO	**Miembro del Jurado**

Luego de la instalación del Jurado, a cargo del Presidente del Jurado y bajo la dirección del mismo, el Bachiller Doña: **PAICO RUIZ ANGUI ARELY**, para optar el Título Profesional de Médico Veterinaria, procedió a sustentar públicamente la Tesis:

"EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE PÉPTIDOS Y PROBIÓTICO MICROORGANISMOS EFICIENTES EN LA DIETA SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS, HEMATOLÓGICOS Y BIOQUÍMICA SANGUÍNEA DE JUVENILES DE PACO (*Piaractus brachypomus*)"

Luego de absolver las preguntas del Jurado y del público asistente, el Jurado deliberó con la abstención reglamentaria de la Asesor de la Tesis y acordó su **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD**, otorgándole la nota de **dieciocho (18).**

Habiéndose aprobado la sustentación pública de la Tesis, el Presidente en representación del Jurado recomienda que la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria proponga la aprobación del **TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO VETERINARIA** a la Facultad de Medicina Veterinaria y que ésta proponga al Rectorado el otorgamiento respectivo.

Siendo las **13:30 horas**, concluyó el acto académico de sustentación pública de Tesis en fe de lo cual suscriben la presente acta por cuadruplicado los integrantes del Jurado:

UNMSM Firmado digitalmente por SANDOVAL CHAUPE Nieves Nancy FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 07.02.2024 09:56:45 -05:00

Sandoval Chaupe Nieves Nancy MV. Mg.Prof. Principal DE

UNMSM Firmado digitalmente por AMARINGO CORTEGANO Carlos Andre FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 07.02.2024 13:36:01 -05:00

Amaringo Cortegano Carlos Blgo. Mg. Prof. Auxiliar TC

Bezada Quintana, Sandra Gracia MV. Mg. Prof. Asociado DE

UNMSM Firmado digitalmente por HOYOS SIFUENTES Luis Antonio FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 09.02.2024 11:48:04 -05:00

Hoyos Sifuentes Luis Antonio : MV. Mg. Prof. . Asociado TC

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Vicerrectorado de Investigación y Posgrado

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo CARLOS ANDRE AMARINGO CORTEGANO en mi condición de asesor acreditado con la RESOLUCIÓN DIRECTORAL No 0213-EPMV/FMV-2023 de la tesis de pregrado, cuyo título es "**Efecto de la inclusión de péptidos y probiótico microorganismos eficientes en la dieta sobre los parámetros productivos, hematológicos y bioquímica sanguínea de juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*)**", presentado por la bachiller ANGUI ARELY PAICO RUIZ para optar el título de MÉDICO VETERINARIO.

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 11% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorioinstitucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título correspondiente.

Firma del Asesor:



DNI: 46304475

Nombres y apellidos del asesor: Carlos Andre Amaringo Cortegano



DEDICATORIA

A Dios, por guiarme siempre en mi caminar y bendecirme por la familia que tengo.

A mis padres, Moises Paico Cruz y María Edelsa Ruiz García, por su incondicional apoyo. Sin ustedes no hubiera logrado cada meta propuesta. Los amo.

A mis tías y madrina, por los valores inculcados durante estos de año vida y ser parte fundamental de ella.

A mi tía, Magdalena Paico Cruz, aunque no estés presente en la tierra, eres mi motor para seguir adelante. Te extraño.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, y al proyecto “Efluentes de la crianza de paco, *Piaractus brachypomus*, como fuente de nutrientes para la producción de plántulas de huasaí, *Euterpe precatoria,* en un sistema acuapónico innovador”, Resolución Rectoral N° 005753-2021-R/UNMSM, código A21081351.

- Al Blgo. MSc. Carlos Andre Amaringo Cortegano, asesor de la tesis, por su guía, apoyo constante y valiosos aportes para que este trabajo culmine exitosamente.

- Al Dr. Carlos Mariano Alvez Vallles, exdirector de la Estación IVITA Pucallpa, por su disposición y por brindar las instalaciones para el desarrollo experimental de la tesis.

- A lo Blgo. César Augusto Villanueva Chávez, docente de la Estación IVITA Pucallpa, por disipar siempre mis dudas y nunca negarse a apoyarme.

- A la Dra. Zoyla Mirella Clavo Peralta, Mv. MSc. Nidia Milagros Llapapasca García, y demás docentes de la Facultad de Medicina Veterinaria por sus sugerencias constantes.

- Al Blgo. Alcides Erik Castillo Quezada, del Laboratorio "Natura Analítica SAC", por compartir sus conocimientos sobre medición y cálculo de parámetros hematológicos y bioquímicos de la especie estudiada.

- A los señores Luis Gonzales, Robinson Rodríguez, Jhonatan Rodríguez, Julián Morales y Víctor Linares, trabajadores de la Estación IVITA Pucallpa, por su valioso tiempo para apoyar en cada sesión de toma de muestra.

- A Olsen Carranza, Carlos Lima, e Ing. Denis Guerrero, compañeros del proyecto, por su compromiso y dedicación durante la etapa experimental.

- A Marylin Paredes, Estephany Hurtado, Alberto Najarro y Diego Castillo, amigos del “Team Paco", por su amistad y compañía durante la etapa inicial de la tesis.

- A Vannya Aylas, Jonny Calla, Yessabel Morante, María Torres y Andres Menacho, compañeros, amigos y futuros colegas que, a pesar de la distancia, sus llamadas y conversaciones fortalecieron mi espíritu.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

RESUMEN ……..……..... 6

ABSTRACT 7

……..…….....

I. INTRODUCCIÓN …….…...…… 10

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA …….……... 12

A. Generalidades de *Piaractus brachypomus* 12

…...……...……...…….…...…

1. Taxonomía …….. 12

2. Características morfológicas …….....……...….. 12

3. Características hematológicas y bioquímica del plasma sanguíneo ..…….. 13

4. Alimentación y características productivas 15

……..……

B. Características de los péptidos en la producción acuícola …….…….…… 16

C. Probióticos microorganismos eficientes en acuicultura 20

……..……..……..

III. MATERIAL Y MÉTODOS …….…… 23

A. Lugar y tiempo de estudio ……..…….……. 23

B. Población y muestra ……..……..……. 24

C. Material, insumos y equipos ……. 25

D. Diseño experimental y alimentación de los peces 26

..……..……

E. Evaluaciones ..…….....…… 29

F. Análisis estadístico …...……...…….. 32

IV. RESULTADOS ……...…….. 33

V. DISCUSIÓN ……..... 39

VI. CONCLUSIONES ……...…. 43

VII. RECOMENDACIONES 44
…….....

VIII. LITERATURA CITADA ……..…… 45

RESUMEN

El propósito de este trabajo fue evaluar el efecto del uso de péptidos y probióticos microorganismos eficientes (ME) en la alimentación de *P. brachypomus* sobre los parámetros productivos, hematológicos y bioquímica sanguínea de estos peces. Para tal fin se necesitó un total de 120 juveniles de *P. brachypomus* (24.94±2.98 cm; 242.77±19.90 g) distribuidos homogéneamente en doce tanques de 200 litros (10 peces/tanque), con aireación constante, fotoperíodo natural y flujo constante de agua en un sistema abierto, durante ocho semanas. Se siguió un diseño completamente aleatorio, con cuatro tratamientos y tres repeticiones cada uno, con ajuste bi-factorial 2 x 5 (dietas vs. tiempos de muestreo). La dietas suministrada a los peces fueron 1) una dieta control (comercial al 26% PB), 2) una dieta comercial + 1.5% de péptidos (Fish 40 AQUA NATURAL), 3) una dieta comercial + 40 mL/kg de probióticos ME activado (BIOEM AQUA) y, 4) una dieta comercial + 1.5% de péptidos + 40 mL/kg de probióticos ME activado. Los peces fueron alimentados dos veces al día a razón del 1% de la biomasa, y las evaluaciones de crecimiento y de parámetros hematológicos y bioquímicos se realizaron a las 0, 2, 4, 6 y 8 semanas de alimentación. Los datos se verificaron conforme a su homogeneidad y normalidad ($p<0.05$) y se analizaron con ANOVA de dos factores y test de Tukey ($p<0.05$). Los resultados relacionados con el crecimiento de la especie, evidencian que los peces suplementados con la D4 mayor ganancia de peso (39.33 g), menor conversión alimenticia (0.97) y parámetros hematológicos y bioquímicos estables [glucosa (52.83 mg/dL), proteínas totales (1.51 g/dL)], seguido de la D2. Los demás parámetros de tasa de crecimiento relativo (1.002%/día), factor de condición (2.03), y parámetros hematológicos se afectaron por el suministro de las dietas en los peces. Se concluye que el administrar estos suplementos péptidos y probióticos ME en conjunto tendrían un efecto favorable en el crecimiento de la especie manteniendo sus constantes hematológicas y bioquímicas.

Palabras clave: glucosa plasmática, nutrición de peces, paco, pez neotropical, piscicultura amazónica

ABSTRACT

The purpose of this work was to evaluate the effect of the use of peptides and probiotics efficient microorganisms (EM) in the feeding of *P. brachypomus* on the productive, hematological and blood biochemistry parameters. For this purpose, a total of 120 juveniles of *P. brachypomus* (24.94±2.98 cm; 242.77±19.90 g) were distributed homogeneously in twelve 200-liter tanks (10 fish/tank), with constant aeration, natural photoperiod and constant flow of water in an open system, for eight weeks. A completely randomized design was followed, with four treatments and three repetitions each, with 2 x 5 bi-factorial adjustment (diets vs. sampling times). The diets supplied to the fish were 1) a control diet (commercial at 26% CP), 2) a commercial diet + 1.5% peptides (Fish 40 AQUA NATURAL), 3) a commercial diet + 40 mL/kg of ME probiotics activated (BIOEM AQUA) and, 4) a commercial diet + 1.5% peptides + 40 mL/kg of activated ME probiotics. The fish were fed twice a day at a rate of 1% of the biomass, and evaluations of growth and hematological and biochemical parameters were carried out at 0, 2, 4, 6 and 8 weeks of feeding. The data were verified for homogeneity and normality ($p<0.05$) and analyzed with two-way ANOVA and Tukey's test ($p<0.05$). The results related to the growth of the species showed that fish supplemented with D4 had greater weight gain (39.33 g), lower feed conversion (0.97) and stable hematological and biochemical parameters [glucose (52.83 mg/dL), total proteins (1.51 g/dL)], followed by D2. The other parameters of relative growth rate (1.002%/day), condition factor (2.03), and hematological parameters were affected by the supply of diets to the fish. It is concluded that administering these peptides and probiotic ME as supplements together would have a favorable effect on the growth of the species while maintaining its hematological and biochemical constants.

Keywords: plasma glucose, fish nutrition, paco, neotropical fish, Amazonian fish farming

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1. Efectos de la adición de péptidos en la dieta sobre los parámetros productivos de distintos peces en sistemas acuícolas ……... 18

CUADRO 2. Porcentaje de aminoácidos con respecto a los péptidos totales del producto FISH 40 AQUA NATURAL ……..… 20

CUADRO 3. Dosis de administración de péptidos y probióticos microorganismos eficientes mediante dieta balanceada aplicada en la experimentación ……..…..….. 27

CUADRO 4. Parámetros de calidad de agua en unidades experimentales durante el período de alimentación …….……... 29

CUADRO 5. Crecimiento corporal de juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con dietas con adición de péptidos y probióticos microorganismos eficientes, durante 8 semanas de alimentación ……. 34

CUADRO 6. Parámetros hematológicos de juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con dietas con inclusión de péptidos y probióticos microorganismos eficientes ……....…….…….. 36

CUADRO 7. Bioquímica del plasma sanguíneo de juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con dietas con inclusión de péptidos y probióticos microorganismos eficientes ……....…….…….. 37

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Composición estructural de un dipéptido ……..…….... 16

FIGURA 2. Localización del área de estudio: (a) Localización de la región Ucayali, (b) Localización referenciada de la Estación IVITA Pucallpa en la región Ucayali, (c) Ingreso a la Estación IVITA Pucallpa, (d) Localización del Laboratorio Húmedo Acuícola de la Estación IVITA Pucallpa, FMV, UNMSM ……..… 23

FIGURA 3. Juvenil de *Piaractus brachypomus* ……...……..…. 25

FIGURA 4. Pasos para la activación de los probióticos microorganismos eficientes ……..…… 28

FIGURA 5. Esquematización de la metodología: (1) Colecta y selección de peces para experimento; (2) Aclimatación de los peces en laboratorio; (3) Ejemplares de juveniles de *Piaractus brachypomus*; (4) Tanques de crianza; (5) medición de la longitud total de los peces; (6) Pesaje de los peces; (7) Extracción de sangre de los peces en experimentación; (8) Observación en microscopio de células blancas sanguíneas; (9) Captura de células blancas observadas bajo microscopio óptico; 10) Análisis sanguíneo ……..…… 31

FIGURA 6. Ganancia de peso (g) en juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con dietas con adición de péptidos y probióticos microorganismos eficientes …….. 33

FIGURA 7. Nivel de glucosa plasmática en juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con dietas con adición de péptidos y probióticos microorganismos eficientes ……... ……..… 35

FIGURA 8. Nivel de proteínas totales plasmáticas en juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con dietas con adición de péptidos y probióticos microorganismos eficientes ……...…….…….. 35

I. INTRODUCCIÓN

La producción acuícola desarrollada en sistemas intensivos se está convirtiendo a nivel nacional y mundial en una importante fuente de alimentos, nutrición e ingresos para millones de personas, proporcionando cerca del 60% del pescado producido destinado al consumo humano (FAO 2022). En el escenario nacional, la acuicultura se ha convertido en una de las principales actividades económicas y es parte de la política de estado para el mejoramiento de la calidad de vida de las sociedades en el país, lo cual se evidencia en las múltiples opciones de apoyo financiero al sector público y privado para la promoción acuícola (PRODUCE, 2022). Este escenario es similar en la región Amazónica y el departamento de Ucayali, donde la especie de mayor producción resulta siendo el paco, *Piaractus brachypomus* (PRODUCE, 2022). El paco es la principal especie nativa producida por la acuicultura de aguas continentales en el Perú (Angeles-Escobar *et al*., 2022; PRODUCE, 2022). Esta especie crece a temperaturas de 23°C a 30°C, se reproduce naturalmente en la época de creciente del régimen hidrológico en la Amazonía; sin embargo, requiere de inducción hormonal en cautiverio, además, su condición de omnivoría le permite aprovechar diversas fuentes de alimento (Angeles-Escobar *et al*., 2022).

