

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



TESIS

**“HEMATOLOGIA Y BIOQUÍMICA SANGUINEA EN JUVENILES DE
Piaractus brachypomus (Paco) BAJO EL EFECTO DE PREBIÓTICO Y
DENSIDAD DE CULTIVO”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**ELABORADO POR:
LUNA MELGAREJO, MIRIAN YOHENY**

**TINGO MARÍA – PERÚ
2025**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
TINGO MARÍA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y TESIS



"Año de la Recuperación y la Consolidación de la Economía Peruana"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

A las 07:00 p.m. del 04 de diciembre de 2025, los que suscriben, Miembros del Jurado, se reunieron para calificar la Tesis titulada "HEMATOLOGÍA Y BIOQUÍMICA SANGUÍNEA EN JUVENILES DE *Piaractus brachypomus* (PACO) BAJO EL EFECTO DE PREBIÓTICO Y DENSIDAD DE CULTIVO", presentada por la Bachiller en Ciencias Pecuarias LUNA MELGAREJO, Mirian Yoheny.

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas, el Jurado declara APROBADA LA TESIS con el calificativo de "MUY BUENO".

Tingo María, 17 de diciembre de 2025

Dr. Daniel Marco Paredes López
Presidente

Ing. M. Sc. Tulita Alegria Guevara
Miembro



Blgo. Pesq. Carlos Álvarez Janampa
Miembro

Dr. Rizal Alcides Robles Huaynate
Asesor



UNAS

VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN

INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE SOPORTE
CIENTÍFICO
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 428 - 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% y contenido generado por Inteligencia Artificial menor o igual al 20%. Según establece el Art. 29° y 30° del Acuerdo Nro.017-2025-CIUNAS-VRI-UNAS.

Programa de Estudio:



Zootecnia

Tipo de documento:

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

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
HEMATOLOGIA Y BIOQUÍMICA SANGUINEA EN JUVENILES DE <i>Piaractus brachypomus</i> (Paco) BAJO EL EFECTO DE PREBIÓTICO Y DENSIDAD DE CULTIVO	LUNA MELGAREJO, MIRIAN YOHENY	11 % Once	0 % Cero

Tingo María, 29 de diciembre de 2025.

 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO

ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
JEFE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



**“HEMATOLOGIA Y BIOQUÍMICA SANGUINEA EN JUVENILES DE
Piaractus brachypomus (Paco) BAJO EL EFECTO DE PREBIÓTICO Y
DENSIDAD DE CULTIVO”**

Autor	: Luna Melgarejo, Mirian Yoheny.
Asesor de tesis	: Dr. Robles Huaynate, Rizal.
Escuela Profesional	: Zootecnia.
Programa de investigación	: Producción Animal Sostenible.
Línea(s) de investigación	: Nutrición, alimentación y salud animal, domésticos, silvestres y acuáticos en ecosistemas sostenibles.
Eje Temático	: Nutrición animal y pastos.
Lugar de ejecución	: Tingo María
Duración	: Inicio: Julio 2023 : Término: Agosto 2023
Financiamiento	: Recursos Propios S/9819.63

TINGO MARIA - PERU

2025

DEDICATORIA

A:

Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar siempre conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Mis amados padres Vicente Luna y Rosa Melgarejo, les dedico este logro con el amor, admiración y gratitud más profundo. Ustedes me dieron la vida, me enseñaron el significado de la perseverancia y con su incondicional apoyo, me guiaron en cada paso de este camino. Su fe en mí y su cariño constante fueron el motor que impulsó mi sueño. Gracias por ser mi mayor ejemplo y mi refugio seguro.

Mis hermanos Bendelín y Yefher Luna, mis primeros compañeros de vida. Gracias por los valores compartidos y por el orgullo con el que siguieron cada paso de este camino. Su apoyo incondicional y el amor que nos une fueron el combustible para alcanzar esta meta. Este logro también es de ustedes.

Mis pequeños tesoros, Lhemann y Alhenna Murga, ustedes son el verdadero motor de mi vida y mi mayor fuente de inspiración. Les dedico cada línea de este trabajo y cada sacrificio, con la esperanza de ser un ejemplo de que, con perseverancia y disciplina, no hay meta inalcanzable. Que este logro les recuerde siempre la importancia de perseguir sus sueños. Con todo mi amor, su mamá.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Zootecnia y por su intermedio a los maestros por haber impartido sus conocimientos y experiencias, especialmente a mi asesor: Dr. Robles Huaynate, Rizal y a los miembros del Jurado: Dr. Paredes López Marco Daniel, Ing. M. Sc. Alegría Guevara Tulita, Blgo. Pesq. Carlos Álvarez Janampa, por su orientación en la realización de este trabajo. A Celinda ; técnica del laboratorio de Sanidad Animal por su apoyo en el proceso de obtención de las muestras y resultados.

A mi esposo Yormin Murga Ramirez, que fue mi ancla durante esta travesía. Por su comprensión ante mis ausencias. No solo fue mi refugio en los momentos de mayor duda y frustración, sino también el motor que me recordó la razón por la cual debía seguir adelante. Gracias por creer en mí incluso en los días en que yo dejé de hacerlo.

A mis amigos, a los docentes, que me apoyaron durante mi formación profesional, por los consejos de no desmayar en mi propósito. Y que de una u otra manera aportaron su granito de arena para que concluyera con éxitos mis estudios superiores, a todos ellos muchísimas gracias y que Dios los bendiga siempre.

INDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Prebióticos.....	3
2.2. Perfil bioquímico sanguíneo.....	6
2.2.1. Transaminasa Aspartato aminotransferasa (AST) y la transaminasa Alanina aminotransferasa (ALT).....	8
2.2.2. Proteína total y albumina.....	8
2.3. Perfil hematológico sanguíneo.....	8
2.3.1. Glóbulos rojos o eritrocitos.....	9
2.3.2. Hemoglobina y hematocrito.....	9
2.3.3. Glóbulos blancos o leucocitos.....	10
2.4. Parámetros físicos químicos del agua.....	11
2.4.1. Alcalinidad.....	11
2.4.2. Dióxido de carbono.....	11
2.4.3. PH.....	11
2.4.4. Temperatura.....	12
2.4.5. Amonio.....	12
2.4.6. Oxígeno disuelto.....	12
2.4.7 transparencia.....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13

3.1.Lugar y fecha de ejecución del experimento	13
3.2.Tipo de investigación.....	13
3.3.Instalaciones y equipos	13
3.4.Preparación de estanques	14
3.5. Corrales.....	14
3.6. Equipos.....	14
3.7. Animales experimentales	14
3.8. Insumo en estudio.....	15
3.9.Alimento y alimentación	16
3.10.Variables independientes	16
3.11. Factores de estudio.....	16
3.13. Croquis de distribución de los tratamientos	18
3.14.Diseño y análisis estadísticos	18
3.15. Variables dependientes	19
3.16. Metodología para el cálculo de las variables respuestas	20
3.16.1. Examen del perfil sanguíneo	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
V. CONCLUSIONES.....	46
VI. PROPUESTAS A FUTURO	47
VII. REFERENCIAS	48
VIII. ANEXO	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tablas	Página
Tabla 1. Composición química del Safmanan	6
Tabla 2 Dieta experimental para juveniles de “paco”	17
Tabla 3. Tratamientos del experimento.	18
Tabla 4. Perfil Hematológico sanguíneo de juveniles de <i>Piaractus brachypomus</i> en función a la inclusión de prebióticos (SafMannan) en tres momentos y en dos densidades.	23
Tabla 5. Perfil bioquímico sanguíneo de juveniles de <i>Piaractus brachypomus</i> en función a la suplementación de prebióticos (Saf Manan) edad de los pacos y diferentes biomasas de cultivo.	36
Tabla 6. Valores de los parámetros bioquímicos del agua donde se cultivó juveniles de <i>Piaractus brachypomus</i>	43

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Niveles de la interacción (glóbulos rojos) de juveniles de <i>Piaractus brachypomus</i> en función de la edad y densidad.	29
Figura 2. Niveles de la interacción (Glóbulos blancos) de juveniles de <i>Piaractus brachypomus</i> en función de la densidad y prebióticos.	30
Figura 3. Niveles de la interacción (Glóbulos rojos) de juveniles de <i>Piaractus brachypomus</i> en relación de prebiótico, biomasa y edad.	31
Figura 4. Interacción entre los factores suplementación de prebiótico y edad sobre los valores de heterófilos en juveniles de paco.	33
Figura 5. Interacción entre los factores suplementación de prebiótico y edad sobre los valores de linfocitos en juveniles de paco.	34
Figura 6. Niveles de la interacción (Albumina) de juveniles de <i>Piaractus brachypomus</i> en función de la densidad y edad.	39
Figura 7. Niveles de la interacción (Albumina) de juveniles de <i>Piaractus brachypomus</i> en función de prebióticos, densidad y la edad.	40
Figura 8. Niveles de la interacción (Glucosa) de juveniles de <i>Piaractus brachypomus</i> en función de edad y prebiótico.	42

RESUMEN

El trabajo se realizó en la piscicultura San Carlos, localizado en la provincia de Leoncio Prado - Huánuco, con el objetivo de determinar los niveles de HTO, HB, GL RO, GL. BL. (mon., Linf., het., eos.). (AST) y (ALT), PROT, ALB, GLU. en juveniles de Pacto, bajo el efecto de prebióticos (*Safmanan*); en diferentes densidades de cultivo, utilizándose 160 Pacos con 75 días de edad, con peso vivo de $60 \pm 0.5g$ y una longitud total de 14 ± 0.05 cm, los cuales fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial $2 \times 2 \times 2 + 1$; con 2 tratamientos y cada tratamiento con 4 repeticiones; las evaluaciones se hicieron a 0. 30 y 60 días de iniciado el ensayo. Los resultados mostraron que las inclusiones de prebióticos en sus raciones alteraron ($p < 0.05$) los valores de GL. RO., GL. BL., HETE, Y AST, entretanto los valores de HTO, HB, EOS, MON, LINF, ALT, PROT, ALBM, GLU, no fueron alterados; entretanto, la edad de los peces alteró ($p < 0.05$) a todas las variables a excepción de MON, Hallandose interacciones en Glo. Rojos (E x D); cuando los peces fueron cultivados en ambas densidades mostraron un aumento consecutivo y semejantes a medida que la edad del pez aumentaba, los Glo. Blancos (P x D); se observaron una mayor concentración cuando los peces fueron cultivados en mayor densidad y alimentados CP Hallandose interacción en (P x D x E); observándose que la mayor concentración fue cuando los peces fueron alimentados con prebióticos, cultivados en altas densidades y evaluados a los 60 días, HET. Los mayores niveles y la vez semejantes fue cuando los peces fueron alimentados CP y SP y evaluados en el día 0 y 30 días, mientras que en los LINF. Los niveles mas bajos y la vez semejantes se obtuvieron cuando los peces fueron alimentados CP y SP y evaluados en los días 0 y 30. Hallandose interacción en ALB. (E x D); donde se muestra que cuando los peces son cultivados a menor densidad la concentración es mayor en el día 60 de evaluación en comparación a los que son cultivados con alta densidad y Encontrandose interacción en (P x D x E); demostrando que los niveles de albumina son mayores cuando los peces son alimentados SP, cultivados a una baja densidad y evaluados a los 60 días. GLU. (E x P); Demostrando que los niveles de glucosa en peces alimentados CP y SP se mostraron mayores y semejantes al mismo tiempo en el día 0 de la evaluación.

Palabras clave: Prebióticos, Insumos inmunológico, Densidad, Inclusión óptima, Factor de condición, Mérito económico.

The Hematology and Blood Biochemistry of Juvenile *Piaractus brachypomus* (Red-Bellied Paco) Under a Prebiotic Effect and Farming Density

Abstract

The work was carried out on the San Carlos fish farm, located in the Leoncio Prado province of Huánuco, [Peru], with the objective of determining the levels of HTO, HB, GL RO, GL. BL. (mon., Linf., het., eos.), AST, ALT, PROT, ALB, [and] GLU in juvenile red-bellied Paco, under the effect of prebiotics (*Safmanan*), at different farming densities; to do this, 160 red-bellied Paco were used that were seventy five days old with a live weight of 60 ± 0.5 g and a total longitude of 14 ± 0.05 cm, which were distributed with a completely randomized design, [with a] factorial arrangement of $2 \times 2 \times 2 + 1$; with two treatments and each treatment had four repetitions; the evaluations were done at zero, thirty and sixty days after the start of the trial. The results showed that the inclusion of prebiotics in the rations altered ($p < 0.05$) the values of the GL. RO., GL. BL., HETE, and AST, while the values for the HTO, HB, EOS, MON, LINF, ALT, PROT, ALBM, [and] GLU, were not altered; meanwhile, the age of the fish altered ($p < 0.05$) all of the variables with the exception of the MON, where interactions were found with the red Glo. (E x D); when the fish were farmed in both densities, the white Glo. showed a consecutive increase that was similar to the measure in which the age of the fish increased (P x D); a greater concentration was observed when the fish were farmed in greater densities and fed CP, finding an interaction (P x D x E). It was observed that the greatest concentration was when the fish were fed with prebiotics, farmed at high densities and evaluated at sixty days, (HET – acronym in Spanish). The greater levels, and at the same time similar, were when the fish were fed with CP and SP (acronyms in Spanish) and evaluated at zero and thirty days; while, for the LINF (acronym in Spanish), the lowest levels, and at the same time similar, were obtained when the fish were fed with CP and SP and evaluated at zero and thirty days. An interaction was found for the ALB (E x D); where it was seen that when the fish were farmed at a lower concentration density, it was greater at evaluation day sixty, in comparison to those farmed in a high density, and an interaction (P x D x E) was found; demonstrating that the albumin levels were greater when the fish were fed SP, cultivated at a low density and evaluated at sixty days. The GLU (E x P)

demonstrated that the glucose levels of the fish fed CP and SP were greater and similar at the same time, on day zero of the evaluation.

Keywords: prebiotics, immunological inputs, density, optimal inclusion, factor of condition, economic merit

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura en nuestro país en los últimos tiempos se está manejando de una manera intensiva con altas densidades de población, la mala calidad del agua, abundantes cantidades de alimentos y un manejo rutinario, estos factores pueden generar estrés agudo y crónico que causa la reorganización metabólica y disminuye el rendimiento del crecimiento, afectando las funciones del sistema inmunológico y dejando a los peces más vulnerables.

La densidad es un factor crítico en la acuicultura intensiva, reconocido por su impacto en múltiples aspectos del bienestar acuícola Ellis et al., (2019). Numerosos estudios han demostrado que densidades elevadas pueden comprometer la calidad del agua Azevedo et al., (2020), generar estrés fisiológico que se refleja en alteraciones inmunológicas. Según Hosseini et al., (2020); Srivastava et al., (2022) la densidad afecta negativamente el crecimiento y la supervivencia de los peces. Estudios como los de Martins et al. (2020) y Rodrigues et al. (2021) han evidenciado cómo la densidad de siembra impacta directamente en los parámetros fisiológicos y hematológicos, e incluso en la susceptibilidad a enfermedades

Hoy en día en la acuicultura se están manejando estrategias alternativas, usando productos como los prebióticos para mejorar la salud gastrointestinal, a la vez mejorar la resistencia enfermedades infecciosas a través de compuestos naturales que modulan el sistema inmunológico, ayudando a sobrellevar eficientemente los periodos de estrés causado por múltiples factores y equilibrar la microflora intestinal. Compuestos de derivados de la pared celular de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*). Kashani, et al. (2022) Menciona que de los prebioticos influyen en el rendimiento de la respuesta inmune tanto innata como adaptativa y la capacidad de resistencia a diversas enfermedades acuaticas.

La hematología y la bioquímica sanguínea son ampliamente reconocidas como biomarcadores esenciales para evaluar el estrés y el estado fisiológico en peces Salazar et al., (2011). En *Piaractus brachypomus* y especies afines, estudios recientes han corroborado la sensibilidad de estos parámetros frente a diversos tipos de estres, incluyendo el estrés por las condiciones del medio en que viven Menezes et al., (2020) y, el estrés inducido por altas densidades de cultivo, evidenciado por cambios significativos en el perfil hematológico y bioquímico Martins et al., (2020); Rebelo et al., (2022). También la mejora dietética con prebióticos se ha reflejado en alteraciones positivas en estos indicadores Soares et al., (2020).