Mayores esfuerzos deben realizarse en su crianza en la procura de mejorar sus condiciones productivas en sistemas intensivos, que permitan producir mayor biomasa por volumen de agua. Una de las opciones que viene resultando en otras especies no amazónicas es el uso de péptidos bioactivos así como de probióticos microorganismos eficientes en el potenciamiento de los parámetros productivos de las crianzas acuícolas, garantizando el bienestar de los animales (Conceição *et al*., 2012).

Diversos estudios han mostrado que la inclusión de péptidos en dietas para especies acuícolas (Najim *et al*., 2014; Davies *et al*., 2020; Cortegano *et al*., 2022; Costa *et al*., 2022), así como probiótico microorganismos eficientes adicionado como aditivo en la alimentación de peces (Chauhan y Singh, 2018; El-Saadony *et al*., 2021) contribuyen en el bienestar de estos animales, evidenciado en el favorecimiento del crecimiento corporal sin afectar las condiciones hematológicas y la bioquímica del plasma sanguíneo.

Como ejemplo de ello podemos citar que, la adición de proteínas hidrolizadas en la dieta comercial (Hashem *et al*., 2023) ha demostrado tener efecto positivo sobre las condiciones organolépticas de la carne de *P. brachypomus*; sin embargo, no se ha reportado experiencia sobre la inclusión mínima de péptidos digestibles que suplementen la dieta ofrecida al animal como estrategia para potenciar su crianza. Otro ejemplo interesante a citar es que, si bien se han determinado las principales bacterias que conforman la microbiota intestinal en *P. brachypomus* por técnicas moleculares, estas no han sido aisladas, cultivadas, ofertadas comercialmente e incorporadas en la alimentación de esta especie con el fin de optimizar los resultados productivos en su crianza (Castañeda-Monsalve *et al*., 2019). En ese sentido, estudios que permitan la incorporación dietética de probióticos microorganismos eficientes de características ya comerciales podrían contribuir en el rumbo hacia una tecnología de crianza eficiente en esta especie, favoreciendo su crecimiento sin afectar sus condiciones fisiológicas.

En ese sentido, este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la suplementación de péptidos y probióticos microorganismos eficientes en la dieta sobre el crecimiento corporal y parámetros hematológicos y bioquímicos en juveniles de *P. brachypomus*.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A. Generalidades de *Piaractus brachypomus*

P. brachypomus es una especie oriunda de la cuenca Amazónica, distribuyéndose por los países de Ecuador, Colombia, Perú y Brasil (Escobar *et al*., 2019), denominándose por distintos nombres como "paco" (Perú), "cachama blanca" o "pacú blanco" (Colombia) y "pirapitinga" (Brasil) (Agudelo *et al*., 2011).

1. Taxonomía

Su clasificación taxonómica es la siguiente (FishBase, 2023):

- Reino: Animal
- Filo: Cordados
- Clase: Actinopterygii
- Orden: Characiformes
- Familia: Serrasalmidae
- Género: *Piaractus*
- Especie: *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818)

2. Características morfológicas

P. brachypomus posee cabeza terminal grande con dos hileras de dientes en la parte premaxilar y entre seis a más dientes en la parte mandibular que le permiten aprovechar diversos frutos en el medio natural durante la época de creciente en la Amazonía. Además, posee branquiespinas condensadas que le permiten aprovechar, en ciertas ocasiones, la producción primaria en los cuerpos de agua (Agudelo *et al*., 2011). Está provisto de un opérculo de menor tamaño en relación a la cabeza que la "gamitana", *Colossoma macropomum*, con un cuerpo comprimido lateralmente (Agudelo *et al*., 2011; García *et al.*, 2018). Posee aleta caudal, dorsal y anal bien desarrolladas, donde la aleta anal va desde el orificio urogenital hasta el pedúnculo caudal. Asimismo, presenta 2 aletas pélvicas y pectorales bilaterales, que se encuentran insertadas subcutáneamente, direccionadas a brindar equilibrio y ayuda en durante la natación (Agudelo *et al*., 2011). En la etapa juvenil, presenta una coloración blanco-plateada, con tonalidades de rojo intenso en la parte anterior del abdomen. Cuando llega a la adultez, su abdomen es blanquecino con ligeras manchas

anaranjadas; además, en su dorso presenta una coloración grisácea y una aleta adiposa (Agudelo *et al*., 2011).

3. Características hematológicas y bioquímica del plasma sanguíneo

Los parámetros hematológicos y la bioquímica del plasma sanguíneo son buenos indicadores que permiten hacer la estimativa del estatus de salud de los animales en crianza y su asociación con su nutrición y alimentación (Dos Santos *et al*., 2021; Grande-Fernández *et al*., 2023), toda vez que la subnutrición o el suministro de dietas inadecuadamente balanceadas o con bajo valor nutritivo para los peces, están entre los principales agentes estresores que afectan el metabolismo biológico en estos animales; por lo que, estos indicadores son considerados importantes en experimentos de nutrición y alimentación de peces (NRC, 2011).

Un análisis de la proporción de hematocrito habitualmente forma parte de un recuento sanguíneo completo y está proporcionalmente asociado al contenido de hemoglobina. Valores bajos podrían estar asociados a patologías que afecten al volumen de glóbulos rojos como anemias de distintos orígenes; mientras que, valores altos podrían verse asociados a posibles cuadros de deshidratación (Baldisserotto, 2013; Thrall, 2015).

Los leucocitos, también denominados glóbulos blancos, presentes en la sangre están involucrados con la inmunidad del animal. Existen dos grupos: sin gránulos en su citoplasma llamado agranulocitos (linfocitos y macrófagos) y con presencia de gránulos llamados granulocitos (basófilos, neutrófilos y eosinófilos). Los leucocitos son producidos en el riñón anterior, timo y bazo, desde donde son transportados a diversos tejidos con el fin de realizar funciones de defensa (Tavares-Dias y Moraes, 2004). Los linfocitos son los leucocitos más abundantes en la sangre de los peces, representando más del 60.00% (Thrall, 2015). Funcionalmente, se dividen en linfocitos T y linfocitos B, responsables de la inmunidad celular y humoral, respectivamente. Asimismo, son considerados indicadores eficientes para el diagnóstico de dolencias o infecciones (Mohr y Liew, 2007). Los neutrófilos son los principales tipos de granulocitos, presentando mayor porcentaje, ocupando el 5.40% - 18.00% de los leucocitos, variando según la especie, edad, etapa reproductiva, entre otros factores (Olabuenaga, 2000). Son los primeros leucocitos en migrar a los tejidos cuando hay cuadros de inflamación, liberando enzimas con propiedades antimicrobianas y líticas. El

aumento de estas células a nivel sanguíneo puede estar relacionado a respuestas inflamatorias (Rubio, 2010).

La evaluación del perfil bioquímico de la sangre no es un examen clínico de rutina de los peces, posiblemente por el costo que implica y la falta de rangos de referencia confiables con respecto a los valores normales, aspecto que aún debe ser resuelto para las especies nativas amazónicas. Sin embargo, cuando estos se realizan, involucran peces de importancia económica y científica. Unos de los parámetros considerados con mayor frecuencia es el nivel de glucosa plasmática, que se comporta principalmente como un indicador de estrés (Ocampo y Camberos, 1999). La hiperglucemia provocada por la exposición a un agente estresor es una ocurrencia común en los peces influenciados por la severidad a la exposición al agente estresor (Ocampo y Camberos, 1999; Barandica y Tort, 2008). Asimismo, otro parámetro analizado a nivel bioquímico son las proteínas totales, estas nos indican movilización proteica para distintas funciones en el organismo del pez, de las cuales las más importantes están referidas al equilibrio de la presión oncótica sanguínea, al suministro de fuentes energéticas, a la formación y/o regeneración de tejidos, participación en la inmunidad humoral y a la regulación enzimática (Halver y Hardy, 2003). Algunos estudios indican incremento en los niveles de proteína plasmática en peces como respuesta de situaciones expuestas a estrés, procesos inflamatorios, daños hepáticos y deshidratación o desregulación osmótica (Vásquez-Torres *et al*., 2012).

Son pocos los estudios donde se realizaron la determinación de los parámetros hematológicos y bioquímicos del plasma sanguíneo en *P. brachypomus*. Entre ellos podemos citar a Angeles-Escobar *et al*. (2022), quienes describieron el efecto sobre parámetros hematológicos y bioquímicos del plasma de juveniles de *P. brachypomus* criados en sistemas de biofloc y sometidos a diferentes concentraciones de sólidos en suspensión en el agua. Asimismo, un estudio local describió estos parámetros en juveniles de la especie criados en jaulas flotantes instalados en el lago de Yarinacocha, Ucayali, Perú, y sometidos a diferentes densidades de crianza (Acosta *et al*., 2017). Adicionalmente, Lochmann *et al*. (2009) y Vásquez-Torres *et al*. (2012), reportaron las respuestas fisiológicas expresadas en parámetros hematológicos y plasmáticos como respuesta a la alteración de la fuente de carbohidratos y al incremento proteico en la dieta para juveniles de *P. brachypomus*; mientras que Favero *et al*. (2021) y Porto *et al*. (2023) asociaron las respuestas hematológicas a las condiciones de restricción

alimenticia por períodos cortos y prolongados, respectivamente. Todas estas investigaciones, aunque explican los fundamentos que generaron variaciones en los parámetros hematológicos y bioquímicos del plasma que de manera independiente observaron, reflejan divergencia en sus resultados, toda vez que diversos factores endógenos como la especie, edad, estado nutricional y factores exógenos como condiciones ambientales, densidad de la población, pueden influir sobre los valores de los parámetros hematológicos y bioquímicos del plasma de los peces (Angeles-Escobar *et al*., 2022; Grande-Fernández *et al*., 2023). La mayoría de las especies de peces no poseen valores de parámetros hematológicos ni bioquímicos referenciales establecidos; sin embargo, se están realizando investigaciones a peces, incluyendo a especies nativas, con la finalidad de conocer el comportamiento de dichos parámetros en condiciones óptimas de cultivo.

4. Alimentación y características productivas

P. brachypomus es una especie omnívora, que además posee la capacidad de filtrar microorganismos planctónicos presentes en el agua cuando son juveniles. En la etapa adulta su alimentación se basa principalmente de frutas y semillas cuando están en su hábitat natural (Agudelo *et al*., 2011; Guimarães y Martins, 2015; Angeles-Escobar *et al*., 2022). En acuicultura es una especie que acepta alimento balanceado con diversas características de insumos dietéticos en su formulación, pues su condición omnívora le permite aprovechar una amplia gama de ítems alimenticios (Baldisserotto, 2013; Angeles-Escobar *et al*., 2022). Precisamente, esa condición omnívora faculta a los acuicultores a buscar estrategias alimenticias con mayor amplitud que permitan optimizar la producción de esta especie potenciando su crecimiento, sin afectar sus condiciones fisiológicas y la calidad del pescado como alimento (Lochmann *et al*., 2009; Vásquez-Torres *et al*., 2012). Como ejemplo de ello podemos citar estudios de adición de proteínas hidrolizadas y diversas fuentes de carbohidratos y proteínas de alcance local en la dieta logrando tener efecto positivo sobre las condiciones organolépticas de la carne de *P. brachypomus* (Hashem *et al*., 2023), así como sobre el crecimiento corporal de esta especie (Palacios *et al*., 2006; Lochmaan *et al*., 2009; Cruz-Velásquez *et al*., 2014; Piñeros-Roldan *et al*., 2014). Asimismo, se reportan esfuerzos concentrados en determinar las principales bacterias que conforman el microbioma intestinal en *P. brachypomus* por técnicas moleculares; aunque estas no han sido aisladas y cultivadas para interés de su cultivo (Castañeda-Monsalve *et al*., 2019) lo que significa aún una brecha para la contribución a su producción.