La evaluación de las características sanguíneas nos ofrecen información adicional para el diagnóstico de la morbilidad en una población. Además, puede detectar los efectos

de condiciones estresantes y controlar las enfermedades que pueden resultar de ellas para mantener una salud óptima de los peces Centeno et al., (2007).

En la actualidad, la mayoría de los estudios sobre el paco (*piaractus brachypomus*) se centran en aspectos biológicos de la pesca, tales como la edad y crecimiento, la madurez sexual, hábitos alimentarios y la dinámica poblacional. No obstante hay escasas publicaciones que analicen el estado de salud de los criaderos (*Piaractus brachypomus*) a partir de evaluaciones hematológicas y bioquímicas como indicadores de vulnerabilidad, de esta especie. para garantizar una buena salud y un equilibrio metabólico adecuado.

Ante este contexto se planteó la siguiente interrogante: ¿Qué efectos tienen diferentes niveles de prebióticos y densidades de cultivo en la hematología y bioquímica sanguínea de juveniles de *Piaractus brachypomus* (pacu)?

Para tal interrogante se ha establecido la siguiente hipótesis: Se espera que la suplementación dietética con prebióticos mejore significativamente los parámetros hematológicos y bioquímicos sanguíneos de juveniles de *Piaractus brachypomus*, mitigando los efectos negativos asociados a las altas densidades de cultivo.

Los objetivos del siguiente trabajo de investigación son:

1.1. Objetivo general

- Determinar los efectos del prebióticos en dietas extrusadas sobre los perfiles hematológicos y bioquímicos en la densidad de cultivo de paco (*P. brachypomus*) y los parámetros fisicoquímicos del agua.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar AST, ALT, la proteína sérica, albumina, glucosa, en juveniles de pacos alimentados con raciones suplementadas con prebióticos y cultivados en diferentes densidades.
- Determinar hematocrito, hemoglobina, glóbulos blancos, glóbulos rojos, heterocitos, Eosinófilos, Monocitos y Linfocitos en juveniles de paco alimentados con raciones suplementadas con prebiótico y cultivados en diferentes densidades.
- Determinar la temperatura, pH, oxígeno disuelto, nitrito, nitrato, dureza y alcalinidad del agua en estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Prebióticos

Los prebióticos o también conocidos como compuestos beneficiosos, son el alimento o proveedor de energía para los buenos microorganismos Tran y Li (2022). El prebiótico se utilizó para promover el crecimiento de microorganismos que viven en el intestino de un organismo con la intención de mejorar la salud del huésped (Anillo et al., 2020 y Rohani et al., 2022). Una de las soluciones para mejorar la salud animal es el uso de prebióticos, los cuales son estables durante la preparación de la dieta, garantizando su funcionalidad en el tracto gastrointestinal Dawood. (2020). En peces, se ha informado el efecto positivo de algunos prebióticos como oligosacáridos y polisacáridos sobre el crecimiento, la eficiencia alimenticia, la inmunidad y la resistencia a enfermedades (Hoseinifar. 2015; Abu-Elala. 2018), incluso en pescados sometidos a bajas temperaturas Thompson. (2015).

Los prebióticos son carbohidratos de cadena corta no digeribles, incluidos los oligosacáridos como los fructooligosacáridos (FOS), los galactooligosacáridos (GOS), los xilooligosacáridos (XOS) y los mananoligosacáridos (MOS), y se utilizan en animales acuáticos para mejorar la salud animal a través de la modulación de la microbiota y morfología del tracto gastrointestinal (Nawaz. 2018). Los polisacáridos como los glucanos también se han utilizado ampliamente en la alimentación de animales acuáticos como inmunomoduladores (Dawood; Koshio; Esteban, 2018).

La suplementación con prebióticos dietéticos se ha utilizado en la acuicultura en un intento de aumentar el crecimiento, la salud y la resistencia al estrés de los peces de cultivo (Ringo et al., 2010; Gangluy et al., 2013).

Los prebióticos son componentes alimentarios no digeribles que estimulan el crecimiento de especies bacterianas que habitan en el tracto digestivo (Dawood et al., 2020 y Mustafa & Al-Faragi, 2021) y las fuentes de prebióticos se derivan principalmente de productos de origen vegetal Mohammadi et al., (2020).

Los prebióticos ejercen su efecto mediante el impacto positivo que generan en la microflora intestinal, sin embargo otros efectos de los prebióticos, como la modulación del metabolismo de la flora intestinal y sus propiedades inmunomoduladoras son indirectos, es decir, se llevan a cabo a través de la microflora intestinal. Los prebióticos interactúan con moléculas de reconocimiento como los receptores de β -glucano presentes en los macrófagos y activan moléculas de señalización que, a su vez, activan las células inmunitarias se han

demostrado efectos beneficiosos sobre parámetros del sistema inmunitario adaptativo y sobre la producción de anticuerpos en peces Kesarcodei-Watson et al., (2008).

Esta estrategia ofrece numerosas ventajas, permitiendo sobrepasar las limitaciones y los efectos adversos asociados al uso de antibióticos y otras sustancias, promoviendo una mayor producción mediante un aumento en el crecimiento y la resistencia a enfermedades Mishra (2001).

La acción de los prebióticos puede depender de la dosis. Las dosis adecuadas de β -glucano pueden agilizar la expresión de genes asociados con el sistema inmunológico y la proteína de choque térmico en los crustáceos. Wongsasak et al., (2015); Li et al., (2019). Para que una sustancia sea considerada prebiótica debe satisfacer al menos estos tres criterios: No debe ser hidrolizada ni absorbida en el tracto digestivo, debe ser selectiva para las bacterias comensales beneficiosas, y su fermentación debe provocar efectos beneficiosos ya sean locales o sistémicos en el hospedador Manning y Gibson, (2004).

Numerosos estudios se han centrado en el efecto de los manano oligosacáridos, glucanos y quitina sobre la respuesta inmune en diferentes especies de peces e indican que estos compuestos estimulan fuertemente el sistema inmunitario de los peces Couso, Castro, Magariños, Obach, & Lamas (2003).

El sistema inmunitario de los peces puede reconocer sustancias extrañas (es decir, prebióticos) a través de receptores que identifican patrones moleculares, que son característicos de los microbios (polisacáridos, lipopolisacáridos, peptidoglicanos, ADN bacteriano y ARN viral de doble cadena), y que normalmente no se encuentran en la superficie de organismos multicelulares, que estimula a los leucocitos de los peces para que produzcan lisozima y otros péptidos antimicrobianos. Magnadóttir (2006).

Prebiótico es considerado como un compuesto, sustrato, azúcar de cadena larga, nutriente o fibra que sirve de alimento a los microorganismos benéficos del huésped (Mountzouris, 2022). Además, un prebiótico también se define como una sustancia resistente al ácido clorhídrico del estómago, puede ser fermentada por la microbiota intestinal y puede promover el crecimiento de microorganismos benéficos intestinales, para mejorar la salud del huésped (Davani-Davari et al., 2019). En general los prebióticos están compuestos por largas cadenas de carbohidrato que generan energía para beneficiar a los microorganismos beneficiosos o probióticos para mejorar al organismo. Las fuentes de prebióticos se derivan principalmente de productos de origen vegetal (Mohammadi et al., 2020).

Los prebióticos pueden encontrarse naturalmente en verduras, frutas, algas, microalgas y animales (Ahmadifar et al., 2019; Al-Sheraji et al., 2013; Elumalai et al. et al., 2021;

Rashidian et al., 2018, 2020; Van Doan et al., 2020) y puede impedir la adhesión de microorganismos nocivos a células epiteliales, eliminar los microorganismos nocivos de las células epiteliales del intestino actuando como receptor, como modulador del sistema y como controlador de la inflamación (Al-Sheraji et al., 2013; Mohammadi et al., 2021).

2.2. Densidad

La densidad representa el primer paso en las estimaciones de producción y costos futuros siendo el punto de partida para un cultivo. Según Deza J. (2008) La densidad de siembra en acuicultura es una variable crucial para el crecimiento, la supervivencia y otros factores que influyen en un rendimiento eficaz, así como en la salud y bienestar de los peces, esto se debe a que los parámetros hematológicos y bioquímicos actúan como indicadores de la situación nutricional y salud de los peces en un cultivo semi-intensivo e intensivo. Además, estos permiten identificar y detectar trastornos fisiológicos así como obtener información valiosa para la identificación de enfermedades.

La densidad es un factor fundamental que debe tenerse en cuenta en la acuicultura. Cuando se cultiva a altas densidades, se generan efectos adversos tanto en la nutrición, como en la calidad del agua y la presencia de patógenos. Además, la elevada densidad de cultivo, genera factores estresantes en los alevinos, lo que modifica su fisiología y afecta los parámetros biométricos, los valores hematológicos y el perfil bioquímico de la sangre. Estos indicadores son relevantes, ya que permiten evaluar el impacto de los factores internos y externos en el bienestar de los alevinos Delgado (2013)

La elevación de la densidad de siembra siempre retrasa el crecimiento en los peces, y resultando en un crecimiento lento Deza.J. et al., (2002)

Sin embargo, existen problemas relacionados con la alta densidad de cultivo como el estrés que interfiere con la homeostasis de los peces, reduciendo su respuesta inmune Magnadottir (2006), y facilitando la aparición de enfermedades en peces mantenidos en sistemas intensivos (Kiron, 2012; Sado. 2014; Soares. 2018; Dawood, 2020).

Safmannan

Safmannan es una fuente de manano oligosacáridos (MOS) derivados de levadura primaria inactivada (*Saccharomyces cerevisiae*) y utilizado en la alimentación animal. Safmannan® es una fracción de levadura premium rica en mananoligosacáridos y betaglucanos (1,3 y 1,6). Safmannan® se obtiene autolizando una cepa horneadora patentada de (*Saccharomyces cerevisiae*).

Tabla 1. Composición química del Safmanan

Composición química	
Humedad	2 - 3%
Proteína	14 - 17%
Fósforo	1 - 2%
β -glucanos	24 - 26%
Materia seca	97 - 98%
Grasa	20 - 22%
Mananos	22 - 24%
Cenizas	3 - 5%

Fuente: <https://bionutrixcostarica.com>.

Los mananoligosacáridos

La pared de (*S. cerevisiae*) está compuesta por un 30% de manano fosforilado, que se destaca en la pared, un 30% de glucano que forma parte de la matriz y un 12.5% de proteína Segun Pardo y Gómez, (2010). Por otro lado, la pared celular interna de los betaglucanos estimula la inmunidad. (*S. cerevisiae*) presenta altas proporciones de betaglucanos en su pared celular, las cuales funcionan como inmunoestimuladores al relacionarse con las células de defensa como los granulocitos y macrófagos que provocan la producción de elementos antimicrobianas Vargas y Weiland, (2008).

Nutrición acuícola

Conocer factores que interfieren en el uso de los nutrientes en los diferentes sistemas de producción es fundamental, ya que cuanto mejor se maneje y equilibre este insumo, menores serán los costos de producción, trayendo mayores retornos al piscicultor Iwashita et al. (2015). Se sabe que la dieta que se le da a los peces juega un papel fundamental en su desarrollo, por lo que al brindarles una dieta adecuada se garantiza el aporte nutricional indispensable para su crecimiento, así como el mantenimiento de la salud Hayashi et al. (2002).

2.2. Perfil bioquímico sanguíneo

El perfil bioquímico sanguíneo en peces es una herramienta analítica que permite evaluar cuantitativamente diversos componentes del plasma o suero sanguíneo con el fin de conocer el estado fisiológico, metabólico y nutricional del organismo acuático. A través de este conjunto de pruebas se analizan metabolitos, enzimas, proteínas y electrolitos, los cuales

reflejan la funcionalidad de órganos vitales como el hígado, riñones y sistema inmune. Este perfil es particularmente útil en peces cultivados, ya que permite un monitoreo no invasivo y regular del estado de salud. Según García-Romero et al. (2022), este tipo de pruebas se está consolidando como una herramienta esencial en el manejo sanitario de la acuicultura moderna.

El análisis bioquímico en peces permite detectar alteraciones fisiológicas que pueden pasar desapercibidas clínicamente, identificar deficiencias nutricionales, infecciones bacterianas, virales o parasitarias, así como responder a cambios en el ambiente como temperatura, salinidad o calidad del agua. Además, según Yildiz & Yildirim (2023), el perfil bioquímico también es crucial para validar la efectividad de dietas funcionales, probióticos o terapias farmacológicas. En el contexto de la acuicultura, realizar estos análisis de forma periódica contribuye a mejorar el rendimiento productivo y reducir la mortalidad.

El perfil bioquímico sanguíneo incluye parámetros que permiten evaluar diferentes sistemas orgánicos:

- **Indicadores hepáticos:** Alanina aminotransferasa (ALT), Aspartato aminotransferasa (AST), GGT, bilirrubina, fosfatasa alcalina.
- **Indicadores renales:** Urea, creatinina, ácido úrico.
- **Metabolismo energético:** Glucosa, triglicéridos, colesterol.
- **Estado nutricional:** Proteínas totales, albúmina, globulinas.
- **Electrolitos y balance osmótico:** Sodio (Na^+), potasio (K^+), calcio (Ca^{2+}), cloro (Cl^-), fósforo (P).

Dichos valores deben ser interpretados con base en las especies, edad, sexo, condición fisiológica y parámetros ambientales. Por ejemplo, en *Oreochromis niloticus*, niveles elevados de ALT y AST pueden indicar hepatopatías asociadas al uso de ciertos piensos o contaminantes (Ahmed et al., 2021).

En contextos experimentales y productivos, el perfil bioquímico es útil para:

- Monitorear efectos de dietas experimentales o aditivos funcionales (e.g., prebióticos, enzimas, fitobióticos).
- Evaluar respuestas fisiológicas a estrés térmico, hipoxia o manipulación.
- Diagnosticar patologías subclínicas.
- Determinar la calidad sanitaria de lotes de cultivo o reproductores.

En estudios recientes, Silva-Carrillo et al. (2023) observaron que dietas con harinas vegetales en sustitución parcial de proteínas animales en *Seriola rivoliana* alteraron significativamente los niveles plasmáticos de triglicéridos y proteínas, sin afectar negativamente el crecimiento.

2.2.1. Transaminasa Aspartato aminotransferasa (AST) y la transaminasa Alanina aminotransferasa (ALT)

La (AST) anteriormente conocida transaminasa glutámica oxaloacética (TGO) es una enzima inespecífica, ya está presente en diversos tejidos, sin embargo actúa como un indicador sensible de lesiones de tejidos blandos, y se utiliza como marcador de daño hepático en combinación con otros marcadores específicos y lesiones musculares, Kaneko (2008). Los valores normales de ALT oscilan entre 9.5 a 37.2 UI/L dependiendo de la línea y especie según Miranda (2007) y entre 70 a 220 UI/L para AST según Jínez et al. (1998). La AST está localizada en las isoenzimas citosólicas y mitocondriales del hígado, músculo esquelético y cardíaco, riñón, cerebro, páncreas, pulmones, leucocitos y glóbulos rojos. Su especificidad es baja pero sensible para el hígado.

Por su parte, la ALT es un catalizador citosólico que se encuentra en concentraciones abundantes en el hígado, lo que lo hace más representativa en este órgano. Por lo tanto, un aumento de estas enzimas en la sangre sugiere la existencia de una lesión celular en el hígado, los músculos, los riñones o en el corazón. Las enzimas Alanina Aminotransferasa (ALT) antes conocida como la TGP son excelentes indicadores de lesiones hepatocelulares, ya que interviene en la formación de glucógeno al catalizar la transferencia de grupos aminos del Ácido Aspártico o Alanina del Ácido Cetoglutarico para la producción de ácido oxalacético y pirúvico, respectivamente. Limdi J. Y Hyde G. (2003).

2.2.2. Proteína total y albumina

Las proteínas del plasma de la sangre se dividen en un par de amplios campos, la albúmina y las globulinas; la primera, proteína que se encuentra en una mayor concentración en la sangre. Índices bajos de proteína en la sangre demuestran Ascitis, problemas renales, hemorragias, problemas nutricionales, un mal funcionamiento del hígado, etc.

La albúmina es una proteína que se encuentra en cantidades abundantes en el plasma y es generada netamente por el órgano hepático y por lo tanto calcular la presencia de la albumina en la sangre es una irrefutable señal del perfecto estado de salud del hígado. Soza (2007).

2.3. Perfil hematológico sanguíneo

Los valores hematológicos nos muestran una perspectiva precisa de la naturaleza de un espécimen al momento de su muestreo; pero aun así, para que la información sea usada, se

necesita refutar con valores precisadas o normales (Crooks et al., 2003). Según Las variaciones hematológicas específicas en los tipos y cantidades de componentes en la sangre de los peces están influenciadas por varios factores, incluyendo la salud y el estado nutricional de los animales Facio, (2018).

Los parámetros hematológicos son medios beneficiosos para precisar el estado fisiológico de los peces Ranzani-Paiva et al. (2013) frente a diversas condiciones; entre ellas, el resultado al estrés, patologías y desnutrición, que pueden variar el índice característico del eritrograma y de los valores bioquímicos Tavares-Días Y Morales. (2004).

2.3.1. Glóbulos rojos o eritrocitos

Los glóbulos rojos o eritrocitos, son componentes sanguíneos predominantes, que cumplen funciones importantes uno de ellos es transportar oxígeno a diversos tejidos y al mismo tiempo devolver el CO₂ hacia los pulmones para su eliminación, Rozas et al., (2015), integran gran parte de los componentes que se encuentra en la sangre y debido a ello es el color rojo peculiar, Arauz et al., (2020). Facio, (2018), indica que la tilapia del Nilo cuando se alimentaron con dietas que contenían *S. Cerevisiae* evidenció una mayor cantidad de monocitos y linfocitos, células sanguíneas importantes que actúan en la protección del organismo.

Mientras que Jaramillo, N. y Valdebenito, I. (2005), reporta que el número de eritrocitos son diferentes dependiendo de la especie y su presencia positiva o negativa puede ser perjudicada por factores como el estrés y la temperatura. De acuerdo al método establecido por Wintrobe (1934) citado por Centeno. (2007), se define en las células por mm³ de sangre y la verificación se lleva a cabo mediante el uso de una cámara de Neubauer, el reactivo que se usa va depender mucho de la especie o de las consideraciones del laboratorio que lo realice.

2.3.2. Hemoglobina y hematocrito

ABCMÉDICO, (2010). Proteína que contiene hierro y le da el color rojo característico a la sangre que se encuentra en los glóbulos rojos y su función es la de transportar el oxígeno y el dióxido de carbono por la corriente sanguínea, desde los pulmones hasta los tejidos. Rodríguez (2018) Señala que la hemoglobina en *Piaractus brachyomus* está entre 12.7 y 14.0 mg dl⁻¹ Mientras que García et al., (2007) dice que el valor del hematocrito en *Piaractus mesopotamicus* es de 31.9%

Entre tanto Jaramillo, N. y Valdebenito, I. (2005), indican que el valor del hematocrito representan el % de células encargadas de transportar oxígeno en relación con el

volumen total de la sangre. El hematocrito (He) se expresa en porcentaje (%) según el método de micro-hematocrito en tubos capilares mencionado por Tavares *et al.*, (2004), la lectura se realiza en una tabla de lectura de micro-escala para hematocrito. Por otro lado la hemoglobina se mide en gramos de hemoglobina por 100 mililitros de sangre (g/dL), y se determina mediante la metodología de cianometahemoglobina, siendo las muestras analizadas en un espectrofotómetro, Según lo citado por Centeno. (2007).

2.3.3. Glóbulos blancos o leucocitos

Según Noga (2000) los glóbulos blancos se expresan en $\text{cel} \times 10^3/\mu\text{l}$, en disolución 1:200 de sangre con la solución Natt-Herrick, para después ser observado en la cámara de Neubauer mediante el microscopio sabiendo que los tres grupos importantes de células sanguíneas este, es el más diverso en cuanto a Morfología. Los leucocitos, comúnmente llamados glóbulos blancos, son células que desempeñan un papel crucial para defender el organismo y se encuentra en circulación constante en la sangre, todos los tipos de leucocitos se originan a partir de las células madre mieloides, que incluyen los: neutrófilos, monocitos, linfocitos y células dendríticas Tizard (2009), entre ellas tenemos:

- **Los Neutrófilos:** Se encuentra en la corriente sanguínea y en los tejidos inflamados, la principal función es la actividad fagocítica O'Neill, (2003). Es el leucocito más importante, un granulocito polimorfonuclear, con un diámetro que varía aproximadamente entre 10 a 12 μm . Tiene una vida muy corta, ya que mueren en pocos días, lo que significa que sean cambiados de manera constante. En situaciones de infección los neutrófilos pueden aumentar hasta llegar a multiplicarse hasta 10 veces, esto porque son liberados directamente desde la médula ósea (Tizard, 2009).

- **Eosinófilos:** Son células polimorfonucleares, ejercen un papel en la respuesta inmune frente a infecciones, son ligeramente más grandes que los neutrófilos y contienen gránulos citoplasmáticos que se tiñen de manera intensa con eosina. Los niveles eosinófilos en los leucocitos pueden variar considerablemente, lo cual se debe a que la cantidad de eosinófilos está afectada por la presencia de parásitos en el organismo (Tizard, 2009).

- **Linfocitos:** Se hallan de manera circulante en la sangre y la linfa, pudiendo congregarse hasta 32 en los órganos linfoides como el bazo, los nódulos linfáticos y el timo. Cuentan con receptores de antígeno que le permiten reconocer y actuar ante la presencia de antígenos. Son responsable de la producción de anticuerpos y de la respuesta inmune mediada por células del organismo (Tizard, 2009).

- **Monocitos:** Son células fagocíticas, que tienen la capacidad de ingerir y digerir agentes extraños, así como restos de procesos degenerativos, se denominan monocitos cuando circulan en la sangre y como macrófagos cuando los monocitos maduran y se adhieren a los tejidos. Los monocitos se adhieren a las células del endotelio vascular de manera análoga a los neutrófilos. En contraste, los macrófagos se mueven con mayor lentitud, tienen propiedades antimicrobiana y son capaces de activar las respuestas inmunitarias adquiridas. Además los macrófagos son los encargados de la restauración de los tejidos (Tizard, 2009).

2.4. Parámetros físicos químicos del agua

Los parámetros físicos y químicos de agua es crucial dentro de la crianza de peces para su salud y desarrollo, ya sea en las diferentes densidades que sea. Cada una de estas variables puede afectar a gran escala el crecimiento, la reproducción y la supervivencia del pez.

2.4.1. Alcalinidad

En muchos casos se encuentran en rangos de 30 y 200 mg/L de carbonato de calcio, alcalinidades más altas y bajas no perjudican a los cultivos.

2.4.2. Dióxido de carbono

La presencia de este elemento es resultado de la acción biológica; altos niveles de este producto producen efectos necróticos en los peces. Según IIAP (2001) Señala que el CO₂ libre en los estanques de la amazonia oscila entre 0.15 a 0.28 mg/l. siendo aceptable para la crianza de peces hasta 5 mg/L, se conoce que este es un producto del metabolismo de los animales y plantas que habitan en las aguas del estanques, por lo tanto, el aumento se puede atribuirse a la alta- fertilización de los estanques lo que a su vez resulta en una mayor productividad.

2.4.3. PH

Mide el nivel de acidez y alcalinidad del agua, la mayoría de las aguas naturales presentan un pH que oscila entre 5 y 7.5, se sugiere un pH entre 6 y 7.5. Según (IIAP, 2001), los rangos de pH adecuados para el manejo de estanques se encuentran entre 6.5 a 9 de pH.

2.4.4. Temperatura

La temperatura es el principal factor ambiental relacionado con los cambios fisiológicos y bioquímicos en animales ectotérmicos (Burgos-Aceves; Lionetti-Faggio, 2019) influyendo también en los procesos hematológicos Donaldson, (2008), por lo que la respuesta de los peces a los cambios de temperatura puede evaluarse mediante parámetros hematológicos. La eritropoyesis puede verse afectada por la temperatura.

La temperatura tiene un impacto directo en los peces, y cada especie presenta límites de tolerancia específicos. El paco requiere temperaturas superiores a 20° C para alcanzar la madurez y realizar el desove. Según IIAP y IRD (2005), una óptima temperatura varía entre 31.8 °c en larvas y de 31.2 en los juveniles de *Piaractus brachipomus*. Además IIAP (2001), enfatiza que los rangos de temperatura fluctúan entre 25 y 31 °c.

2.4.5. Amonio

El amoníaco en ciertas ocasiones puede ser tóxico para los peces a pH alto y bajos niveles de oxígeno disuelto. Reduce la capacidad de los peces para llevar oxígeno a la sangre y puede sofocarlos. Niveles de amoníaco bajos, de hasta 0,06 mg/L dañan las agallas, reducen la alimentación y entorpecen los procesos naturales de los peces.

2.4.6. Oxígeno disuelto

Para una buena calidad de agua el oxígeno disuelto es un factor indiscutible, mantener rangos aceptables que permitan el normal desarrollo del pez. Además se debemos asegurarnos que haya aproximadamente 5 mg/L de oxígeno disuelto en los estanques. IIAP (2001), menciona que la concentración óptima de oxígeno debe ser de 5.8 mg/l.

2.4.7 transparencia

La claridad del agua influye en la penetración de la luz, factor esencial para el crecimiento del fitoplacton (algas), que representan el comienzo de la producción biológica en los estanques. De acuerdo con IIAP (2001), se indica que la claridad debe estar entre 30 y 35 cm.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y fecha de ejecución del experimento

El estudio de investigación constó de dos etapas; la primera tuvo lugar en las Instalaciones del centro de producción acuícola “San Carlos”, que se localiza en el caserío de Bella, Distrito de Mariano Damaso Beraun, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco, geográficamente se sitúa a 09° 19' 05" de latitud sur y 76° 02' 19" de longitud oeste a una altitud de 671 m.s.n.m. Ecológicamente esta en el área que corresponde a la zona de vida bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-PT).

La segunda parte se llevó a cabo en el laboratorio de sanidad animal de la facultad de zootecnia de la UNAS, que se encuentra ubicado en el Distrito de Rupa Rupa de, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco, geográficamente se localiza a 9.° 17'08 de latitud Sur y 75.° 59'52 de longitud oeste, a 660 metros sobre el nivel del mar y una temperatura promedio anual de 24 °C. El laboratorio de sanidad animal de la UNAS; fue elegido, ya que en dichas instalaciones se encuentran todo los equipos y materiales necesarios para la evaluación de las variables a estudiar. El trabajo experimental duro 60 días, entre los meses de julio y agosto de 2023.

3.2. Tipo de investigación

El presente trabajo representa a un tipo de investigación experimental.

3.3. Instalaciones y equipos

El presente trabajo de investigación se ejecutó en el Centro de Producción Acuícola “San Carlos”, el cual cuenta con 3200 m² de espejo de agua, (Estanques, jaulas flotantes, alevines de *P. brachypomus*, alimento, balanzas ictiómetro, termómetro de canastilla, kits de análisis para la medición de los parámetros físicoquímicos del agua, tuberculinas, agujas libreta de apuntes, lapiceros, plumones indelebles, gradillas) y en el laboratorio de Sanidad Animal de la Facultad de Zootecnia de la UNAS, (Tubos de ensayo, varillas, tubos capilares, plastilinas, pipetas, portaobjetos, cámaras neubauer, microscopios, estufas, centrifugas, espectrofotómetros, baño maría, anticuagulantes EDTA, kits de la marca TQC; que sirvieron para hallar proteína, albumina, AST, ALT y glucosa).

3.4. Preparación de estanques

El estanque tenía una superficie de 1 350 m² (30 x 45 m) perímetro del agua, con una profundidad de 1.5 metros y una pendiente de 2%; este estanque se secó por completamente, retirando todo tipo de cosa que podría afectar en la crianza de peces, etc. Posteriormente, fue reposado durante cinco días, la preparación del estanque se llevo a cabo a través de tratado con cal viva, para la desinfección, en una proporción de 40 kg por cada 1000 m², y para favorecer la producción de Fito y zooplancton se utilizó el fertilizante orgánico (gallinaza) en una proporción de 150 kg por cada 1000 m². Luego se realizó el prellenado hasta alcanzar unos 20 cm y se mantuvo durante dos días. Después se completo el llenado del estanque, posteriormente se instaló los corrales y se inició el trabajo de investigación.

3.5. Corrales

Se fabricaron 4 baterías de cuatro corrales cada una, donde se obtuvo un total de 16 jaulas; cada jaula tenía un volumen de 1 m³ (1 x 1 x 1 m), dichas baterías fueron confeccionadas con malla anchovetera de ½ pulgada. Estas se instalaron en el estanque anteriormente descrito, el cual tenía un flujo de agua constante de 10 litros por minuto. Para su instalación de las baterías se plantaron postes de bambú adecuadas a la medida de las baterías y fueron fijadas con estacas de madera, a 20 cm del suelo. Por último, se colocaron tapas de malla en las jaulas, para evitar la salida de alevinos contando con una abertura de 10 cm para manipular los peces.

3.6. Equipos

Para el monitoreo de la calidad del agua se utilizó un kit de análisis de marca LA MOTTE – Modelo AQ-2, con la cual evaluamos alcalinidad, dióxido de carbono, pH, dureza, temperatura, amonio y oxígeno, también se evaluarón la transparencia con el uso del disco secchi; asimismo, para determinar la temperatura se utilizó un termómetro de canastilla, el cual se realizaron diariamente mientras el resto de las evaluaciones se realizaron cada 15 días.

Para el registrar el peso de los peces y del alimento, se utilizó la balanza digital OHAUS - Modelo SB2, con una capacidad de 400 g, con una sensibilidad de 0.1 g., para el registro de las longitudes utilizaremos un ictiómetro de 30cm.

3.7. Animales experimentales

La población total fue de 160 juveniles de “paco” obtenidos por reproducción inducida del IIAP Tingo María, con una edad de 75 días con un peso promedio de 60 ± 0.05 g, y una

longitud de 14 ± 0.05 de las cuales se tomó 4 peces para la obtención de la primera muestra (día 0 del experimento) consecuentemente estos fueron distribuidos homogéneamente entre los diferentes tratamientos, recibiendo condiciones de manejo semejantes durante toda la ejecución del experimento, luego a los 30 días de haber tomado la primera muestra; se tomó la segunda muestra (día 30 del experimento), para la cual se tomó 1 pez al azar de cada repetición, haciendo un total de 16 peces que fueron usados para la segunda toma de muestra, posteriormente a los 30 días de haber tomado la segunda muestra se tomó la tercera muestra (día 60 del experimento), donde también se usó 16 peces; haciendo un total de 36 juveniles de peces juveniles de *P.brachypomus*. Que fueron utilizados para las obtenciones de muestras durante el experimento.

El número de peces utilizados en el ensayo se determinó a partir de criterios experimentales, estadísticos y operativos. En primer lugar, la unidad experimental fue el estanque de red (1 m^3), por lo que el tamaño muestral se definió en función del número de unidades experimentales por tratamiento y no únicamente del total de individuos. Se empleó un diseño factorial 2×2 , considerando dos factores: inclusión de prebiótico (con y sin) y densidad de cultivo (8 y 12 peces por estanque), con cuatro repeticiones por tratamiento, lo cual cumple con el mínimo recomendado para ensayos biológicos en acuicultura orientados a variables fisiológicas como hematología y bioquímica sanguínea.

La densidad de 8 y 12 peces/ m^3 se seleccionó con base en densidades comúnmente reportadas para juveniles de *Piaractus brachypomus* y permitió evaluar posibles efectos del prebiótico bajo dos niveles de presión poblacional, manteniendo el bienestar animal y condiciones ambientales controladas. El total de 160 peces permitió además realizar muestreos sucesivos a los días 1, 30 y 60, asegurando un número suficiente de individuos por estanque para los análisis sanguíneos sin comprometer la estabilidad del sistema ni la validez estadística de los resultados. Este enfoque es consistente con estudios similares en peces tropicales donde se evalúan parámetros hematológicos y bioquímicos bajo condiciones experimentales controladas.