P. brachypomus cumple un rol importante en la acuicultura en el país por su potencial productivo y comercial (Angeles-Escobar *et al*., 2022), constituyéndose en la principal especie nativa producida por la acuicultura nacional y la segunda especie de pez de mayor producción en sistemas acuícolas de aguas continentales (PRODUCE, 2022). Es así que, en el Perú, durante el año 2022, se registró un aumento del 15.20%, con respecto al año anterior, en la producción de *P. brachypomus* con un total de 3,104.20 t (PRODUCE, 2022). Entre las características que favorecen su producción en cautiverio están su docilidad y rusticidad, capaz de ser resistente al manejo, a las enfermedades comunes en sistemas de producción acuícola (Angeles-Escobar *et al*., 2022) y tolerancia a amplios rangos fisicoquímicos del agua, ya que se ha visto los siguientes rangos de temperatura (22.60 a 34.30 °C), pH (5.00 a 8.21) y oxígeno disuelto (2.00 a 8.50 mg/L) que no afectan el desempeño de estos animales (Ríos, 2021).

B. Características de los péptidos en la producción acuícola

Los péptidos son moléculas orgánicas bioactivas compuestas, formadas por la unión de aminoácidos mediante enlaces peptídicos, que son el resultado de la reacción entre el grupo carboxilo de un aminoácido y el grupo amino de otro, más la pérdida de una molécula de agua (Halim *et al.,* 2016). La masa molecular de péptidos corresponde hasta 6,000 Dalton (NRC, 2011). En una cadena polipeptídica, los aminoácidos que lo conforman son llamados residuos para diferenciarse de su forma libre, además cuando se unen dos, tres y cuatro residuos, reciben el nombre de dipéptidos (Figura 1), tripéptidos y tetrapéptidos, respectivamente (Halim *et al.,* 2016).

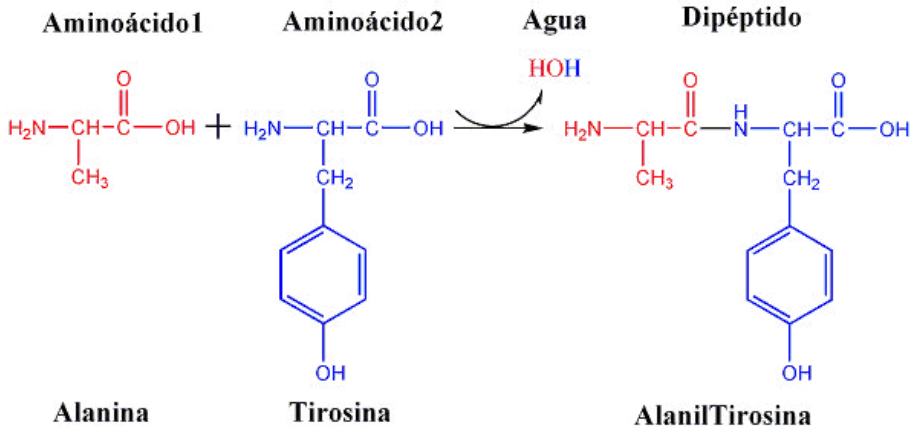

Figura 1. Composición estructural de un dipéptido. Fuente: Halim et al., 2016.

Los péptidos pueden tener efectos atractantes en los alimentos, antimicrobianos, antihipertensivos, antioxidantes, inmunomoduladores, antitrombóticos o anticancerígenos, dependiendo de su secuencia, composición y número de aminoácidos (frecuentemente entre 2 a 20 aminoácidos). Diversos estudios han mostrado que la inclusión de péptidos en dietas para especies acuícolas (Najim *et al*., 2014; Davies *et al*., 2020; Cortegano *et al*., 2022; Costa *et al*., 2022) contribuyen en el bienestar de estos animales, evidenciado en el favorecimiento del crecimiento corporal sin afectar las condiciones fisiológicas del pez. En peces marinos, por ejemplo, la inclusión de péptidos a través de la dieta ha demostrado poseer características reguladoras de la actividad digestiva fortaleciendo el sistema inmunitario y favoreciendo la producción de peces mediante el potenciamiento del crecimiento, como en "corvina amarilla", *Pseudosciaena crocea*, "salmón del Atlántico", *Salmo salar*, y "lubina europea", *Dicentrarchus labra*, cuando son adicionados entre el 10.00% a 15.00% en dietas balanceadas (Hevrøy *et al*., 2005; Kotzamanis *et al*., 2007; Tang *et al*., 2008). En relación a especies continentales, el nivel de inclusión dietética reportada con éxito está en el rango de 1.20% a 20.00%, garantizando promoción al crecimiento corporal en juveniles de "trucha arcoíris", *Oncorhynchus mykiss* (Yucra, 2016; López-Macías y Salas-Benavides, 2020). Así también, en la especie "doncella", *Pseudoplatystoma punctifer*, la inclusión de 1.20% de péptidos naturales con respecto a la proporción dietética favoreció el crecimiento de juveniles de esta especie, evidenciado a los 60 días de alimentación (Cortegano *et al*., 2022). Con esto, estudios que permitan la inclusión de dosis mínimas de péptidos bioactivos en dietas acuícolas, asegurando menor incremento del costo por alimentación y promoviendo el

crecimiento animal y su salud, resultan interesantes para la industria acuícola (Cortegano *et al*., 2022).

La ingesta de péptidos incluidos como aditivos en la dieta de peces contribuyen en la optimización de los parámetros productivos, aumentando su tasa de crecimiento, y sobrevivencia, y disminuyendo la conversión alimenticia (Martínez-Álvarez *et al*., 2015; Sary *et al.,* 2017). Además de lo mencionado anteriormente, estas mejoras se han observado en otros estudios (Ramírez *et al.,* 2021) que son citados en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Efectos de la adición de péptidos en la dieta sobre los parámetros productivos de distintos peces en sistemas acuícolas.

Especie	Parámetro beneficiado	Dosis adicionada de péptidos a la dieta
Anguilla japonica	Longitud final	1.60%
Dicentrarchus labrax	Peso final, tasa de crecimiento específico, índice de conversión alimenticia	5.00%
Epinephelinae fuscoguttatus	Ganancia de peso, índice de conversión alimenticia	10.00% - 15.00%
Salmo salar	Tasa de crecimiento específico, índice de conversión alimenticia	10.00%
Oreochromis niloticus	Supervivencia, talla final, peso final, ganancia de peso	4.00%
Clarias batrachus	Ganancia de peso, tasa de crecimiento específico, índice de conversión alimenticia, tasa de eficiencia proteica	10.00%
Rhamdia quelen	Ganancia de peso, tasa de crecimiento específico, factor de conversión alimenticia	5.00% - 10.00%
Pseudosciaena crocea	Ganancia de peso, tasa de crecimiento específico	10.00% - 15.00%
Scophthalmus maximus	Tasa de crecimiento específico	5.00% - 10.00%
Piaractus mesopotamicus	Peso final	19.50%

Fuente: Ramírez *et al.* (2021)

Los péptidos se caracterizan por su alta digestibilidad (Conceição *et al*., 2012; He *et al*., 2013; Yucra, 2016). Una vez en el intestino del pez, los péptidos son absorbidos por los enterocitos con mayor eficiencia que los aminoácidos libres, ya que son menos hipertónicos y presentan transporte facilitado a través de la pared intestinal del pez (Gill *et al*., 1996; Conceição *et al*., 2012; Cortegano *et al*., 2022). La inclusión de aminoácidos de forma libre en dietas acuícolas, pueden generar cuadros de toxicidad y/o deficiencia aminoacídica en los peces, toda vez que existen aminoácidos que son movilizados al interior de los enterocitos por el mismo transportador, lo que provoca que se inhiba la absorción de un tipo de aminoácido frente a la mayor presencia y absorción de otro (NRC, 2011; Baldisserotto,

2013). Este hecho, ha puesto en ventaja y ha llamado la atención en relación a la utilización de péptidos en la alimentación de peces de interés comercial.

1. Características del producto utilizado, Aqua Natural Fish 40

Corresponde a un producto comercial acuícola que contiene péptidos de alta digestibilidad al 40.00% de su composición. Presenta una consistencia líquida-viscosa y de coloración oscura (café intenso). Además, presenta un olor agradable a mariscos debido a la alta presencia de aminoácidos atractantes, resultando más atractivo para la alimentación de peces (NRC, 2011), en especial considerando que ciertos grupos de aminoácidos (cisteína, metionina, asparagina, alanina, glutamina, glicina, serina, arginina) procedente de dietas inertes son más fácilmente detectados mediante los órganos sensoriales de los peces, paladar y olfato, altamente desarrollados (NRC, 2011; Baldisserotto, 2013). Estudios con inclusión mínima (1.20% - 1.50%) de este producto han mostrado favorecimiento del crecimiento en algunas especies de peces, tales como *O. mykiss* y *P. punctifer* (Yucra, 2016; Cortegano *et al*., 2022). En el Cuadro 2 se presentan los aminoácidos constituyendo los péptidos en el producto utilizado.

Cuadro 2. Porcentaje de aminoácidos con respecto a los péptidos totales del producto FISH 40 AQUA NATURAL.

Aminoácidos	% de participación en péptidos
Alanina	5.95
Arginina	4.88
Ácido Aspártico	9.35
Cistina	0.74
Ácido glutámico	14.04
Glicina	7.13
Histidina	4.36
Isoleucina	4.42
Leucina	6.66
Lisina	8.21
Metionina	2.01
Metionina/Cistina	2.75
Fenilalanina	2.95
Protina	5.17
Serina	3.65
Treonina	4.16
Triptófano	0.77
Valina	4.98

Fuente: Ingredients INC Perú, 2014

C. Probióticos microorganismos eficientes en acuicultura

Inicialmente, el término probiótico se señaló por Parker en el año 1974, indicándose al grupo de organismos que favorecen a la estabilidad microbiana en el tracto gastrointestinal de un animal. Con el tiempo la FAO/WHO (2001) indicó a los probióticos como microorganismos vivos que, cuando son administrados en dosis correctas, ofrecen beneficio a la salud de quien los consume. Los probióticos microorganismos eficientes son un cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin alteración genética, fisiológicamente compatible entre ellos. Son fundamentalmente bacterias fotosintéticas, bacterias ácido-lácticas,

levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores ácido-lácticos. De ellos, las bacterias ácido-lácticas, levaduras y hongos fermentadores ácido-lácticos presentan importancia en la alimentación animal, pues colaboran en la optimización de los procesos digestivos. Estos microorganismos se administran adicionándose en el alimento para competir por sustratos de origen alimentario o sitios de adhesión bacteriana en las paredes del tracto gastrointestinal, pero cuyo propósito es proveer de mejores condiciones salubres a los peces, así como desplazar cualquier posibilidad de colonización o predominancia de microorganismos patogénicos en el tracto gastrointestinal (Chauhan y Singh, 2018; El-Saadony *et al*., 2021; Tejeda y Kim, 2021).

Las características que debe tener un microorganismo para ser considerado como probiótico son las siguientes (Kesarcodi-Watson *et al*., 2008):

- No causar afección al organismo que lo recibe.
- Ser aceptado por el organismo que lo recibe a través de la ingestión, colonización y posterior reproducción en el tracto gastrointestinal o en los sitios de adhesión intestinal.
- Capacidad de ser conducidos a diversos órganos donde desarrollarán sus acciones benéficas.
- Evitar la generación de resistencia vírica o bacteriana.

Una de las principales cualidades que deben poseer los microorganismos probióticos utilizados en acuicultura es la actividad antimicrobiana, para así poder excluir o inhibir de forma competitiva a las bacterias patógenas presentes en diferentes especies acuáticas, entre los patógenos más importantes se encuentran: *Streptococcus iniae*, *Carnobacterium piscicola*, y *Yersinia ruckeri* (Pérez-Chabela *et al*., 2020).

La utilización de probióticos en la acuicultura se ha realizado desde hace varios años. Algunas funciones que le han sido atribuidas son (Pérez-Chabela *et al*., 2020):

- Estimular la capacidad de una respuesta adecuada inmunológica en el huésped.
- Promover la salubridad en el tracto gastrointestinal del huésped.
- Incrementar con significancia la sobrevivencia de peces en estadíos iniciales de vida.
- Incrementar la resistencia a diversas afecciones a través de la competencia e inmunomodulación, aumentar el apetito y mejorar la conversión alimenticia.

- Mejorar la calidad del agua cuando son aplicados en el medio de crianza.
- Contribuir con la actividad enzimática para la digestión.
- Contribuir en la formación de moléculas antibacterianas como las bacteriocinas y la exclusión competitiva, bien mediante la inhibición de la adhesión a las células epiteliales intestinales (CEIs) de bacterias potencialmente patógenas o bien bloqueando la unión de toxinas.
- En fase reproductiva, contribuir en el incremento de los niveles de vitelogenina e inducir a la maduración de los folículos ovocitarios.