3.8. Insumo en estudio

SafMannan[®], es un prebiótico obtenido de la purificación de la pared celular de cepas de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), constituido por mananoligosacáridos (MOS) y β -glucanos, de color blanco cremoso a tostado, olor típico de la levadura, densidad de 0.62 a 0.68, con contenidos de 24% de β -glucanos y 22% de mananos, se caracteriza por ser un

estimulante del sistema inmune y a su vez previene la colonización de bacterias como *Escherichia coli*; la dosis para la inclusión en dietas fue de 0.25%.

A. Descripción del proceso de la elaboración del alimento estrusado para los juveniles de *Piaractus Brachypomus*.

- Selección.- Se inicio con la obtención de todo los ingredientes detallados en la (tabla 2),
- Pesado.- En esta etapa se realizo el pesaje de todo los ingredientes segun la formula a cada tratamiento, el pesaje se realizo con una balanza de 50 kg.
- Homogenizado.- El insumo (prebiotico-SafMannan®) añadido en la dieta extrusada que usamos, fue mezclado conjuntamente con los ingredientes secos antes del proceso de extrusión, para que de ese modo soporte las altas temperaturas del proceso. Este proceso se realizo en una maquina mezcladora.
- Extrusion.- Una vez realizado la homogenizacion de todo los ingredientes por tratamiento, el contenido paso por el tornillo, llevandolo hacia la maquina extrusora.
- Enfriado.- El enfriamiento se llevo acabo en la secadora de banda; donde al mismo tiempo se llevo acabo el Secado.
- Envasado.- Al finalizar el proceso de la elaboración de cada dieta, se envaso cada alimento y se etiqueto cada tratamiento, para evitar posibles confusiones durante el experimento.

3.9. Alimento y alimentación

Se formuló una dieta para juveniles de “paco” de acuerdo con las propuestas nutricionales de (IAFFD 2019). La alimentación se hizo de forma manual, dos veces por día (8.00 am y 5.00 pm horas), la cantidad de ración a ofrecerse fue calculado de acuerdo con la biomasa, (4% para el primer mes de evaluación y un 3% para el segundo mes) y la tasa de alimentación; de las dos dietas una de ellas fue suplementada con 0.25% de prebiótico Saf mannam (Tabla 2).

3.10. Variables independientes

Proporciones de adición de prebióticos

3.11. Factores de estudio

Inclusión de prebióticos

Ración extrusada sin adición de prebióticos.

Ración extrusada con adición de prebióticos.

Edad de los peces

Peces con 2.5 meses de edad

Peces con 3.5 meses de edad

Peces con 4.5 meses de edad

Biomasa kg/m³Peces con 1.92kg/m³.Peces con 2.88kg/m³.**Parámetros del agua**

Parámetros físicos y químicos.

Tabla 2 Dieta experimental para juveniles de “paco”

Ingredientes	%
Maíz tropical	33.57
Torta de soja	42.10
Polvillo de arroz	16.81
Aceite de palma	2.92
Carbonato de calcio	0.73
Fosfato bicálcico	2.18
Sal común	0.28
Premix	0.10
BHT	0.050
Cloruro de colina	0.150
Secuestrante de toxinas	0.050
Vitamina C	0.050
Lisina	0.500
Metionina	0.286
Treonina	0.178
Inerte	0.000
Prebiótico (SafMannan)	0.250
Total	100.00
Valores nutricionales	
Materia seca, %	89.97
Proteína total, %	25.18
Extracto etéreo, %	7.77
Energía digestible, kcal/kg	3300.00
Sodio, %	0.13
Calcio, %	1.00
Fósforo total, %	1.02
Lisina total, %	1.78
Metionina total, %	0.64

Los tratamientos planteados en el experimento fueron los siguientes:

Tabla 3. Tratamientos del experimento.

Trat.	Porcentaje de inclusión de prebiótico	kg/m ³	Tiempo de Evaluación
T1	Ración extrusada sin inclusión de prebiótico	477 g/m ³	Día 1
T2	Ración extrusada sin inclusión de prebiótico	477 g/m ³	Día 30
T3	Ración extrusada con inclusión de prebiótico	716 g/m ³	Día 30
T4	Ración extrusada con inclusión de 0.25% de prebiótico	477 g/m ³	Día 30
T5	Ración extrusada con inclusión de 0.25% de prebiótico	716 g/m ³	Día 30
T6	Ración extrusada sin inclusión de prebiótico	477 g/m ³	Día 60
T7	Ración extrusada sin inclusión de prebiótico	716 g/m ³	Día 60
T8	Ración extrusada con inclusión de 0.25% de prebiótico	477 g/m ³	Día 60
T9	Ración extrusada con inclusión de 0.25% de prebiótico	716 g/m ³	Día 60

3.13. Croquis de distribución de los tratamientos

Los pacos juveniles fueron distribuidos de la siguiente manera:

SPT1R1	SPT1R2	CPT3R1	CPT3R2
SPT1R4	SPT1R3	CPT3R4	CPT3R3
SPT2R1	SPT2R2	CPT4R1	CPT4R2
SPT2R4	SPT2R3	CPT4R4	CPT4R3

Tratamientos: 4

Repeticiones: 4

3.14. Diseño y análisis estadísticos

Los peces han sido distribuidos mediante el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial $2 \times 2 \times 2 + 1$ (Dos niveles de prebiótico x dos densidades de cultivo x dos edades + 1 control), con nueve tratamientos y cada tratamiento cuatro repeticiones, la unidad experimental estuvo conformada por 36 peces. Los resultados fueron analizados en el análisis de variancia.

El modelo aditivo lineal es:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_i + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijk} = i-ésima inclusión del prebiótico con el j-ésima densidad de cultivo y error

μ = Media poblacional

α_i = Efecto de la i-ésima inclusión de prebiótico

β_j = Efecto de la j-ésima densidad de cultivo

$P \times D_{ij}$ = Efecto de la interacción de los factores en estudio

e_{ijk} = Error experimental

Los análisis de variancia fueron procesados con el software estadístico InfoStat (INFOSTAT, 2020) y los promedios de cada tratamiento lo comparamos con el test de SNK al 5%.

3.15. Variables dependientes

- Indicadores bioquímicos sanguíneos
 - Transaminasa glutámico-pirúvica, actividad ALAT (U/L)
 - Transaminasa glutámica oxalacética, Actividad ASAT (U/L)
 - Proteína sérica, g/dl
 - Albúmina, g/dl
 - Glucosa.

- Indicadores hematológicos sanguíneos
 - Hemoglobina, g/dl
 - Hematocrito, %
 - Glóbulos rojos,
 - Glóbulos blancos.
 - Monocitos
 - Linfocitos
 - Heterocitos
 - Eosinófilos

- Indicadores fisicoquímicos del agua
 - Alcalinidad.
 - Dióxido de carbono
 - Ph.
 - Temperatura.
 - Amonio.
 - Oxígeno.
 - Transparencia del agua.
 -

3.16. Metodología para el cálculo de las variables respuestas

3.16.1. Examen del perfil sanguíneo

La clase de muestra de sangre utilizada se dividió en dos tipos: muestras de sangre entera y muestras de sangre para la extracción suero sanguíneo; la muestra de sangre entera se separó para los análisis hematológicos, entre tanto las muestras de suero sanguíneo se emplearon para análisis bioquímicos. La recolección de muestra se llevo a cabo en ,los días 0, 30 y 60, realizándose en ayunas por las mañanas . La obtención de la sangre se efectuó mediante punción de la vena caudal. Para la recolección de muestras de sangre entera, se utilizó el EDTA (150 U) como anti coagulante (el cual fue secado en una estufa durante 24 horas, previo a la rotulación y sellado del tubo de ensayo); en el caso de las muestras de suero sanguíneo, tras la coagulación se centrifugó a 3000 rpm durante tres minutos para separar el suero de la sangre y posteriormente se conservaron todas las muestras a -20 °C para ser procesados simultáneamente.

A. Examen de hematocrito (técnica de micro-hematocrito)

Se completo el llenado del tubo capilar micro-hematocrito hasta alcanzar aproximadamente $\frac{3}{4}$ de su capacidad con la sangre extraída, se sella el extremo con plastilina posteriormente ; se procede a la centrifugación a 3000 rpm por 10 minutos, realizando la lectura final en una tabla de hematocrito.

B. Examen de hemoglobina (VALTEK LAB)

La concentración de hemoglobina se hizo mediante la técnica de cianometahemoglobina usando el reactivo Drabkin; se preparó dos tubos, uno blanco conteniendo 5 ml de reactivo y otro tubo con 20 ul de la muestra a evaluar más 5 ml de reactivo, luego se pasó a tomar lectura en el espectrómetro a 540 mn.

C. Globulos rojos y Globulos Blancos: Se determino de manera óptica usando una Cámara neubauer y el disolvente Natt Herrick, para ello se colocó 0.5 de sangre en la pipeta y se completó hasta la mitad con el diluyente se dejó reposar por dos horas a temperatura ambiente y se procedió a agregar una gota en la Cámara neubauer para la observación microscópica a 40x. La fórmula usada para valorar la cantidad de eritrocitos fue:

$$\text{Recuento de GL. RO} = \text{N}^\circ \text{ células en cuadrantes} \times 10\,000$$

Para el recuento diferencial de GL. Blancos se hicieron frotices sanguíneos fijados con metanol, a la cual se les tiñó con solución de Giemsa Tavares-Dias y Moraes, (2006)

Y para calcular el número de GL. Blancos se usó la siguiente formula

$$\text{Recuento de GL. BL} = (\text{N}^\circ \text{ células en 9 cuadrantes} + 10\%) \times 200$$

D. Evaluación de la transaminasa (Valtek Lab.)

AST : Separé los tubos de ensayo y los etiqueté de manera individual, identificando el tratamiento y réplica a la que pertenecen. Además se añadió otro tubo de ensayo marcado con la letra "B" (blanco); posteriormente al tubo problema se le incorporo 0,5 ml de sustrato AST y 0,1 ml de agua destilada. Luego, incubé los tubos antes mencionados a 37°C durante 30 minutos. Una vez transcurrido el tiempo de incubación, añadí 0,5 ml de reactivo color a todos los tubos; después incubamos nuevamente a temperatura ambiente (aproximadamente 20°C) durante 20 minutos. Finalmente se agregaron 5 ml de NaOH y 0,4 N a todos los tubos y finalmente se mezclaron por inversión para realizar la lectura contra el blanco de reactivo a 505 nm (500 – 550 nm).

ALT: Se prepararon los tubos debidamente etiquetados, donde se puede identificar el tratamiento y la repetición a la que responde cada tubo. Se adjuntó otro tubo marcado con la letra "B" (blanco); a los tubos considerados "problema" se les añadira 0.5 ml de sustrato GOT , 0.2 ml de muestra; mientras que el tubo blanco se le incorporara 0.5 ml de sustrato AST y 0.1 ml de agua destilada; posteriormente se incubaran los tubos mencionados a 37 °C durante 30 minutos. Una vez transcurrido el tiempo de incubación se añadirá 0.5 ml de reactivo color a todo los tubos; luego se incubaran a temperatura ambiente (alrededor de 20 °C) durante 20 minutos; después de este proceso, se agregaran 5 ml de NaOH y 0.4 N a todo los tubos y por ultim, se mezclaran por inversion para proceder a la lectura a 505 nm (500 – 550 nm.) en comparacion con blanco reactivo.

E. Proteína total (Wiener Lab: 2000)

Se tomo tubos etiquetados; B (blanco) y M (muestra de suero sanguíneo). a continuación se añadió 50 ul de agua destilada en el tubo b y en los M se incorporo 50 ul de las muestras; para ello se agregaron 3.5 ml de reactivo EDTA /Cu a todos los tubos, se mezcló con una varilla, lo incubamos a 37°C por 15 minutos (baño maría). Y por último se procedio a leer los resultados en un espectrofotómetro a 540 nm.

F. Albumina (Wiener Lab: 200)

Utilizando tubos etiquetados; B (blanco) y M (muestras de suero). En los tubos se M se añadesn 10 ul de muestra y 3.5 ml de reactivo BCF a los 3 tubos. Posteriormente, se mezclan los contenidos de los tubos con una varilla, para luego incubarlos a 28°C durante 10 minutos. Finalmente se procede a leer los resultados en un espectrofotómetro a 625 nm o en fotocolorímetro ajustando a cero con el blanco de reactivo.

G. Evaluación de los parámetros físicos químicos del agua.

Se llevaron acabo monitoreos diarios de los niveles de temperatura del agua, oxígeno disuelto y pH con un medidor multiparámetros YSI MPS 556® (YSI Instrument Co., Ohio, USA) y monitoreos mensuales de amonio, nitritos, dureza, alcalinidad y CO₂ con un Kit de Aguas Dulces AQ-2 (LaMotte Co., 2 Maryland, USA).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 4. Perfil Hematológico sanguíneo de juveniles de *Piaractus brachypomus* en función a la inclusión de prebióticos (SafMannan) en tres momentos y en dos densidades.

Factores	HTO %	HB g/dL	GL. RO x 10 ⁶ mm ³	G BL x 10 ³ mm ³	HETE, % NEUTRO	EOS, %	MON, %	LINF, %
Prebiótico en la ración								
Con prebiótico	29.04	15.15	6.45 b	10.49 a	47.63 b	1.54	1.25	50.21
Sin prebiótico	30.58	15.38	6.65 a	9.76 b	50.83 a	1.50	1.42	47.75
Edad de los peces								
0 días	25.00 b	16.50 b	10.38 a	10.50 a	58.25 a	1.00 b	1.25	39.50 b
30 días	32.00 a	18.58 a	5.46 b	8.99 b	57.88 a	1.56 ab	1.44	42.50 b
60 días	32.44 a	10.72 c	3.64 c	10.89 a	31.56 b	2.00 a	1.31	64.94 a
Densidad de cultivo								
8 peces	30.17	15.32	6.58	9.56 b	50.38	1.54	1.25	47.83
12 peces	29.46	15.21	6.52	10.69 a	48.08	1.50	1.42	50.13
P – valores								
Prebióticos	0.0989	0.7144	0.0125	0.0326	0.0463	0.8778	0.4064	0.1297
Edad	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0162	0.7362	0.0001
Densidad	0.4414	0.8573	0.1339	0.0015	0.1491	0.8778	0.4064	0.1570
E * P	0.4765	0.7843	0.1144	0.0655	0.0069	0.8460	0.7362	0.0038
E * D	0.2425	0.5997	0.0407	0.0594	0.0644	0.9763	0.2676	0.0898
P * D	0.6827	0.8365	0.6639	0.0001	0.7698	0.0970	0.9999	0.9792
P * D * E	0.9217	0.8273	0.8261	0.0001	0.1646	0.1273	0.3156	0.1427
cv (%)	10.57	14.1	14.91	11.22	10.94	61.26	51.54	11.21

HTO %: Hematocrito; HB g/dL: Hemoglobina; Gl. Ro. X 10⁶ mm³; G. BL. X 10³ mm³; HETE %; abc: Letras diferentes dentro de la misma columna para cada factor, indican diferencia estadística (SNK, 5%). cv, %: Coeficiente de variación

Los valores de hematocrito de juveniles de paco ($p > 0.05$) no fueron influenciados por la suplementación de prebiótico; de esta forma Owatari et al. (2022) quienes evaluaron adultos de tilapia alimentados con y sin probiótico a base de *Saccharomyces cerevisiae* no mostraron diferencias en los valores de hematocrito; también Sousa (2010) no observó diferencia entre juveniles de tilapias sin y con suplementación de de MOS. Entretanto, la edad de los pacos influenció ($p < 0.05$) a los valores de hematocrito, observándose menor nivel en el día 1 (25%) y mayores niveles en los días 30 y 60 (32 y 32.44%, respectivamente; y que a la vez éstos se comportaron ($p > 0.05$) semejante). Resultados diferentes fue reportado por Sousa (2010) quien suplementó MOS en raciones de juveniles de tilapia y observó valores semejantes a 0, 30 y 60 días de evaluación.

Esto sugiere que el hematocrito es un indicador fisiológico robusto, fuertemente regulado homeostáticamente en *P. brachypomus*, y que solo puede ser susceptible a cambios significativos bajo condiciones de estrés extremo (ej., hipoxia severa o enfermedades que causen anemia) o deficiencias nutricionales muy marcadas que afecten la eritropoyesis. La acción principal de los prebióticos en la modulación intestinal podría no ser lo suficientemente directa o intensa como para impactar la producción o el volumen de hematocrito en peces sanos o bajo estrés moderado.