La administración de los probióticos se realiza de manera oral o diluidos en el agua o como aditivos alimenticios (Huang *et al*., 2006). El método más comúnmente utilizado en la acuicultura es incorporarlo en la dieta ya que la mayoría de los probióticos están diseñados para mezclarse con el alimento (Chauhan y Singh, 2018; El-Saadony *et al*., 2021).

Diversos estudios han mostrado que la inclusión de probióticos microorganismos eficientes en dietas para especies acuícolas (Chauhan y Singh, 2018; El-Saadony *et al*., 2021) contribuyen en el bienestar de estos animales, evidenciado en el favorecimiento del crecimiento corporal sin afectar las condiciones hematológicas y la bioquímica del plasma sanguíneo. Un estudio realizado en la Amazonía peruana incluyó tres niveles de probióticos microorganismos eficientes, procedentes de una marca comercial, en la dieta de "banda negra", *Myloplus schomburgkii*, criados en corrales, demostrando que 40 ml de microorganismos eficientes activados por kg de dieta es la dosis ideal en esta especie amazónica y de la cuenca del Orinoco (Maldonado y Taricuarima, 2017).

III. MATERIAL Y MÉTODOS

A. Lugar y tiempo de estudio

La parte experimental del estudio se llevó a cabo en el Laboratorio Húmedo Acuícola de la Estación Pucallpa del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura – IVITA de la Facultad de Medicina Veterinaria, FMV, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, UNMSM, ubicado a la altura del km 58 de la carretera Federico Basadre, distrito de Campoverde, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali (8°38'32.9"S, 74°57'06.8"W) (Figura 2). Los análisis hematológicos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Natura Analítica SAC, ubicado en la ciudad Pucallpa, capital del departamento de Ucayali. La ejecución del experimento empleó 12 semanas calendario, entre los meses de septiembre de 2022 a noviembre de 2022 (8 semanas de alimentación; 4 semanas de análisis de laboratorio).

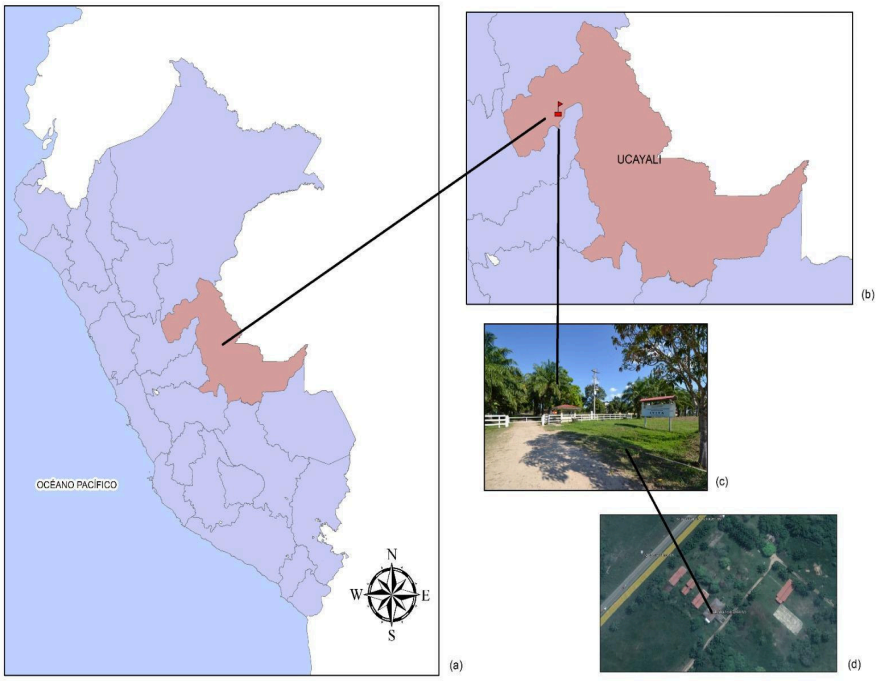

Figura 2. Localización del área de estudio: (a) Localización de la región Ucayali, (b) Localización referenciada de la Estación IVITA Pucallpa en la región Ucayali, (c) Ingreso a la Estación IVITA Pucallpa, (d) Localización del Laboratorio Húmedo Acuícola de la Estación IVITA Pucallpa, FMV, UNMSM. Fuente: Elaboración propia.

B. Población y muestra

1. Población

Inicialmente, un total de 200 juveniles de *P. brachypomus* (23.02±3.28 cm; 233.29±12.44 g) fueron seleccionados de lotes producidos en la Unidad de Producción de Peces Migratorios, UPPM, de la Estación IVITA Pucallpa, separados de los estanques piscícolas y trasladados hacia un tanque de fibra de vidrio de 2,000 L de capacidad, con flujo de agua (2.5 L/min) y aireación (4.46 mg/L de oxígeno disuelto) constantes, ubicado en el Laboratorio Húmedo Acuícola de la misma Entidad, a fin de adaptarlos a las condiciones de manejo laboratoriales por un período de 20 días. Durante este período, los peces fueron alimentados con dieta comercial con 26% de proteína bruta hasta saciedad aparente y fueron sometidos a baños de sal diarios de 15 min durante los 5 primeros días a una proporción de 5 g de sal/L, para luego recibir baños de sal interdiarios a una proporción de 2 g de sal/L, como medida profiláctica.

Posteriormente, para la ejecución de los ensayos en las unidades experimentales establecidas, se seleccionaron 120 peces con pesos y tallas próximas (24.94±2.98 cm; 242.77±19.90 g), los cuales fueron distribuidos homogéneamente en base al peso total en 12 tanques de fibra de vidrio de 200 L (10 peces/tanque) conforme densidad recomendada por Gomes *et al*. (2006), con aireación (3.50 mg/L de oxígeno disuelto) y flujo de agua (1.5 L/min) constantes y fotoperíodo de 12 h.

2. Muestra

Para los análisis productivos, se realizó biometría del 100% de los peces por cada unidad experimental, en cada tiempo de muestreo (cada 2 semanas) (n=3).

Para los análisis hematológicos y bioquímica del plasma sanguíneo se colectaron muestras de 1.50 mL de sangre por pez procedentes de un animal por cada unidad experimental, en cada tiempo de muestreo (cada 2 semanas) (n=3).

C. Material, insumos y equipos

1. Material biológico

Juveniles de *P. brachypomus* procedentes de la Unidad de Producción de Peces Migratorios de la Estación IVITA Pucallpa (Figura 3).

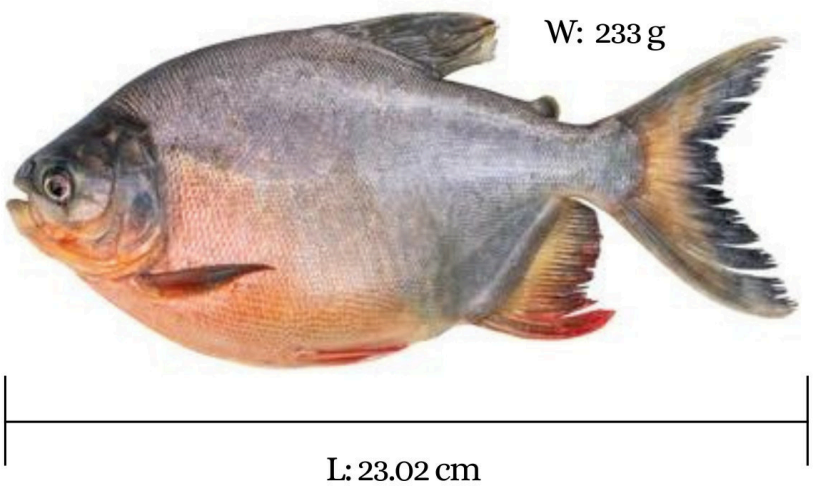

Figura 3. Juvenil de *Piaractus brachypomus*. Fuente: Elaboración propia.

2. Insumos

Medición:

- Ictiómetro milimetrado.
- Producto comercial BIOEM AGUA (5 litros).
- Producto comercial FISH 40 AQUA NATURAL (6 litros).
- Cuaderno de apuntes.
- Tinas de plástico de 20 L.
- Red calcal.
- Bidón de polietileno de 100 L.
- Agua destilada.
- Sal de pesca por saco de 50 kg.
- Mangueras reforzadas de 1 pulgada.

Extracción de sangre:

- Jeringas descartables de 10 mL.
- Cajón isotérmico de 5 L.
- Eugenol.
- Gel pack.
- Paños de tela.
- EDTA al 10%.

3. Equipos

- Balanza digital gramera de 5 kg de capacidad, con nivel de sensibilidad de 1 g, marca Opalux, modelo OP-1811A-RD.
- Potenciómetro HI 98107 pH marca HANNA.
- Equipo multiparámetro para análisis de agua marca HANNA (modelo HI98194).
- Blower de 1.5 HP.

D. Diseño experimental y alimentación de los peces

El presente estudio siguió un diseño experimental completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 4×5, comparando 4 dosis de administración de péptidos y microorganismos eficientes a través de la dieta (D1, D2, D3, D4) (Cuadro 2) y 5 tiempos de muestreo (semanas: 0, 2, 4, 6 y 8), resultando en 20 observaciones o interacciones con 3 repeticiones cada uno. Las interacciones fueron: D1-0, D2-0, D3-0, D4-0, D1-2, D2-2, D3-2, D4-2, D1-4, D2-4, D3-4, D4-4, D1-6, D2-6, D3-6, D4-6, D1-8, D2-8, D3-8 Y D4-8. Las unidades experimentales fueron tanques de fibra de vidrio de 200 L.

Los péptidos y probióticos microorganismos eficientes fueron administrados conforme indicación del Cuadro 3 a través de la dieta balanceada suministrada a los peces (adicionadas a la dieta mediante aspersión), por un periodo de 8 semanas en condiciones intensivas. La dieta fue ofrecida a los peces diariamente mediante el método de voleo con lentitud, para que todos los peces puedan aprovechar el alimento y consumirlo. La tasa de alimentación diaria fue del 1% en relación a la biomasa, distribuida en dos comidas por día (8:00h y 16:00h), donde grupos de tres tanques asignados aleatoriamente recibieron la D1, D2, D3 y D4.

Cuadro 3. Dosis de administración de péptidos y probióticos microorganismos eficientes mediante dieta balanceada aplicada en la experimentación.

Dietas de los respectivos tratamientos	
D1	Dieta control: dieta comercial (tipo crecimiento; con 26% de proteína bruta (PB), marca Acuícola Santa Rosa)
D2	Dieta comercial + 1.50% de péptidos (Fish 40 AQUA NATURAL)
D3	Dieta comercial + 40 mL/kg de probióticos microorganismos eficientes activados (BIOEM AQUA)
D4	Dieta comercial + 1.5% de péptidos (Fish 40 AQUA NATURAL) + 40 mL/kg de probióticos microorganismos eficientes activados (BIOEM AQUA).

1. Activación y administración de los probióticos microorganismos eficientes (ME)

Los probióticos ME utilizados en el experimento fueron obtenidos del producto comercial BIOEM AQUA TP® (Bioem, Japón). Para ello, antes de la suplementación se realizó el proceso de activación conforme indicaciones del fabricante. Para la preparación de 2 L de probióticos ME activados, se utilizó 1,800 mL de agua + 100 mL de melaza + 100 mL del producto comercial BIOEM (Figura 4). Esta mezcla se colocó en un recipiente hermético y rotulado. Se esperó su fermentación y activación por un total de siete días en condiciones anaeróbicas, se midió el pH (3.72) y, luego se mantuvo en refrigeración por 30 días mientras se utilizaba en la experimentación. Una semana antes de culminar la primera solución activada de probióticos ME que se preparó, se volvió a realizar la activación de otra cantidad del producto para continuar con el experimento. Esta mezcla de probióticos ME activados contienen bacterias ácido-lácticas (*Lactobacillus* spp.) y levaduras (*Saccharomycetes* spp.), según ficha técnica proveída por el fabricante.



Figura 4. Pasos para la activación de los probióticos microorganismos eficientes utilizando el producto comercial BIOEM AQUA TP® (Bioem, Japón). Fuente: Elaboración propia.

2. Administración de péptidos

Los péptidos bioactivos administrados procedieron del producto comercial AQUA NATURAL FISH 40, la misma que no precisa de procedimientos de activación y es usado directamente en la alimentación de diferentes especies animales, según recomendación del fabricante.

3. Labores de manejo de las unidades experimentales

Durante el período de alimentación, se realizaron labores de limpieza de las unidades experimentales cada 2 semanas (luego de cada biometría), retirando el perifiton adherido a las paredes de los tanques con auxilio de una esponja.