La densidad de cultivo con (477 g/m^3 y 716 g/m^3); no influenció ($p > 0.05$) sobre los valores de hematocrito, estos resultados son semejantes al estudio de Reátegui et al. (2017) quienes evaluaron tres densidades de cultivo de *P. brachypomus* y no observaron diferencias en los valores de hematocrito. También se verifica que no se evidenció ($p > 0.05$) interacción entre los factores evaluados, como prebiótico, edad y densidad.

La hematología es importante para supervisar el estado fisiológico e inmunológico de los peces afectados por diversos factores de estrés (Firouzbakhsh et al., 2014; Martins et al., 2009). Los valores de hematocrito, hemoglobina, eosinofilos, monocitos y linfocitos no fueron alterados por la suplementación de prebiótico en sus raciones, resultados similares fueron reportados por Castro Zambrano (2021) quien evaluó 0.1% de MOS y 0.1% de β -glucanos en dietas de juveniles de tilapia ($33.21 \pm 0.1 \text{ g}$ de peso vivo). Asimismo, Paz et al. (2019) no reportó diferencias en los valores de hemoglobina y linfocitos de juveniles de gamitana alimentados con raciones sin y con suplementación de fructooligosacáridos (FOS).

Los valores de hemoglobina de juveniles de paco ($p > 0.05$) no fueron influenciados por la suplementación de prebiótico, estos resultados son semejantes a los hallados por Sousa (2010) quien suplementó MOS en dietas de juveniles de tilapia. Mientras tanto, la edad del

paco ($p < 0.05$) influenció sobre los valores de hemoglobina reportando 16.50 g/dL en el día 0 de la evaluación, aumentando a 18.58 g/dL en el día 30 y reduciéndose a 10.72 g/dL en el día 60 de la evaluación. Del mismo modo, al igual que la suplementación de prebióticos, la densidad ($p > 0.05$) no influenció sobre los valores de dicha variable, estos resultados son semejantes al estudio de Reátegui et al; (2017) quienes evaluaron tres densidades de cultivo de *P. brachypomus* y no observaron diferencias en los valores de hemoglobina; por último, tampoco presentaron interacción entre los factores estudiados.

Mientras que, los valores de glóbulos rojos fueron alterados por la suplementación de prebiótico en sus raciones, observándose aumento de glóbulos rojos en pacos suplementados con prebiótico, resultados similares fueron reportados por Paz et al. (2019) quienes verificaron aumento de glóbulos rojos en juveniles de gamitana suplementado con 2% de FOS.

Los valores de glóbulos rojos de juveniles de paco ($p > 0.05$) fue influenciado por la suplementación de prebióticos en la ración, observándose menor número de glóbulos rojos en los juveniles de paco que fueron suplementados con prebiótico en comparación con aquellos alimentados con raciones sin suplementación de prebiótico, Este es un resultado menos frecuente que el que se ha observado con los glóbulos blancos, dado que la mayoría de los estudios indican efectos neutros o incluso beneficiosos de los prebióticos sobre los parámetros sanguíneos, incluyendo los glóbulos rojos (eritrocitos). Si la suplementación con prebióticos ha llevado a una reducción en el número de glóbulos rojos (eritrocitos) en los juveniles de paco, esto podría ser el resultado de varios factores interrelacionados, que sugieren un posible desafío fisiológico o una interferencia con la absorción de nutrientes esenciales; Hossain et al. (2021); informó que una dosis elevada de un prebiótico específico (FOS) no mostró una mejora significativa en los parámetros hematológicos, y en ciertos casos, los valores se mantuvieron estables o presentaron una tendencia a la baja en comparación con el grupo de control, lo que sugiere un límite de tolerancia. Bairagi et al. (2022); La suplementación con algas marinas (que son una fuente de prebióticos como los fucanos) en Pargo rojo (*Lutjanus argentimaculatus*), mejoró ciertos parámetros, sin embargo, otros, como el recuento de Globulos rojos, no presentaron diferencias significativas o mostraron una ligera disminución no estadística en la dosis más alta, lo que sugiere que una alta ingesta de fibra podría estar próxima al umbral de tolerancia. Del mismo modo la edad ($p < 0.05$) influenció sobre dicha variable mostrando una reducción gradual cada vez que los juveniles tuvieron mayor edad, $10.38 \times 10^6 \text{ mm}^3$ en el día 0, $5.46 \times 10^6 \text{ mm}^3$ en el día 30 y $3.64 \times 10^6 \text{ mm}^3$ en el día 60 de evaluación, respectivamente, estos resultados coinciden con los hallados por Sousa (2010) quien suplementó MOS en raciones de juveniles de tilapia y observó un decremento

progresivo cada vez que la tilapia tuvo mayor edad. Entretanto, ($p>0.05$) la densidad no influyó sobre la variable mencionada, estos resultados son semejantes al estudio de Reátegui et al. (2017) quienes evaluaron tres densidades de cultivo de *P. brachypomus* y no observaron diferencias en los valores de glóbulos rojos. Finalmente, tampoco presentaron interacciones entre los factores estudiados.

También, los glóbulos blancos de pacos suplementados con prebiótico fue mayor que aquellos no suplementados, estos resultados son semejantes a los hallados por Paz et al. (2019) quienes verificaron aumento gradual de glóbulos blancos cada vez que se adicionó mayor nivel de FOS en las raciones, Ghali et al. (2023) suplementaron probiótico, prebiótico y simbiótico en dietas de juveniles de tilapia y Owatari et al. (2022) evaluaron adultos de tilapia alimentados con y sin probiótico *Saccharomyces cerevisiae*; estos resultados muestran la importancia de los glóbulos blancos que se reportan en mayor cantidad en los pacos suplementados con prebiótico, lo cual muestra la protección del organismo.

Una de las formas de acción de los prebióticos es estimular el crecimiento de microorganismos benéficos los cuales producen diferentes metabolitos capaces de estimular y a la vez modular el sistema inmune del intestino delgado, desencadenando la activación y a la vez un uso mayoritario de la energía Tremaroli, (2012) para dar soporte a dicha activación, muchas veces cuando ocurre esta acción los animales no logran crecer adecuadamente debido a que parte de la energía de la dieta es utilizada en la estimulación del sistema inmune del intestino delgado Akrami et al., (2013) y Yarahmadi et al., (2016).

Los valores de glóbulos blancos de juveniles de paco ($p>0.05$) fueron influenciados por la suplementación de prebióticos en la ración, observándose mayor número de glóbulos blancos en los juveniles de paco que fueron suplementados con prebiótico en comparación con aquellos alimentados con raciones sin suplementación de prebiótico; Es necesario argumentar que el aumento en el recuento de glóbulos blancos se atribuye a la acción inmunomoduladora del prebiótico, el cual estimula la actividad de los órganos linfoides para mantener una vigilancia inmunológica más efectiva (leucocitosis), como lo respaldan múltiples estudios en acuicultura Kashani et al., (2022); Abdel et al.,(2018). Este descubrimiento evidencia el efecto positivo del prebiótico en la salud de *Piaractus brachypomus*, especialmente en condiciones de cultivo. Goh et al. (2022) Los componentes celulares de *S. cerevisiae* (beta-glucanos, MOS) ayudan a optimizar las funciones fisiológicas del sistema digestivo y la respuesta inmunitaria en los peces. Del mismo modo la edad ($p<0.05$) influyó sobre dicha variable mostrando menor número de glóbulos blancos en el

día 30 de evaluación y mayor número en los días 1 y 60 de evaluación; asimismo, la densidad de siembra de juveniles de paco ($p < 0.05$) influyó sobre la cantidad de glóbulos blancos, observándose mayor concentración de glóbulos blancos en los juveniles con densidad alta (716 g/m^3) en relación con aquellos con densidad de 477 g/m^3 , estos resultados son contradictorios al estudio de Reátegui.

El incremento en el número de glóbulos blancos (leucocitos) en los juveniles de paco a una mayor densidad (12 peces/m^3) en comparación a baja densidad 477 g/m^3 se atribuye a una activación intensificada del sistema inmune innato del pez, ocasionada por el aumento del estrés y el desafío ambiental/microbiano relacionado con la alta densidad; Villegas et al. (2018): Investigaron directamente el impacto de la densidad de siembra en juveniles de Paco (*Piaractus brachypomus*) en jaulas flotantes. Aunque el patrón de respuesta varía según la dosis y la duración, sus resultados confirmaron que la densidad es un factor con un efecto significativo en el parámetro hematológico de los leucocitos, resaltando la activación inmunológica en ciertas condiciones de cultivo. Hossain et al. (2021) han reportado de manera consistente que el incremento de la densidad (particularmente por encima de las densidades óptimas) conlleva a una activación del eje hipotalámico-hipofisario-interrenal (EPI) (estrés) y un aumento en los parámetros inmunológicos inespecíficos como el estallido respiratorio (NBT) o la actividad de lisozima, y frecuentemente, un incremento en la movilización de leucocitos para enfrentar el elevado riesgo patógeno. Este aumento es un claro indicativo de una respuesta inmunitaria inespecífica provocada por las condiciones estresantes.

Los valores de glóbulos blancos interactuaron entre los factores estudiados, observándose interacción entre edad por prebiótico, prebiótico por densidad y una interacción triple entre prebiótico, densidad y edad.

Los valores de heterófilos se vieron ($p < 0.05$) influenciados por la suplementación de prebióticos, observándose menor concentración de heterófilos en los juveniles alimentados con raciones suplementados con prebiótico en relación con aquellos alimentados sin suplementación de prebiótico, estos resultados se corroboran con Mourinho et al. (2012) quienes suplementaron simbióticos (probiótico + prebiótico) en raciones de del híbrido *Pseudoplatistoma corruscans* x *Pseudoplatistoma fasciatum*, y observaron reducción de heterófilos circulantes en aquellos suplementados con simbiótico.

Este incremento en el recuento de heterófilos en los peces alimentados sin prebióticos, es consistente con una respuesta hematológica al estrés crónico inherente a las condiciones de cultivo intensivo Hasan et al., (2018); Oliveira et al., (2020). La elevación de estas células, se interpreta como una respuesta de alarma fisiológica. Sin embargo, la menor concentración de

heterófilos observada en los peces alimentados con prebióticos; sugiere que el prebiótico ejerció un efecto homeostático e inmunomodulador Kashani et al., (2022).

La edad ($p > 0.05$) influyó a la concentración de heterófilos, observándose una reducción de heterófilos en el día 60 de evaluación en relación con los días 0 y 30 los cuales fueron altos y a la vez ($p > 0.05$) semejantes; entretanto, la densidad de cultivo ($p > 0.05$) no influyó los valores de heterófilos. Además, la concentración de heterófilos ($p < 0.05$) interactuó entre la edad y prebiótico.

Los valores de eosinófilos de juveniles de paco ($p > 0.05$) no fueron influenciados por la suplementación de prebiótico ni por la densidad de cultivo; de esta forma, Owatari et al. (2022) quienes evaluaron adultos de tilapia alimentados con y sin probiótico *Saccharomyces cerevisiae* no observaron diferencias en los valores de eosinófilos de tilapia sin y con suplementación de levadura de cerveza *Saccharomices cerevisiae*. Entretanto, la edad de los juveniles de paco ($p < 0.05$) alteró las concentraciones de eosinófilos, observándose un incremento gradual a mayor edad de los pacos. Sin embargo, los factores en estudio ($p > 0.05$) no interactuaron para esta variable.

Los valores de monocitos de juveniles de paco ($p > 0.05$) no fueron influenciados por la suplementación de prebiótico, edad de los peces ni por la densidad de cultivo; asimismo ($p > 0.05$) no se reportaron interacción entre los factores en estudio. Ringø et al. (2019), la ausencia de efectos en monocitos podría indicar que el prebiótico no indujo una respuesta sistemática suficiente para alterarlos. Según Rodrigues et al. (2021), menciona que los monocitos suelen aumentar cuando haya cuadros de inflamación e infección crónica, condiciones de cultivo y al nivel de estrés. Si durante todo el experimento se mantuvo condiciones adecuadas, la variabilidad de monocitos podría ser baja. Por lo tanto los monocitos no se vieron influenciados por que no hubo ninguno de estos problemas ya mencionados.

Los valores de linfocitos de juveniles de paco ($p > 0.05$) no fue influenciado por la suplementación de prebiótico ni por la densidad de cultivo; sin embargo, la edad de los peces ($p > 0.05$) influyó, observándose menores valores en los días 0 y 30 y mayores niveles de linfocitos en el día 60 de evaluación. También, se evidencia interacción entre la suplementación de prebiótico y la edad de los pacos. Los valores de hematocrito, hemoglobina, glóbulos rojos, glóbulos blancos, neutrófilos, eosinófilos, monocitos y linfocitos de juveniles de paco se encuentran dentro del rango para la especie, tal como lo indica Garay; (2010) quien evaluó el perfil hematológico de *Piaractus brachypomus* en diferentes fases fisiológicas (alevinos, juveniles y adultos), además, Minaya; (2018) quien

determinó el perfil hematológico de la gamitana una especie muy cercana a al paco *Piaractus brachypomus*,

En el figura 1. se exponen los valores de glóbulos rojos, de la interacción de la edad x densidad de juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con raciones adicionadas con y sin prebióticos (Saf Manan) y en tres diferentes momentos (Inicio, 30 y 60 días).

Figura 1. Niveles de la interacción (glóbulos rojos) de juveniles de *Piaractus brachypomus* en función de la edad y densidad.

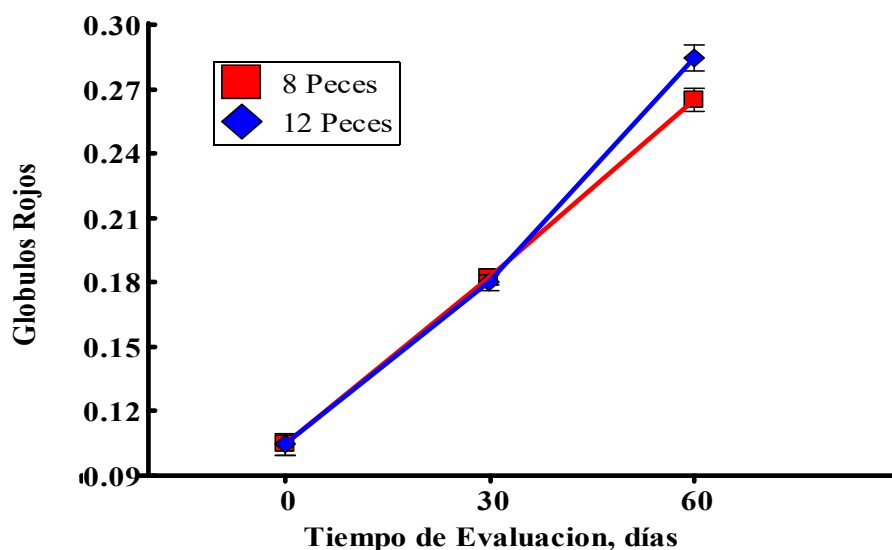


Figura 1. Interacción entre los factores momento de evaluación y densidad de cultivo, sobre las concentraciones de glóbulos rojos.

Entre tanto los juveniles de paco que fueron cultivados con (477 g/m^3), los valores de glóbulos rojos ($p > 0.05$) se mantuvieron iguales en el día 0, 30 y 60 de evaluación; entretanto, piaractuscuando la densidad fue de (716 g/m^3), ($p < 0.05$) los valores de glóbulos rojos fueron mayores a los 60 días de evaluación con relación a 0 y 30 días, que a la vez ambos fueron semejantes. Sin embargo, las edades de los pacos, tanto a los 0, 30 y 60 días de evaluación, los valores de glóbulos rojos se mantuvieron semejantes entre ambas densidades de siembra (477 g/m^3 y 716 g/m^3), tal como se muestra en el Gráfico 1. Esto sugiere que el efecto de la densidad sobre los GR es sutil y más notorio como una respuesta de cambio a lo largo del tiempo dentro de los grupos estudiados, más que como una diferencia marcada y constante entre los grupos.