Asimismo, diariamente se realizó el monitoreo de los parámetros físico-químicos del agua y se recolectaron datos de temperatura, pH y oxígeno disuelto utilizando un equipo multiparamétrico (HANNA, modelo HI98194). Estos parámetros se mantuvieron constantes y dentro del rango de confort para el desarrollo de la especie en estudio (Ríos, 2021) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Parámetros de calidad de agua en unidades experimentales durante el período de alimentación.

Parámetros físico-químicos	D 1	D 2	D 3	D 4	p Valor
Oxígeno disuelto (mg/L)	4.26	4.74	4.38	4.72	> 0.05
Temperatura (°C)	25.63	25.07	25.80	24.98	> 0.05
pH	7.25	7.83	7.44	7.66	> 0.05

D 1 = Dieta 1; D 2 = Dieta 2; D 3 = Dieta 3; D 4 = Dieta 4.

E. Evaluaciones

1. Evaluación del crecimiento de los peces

La evaluación del peso total y longitud total se realizó por la mañana entre las 8:30h a 10:00h, cada dos semanas. Para ello, se colectaron cuidadosamente todos los peces por cada unidad experimental en ayunas con ayuda de una red calcal, e inmediatamente anestesiados con eugenol a una proporción de 0.20 mL/L (Dos Santos *et al*., 2021) (de ellos 1 pez por unidad experimental fue utilizado para la extracción de sangre y después se realizó la medición biométrica). Posterior a la evaluación, se realizaron baños de sal de 15 min para reducir el estrés producido por el manejo (2 g de sal/L). Los parámetros productivos que se evaluaron fueron:

- **Ganancia de peso (GP)**: Es el incremento del peso. Para medirlo se realiza la diferencia del peso final y del peso inicial. Se calcula mediante la siguiente fórmula: GP = PF – FI; donde: PF= Peso final; PI=peso inicial

- **Índice de conversión alimenticia (ICA)**: Indica la capacidad del pez en convertir su alimento suministrado en unidades de biomasa. Se calcula mediante la siguiente fórmula: ICA = Cantidad de alimento suministrado (g) / Ganancia de peso de la población (g).

- **Factor de condición alométrico de Fulton (k):** Estima la condición de bienestar del pez en función del peso y su talla (Lima-Júnior *et al*., 2002). Se calcula mediante la siguiente fórmula: Peso total x 100 / Longitud total ^{3}

- **Tasa de crecimiento relativo (TCR):** Representa el incremento de la biomasa del individuo por unidad de masa existente en un periodo de tiempo en condiciones óptimas para el crecimiento. Se calcula mediante la siguiente fórmula: $[(e^{g}-1) \times 100]$; donde "e" es el número nepper y g = [(ln(peso final) - ln(peso inicial))/(t2 - t1)]

2. Análisis de los parámetros hematológicos y bioquímica del plasma sanguíneo

Los parámetros hematológicos y bioquímicos del plasma sanguíneo medidos fueron: hematocrito (%), leucocitos (mm^3), neutrófilos (%), linfocitos (%), glucosa (mg/dL), proteínas totales (g/dL), albúmina (g/dL).

- **Toma de muestra**

Por cada fecha de muestreo, se separó al azar un pez por unidad experimental y se anestesió utilizando eugenol a dosis de 0.20 mL/L (Dos Santos *et al*., 2021). Una vez obtenido el efecto del eugenol se realizó la extracción de 1.50 mL de sangre por punción de la vena caudal usando solución de EDTA al 10% como anticoagulante en la jeringa utilizada. Estas muestras fueron rotuladas y colocadas en cajas isotérmicas con hielo en gel para mantenerlas refrigeradas y llevadas al laboratorio Natura Analítica SAC de la ciudad de Pucallpa, para sus respectivos análisis.

- **Determinación de hematocrito (%)**

Para la determinación del hematocrito se utilizaron tubos capilares de microhematocrito (Corning®) heparinizados, los cuales se llenaron hasta 3/4 partes con sangre, posteriormente se selló un extremo con plastilina. Estos capilares fueron centrifugados por 5 min a 900 rpm (5117.1 X·g) en una centrífuga para hematocrito (X-3012). Finalmente, los capilares se colocaron en un lector de microhematocrito (CRIPTOCAT), para medir la proporción de suero y del paquete celular. Los resultados de hematocrito fueron expresados en porcentaje (%) del volumen total.

- **Recuento de leucocitos (neutrófilos y linfocitos)**

El recuento diferencial de leucocitos se realizó en frotis de sangre teñidos con la metodología Hemacolor®. En portaobjetos de vidrio (Corning®) limpios y secos, se colocó una gota de sangre en uno de los extremos, extendiendo la muestra con la ayuda del borde de otro portaobjetos colocado con inclinación de 45°, se dejó secar a temperatura ambiente y

posteriormente se procedió a fijar con metanol por 5 min. El frotis se sumergió en la solución 2 (reactivo color rojo) y 3 (reactivo color azul) del kit Hemacolor® por 1 min respectivamente. Posteriormente, se lavó con agua destilada para retirar los restos de colorante, se dejó secar y se cubrió con un portaobjetos de 24×50 mm (Corning®) sellado con resina Cytoseal®60. Las laminillas se observaron bajo el microscopio Axio Scope A1 (Zeiss®), con los objetivos de 20X, deslizando el frotis para revisar diferentes campos, hasta contar cien células blancas, para determinar la proporción de cada una de ellas (Blaxhall y Daisley, 1973).

- **Glucosa, proteínas totales y albúmina**

Se tomaron 100 µl del plasma obtenido luego de centrifugar a 2,000 rpm durante 5 minutos en la centrífuga, luego se analizó con la máquina automatizada Mindray Bs 240 E.

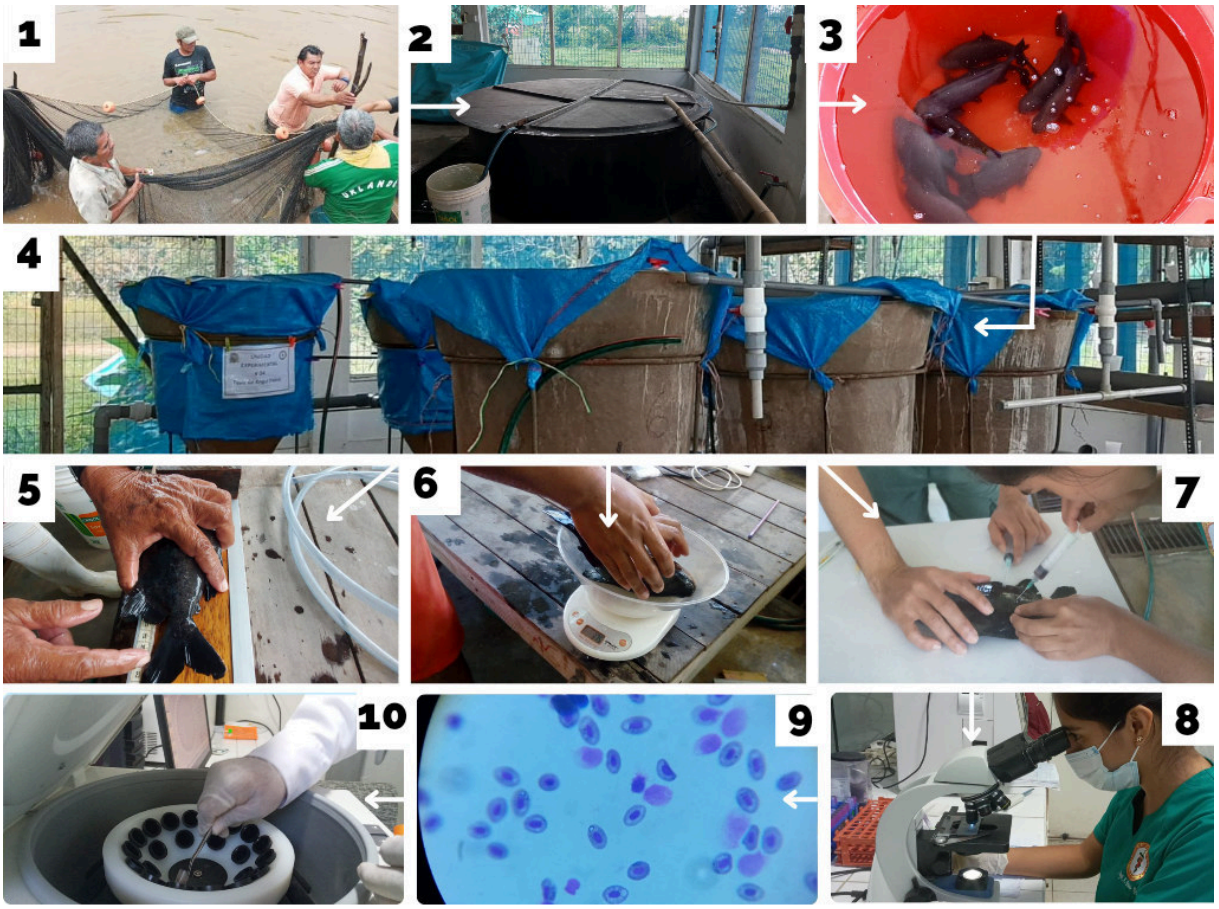

Figura 5. Esquematización de la metodología: (1) Colecta y selección de peces para experimento; (2) Aclimatación de los peces en laboratorio; (3) Ejemplares de juveniles de *Piaractus brachypomus*; (4) Tanques de crianza; (5) medición de la longitud total de los peces; (6) Pesaje de los peces; (7) Extracción de sangre de los peces en experimentación; (8)

Observación en microscopio de células blancas sanguíneas; (9) Captura de células blancas observadas bajo microscopio óptico; (10) Análisis sanguíneo.

F. Análisis estadístico

La homogeneidad inicial del peso de los peces fue confirmada por la prueba Q de Cochran ($p<0.05$) y la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk ($p<0.05$). Los datos de parámetros productivos, hematológicos y de bioquímica sanguínea fueron sometidos a una prueba de ANOVA de dos factores (dieta vs. tiempo) y el test de Tukey ($p < 0.05$); sin embargo, los factores se analizaron independientemente cuando no hubo interacción entre ellos. Los datos fueron analizados utilizando el software Statistic 10.0.

IV. RESULTADOS

A. Crecimiento de los peces

Los resultados del crecimiento corporal de los peces se proyectan en el Cuadro 5. Ninguno de los parámetros analizados mostró interacción entre los factores, por lo tanto, los análisis se hicieron separadamente por cada factor.

Los peces iniciaron el experimento con 242.77 g (semana 0), mostrando crecimiento diferenciado ya en la segunda semana de crianza, con mayores ganancias de peso en peces alimentados con D1 y D4 comparados con peces alimentados con D2 y D3. Sucesivamente, los peces ganaron peso en las semanas 4 y 6 aunque sin exhibir diferencias entre los grupos de peces. Al finalizar las 8 semanas de experimentación, los peces alimentados con dieta suplementada con péptidos + probióticos ME (D4) mostraron mayor ganancia de peso, seguido por peces alimentados con dieta suplementada únicamente con péptidos (D2). Las menores ganancias de peso se presentaron en peces alimentados con dieta suplementada únicamente con probióticos ME (D3), así como en peces alimentados con la dieta control (D1), tal como se puede observar en la Figura 6.

En relación a la conversión alimenticia, altos valores se reportaron en la segunda semana de alimentación para aquellos peces alimentados con la D2 (3.97) y D3 (3.57). Excepto esos valores, las conversiones alimenticias registradas durante el experimento se mantuvieron entre 1.12 - 1.76, aunque en la octava semana se registró el menor valor de conversión alimenticia (0.97) en juveniles de *P. brachypomus* alimentados con dietas suplementadas con péptidos + probióticos ME (D4).

La tasa de crecimiento relativo (1.002%/día) y el factor de condición alométrico de Fulton (2.03) se mantuvieron constantes y sin diferencia a lo largo de las 8 semanas de experimentación.

Cuadro 5. Crecimiento corporal de juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con dietas con adición de péptidos y probióticos microorganismos eficientes, durante 8 semanas de alimentación.