Investigaciones, sobre los efectos del estrés por densidad en los parámetros hematológicos, particularmente en especies de la familia Characidae, como el paco, *Piaractus brachypomus*, y la cachama, *Colossoma macropomum*, es activa. Así mismo Valenzuela, et al. (2021-2023); Investigando el estrés severo por densidad. Sus resultados mostraron que si la

densidad excede la capacidad de adaptación, se produce una disminución en los glóbulos rojos (anemia por estrés) o leucopenia (disminución de glóbulos blancos) debido a la supresión del sistema inmune y hematopoyético, lo que indicaría una fase de agotamiento del estrés crónico.

En el figura 2. se exponen los valores de glóbulos blancos, de la interacción de prebiótico x densidad de juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con raciones adicionadas con y sin prebiótico (Saf Manan)

Figura 2. Niveles de la interacción (Glóbulos blancos) de juveniles de *Piaractus brachypomus* en función de la densidad y prebióticos.

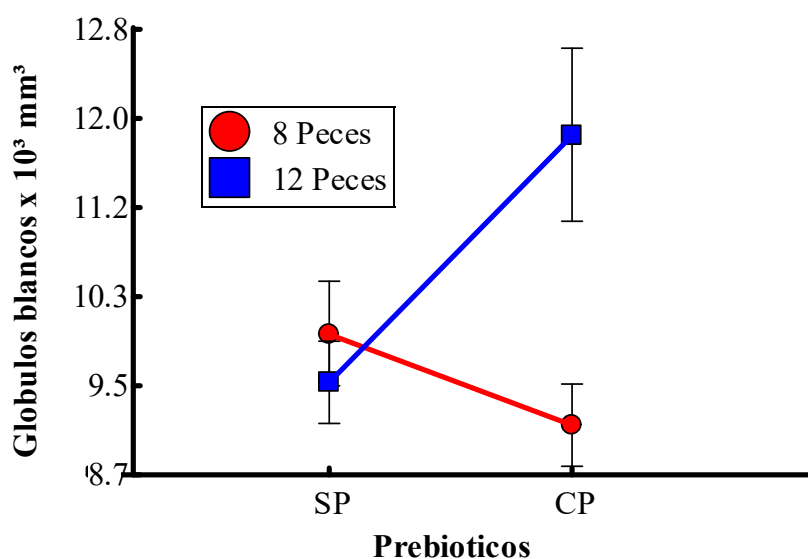


Figura 2. Interacción entre los factores adición de probióticos y la densidad de cultivo, sobre las concentraciones de Glóbulos blancos.

Entre tanto los juveniles de paco que fueron cultivados con (477 g/m^3) de biomasa, los valores de glóbulos blancos se mantuvieron iguales en aquellos suplementados con y sin prebiótico; entretanto, cuando la densidad fue de (716 g/m^3), los valores de glóbulos blancos fueron mayores en los pacos suplementados con prebiótico y menores en aquellos sin suplementación de prebiótico. En caso del factor prebiótico, en pacos suplementados con prebiótico se observa ($p < 0.05$) menor valor de glóbulo blanco en la densidad 477 g/m^3 y mayor nivel en la densidad de (716 g/m^3); entretanto, los valores de glóbulos blancos fueron semejantes cuando la biomasa fue (477 g/m^3 y 716 g/m^3) cuando los peces no fueron suplementados con prebiótico.

Observandose que cuando la densidad fue menor (477 g/m^3), el sistema inmunológico ya se encontraba en su nivel base, el prebiótico no provocó cambios detectables. No obstante,

cuando la densidad fue alta, el prebiótico cumplió su función inmunomoduladora de rescate, contrarrestando la inmunosupresión provocada por el estrés crónico de la sobrepoblación (Rebelo et al., 2022; Barton, 2014), lo que resultó en una concentración alta de globulos blancos que indica un sistema de vigilancia activa y una respuesta protectora mejorada (Kashani et al., 2022; Genc et al., 2016).

En el figura 3. se exhiben los valores de la interacción de la edad x densidad de juveniles de *Piaractus brachypomus* que se alimentaron con raciones adicionadas con dos proporciones de prebióticos (Saf Manan) y en tres diferentes momentos (Inicio, un mes y dos meses).

Figura 3. Niveles de la interacción (Glóbulos rojos) de juveniles de *Piaractus brachypomus* en relación de prebiótico, biomasa y edad.

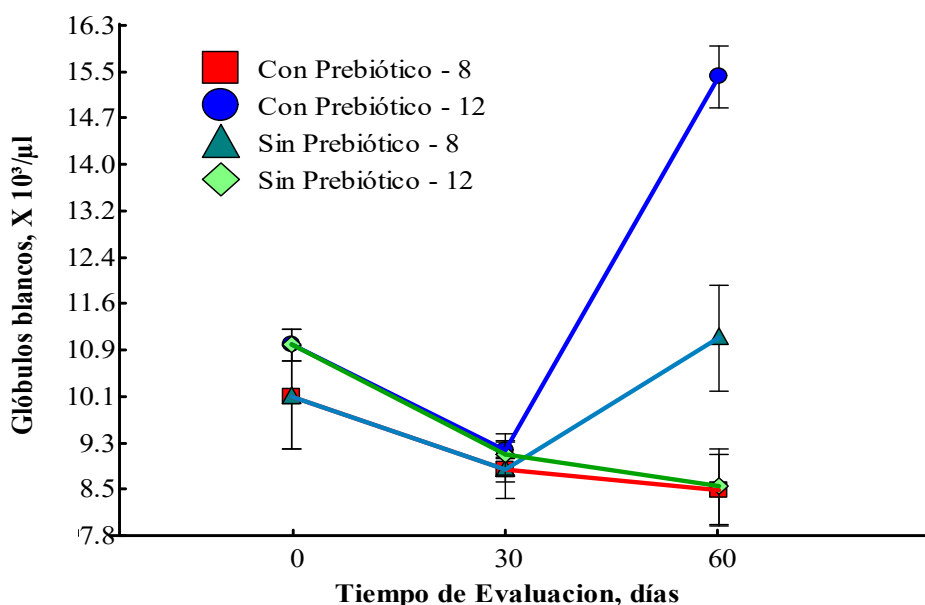


Figura 3. La triple Interacción entre los factores tiempo de evaluación, adición de prebióticos y densidad, sobre las concentraciones de Glóbulos blancos.

Mientras que los pacos son cultivados con la densidad de (477 g/m^3) y alimentados con raciones suplementadas con prebiótico, los valores de glóbulos blancos son semejantes a los 0, 30 y 60 días de evaluación; sin embargo, cuando son cultivados con la densidad de (716 g/m^3), se observa un valor intermedio en el día 0, un valor bajo en el día 30 y un valor alto de glóbulos blancos en el día 60 de evaluación. Cuando la densidad de siembra fue de (477 g/m^3) y alimentados con y sin prebiótico, se observa ($p > 0.05$) semejante concentración de glóbulos blancos a 0, 30 y 60 días de evaluación; también, cuando la densidad fue de (716 g/m^3)

($p > 0.05$) los valores de glóbulos blancos fueron semejantes a los 0 y 30 días de evaluación; pero a los 60 días de evaluación ($p < 0.05$) se nota mayor nivel de glóbulos blancos ($15.43 \times 10^3 \text{ mm}^3$) en pacos suplementados con prebiótico en comparación con los no suplementados ($8.58 \times 10^3 \text{ mm}^3$).

Así mismo los pacos que fueron suplementados con prebiótico y cultivados en (477 g/m^3 y 716 g/m^3) se observa ($p > 0.05$) semejante concentración de glóbulos blancos a 0 y 30 días de evaluación; sin embargo, a los 60 días de evaluación ($p < 0.05$) se nota menor nivel de glóbulo blanco ($8.50 \times 10^3 \text{ mm}^3$) en los peces cultivados con densidad de (477 g/m^3) y mayor nivel en aquellos cultivados con densidad de (716 g/m^3); ($15.43 \times 10^3 \text{ mm}^3$).

En caso de los pacos que fueron alimentados sin prebiótico y cultivados en (477 g/m^3 y 716 g/m^3), se observa ($p > 0.05$) semejante concentración de glóbulos blancos a 0, 30 y 60 días de evaluación, tal como se muestra en el gráfico 5, resultados evidentes donde la suplementación de prebiótico en raciones de juveniles de paco induce a mayor circulación de glóbulos blancos cuando son cultivados en alta densidad (716 g/m^3) y sobre todo cuando el consumo es por periodos prologados el cual fue de 60 días.

Rebelo et al. (2022) Demostró que los parámetros sanguíneos y de estrés en *Piaractus mesopotamicus* están directamente afectados por la densidad y el tiempo de exposición. El sistema inmunológico del pez atraviesa etapas de agotamiento (inmunosupresión) y un posterior intento de adaptación, lo que justifica la disminución observada en el Día 30 y el intento de compensación subsiguiente. Kashani et al. (2022) Destacaron que la modulación inmunológica provocada por los prebióticos no es inmediata. Es necesario un período de consumo prolongado (generalmente de 4 a 8 semanas) para que se forme una población microbiana intestinal beneficiosa y para que las células inmunitarias asociadas al intestino (GALT) se activen por completo. Esto aclara por qué el efecto positivo solo se manifiesta en el Día 60 y no en el Día 30. Sohn et al. (2020). Destacó que los beta-glucanos (un prebiótico habitual) necesitan tiempo para interactuar y activar de manera efectiva las células inmunitarias (macrófagos). La activación del sistema inmunológico es un proceso progresivo, lo que justifica el aumento final en el conteo de glóbulos blancos como una respuesta efectiva del sistema.

En el figura 4. se precisa los valores de heterófilos, de la interacción de la edad x prebiótico de juveniles de *Piaractus brachyomus* que fueron alimentados con raciones adicionales con y sin prebióticos (Saf Manan) y en tres diferentes momentos.

Figura 4. Interacción entre los factores suplementación de prebiótico y edad sobre los valores de heterófilos en juveniles de paco.

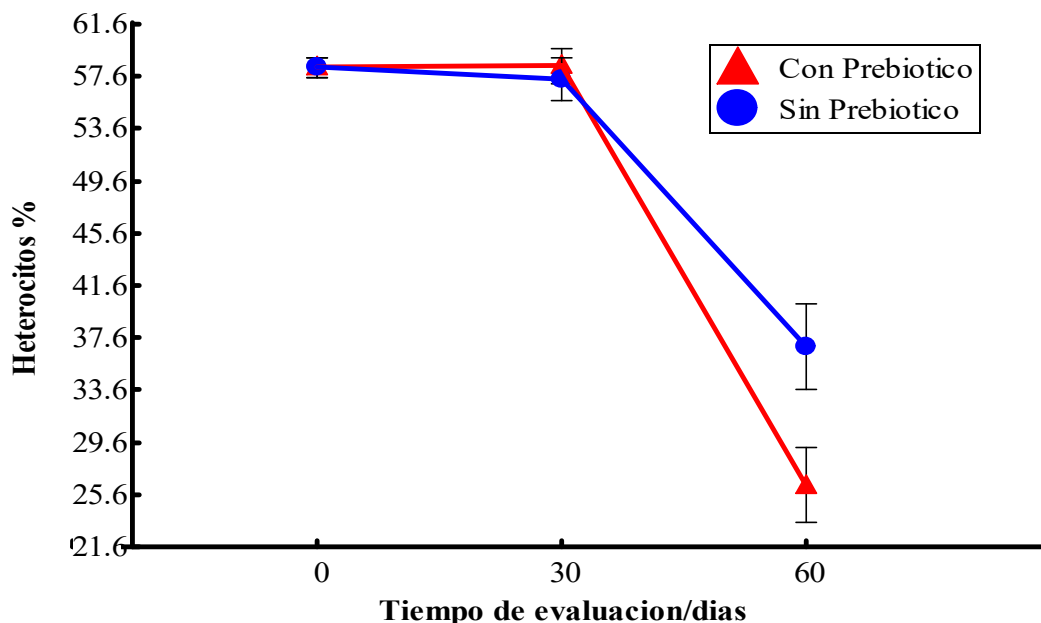


Figura 4. Interacción entre los factores tiempo de evaluación, días y la adición de prebióticos, sobre las concentraciones de heterocitos.

En caso de los juveniles de paco que fueron alimentados con y sin prebiótico, los valores de heterófilos ($p > 0.05$) se mantuvieron iguales y mayores en el día 1 y 30 de evaluación (58.25% y 58.38%, respectivamente para los suplementados con prebiótico y 58.25% y 57.38%, respectivamente para aquellos sin suplementación); pero a los 60 días de evaluación se mostró ($p < 0.05$) menor valor (26.25%) para los suplementados y 36.88% para aquellos sin suplementación, estos resultados coinciden con Sousa (2010), quien verificó una reducción de neutrófilos a los 60 días de evaluación de la tilapia sin suplementación de MOS; entretanto, cuando fue suplementado no mostró diferencia en las diferentes edades de evaluación.

Asimismo, las edades de los pacos, 0 y 30 días de evaluación, los valores de heterófilos se mantuvieron semejantes en aquellos con y sin suplementación de prebiótico; sin embargo, a los 60 días de evaluación ($p < 0.05$) se nota menor nivel de heterófilos (26.25%) frente a los no suplementados que mostraron mayor nivel (36.88%), como se muestra en la Figura 4.

Kashani et al. (2022) Reafirma que los prebióticos fortalecen la inmunidad y el bienestar. El efecto inmunomodulador necesita tiempo para consolidarse y su resultado final

generalmente es la normalización de los parámetros de estrés, lo que se traduce en un menor conteo de células de respuesta aguda (como los heterófilos) en comparación con los pacos alimentados sin prebióticos estresados. Lo mismo que Oliveira et al. (2020); Destacaron que la elevada relación H/L (que indica un incremento de heterófilos) es un biomarcador de estrés crónico mediado por glucocorticoides en los pacos alimentados sin prebióticos. La efectividad de cualquier aditivo dietético (como un prebiótico) radica en la reducción de esta respuesta de estrés, lo que se evidencia en el menor nivel de heterófilos registrado a los 60 días en paco alimentado con prebiótico.

En la Figura 5. se precisa los valores de linfocitos, de la interacción de la edad x prebiótico de juveniles de *Piaractus brachypomus* que fueron alimentados con raciones adicionales con y sin prebióticos (Saf Manan) y en tres diferentes momentos.

Figura 5. Interacción entre los factores suplementación de prebiótico y edad sobre los valores de linfocitos en juveniles de paco.

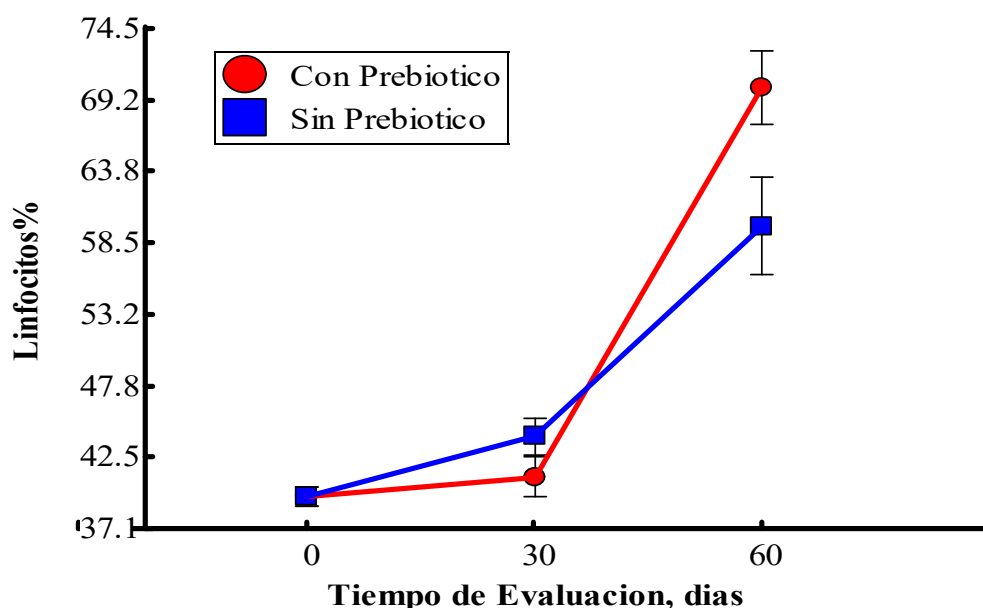


Figura 5. Interacción entre los factores tiempo de evaluación, días y la adición de prebióticos, sobre las concentraciones de Linfocitos.