Parámetro	Dieta	Semanas					Error estándar de la media	p Valor		
		0	2	4	6	8		D	T	D× T
Peso final (g)	D1	242.90^{Aa}	265.85^{Bb}	264.04^{Ab}	265.61^{Ab}	267.45^{Ac}	5.054	*	*	n.s
	D2	242.50^{Aa}	251.05^{Ab}	268.77^{ABc}	273.20^{Bcd}	276.00^{Cd}				
	D3	242.58^{Aa}	252.08^{Ab}	266.90^{Ac}	268.30^{Acd}	270.00^{Bd}				
	D4	243.10^{Aa}	266.50^{Bb}	272.30^{Bc}	272.15^{Bc}	282.43^{Dd}				
Ganancia de peso (g)	D1	-	22.95^{Ba}	21.14^{Aa}	22.71^{Aa}	24.55^{Ab}	4.527	*	*	n.s
	D2	-	8.55^{Aa}	26.27^{ABb}	30.70^{Bbc}	34.00^{Cd}				
	D3	-	9.50^{Aa}	24.32^{Ab}	25.72^{Abc}	27.42^{Bc}				
	D4	-	23.40^{Ba}	29.20^{Bb}	29.05^{Bb}	39.33^{Dc}				
Conversión alimenticia	D1	-	1.48^{Ba}	1.76^{Aa}	1.63^{Aa}	1.51^{Aa}	0.719	*	*	n.s
	D2	-	3.97^{Aa}	1.34^{Ab}	1.26^{Ab}	1.12^{Ab}				
	D3	-	3.57^{Aa}	1.45^{Ab}	1.45^{Ab}	1.37^{Ab}				
	D4	-	1.45^{Ba}	1.28^{Aa}	1.31^{Aa}	0.97^{Bb}				
Tasa de crecimiento relativo (%/día)	D1	-	1.002	1.002	1.002	1.002	0.001	n.s	n.s	n.s
	D2	-	1.001	1.002	1.003	1.003				
	D3	-	1.002	1.002	1.002	1.002				
	D4	-	1.002	1.003	1.003	1.004				
Factor de condición de Fulton	D1	-	1.80	1.80	1.90	2.00	0.001	n.s	n.s	n.s
	D2	-	1.90	2.20	2.10	2.40				
	D3	-	1.80	1.80	2.00	2.20				
	D4	-	2.00	2.10	2.10	2.30				

D1 = Dieta comercial.
D2 = Dieta comercial + 1.5% de péptidos (Fish 40 AQUA NATURAL).
D3 = Dieta comercial + 40 mL/kg de microorganismos eficientes activados (BIOEM AQUA).
D4 = Dieta comercial + 1.5% de péptidos (Fish 40 AQUA NATURAL) + 40 mL/kg de microorganismos eficientes activados (BIOEM AQUA).
* = $p<0.05$.
$^{n.s}$ = no significativo ($p>0.05$). Letras mayúsculas diferentes indican que existe una diferencia significativa entre las dietas para cada tiempo de muestreo ($p<0.05$), mientras que letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa entre el tiempo de muestreo para cada tipo de dieta ($p<0.05$).

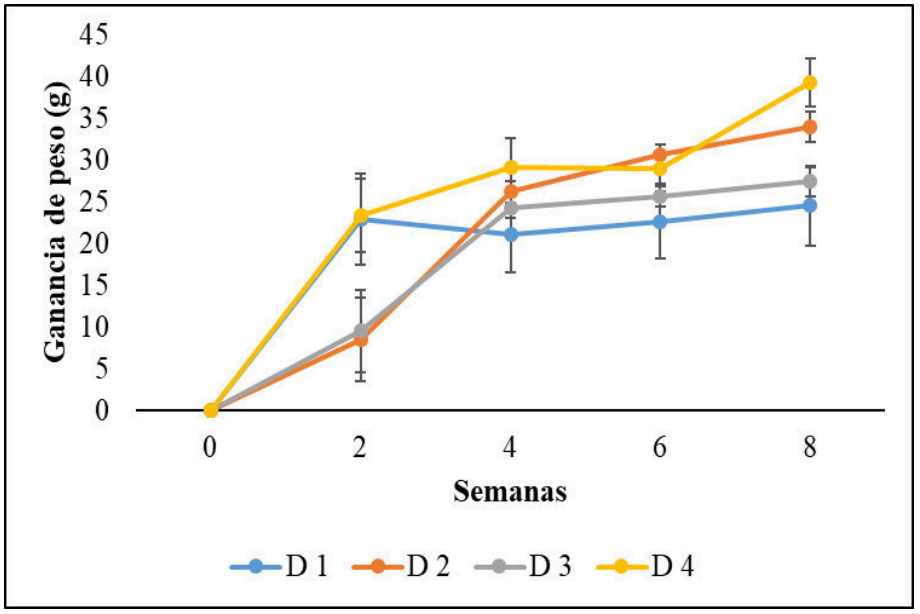

Figura 6. Ganancia de peso (g) en juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con dietas con adición de péptidos y probióticos microorganismos eficientes. Barras verticales indican desviación estándar de la media.

B. Parámetros hematológicos y bioquímica del plasma sanguíneo

Los valores de hematocrito (18.31%), leucocitos (1216.67 mm^3), neutrófilos (81.27%) y linfocitos (18.73%) se mantuvieron constantes a lo largo del experimento (Cuadro 6).

En relación al análisis de parámetros de bioquímica sanguínea (Cuadro 7), la glucosa plasmática disminuyó para todos los peces en la segunda semana de alimentación (59.56 mg/dL) en comparación con el valor basal (97.17 mg/dL); sin embargo, entre la cuarta y octava semana de alimentación hubo incremento del nivel de glucosa plasmática en los peces que no recibieron suplementación (D1) (89.00 mg/dL) siendo similar al valor basal, mientras que los demás valores registrados se mantuvieron bajos con respecto al valor basal y al valor obtenido en peces alimentados con D1 (57.22 mg/dL), tal como se percibe en la Figura 7.

Cuadro 6. Parámetros hematológicos de juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con dietas con adición de péptidos y probióticos microorganismos eficientes.

Parámetros	Dieta	Semanas					Error estándar de la media	p Valor		
		Basal	2	4	6	8		D	T	D× T
Hematocrito (%)	D1	16.50	13.00	21.33	22.00	17.00	3.185	n.s	n.s	n.s
	D2		15.67	15.00	19.33	17.00				
	D3		19.00	18.00	24.00	22.33				
	D4		17.00	17.67	16.33	18.33				
Leucocitos (mm^3)	D1	1341.67	1116.67	1066.67	1133.33	1100.00	3.029	n.s	n.s	n.s
	D2		1133.33	1000.00	1450.00	1083.33				
	D3		966.67	1933.33	1250.00	1083.33				
	D4		1266.67	1100.00	1550.00	1233.33				
Neutrófilos (%)	D1	80.67	80.33	82.00	75.67	84.33	1.211	n.s	n.s	n.s
	D2		78.67	83.33	77.67	84.33				
	D3		83.00	86.33	83.67	82.33				
	D4		78.00	79.33	80.33	81.00				
Linfocitos (%)	D1	19.33	19.67	18.00	24.33	15.67	1.211	n.s	n.s	n.s
	D2		21.33	16.67	22.33	15.67				
	D3		17.00	13.67	16.33	17.67				
	D4		22.00	20.67	19.67	19.00				

D1 = Dieta comercial.
D2 = Dieta comercial + 1.5% de péptidos (Fish 40 AQUA NATURAL).
D3 = Dieta comercial + 40 mL/kg de microorganismos eficientes activados (BIOEM AQUA).
D4 = Dieta comercial + 1.5% de péptidos (Fish 40 AQUA NATURAL) + 40 mL/kg de microorganismos eficientes activados (BIOEM AQUA).
$^{n.s}$ = no significativo (p>0.05).

La proteína plasmática en los peces mostró divergencia para animales alimentados con dieta sin suplementación (D1) desde la cuarta a octava semana, con valores más altos en comparación con los peces alimentados con D2 y D4. Por otro lado, se reportó diferencia en relación a los niveles de proteína plasmática en peces alimentados dieta suplementada únicamente con probióticos ME (D3), resultando en el mayor valor de proteína plasmática en la segunda semana de alimentación para luego mantenerse en valores similares a los obtenidos en peces alimentados con la dieta sin suplementación. Los valores de proteína

plasmática en peces alimentados con D2 y D4 fueron siempre bajos, similares al valor basal y constantes a lo largo del experimento (Figura 8). Los valores de albúmina plasmática se mantuvieron siempre constantes (1.08 g/dL) a lo largo de las 8 semanas de alimentación.

Cuadro 7. Bioquímica del plasma sanguíneo de juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con dietas con adición de péptidos y probióticos microorganismos eficientes.

Parámetros	Dieta	Semanas					Error estándar de la media	p Valor		
		Basal	2	4	6	8		D	T	D× T
Glucosa (mg/dL)	D1	97.17^{a}	46.33^{b}	88.67^{ab}	103.00^{a}	89.00^{ab}	1.322	*	n.s	*
	D2		72.00^{ab}	58.33^{ab}	45.67^{b}	61.67^{ab}				
	D3		76.33^{ab}	64.00^{ab}	70.00^{ab}	59.67^{ab}				
	D4		60.33^{ab}	52.67^{b}	48.00^{b}	50.33^{b}				
Proteínas totales (g/dL)	D1	1.55^{Aa}	1.53^{Aa}	2.33^{Ba}	2.37^{Ba}	1.90^{Aa}	4.155	*	n.s	n.s
	D2		1.33^{Aa}	1.43^{Aa}	1.53^{Aa}	1.57^{Aa}				
	D3		3.07^{Bb}	2.00^{Bb}	2.33^{Bb}	2.17^{Bb}				
	D4		1.50^{Aa}	1.37^{Aa}	1.67^{Aa}	1.50^{Aa}				
Albúmina (g/dL)	D1	1.02	0.97	1.20	1.27	1.03	0.795	n.s	n.s	n.s
	D2		0.90	1.03	1.00	1.07				
	D3		1.37	1.13	1.13	1.13				
	D4		1.03	1.00	0.97	1.00				

D1 = Dieta comercial.
D2 = Dieta comercial + 1.5% de péptidos (Fish 40 AQUA NATURAL).
D3 = Dieta comercial + 40 mL/kg de microorganismos eficientes activados (BIOEM AQUA).
D4 = Dieta comercial + 1.5% de péptidos (Fish 40 AQUA NATURAL) + 40 mL/kg de microorganismos eficientes activados (BIOEM AQUA).
* = $p<0.05$.
n.s = no significativo ($p>0.05$). Solo minúsculas indican que la interacción fue significativa ($p<0.05$). Cuando la interacción no fue significativa ($p>0.05$), los factores fueron analizados por separado; en esos casos, letras mayúsculas diferentes indican que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las dietas para cada tiempo de muestreo ($p<0.05$), mientras que letras minúsculas diferentes indican que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el tiempo de muestreo para cada tipo de dieta ($p<0.05$).

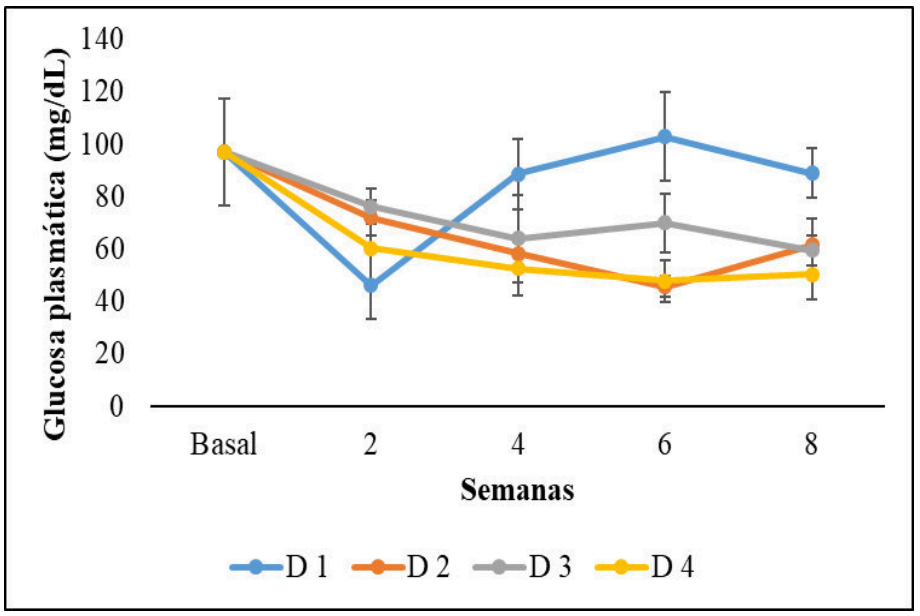

Figura 7. Nivel de glucosa plasmática (mg/dL) en juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con dietas con adición de péptidos y probióticos microorganismos eficientes.

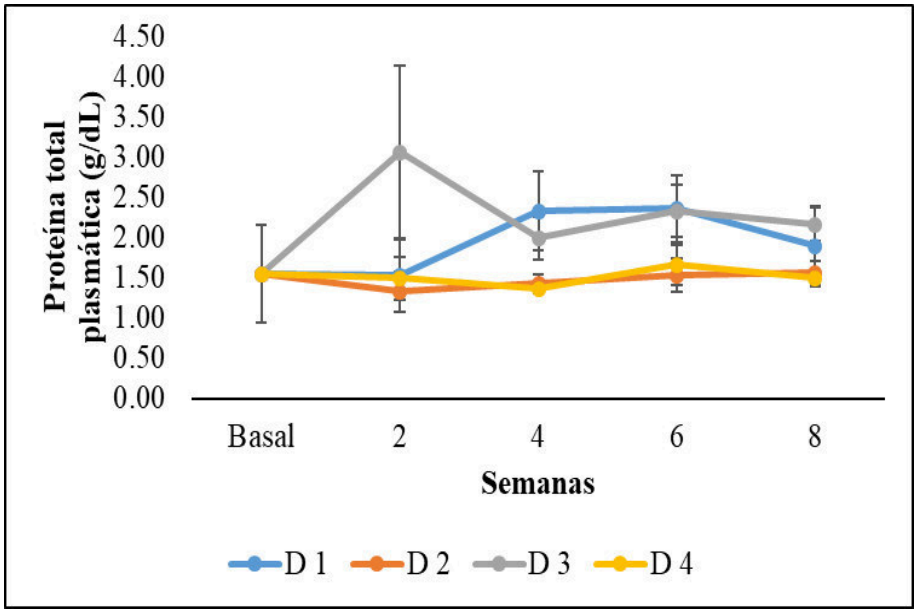

Figura 8. Nivel de proteínas totales plasmáticas (g/dL) en juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con dietas con adición de péptidos y probióticos microorganismos eficientes.