Cuando los juveniles de paco fueron alimentados con y sin prebiótico, los valores de linfocitos ($p > 0.05$) se mantuvieron iguales y menores en el día 0 y 30 de evaluación para los suplementados con prebiótico y para aquellos sin suplementación; pero a los 60 días de evaluación se mostró ($p < 0.05$) mayor valor para los suplementados y para aquellos sin suplementación. Asimismo, las edades de los pacos, 0 y 30 días de evaluación, los valores de

linfocitos se mantuvieron semejantes en aquellos con y sin suplementación de prebiótico; sin embargo, a los 60 días de evaluación ($p < 0.05$) se nota mayor nivel de linfocitos frente a los no suplementados que mostraron menor nivel, como se muestra en el gráfico 5.

Ghazalah et al. (2023) Han demostrado que los efectos beneficiosos de los aditivos dietéticos sobre la respuesta inmune, en particular aquellos relacionados con la proliferación celular (linfocitos), dependen del tiempo de exposición y se evidencian de forma más significativa al final de un ensayo de alimentación (por ejemplo, 60 días), lo que valida la necesidad de un período prolongado para poder observar la variación en los linfocitos. Asimismo Patiño et al. (2018) Explican que el estrés crónico en sus primeras etapas puede provocar linfopenia (una reducción en el número de linfocitos), lo que a su vez explica los valores bajos observados en los primeros días. Más adelante, la adaptación (en ambos grupos) facilita la recuperación de los linfocitos; sin embargo, los pacos alimentados sin prebióticos continúa afectado por el estrés residual, lo que justifica que su recuento final sea inferior al de los pacos suplementados con prebiótico.

La hematología se define como el estudio de la sangre y sus componentes, siendo una rama de la salud que está ganando cada vez más relevancia en la acuicultura, gracias a su utilidad en el seguimiento del estado de salud de los peces. Comprender las características hematológicas se convierte en una herramienta fundamental que puede emplearse como un índice eficaz y sensible para observar los cambios fisiológicos y patológicos en los peces que enfrentan situaciones estresantes; como alta densidad, consumo de nutracéuticos etc.

En la Tabla 5. se detalla los valores de bioquímica sanguínea de juveniles de *Piaractus brachyomus* alimentados con raciones suplementados con prebiótico, en diferentes edades de los pacos y cultivados en estanques de tierra con diferentes biomásas.

Tabla 5. Perfil bioquímico sanguíneo de juveniles de *Piaractus brachypomus* en función a la suplementación de prebióticos (Saf Manan) edad de los pacos y dos densidades de cultivo.

Factores	AST UI/L	ALT UI/L	PROT g/dL	ALBM mg/dL	GLU mg/dL
Prebióticos en la ración					
CP	59.05 a	33.86	3.75	1.84	75.98
SP	57.25 b	34.26	3.63	2.01	71.08
Edad de los peces					
0	56.73 b	29.95 b	4.03 a	1.93 ab	117.48 a
30	55.81 b	31.04 b	3.50 b	1.76 b	54.42 b
60	61.93 a	41.19 a	3.53 b	2.09 a	48.68 b
Densidad de cultivo					
1.92kg/m ³	58.45	33.79	3.68	2.06 a	73.63
2.88kg/m ³	57.85	34.33	3.70	1.80 b	73.42
P – valores					
prebióticos	0.0354	0.5732	0.5053	0.0588	0.0563
Edad	0.0001	0.0001	0.0274	0.0116	0.0001
Densidad	0.4708	0.4382	0.9370	0.0046	0.9338
Edad * preb	0.0706	0.5783	0.6241	0.2600	0.0014
Edad * dens.	0.8760	0.7149	0.9853	0.0001	0.4953
Preb * dens.	0.1254	0.9101	0.7794	0.2713	0.8055
Preb * dens* edad	0.3350	0.5288	0.7270	0.0347	0.7626
cv (%)	4.90	7.08	16.23	15.62	11.71

AST UI/L: Aspartato aminotransferasa; ALT UI/L: Alanina aminotransferasa; PROT g/dL: Proteína total sérica, ALB mg/dL: Albúmina; GLU mg/dl: Glucosa, abc: Letras diferentes dentro de la misma columna para cada factor, indican diferencia estadística (SNK, 5%). cv: Coeficiente de variación.

Los valores de la enzima aspartato aminotransferasa (AST) de juveniles de paco ($p < 0.05$) fueron influenciados por la suplementación de prebiótico, observándose mayor nivel en juveniles de paco alimentados con raciones suplementadas de prebiótico; Esta elevación, en ausencia de otros indicadores de daño hepático (como la Alanina Aminotransferasa - ALT, o alteraciones histopatológicas), se considera frecuentemente como un signo de una respuesta fisiológica favorable o de adaptación a una dieta que promueve una alta tasa de crecimiento y aprovechamiento de nutrientes. De ese modo, Oliveira; et al. (2018); En sus estudios indican que cualquier modificación en la dieta que mejore la digestión y la absorción de proteínas puede modificar los perfiles enzimáticos en suero y en el hígado, como la AST, sin que esto implique necesariamente toxicidad. Asimismo Pérez; et al. (2020); Dicen que el incremento podría ser la razón del aumento no patológico de AST, lo que indica una mayor actividad metabólica en el hígado para procesar un mayor número de nutrientes absorbidos. Gao; et al.

(2020); Notaron avances en el crecimiento y en el estado antioxidante, junto con alteraciones en las enzimas hepáticas que podrían estar asociadas a una mayor utilización de nutrientes.

También, la edad de los pacos influyó las concentraciones de AST reportando valores más bajos y a la vez semejantes en los días 0 y 30 de evaluación en comparación con la evaluación del día 60 que reportó mayores niveles de AST; sin embargo, la densidad de cultivo no influyó los valores de AST de juveniles de paco; asimismo, no se reportó interacción entre los factores estudiados para la variable AST.

Los valores de la enzima alanina aminotransferasa (ALT) de juveniles de paco ($p>0.05$) no fueron influenciados por la suplementación de prebiótico; este resultado es similar al estudio de Braz (2022) quien estudió la suplementación de *Saccharomyces cerevisiae* en dietas de juveniles de tilapia. Sin embargo; la edad de los pacos influyó las concentraciones de ALT reportando valores más bajos y a la vez semejantes en los días 0 y 30 de evaluación en comparación con la evaluación del día 60 que reportó mayores niveles de ALT; sin embargo, la densidad de cultivo no influyó los valores de ALT de juveniles de paco; asimismo, no se reportó interacción entre los factores estudiados para la variable ALT.

Los valores de proteína sérica de juveniles de paco ($p>0.05$) no fueron influenciados por la suplementación de prebiótico; de esta forma Owatari; et al. (2022) quienes evaluaron adultos de tilapia alimentados con y sin probiótico a base la levadura *Saccharomyces cerevisiae* no observaron diferencia en los valores; asimismo, Braz (2022) también no reportó diferencia en los valores de proteína sérica entre los peces alimentados con y sin suplementación de MOS a base de *Saccharomices cerevisiae*. Sin embargo, la edad de los pacos influyó las concentraciones de proteína sérica, reportando valores más bajos y a la vez semejantes en los días 30 y 60 de evaluación en comparación con la evaluación del día 0 que reportó mayores niveles de proteína sérica; sin embargo, la densidad de cultivo no influyó los valores de proteína sérica de juveniles de paco; asimismo, no se reportó ($p>0.05$) interacción entre los factores estudiados para la variable proteína sérica.

Los valores de albúmina sérica de juveniles de paco ($p>0.05$) no fueron influenciados por la suplementación de prebiótico, este resultado se similar al estudio de Braz (2022) quien estudió la suplementación de *Saccharomyces cerevisiae* en dietas de juveniles de tilapia. Sin embargo, la edad de los pacos influyó las concentraciones de albúmina sérica, reportando valores más bajos a los 30 días, valores altos a los 60 días y valores intermedios a 0 días, el cual fue semejante a los 30 y 60 días; asimismo, la densidad de cultivo ($p<0.05$) influyó los valores de albúmina de juveniles de paco, mostrando mayor nivel de albumina sérica en pacos cultivados con 477 g/m^3 (2.06 mg/dL) frente a aquellos cultivados con (716 g/m^3) ; (1.80

mg/dL); La albúmina se produce en el hígado. El estrés crónico o la mala calidad del agua pueden afectar la función hepática del pez, disminuyendo su capacidad para sintetizar albúmina. Un nivel elevado de albúmina (menor densidad) sugiere un estado fisiológico y nutricional más favorable y un menor grado de estrés. En condiciones de altas densidades, la competencia por el alimento aumenta. Si la ingesta disminuye o el metabolismo se altera debido al estrés, hay menos sustrato disponible para la síntesis de proteínas plasmáticas. Souza et al. (2022): Estudio significativo acerca de la conexión entre el estrés (provocado por alta densidad) y los parámetros bioquímicos, que incluyen proteínas plasmáticas, en carácidos como el paco (*Piaractus mesopotamicus*). Paniagua; et al. (2020): Investigación que analiza el impacto del estrés por manipulación o ambiental en los parámetros hematológicos y bioquímicos de peces neotropicales, incluyendo la gamitana (*Colossoma macropomum*), que es un pariente cercano del paco. Los cambios en las proteínas totales y la albúmina son frecuentes en situaciones de estrés. Además, se reportó ($p < 0.05$) interacción entre la edad x densidad y prebiótico x densidad x edad.

Los valores de glucosa sérica de juveniles de paco ($p > 0.05$) no fueron influenciados por la suplementación de prebiótico; asimismo, Braz (2022) también no reportó diferencia en los valores de glucosa sérica entre los juveniles de tilapia alimentados con y sin suplementación de MOS a base de *Saccharomyces cerevisiae*. Sin embargo, la edad de los pacos influyó las concentraciones de glucosa sérica, reportando valores altos al día 0 (117.48 mg/dL) y valores bajos y a la vez semejantes en los días 30 y 60 de evaluación (54.42 y 48.68 mg/dL, respectivamente). Sin embargo, la densidad de cultivo ($p > 0.05$) no influyó los valores de glucosa sérica; entretanto, se reportó ($p < 0.05$) interacción entre edad y prebiótico.

Los valores de glucosa no fueron alterados por la suplementación de prebiótico en sus raciones, resultados similares fueron reportados por Castro, (2021) quien evaluó 0.1% de MOS y 0.1% de b-glucanos en dietas de juveniles de tilapia (33.21 ± 0.1 g de peso vivo) y Paz; et al. (2019) quienes estudiaron la suplementación de 1% de fructooligosáridos (FOS) frente a los no suplementados en raciones de juveniles de gamitana.

Los valores de AST, ALT, proteína, albúmina y glucosa sérica de juveniles de paco se encuentran dentro del rango para la especie. Asimismo, Minaya, (2018) quien determinó el perfil hematológico de la gamitana una especie muy cercana a al paco *Piaractus brachypomus*.

En el Figura 6. se exponen los valores de la interacción de la edad x densidad de juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con raciones adicionadas con y sin prebióticos y en tres diferentes momentos.

Figura 6. Niveles de la interacción (Albumina) de juveniles de *Piaractus brachypomus* en función de la densidad y edad

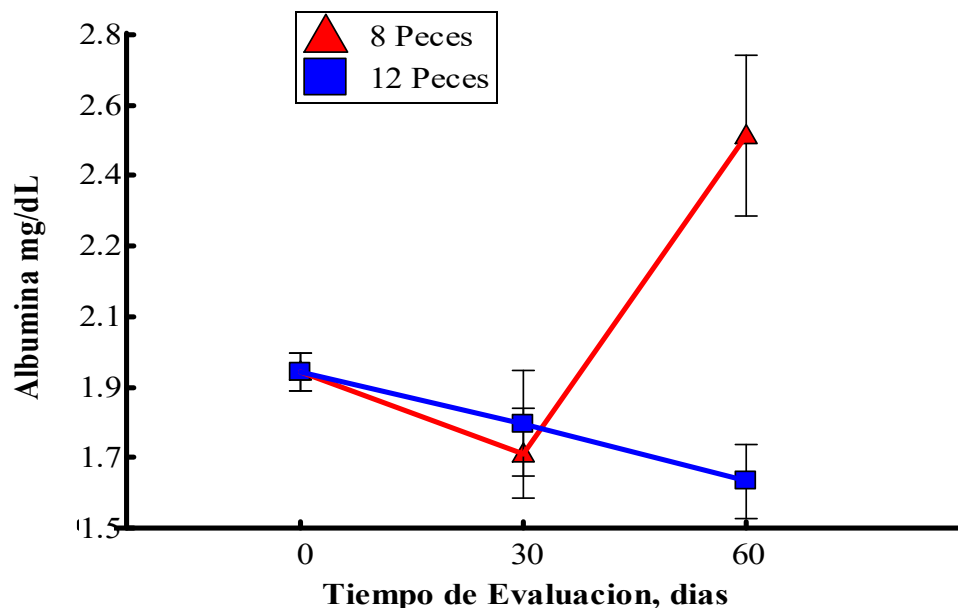


Figura 6. Interacción entre los factores tiempo de evaluación, días y la densidad de cultivo, sobre las concentraciones de Albumina.

En caso de los juveniles de paco que fueron cultivados con (477 g/m^3), los valores de albúmina sérica ($p > 0.05$) se mantuvieron iguales y a la vez menores en el día 0 y 30 de evaluación (1.93 y 1.73 mg/dL, respectivamente); entretanto, a los 60 días de evaluación fue ($p < 0.05$) mayor (2.52 mg/dL). Sin embargo, cuando la densidad fue de (716 g/m^3), ($p < 0.05$) los valores de albúmina fueron mayores y a la vez semejantes en los días 0 y 30 (1.93 y 1.80 mg/dL, respectivamente); pero, a los a los 60 días fue ($p < 0.05$) menor (1.66 mg/dL). Con relación a las edades de los pacos, tanto a los 0 y 30 días, los valores de albúmina sérica se mantuvieron semejantes entre ambas densidades de siembra (477 g/m^3 y 716 g/m^3); sin embargo, a los 60 días, ($p < 0.05$) se nota mayor nivel de albúmina sérica (2.52 mg/dL) frente a aquellas cultivadas con alta densidad (716 g/m^3) que mostraron solo 1.66 mg/dL, tal como se expone en el gráfico 6.

Este resultado que demuestra cómo la densidad de siembra y el tiempo de exposición al estrés afectan el estado metabólico y la función hepática de los peces, siendo la albúmina un indicador sensible de esta transición. López; et al. (2022) Demostraron que la exposición prolongada a altas densidades resulta en una reducción de las proteínas plasmáticas (incluyendo la albúmina) tras un periodo de aclimatación. Fenómeno que es común en la acuicultura y se relaciona con alteraciones en la síntesis hepática y el catabolismo proteico

debido al estrés crónico. Los estudios que hicieron Hassan; et al. (2021) confirma que el estrés crónico (prolongado) provoca una respuesta de fase aguda negativa, lo que resulta en una notable disminución de la albúmina sérica, mientras que la ausencia de estrés (baja densidad 477 g/m^3) facilita la recuperación anabólica y el incremento de albúmina, exactamente lo que se ha obtenido.

En el Figura 7. Se exponen los valores de la interacción de la edad x prebiótico x densidad de juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con raciones adicionadas con dos niveles de prebióticos y en tres diferentes momentos.

Figura 7. Niveles de la interacción (Albumina) de juveniles de *Piaractus brachypomus* en función de prebióticos, densidad y la edad.