V. DISCUSIÓN

A. Crecimiento de los peces

Al finalizar el período de alimentación, mayores ganancias de peso en esta investigación fueron obtenidas en peces alimentados con la dieta que contenía ambos suplementos (D4), seguido de la dieta suplementada únicamente con péptidos (D2). Diversos estudios que utilizaron estos suplementos de forma individual resultan en favorecimientos del crecimiento en peces. No obstante, no se evidencian estudios realizados que combinaron péptidos y probióticos ME en la misma dieta, siendo este trabajo novedoso para la acuicultura, en especial por tratarse de una especie nativa de interés para la acuicultura en el país (PRODUCE, 2022).

Péptidos de origen animal y vegetal suplementando dietas acuícolas favorecieron el crecimiento en algunas especies de peces marinos (Hevroy, 2005; Kotzamanis *et al*., 2007; Tang *et al*., 2008) y continentales, como en las fases iniciales de *O. bicirrhosum* (10.00% - 30.00%) y en juveniles de *P. punctifer* (1.20%), *C. macropomum* (5.00%), *O. mykkis* (10.00%) (Cortegano *et al*., 2022; Costa *et al*., 2022; López-Macías y Salas-Benavides, 2020) y *P. brachypomus* (Cruz-Velázquez *et al*., 2014). Asimismo, investigaciones realizadas con dietas suplementadas con probióticos ME mostraron potenciar el crecimiento en una especie amazónica, *M. schomburgkii* (40 mL/kg) (Maldonado y Taricuarima, 2017), así como en *O. niloticus* (Aly *et al.*, 2008; Wang *et al.,* 2008), y otras especies acuícolas (Gupta *et al.,* 2014).

Con respecto a los probióticos ME, esos reportes discrepan con lo obtenido en el presente estudio como observado en peces suplementados únicamente con probióticos ME (D3) que resultaron en bajas ganancias de peso. Esto es debido, posiblemente, a la lixiviación del suplemento probiótico ME por su consistencia líquida y/o por la baja especificidad de los probióticos ME del suplemento en el huésped (Puello-Caballero *et al*., 2018, Castañeda-Monsalve *et al*., 2019). Sin embargo, es posible que ambos suplementos suministrados simultáneamente potencien el crecimiento de *P. brachypomus*, toda vez que la viscosidad del producto péptido, posiblemente, limitó la lixiviación del suplemento probiótico ME permitiendo la acción conjunta benéfica para el pez. Las menores ganancias de peso se visualizaron en peces alimentados con D3, así como en peces alimentados con la dieta control (D1).

La conversión alimenticia en los peces de este estudio se mantuvo entre 1.12 a 1.76, que corresponde a rangos observados en crianzas comerciales de esta especie (Favero *et al*., 2021; Angeles-Escobar *et al*., 2022); sin embargo, altos valores fueron observados en la semana 2 para peces alimentados con D2 y D3, posiblemente a causa de una modificación en la palatabilidad de las dietas (Cortegano *et al*., 2019). Por otro lado, en la 8va semana de alimentación la dieta con ambos suplementos (D4) reflejó la menor conversión alimenticia. Este resultado es atrayente, toda vez que el valor de la conversión alimenticia obtenido en este ensayo está por debajo de lo reportado para crianzas comerciales de la especie bajo buenas prácticas de manejo acuícola, así como para otras especies de similar condición como *C. macropomum* (Grande-Fernández *et al*., 2023) y *P. mesopotamicus* (Fernandes *et al*., 2000).

La similitud obtenida en cuanto al factor de condición y a la tasa de crecimiento relativo, sugieren que la suplementación con péptidos y/o probióticos ME no afecta ni el estado general de bienestar del pez (NRC, 2011) ni el crecimiento por día (%/día).

En este estudio, el porcentaje de péptidos (1.50%) y probióticos ME (40 mL/kg) adicionados a la dieta corresponden a experiencias de baja inclusión de estos suplementos para especies amazónicas con resultados beneficiosos (Cortegano *et al*., 2022; Maldonado y Taricuarima, 2017; Romani, 2022), siendo necesarias al menos 8 semanas de alimentación para evidenciar la promoción sobre la ganancia de peso y la conversión alimenticia. Es así, que se sugiere realizar experiencias de alimentación en mayores períodos que permitan evidenciar efectos de estos suplementos sobre el crecimiento del pez con mayor claridad y evaluar el beneficio/costo en producciones de gran escala.

B. Parámetros hematológicos y bioquímica del plasma sanguíneo

Los parámetros hematológicos pueden ser influenciados por factores externos, tales como el medio ambiente, calidad y cantidad de alimento suministrado, tipo de sistema de crianza y, factores internos, tales como etapa de crecimiento, etapa reproductiva, estrés (Rodrigues, 2018; Erazo y Riera, 2019; Corredor-Castillo y Landines-Parra, 2018). Sin embargo, en este estudio no se observó ninguna alteración en los parámetros hematológicos analizados, lo que

nos permite interpretar que el suministro de estos suplementos a través de la dieta tendría un efecto neutral para esta especie.

El valor de hematocrito resultante en nuestra investigación es comparativamente bajo a lo reportado para *P. brachypomus* criado bajo la tecnología del sistema biofloc (34.7%) (Angeles-Escobar *et al*., 2022) o sometido a condiciones de estrés por hipoxia (37.33%) (Corredor-Castillo y Landines-Para, 2018). En esos casos, es probable que la exposición a sólidos en suspensión o nitritos elevados, o la exposición a un agente estresor, respectivamente, haya conllevado a incrementar los valores de hematocrito como compensación del pez para mantener adecuado el transporte de oxígeno para sus funciones metabólicas.

Los valores de la serie blanca, relacionados a la defensa del pez, fueron constantes durante el desarrollo de esta investigación. Estos valores estuvieron cercanos a lo reportado para *P. brachypomus* criados en jaulas flotantes instaladas en un lago en la región de Ucayali (Acosta *et al*., 2017), pero inferiores a lo encontrado para una especie amazónica, *C. macropomum*, producida en estanques excavados (Grande-Fernández *et al*., 2023).

En este ensayo, los niveles de glucosa de todos los peces presentaron una disminución a la segunda semana de muestreo; sin embargo, al transcurrir el período de alimentación, los peces alimentados con las dietas suplementadas (D2, D3 y D4), evidenciaron una reducción significativa de la cantidad de glucosa plasmática manteniéndose estable hasta las ocho semanas de alimentación. Esto podría indicar que el suministro de estos suplementos péptidos y/o probióticos ME, tendrían un efecto regulador para equilibrar los niveles de este parámetro en la sangre del pez (Ocampo y Camberos, 1999; Barandica y Tort, 2008), hecho que no se visualizó en *P. brachypomus* alimentado con la dieta control. En ese sentido, los péptidos y probióticos ME, al ser consumidos por el pez contribuyen a una obtención balanceada de nutrientes, en la digestibilidad de los nutrientes promoviendo menor eliminación de nitrógeno al ambiente acuático y favoreciendo, posiblemente, a la mejora de la calidad de agua para el caso de probióticos ME lixiviados.

Con respecto a la cantidad de proteínas totales plasmáticas, los peces alimentados con las dietas suplementadas con péptidos (D2) y con ambos suplementos (D4) reflejaron valores

estables a lo largo del período de alimentación. Esto indica que estos suplementos no afectan las condiciones fisiológicas del animal expresadas en este parámetro.

Diversos estudios han mostrado que la inclusión de péptidos y probióticos ME en dietas para especies acuícolas (Chauhan y Singh, 2018; El-Saadony *et al*., 2021) contribuyen en el bienestar de estos animales, evidenciado en el favorecimiento del crecimiento corporal sin afectar las condiciones hematológicas y bioquímica del plasma sanguíneo del pez.

VI. CONCLUSIONES

- Peces suplementados simultáneamente con péptidos y probióticos ME resultan en mayor ganancia de peso, menor conversión alimenticia y parámetros hematológicos y bioquímicos constantes.

- Peces suplementados únicamente con péptidos presentan una ganancia significativa de ganancia de peso, baja conversión alimenticia y parámetros hematológicos y bioquímicos constantes, aunque menos atractivos que lo obtenido con peces alimentados suplementados simultáneamente con péptidos y probióticos ME.

- La suplementación con péptidos y probióticos ME en *P. brachypomus* contribuyen en la regulación de la cantidad de glucosa y proteínas totales del plasma.

VII. RECOMENDACIONES

- Se sugiere investigaciones con el uso de péptido y probióticos ME con tiempos de alimentación más prolongados.

- Realizar comparaciones con otros sistemas de cultivo, como un sistema cerrado o abierto para poder evidenciar si en estos tipos de cultivo puedan generar diferencia significativa.

- A pesar que en esta investigación no se evaluaron los costos de producción, sería recomendable determinar el valor económico en siguientes estudios que se realicen en relación con estos suplementos.

- En vista que los resultados son interesantes se recomienda validar la experiencia en un entorno real, como trabajo en campo ya sea en estanques excavados de uso comercial.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ***Acosta CRR, Paredes RO, Panduro PPV, Flores JIV. 2017.*** Efecto de la densidad de siembra en el desempeño productivo y parámetros hematológicos de juveniles de *Piaractus brachypomus* "paco"cultivados en jaulas flotantes en la laguna Yarinacocha. Cultura Viva Amazónica 2(2), 2017.

2. ***Agudelo E, Pineda-Arguello IZ, Acosta A, Ramírez-Gil H, Ajiaco-Martínez RE, González-Cañon G. 2011.*** *Piaractus brachypomus* (Cuvier 1818). En: Lasso CA, Agudelo E, Jiménez-Segura LF, Ramírez-Gil H, Morales-Betancourt M, Ajiaco-Martínez RE, de Paula Gutiérrez F, Usma SE, Muñoz-Torres JS, Sanabria-Ochoa AI, eds. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Bogotá DC, Colombia: Unión gráfica Ltda. p 236-242.

3. ***Aly S, Mohamed M, John G. 2008***. Effect of probiotics on the survival. growth and challenge infection in Tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture research, 39(6): 647-656.

4. ***Ángeles-Escobar BE, da Silva SMB, Severi W. 2022.*** Growth, red blood cells, and gill alterations of red pacu (*Piaractus brachypomus*) fingerlings by chronic exposure to different total suspended solids in biofloc. J World Aquac Soc 53 (3): 652-668.

5. ***Baldisserotto B. 2013.*** Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. 3ra ed. Santa María, Brasil: Ed UFSM. 352 p.

6. ***Barandica LMC, Tort LB. 2008.*** Neuroendocrinología e inmunología de la respuesta al estrés en peces. Rev Acad Colomb Cienc 32(123): 267-284.

7. ***Blaxhall P, Daisley K.*** 1973. Routine Haematological Methods for Use with Fish Blood. J Fish Biol 5: 771-781.

8. ***Castañeda-Monsalve VA, Junca H, García-Bonilla E, Montoya-Campuzano OIM, Moreno-Herrera CX. 2019.*** Characterization of the gastrointestinal bacterial microbiome of farmed juvenile and adult white Cachama (*Piaractus brachypomus*). Aquaculture 512: 734325.

9. ***Chauhan A, Singh R. 2018.*** Probiotics in aquaculture: a promising emerging alternative approach. Symbiosis 77: 99-113.

10. ***Conceição LEC, Aragão C, Dias J, Costas B, Terova G, Martins C, Tort L. 2012.*** Dietary nitrogen and fish welfare. Fish Physiol Biochem 38(1): 119-141.

11. ***Corredor-Castillo A, Landines-Parra M. 2018.*** Parámetros productivos y hematológicos de Piaractus brachypomus suplementados con ácido ascórbico y sometidos a estrés por hipoxia. Orinoquia 22.1: 48-56.

12. ***Cortegano CA, De Alcantara, da Silva AF, Fernandez CM, Cordeiro SP, dos Santos VJ, Visentainer JV, Gonçalves LU. 2019***. Finishing plant diet supplemented with microalgae meal increases the docosahexaenoic acid content in Colossoma macropomum flesh. Aquac Res. 50: 1291-1299.

13. ***Cortegano CAA, Montúfar RN, Bardales DMW, Rojas DP, Chávez CAV, Salazar GVC, Quintana SGB, Cáceres FDC, Guerra SL. 2022.*** Efecto de la inclusión en la dieta de hidrolizado proteico de pescado sobre el crecimiento corporal y composición proximal del músculo de doncella (*Pseudoplatystoma punctifer*). Rev Inv Vet Perú 33(5): e22232.

14. ***Costa MNF, Furtado YIC, Monteiro CC, Brasiliense ARP, Yoshioka ETO. 2022.*** Physiological responses of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed diets supplemented with silage from fish and vegetable residues. Braz J Biol 84: e255493.

15. ***Cruz-Velásquez Y, Kijora C, Agudelo-Martínez V, Schulz C. 2014.*** Inclusion of fermented aquatic plants as feed resource for cachama blanca, *Piaractus brachypomus*, fed low-fish meal diets. Orinoquia Suplemento 18(2): 229-236.

16. ***Davies SJ, Guroy D, Hassaan M, El-Ajnaf SM, El-Haroun E. 2020.*** Evaluation of co-fermented apple-pomace, molasses and formic acid generated sardine-based fish silages as fishmeal substitutes in diets for juvenile European sea bass (*Dicentrachus labrax*) production. Aquaculture 521: 735087.

17. ***Dos Santos RB, Izel-Silva J, Fugimura MMS, Suita SM, Ono EA, Affonso EG. 2021.*** Growth performance and health of juvenile tambaqui, *Colossoma*

macropomum, in a biofloc system at different stocking densities. Aquac Res 52: 3549-3559.

18. ***El-Saadony MT, Alagawany M, Patra AK, Kar I, Tiwari R, Dawood MAO, Dhana K, Abdel-Latif HMR. 2021.*** The functionality of probiotics in aquaculture: An overview. Fish Shellfish Immunol 117: 36-52.

19. ***Erazo B, Riera D. 2019***. Efecto de la restricción de alimento en cachama (Piaractus Brachypomus) con la adición de bacillus subtilis en la dieta. Tesis de Licenciatura. Ecuador : Univ Estatal Amazónica.

20. ***Escobar MD, Ota RP, Machado-Allison A, Farias IP, Krbek T. 2019.*** A new species of *Piaractus* (Characiformes: Serrasalmidae) from the Orinoco Basin with a redescription of *Piaractus brachypomus*. J Fish Biol 95(2): 411-427.

21. ***FAO/WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations - World Health Organization). 2021.*** Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with lactic acid bacteria. Food and Agriculture Organization of the United Nations - World Health Organization. [Internet], [27 septiembre 2023]. Disponible en: https://www.fao.org/3/a0512e/a0512e.pdf

22. ***Favero GC, dos Santos FAC, Júlio GSC, Pedras PPC, Ferreira AL, Silva WS, Ferreira NS, Neves LC, Luz RK. 2021.*** Effects of short feed restriction cycles in *Piaractus brachypomus* juveniles. Aquaculture 536: 736465.

23. ***Fernandes JBK, Carneiro DJ, Sakomura NK. 2000.*** Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de pacu (Piaractus mesopotamicus). Revista Brasileira de Zootecnia 29(3): 646- 653

24. ***FishBase. 2023.*** *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818). [Internet], [27 septiembre 2023]. Disponible en: https://fishbase.mnhn.fr/summary/5808

25. ***García C, Sánchez H, Flores M, Mejia J, Angulo C, Castro D, Estivals G, García A, Vargas G, Nolorbe C, Núñez J, Mariac C, Duponchelle F, Renno J. 2018.*** Peces de consumo de la amazonía peruana. Iquitos, Perú: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). 218 p.

26. ***Gill I, López-Fandiño R, Jorba X, Vulfson EM. 1996.*** Biologically active peptides and enzymatic approaches to their production. Enzyme Microb Tech 18: 162-183.

27. ***Gomes LC, Chagas EC, Martins-Junior H, Roubach R, Ono EA, Lourenço JNP. 2006.*** Cage culture of tambaqui (*Colossoma macropomum*) in a central Amazon floodplain lake. Aquaculture 253 (1-4): 374-384.

28. ***Grande-Fernández BC, Cortegano CAA, Chávez CAV, Goncalvez LU, Quintana SGB, Cáceres FDC, Guerra SL. 2023.*** Crecimiento corporal, composición proximal del músculo y parámetros hematológicos de juveniles de *Colossoma macropomum* alimentados con una dieta exclusivamente vegetal en comparación con una dieta con bajo contenido de harina de pescado. Rev Inv Vet Perú 34(2): e23524.

29. ***Guimarães IG, Martins GP. 2015.*** Nutritional requirement of two Amazonian aquaculture fish species, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) and *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818): a mini review. J Apli Ichthyol 31: 57-66.

30. ***Gupta A, Gupta P, Dhawan A. 2014***. Dietary supplementation of probiotics affects growth, immune response and disease resistance of Cyprinus carpio fry. Fish & Shellfish Immunology, 41(2): 113- 119.

31. ***Halim NRA, Yusof HM, Sarbon NM. 2016.*** Functional and bioactive properties of fish protein hydolysates and peptides: A comprehensive review. Trends Food Sci Technol 51: 24-33.

32. ***Halver J, Hardy R. 2003.*** Fish nutrition. 3era ed: United State: Academic Pres.

33. ***Hashem AMA, Sakhare SD, Kudre TG. 2023.*** Effect of *Piaractus brachypomus* fish protein hydrolysate on physicochemical, sensory, and storage properties of cookies. Biocatal Agric Biotechnol 51: 102761.

34. ***He S, Franco C, Zhang W. 2013.*** Functions, applications and production of protein hydrolysates from fish processing co-product (FPCP): Review. Food Res Int 50(1): 289-297.

35. ***Hevrøy EM, Espe M, Waacg OR, Sandnes K, Ruud M, Hemre G. 2005.*** Nutrient utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed increased levels of fish protein hydrolysate during a period of fast growth. Aquac Nutr 11(4): 301-313.

36. ***INGREDIENTS INC PERU SAC. 2014.*** Conceptos Avanzados en Bio Nutrición Péptidos y Nucleótidos/Aminoácidos de Alta Digestibilidad. Lima.

37. ***Kesarcodi-Watson A, Kaspar H, Lategan MJ, Gibson L. 2008.*** Probiotics in aquaculture: the need, principles and mechanisms of action and screening processes. Aquaculture 274: 1-14.

38. ***Kotzamanis YP, Gisbert E, Gatesoupe FJ, Zambonino-Infante J, Cahu C. 2007.*** Effects of different dietary levels for fish protein hydrolysates on growth, digestive enzymes, gut microbiota, and resistance to *Vibrio anguillarum* in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. Comp Biochem Physiol 147(1): 205-214.

39. ***Lima-Junior SE, Cardone IB, Goiten R. 2002.*** Determination of a method for calculation of allometric condition factor fish. Acta Sci 24(2): 397-400.

40. ***Lochmann R, Cheng R, Chu-Koo FW, Camargo WN, Kohler CC, Kasper C. 2009.*** Effects of carbohydrate-rich alternative feedstuffs on growth, survivel, body composition, hematology, and nonspecific inmune response of black pacu, *Colossoma macropomum*, and red pacu, *Piaractus brachypomus*. JWAS 40(1): 33-44.

41. ***López-Macías J, Salas-Benavides J. 2020.*** Efecto de harina de hidrolizado de vísceras en el crecimiento de trucha arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Rev MVZ Córdoba 26: e1989.

42. ***Maldonado R, Taricuarima M. 2017***. Tres niveles de inclusión del probiótico EM en el alimento sobre el crecimiento y composición corporal en alevinos de banda negra *Myleus schomburgkii*, (Serrasalmidae) cultivados en corrales. Tesis para titulo de Biólogo acuicultor. Iquitos: Univ. Nac. de la Amazonía Peruana. 69 p.

43. ***Martínez-Alvarez O, Chamorro S, Brenes A. 2015.*** Protein hydrolysates from animal processing by-products as a source of bioactive molecules with interest in animal feeding: A review. Food Res Int 73: 204-212.

44. ***Mohr S, Liew C-C. 2007.*** The peripheral-blood transcriptome: new insights into disease and risk assessment. Trends Mol Med 10: 422-432.

45. ***Najim SM, Al-Noor SS, Jasim BM. 2014.*** Effects of fish meal replacement with fish biosilage on some haematological and biochemical parameters in common carp *Cyprinus carpio* fingerlings. Int J Res Fish Aquac 4(3): 112-116.

46. ***NRC (National Research of Council). 2011.*** Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington DC: The National Academies Press. 392 p.

47. ***Ocampo A, Camberos L. 1999.*** Diagnóstico del estrés en peces. Veterinaria México 30(4):337-344.

48. ***Olabuenaga S. 2000.*** Fish inmune system. Gayana (Concepción) 64 (2): 205-2015.

49. ***Palacios ME, Dabrowski K, Abiago MAG, Lee K-J. 2006.*** Effect of diets formulated with native peruvian plants on growth and feeding efficiency of red pacu (*Piaractus brachypomus*) juveniles. JWAS 37(3): 246-255.

50. ***Pérez-Chabela ML, Alvarez-Cisneros YM, Soriano-Santos J, Pérez-Hernández MA. 2020.*** Los probióticos y sus metabolitos en la acuicultura. Una revisión. Hidrobiológica 30(1): 93-105.

51. ***Piñeros-Roldan AJ, Gutiérrez-Espinoza MC, Castro-Guerrero SR. 2014.*** Sustitución total de la harina de pescado por subproductos avícolas suplementados con aminoácidos en dietas para juveniles de *Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818. 18(2): 13-24.

52. ***Porto LA, Assis PAS, Amorim MPS, Luz RK, Favero GC. 2023.*** Physiological responses to long fasting followed by refeeding in juveniles of pirapitinga, *Piaractus brachypomus*. 53(3): 187-195.

53. ***PRODUCE (Ministerio de la Producción del Perú). 2022.*** *A*nuario estadístico pesquero y acuícola 2021. Lima, Perú: Ministerio de la Producción del Perú. 189 p.

54. ***Puello- Cuello L, Montaya- Campuzano O, Castañeda-Monsalve V, Moreno.Murillo L. 2018***. Caracterización de la microbiota presente en el intestino de Piaractus brachypomus (Cachama blanca). Revista de Salud Animal, 40(2).

55. ***Ramírez ALC, Espinoza MGG, Ramos ARP. 2021.*** Uso de hidrolizados de pescado en la acuicultura: una revisión de algunos resultados beneficiosos en dietas acuícolas. Manglar, 18(2): 215-222.

56. ***Rodrigues ALG. 2018***. *Caracterização Hematológica Da Pirapitinga Piaractus brachypomus (Cuvier, 1818) em Condições de Cultivo* (Doctoral dissertation, Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Acre, Rio Branco-Acre, 46).

57. ***Romani R. 2022***. Efecto de las concentraciones del suplemento péptidos y nucleótidos en el crecimiento de alevinos de Piaractus brachypomus "paco", Cusco 2020-2021. Tesis de Biólogo. Ayacucho: Univ. Nac. San Cristóbal de Huamanga.

58. ***Ríos EI. 2021.*** Calidad de agua en el cultivo de organismos acuáticos amazónicos. 1ª ed. Lima: Barreto. 50 p.

59. ***Rubio M. 2010***. Inmunología de los peces óseos. Rev. Mex. Cienc Pecu, 1(1): 47-57.

60. ***Sary C, de Paris LD, Bernardi DM, Lewandowski V, Signor A, Boscolo WR. 2017.*** Tilapia by-product hydrolysate powder in diets for Nile tilapia larvae. Acta Sci Anim Sci 39: 1.

61. ***Tang HG, Wu TX, Zhao ZI, Pan XD. 2008.*** Effects of fish protein hydrolysate on growth performance and humoral inmune response in large ywllow croaker (*Pseudosciaena crocea* R.). J Zhejiang Univ Sci 9(9): 684-690.

62. ***Tavares-Dias M, Moraes FR de. 2004.*** Hematologia de peixes teleósteos, 1ª ed. Brasil: Embrapa. 144 p.

63. ***Tejada OJ, Kim WK. 2021.*** Role of dietary fiber in poultry nutrition. Animals 11: 461.

64. ***Thrall M. 2015.*** Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária. 2da ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1284 p.

65. ***Vásquez-Torres W, Hermández-Arévalo G, Gutiérres-Espinoza MC, Yossa MI. 2012.*** Effects of dietary protein level on growth and serum parameters in cachama (*Piaractus brachypomus*). Rev Colomb Cienc Pecu 25: 450-461.

66. ***Wang Y, Tian Z, Yao J, Li W. 2008***. Effect of probiotics, *Enterococcus faecium*, on tilapia (*Oreochromis niloticus)* growth performance and immune response. Aquaculture, 277 (3-4): 203-207.

67. ***Yucra Y. 2016.*** Efecto de un probiótico comercial sobre el crecimiento, conversión alimenticia y sobrevivencia de alevinos de Oncorhynchus mykiss, Ayacucho 2015. Tesis de Biólogo. Ayacucho, Perú: Univ. Nacional San Cristóbal de Huamanga. 129 p.