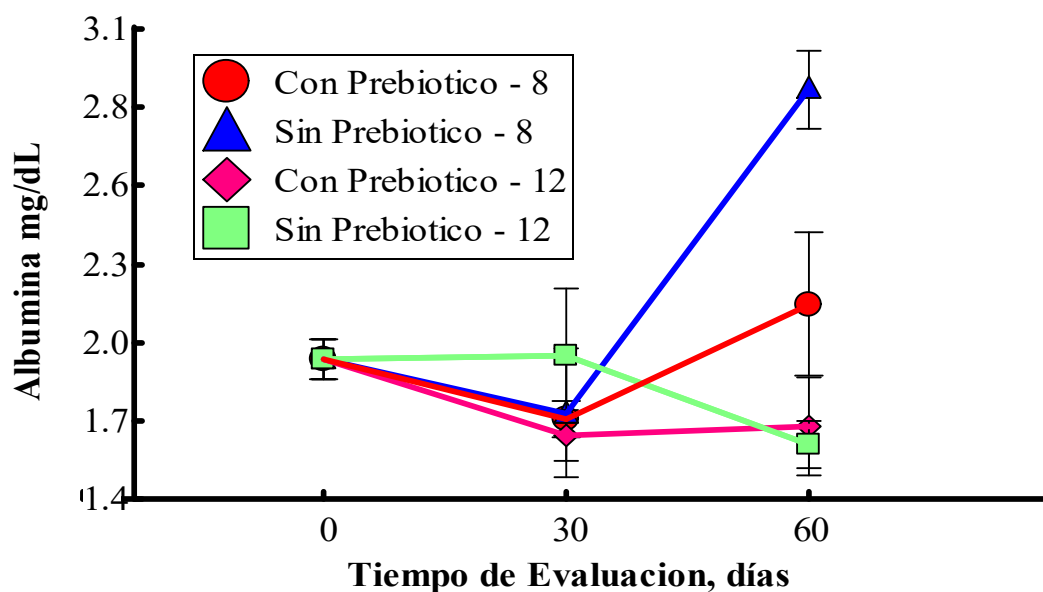


Figura 7. La triple Interacción entre los factores tiempo de evaluación, adición de probióticos y la densidad de cultivo, sobre las concentraciones de Albumina.

Mientras que los pacos que son cultivados con la densidad de (477 g/m^3 y 716 g/m^3) y alimentados con raciones suplementadas con prebiótico, los valores de albúmina son semejantes a los 0, 30 y 60 días de evaluación; entretanto cuando los pacos son cultivados con la densidad de (477 g/m^3 y 716 g/m^3) y alimentados con raciones sin prebiótico, los valores de albúmina son semejantes a los 0 y 30 días de evaluación; pero a los 60 días de evaluación se

observa menor valor de albúmina (1.62 mg/dL) en los pacos cultivados a una densidad de (716 g/m³), en comparación a la densidad de (477 g/m³) que reportó 2.91 mg/dL de albúmina sérica.

En caso de los pacos que son cultivados con la densidad de (477 g/m³) y alimentados con raciones suplementadas con y sin prebiótico, los valores de albúmina son bajos y a la vez semejantes a los 0 y 30 días de evaluación; sin embargo, a los 60 días ($p < 0.05$) se nota mayor nivel de albúmina (2.91 mg/dL) en pacos sin prebiótico, frente a (2.13 mg/dL) en pacos con prebiótico. Sin embargo, cuando los pacos fueron cultivados a una densidad de (716 g/m³), los valores de albúmina a los 0, 30 y 60 días de evaluación fueron ($p > 0.05$) semejantes, tal como se muestra la Figura 7.

Esta aparente reducción en el caso de baja densidad sugiere que, en condiciones de cultivo ya óptimas, el prebiótico podría estar redirigiendo recursos metabólicos. Es posible que, bajo la influencia del prebiótico, los aminoácidos se estén destinando prioritariamente a un mayor crecimiento somático o a una respuesta inmune proactiva que, aunque beneficiosa, desvía precursores de la síntesis de albúmina cuando la demanda basal ya está satisfecha y el estrés es mínimo Wilson (2002). Menciona que alternativamente, en un ambiente tan favorable, el prebiótico podría estar activando vías metabólicas que, aunque globalmente beneficiosas, no se manifiestan en una mayor síntesis de albúmina. En ausencia del prebiótico, el efecto de la densidad fue claramente binario: la baja densidad permitió una función hepática óptima con la mayor síntesis de albúmina (2.91 mg/dL a 60 días), mientras que la alta densidad provocó una marcada depresión de la albúmina (1.62 mg/dL a 60 días), un resultado que concuerda con la evidencia de estrés fisiológico y disfunción hepática inducida por la sobrepoblación en especies de *Piaractus* Rebelo et al., (2022).

En el grafico 8. se exponen los valores de la interacción de la edad x prebiótico de juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con raciones adicionadas con y sin prebiótico y en tres diferentes momentos.

Figura 8. Niveles de la interacción (Glucosa) de juveniles de *Piaractus brachypomus* en función de edad y prebiótico.

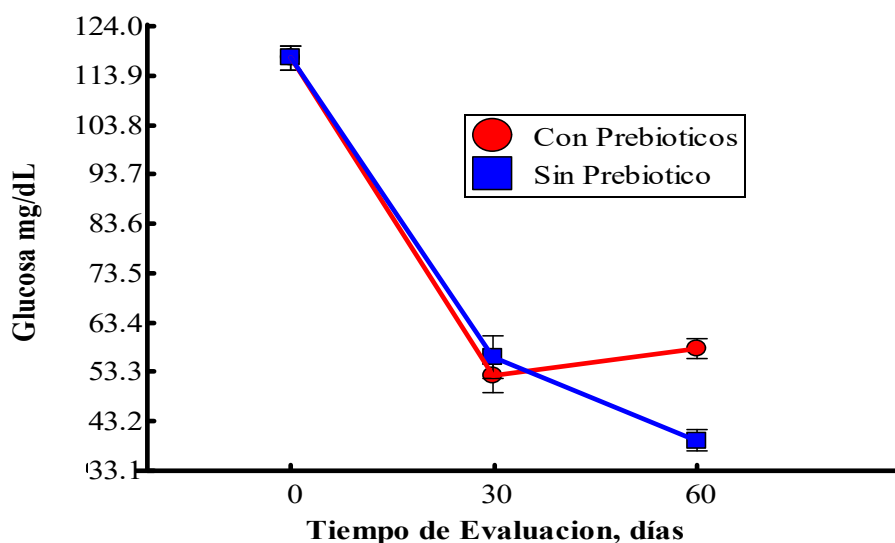


Figura 8. Interacción entre los factores tiempo de evaluación, días y adición de prebióticos, sobre las concentraciones de Glucosa.

Mientras los juveniles de paco que fueron alimentados con prebiótico, los valores de glucosa sérica ($p > 0.05$) se mantuvieron iguales y menores en el día 30 y 60 de evaluación (52.42 y 58.04 mg/dL, respectivamente); pero, en el día 0 mostró valores altos (117.48 mg/dL); entretanto, en los pacos sin prebiótico, gradualmente se redujo los valores de glucosa sérica, cuando los pacos tuvieron mayor edad. En cuanto a la edad de los pacos, a los 0 y 30 días de evaluación, los valores de glucosa sérica se mantuvieron semejantes en aquellos con y sin suplementación de prebiótico; sin embargo, a los 60 días de evaluación ($p < 0.05$) se nota mayor nivel de glucosa sérica (58.04%) en pacos suplementados con prebiótico frente a los no suplementados que mostraron menor nivel (39.33%), como se muestra en el Figura 8. Sin embargo, estos datos no coinciden con Mazeaud (1981) quien indica que la hiperglucemia tras un evento estresante es en parte consecuencia de la estimulación de la glucogenólisis por las catecolaminas, con el objetivo de satisfacer las necesidades de aumento de energía para poder escapar o reaccionar ante un ataque.

Segun autores como Rebelo;. et al. (2022); Ghazalah; et al. (2023); Hassan;. et al. (2021) En este concluyen que el impacto de la alimentación con prebióticos en los pacos, destacando que aquellos sin prebióticos muestran una disminución progresiva de glucosa a lo largo de 60 días, probablemente debido al estrés crónico y al consumo de reservas de glucógeno. En contraste, los pacos alimentados con prebióticos mantienen niveles más altos

de glucosa, lo que sugiere una mejor salud intestinal y mayor eficiencia en la absorción de nutrientes y glucogénesis. Este aumento de glucosa no sería resultado de estrés, sino de una mayor capacidad de almacenamiento energético y un metabolismo robusto. Además, se menciona que una glucosa más alta está correlacionada con un sistema inmunológico fortalecido, indicativo de alta actividad metabólica para la proliferación de linfocitos y fagocitos. En general, el estudio refuerza la idea de que los prebióticos mejoran la homeostasis glucémica y mitigan los efectos del estrés crónico y que la elevación de glucosa en el día 0 de la evaluación, tanto en pacos alimentados con prebióticos y sin prebióticos, constituye una respuesta típica al estrés agudo (manejo, pesaje, toma de muestras). El pez moviliza glucosa de manera rápida desde las reservas de glucógeno para activar la respuesta de "lucha o huida" (hiperglucemia transitoria).

En la tabla 6. se detalla los valores de los parámetros físico - químico del agua donde se evaluó el experimento hematología y bioquímica de juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con raciones suplementadas con prebiótico, en diferentes edades de los pacos y cultivados en estanques de tierra con diferentes densidades.

Tabla 6. Valores de los parámetros bioquímicos del agua donde se cultivó juveniles de *Piaractus brachypomus*.

	Primer mes	Segundo mes	Tercer mes	Promedio
Temperatura, °C	27.30 ± 0.88	27.30 ± 0.88	26.50 ± 4.68	27.73 ± 1.67
pH	7.49 ± 0.28	7.51 ± 0.27	7.29 ± 1.29	7.46 ± 0.46
Oxígeno disuelto, mg/L	3.52 ± 0.28	3.53 ± 0.28	3.43 ± 0.63	3.52 ± 0.66
Nitrito	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01
Nitrato	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Dureza	17.16 ± 4.04	17.11 ± 4.03	16.72 ± 4.52	17.17 ± 4.06
Dióxido de carbono	2.40 ± 1.31	2.43 ± 1.30	2.39 ± 1.27	2.29 ± 1.35
Alcalinidad	25.83 ± 2.07	25.84 ± 2.07	25.12 ± 4.60	25.82 ± 3.24

Según los datos de la tabla, la calidad del agua para los juveniles de *Piaractus brachypomus* durante los tres meses de cultivo mostró las siguientes características:

- **Temperatura:** La temperatura promedio se mantuvo en 27.73 ± 1.67 °C, con valores mensuales que oscilaron entre 27.30 ± 0.88 °C y 26.50 ± 4.68 °C. Esto indica una

temperatura relativamente estable y dentro de un rango adecuado para esta especie. Bocanegra (2005), Manifiesta que deben ser de 24-29°C aunque pueden tolerar temporalmente temperaturas menores a 22 °C o mayores a 34°C, Sin embargo si estan un tiempo prolongado expuestas a estas condiciones, los peces empiezan a estresarse, reducen el consumo de alimento, de modo que se tornan susceptible a enfermedades.

- **pH:** El pH promedio fue de 7.46 ± 0.46 , con valores mensuales entre 7.49 ± 0.28 y 7.29 ± 1.29 . Estos valores se encuentran en un rango ligeramente alcalino y son apropiados para el cultivo de peces. Boyd, (2020), menciona en sus publicaciones recientes que en estanques fertilizados o alimentados, la fotosíntesis es el conductor dominante del pH alto durante el día. Mientras que Rodrigues et al., (2021), registra una alta productividad primaria (algas) resulta en pH elevado y fluctuante, en sistemas intensivos para especies nativas brasileñas (parientes cercanos del paco).
- **Oxígeno disuelto:** El oxígeno disuelto promedio fue de 3.52 ± 0.66 mg/L, con valores mensuales que variaron entre 3.52 ± 0.28 y 3.43 ± 0.63 mg/L. Es importante tener en cuenta que estos niveles pueden ser bajos para algunas especies de peces, y se debe monitorear de cerca para asegurar la salud de los peces. Estudios en cultivos intensivos de *Piaractus* y sus híbridos describen que mantener la calidad del agua, con respecto al oxígeno disuelto estable, es un prerrequisito para que los peces expresen su máximo potencial genético de crecimiento, especialmente bajo altas biomásas de siembra donde la competencia por el oxígeno es muy alta. (Valladão et al., 2020; Rodrigues et al., 2021).
- **Nitrito y Nitrato:** Los niveles de nitrito (0.02 ± 0.01 ppm) y nitrato (0.00 ± 0.00 ppm) se mantuvieron muy bajos, lo cual es favorable para el cultivo de peces, ya que la acumulación de estos compuestos puede ser tóxica. Causando metahemoglobinemia o la enfermedad de la sangre marron, donde el nitrito oxida al hierro de la hemoglobina (la proteína encargada del transporte del oxígeno) a hierro ferrico. De este modo la capacidad del transporte de oxígeno para las células por la sangre es reducida, a consecuencia de esto se da la hipoxia tisular o una asfixia interna. Vallejo; et al. (2019).
- **Dureza:** La dureza promedio del agua fue de 17.17 ± 4.06 , con variaciones mensuales de 17.16 ± 4.04 a 16.72 ± 4.52 . Estos valores indican que el agua es blanda, lo cual es adecuado para esta especie.

- **Dióxido de carbono y Alcalinidad:** El CO₂ promedio fue de 2.29 ± 1.35 ppm, y la alcalinidad promedio de 25.82 ± 3.24 . Estos valores, junto con el pH, indican una capacidad de amortiguación del agua adecuada.

En general, la calidad del agua en el cultivo de juveniles de *Piaractus brachypomus*, según los datos proporcionados, se considera aceptable Rios, (2021) con la excepción del pH que recomienda valores de 5.00 a 8.21, el cual podría requerir atención.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de este trabajo de investigación podemos concluir que:

- En general los glóbulos blancos, los glóbulos rojos y los linfocitos de juveniles de *P. brachypomus*, muestran una tendencia a incrementar cuando los peces consumen prebiótico, se cultivan a alta densidad (716 g/m³), y cuando la evaluación se realiza a los 60 días de evaluación; entretanto las otras variables hematológicas no muestran interacción.
- El perfil bioquímico sanguíneo de juveniles de *P. brachypomus* no mostró interacción entre el prebiótico, densidad y momento de evaluación; a excepción de albúmina que se incrementa cuando los pacos son cultivados a baja densidad (477 g/m³), a los 60 días de evaluación y cuando la ración no es suplementada con prebiótico, entretanto, la glucosa sérica se incrementa cuando los pacos son evaluados a los 60 días y cuando consumen raciones suplementada con prebiótico.
- Los parámetros físicos químicos del agua para la crianza de juveniles de *P. brachypomus*, muestran datos aceptables; a excepción del pH que recomienda valores de 5.00 a 8.21.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Seguir con la suplementación de prebióticos, para estudiar las variables de salud intestinal en peces (*Piaractus brachypomus*) y en otras especies como también otras condiciones de crianza.
- Continuar con más ensayos en cuanto se refiere a parámetros bioquímicos administrando prebióticos, viendo las afecciones de algunos órganos vitales del pez como por ejemplo el hígado.
- Evaluar la utilización de aditivos como prebióticos en investigaciones a gran escala, con el fin de comprobar su eficacia.

- Evaluar la utilización de aditivos como prebióticos en investigaciones a gran escala, con el fin de comprobar su eficacia.

VII. REFERENCIAS

- Abcmédico. (2010). Análisis bioquímicos ... (En línea): Tuotromedico, (www.tuotromedico.com/indice analisis.htm) documento, 11 febrero 2011.
- Abu-Elala. (2018). Eficacia de la suplementación de la pared celular de levadura dietética en la nutrición y la respuesta inmune de la tilapia del Nilo. **Revista egipcia de investigación acuática**, v. 44, núm. 4, pág. 333–341.
- Ahmed, N., Alam, M. M., & Sultana, S. (2021). Blood biochemical profiles as biomarkers of health status in cultured *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Reports*, 21, 100864. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100864>
- Anilloø, E., Ángeles Esteban, M., Dadar, M., Dawood, Ma, Faggio, C., (2020). Probióticos asociados al huésped: un factor clave en la sostenibilidad acuicultura. *Rev. Pesca. ciencia Aquac.* 28 (1), 16–42.
- Arauz, M. S., Scodellaro, C. F., & Pintos, M. E. (2020). Atlas de hematología veterinaria. Libros de Cátedra.
- Azevedo, R. V. D., Brandão, F. R., & Sampaio, L. A. (2020). High stocking density negatively impacts the welfare and performance of *Lithobates catesbeianus* tadpoles in aquaculture. *Aquaculture Research*, 51(9), 3749-3757.
- Benavides C. (2002). Valoración hematológica y química sanguínea en el Yamú *Brycon amazonicus* [trabajo de grado]. Villavicencio (Colombia): Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de los Llanos.
- Burgos-Aceves, Ma; Lionetti, L.; Faggio, C. (2019). Hematología multidisciplinaria como dispositivo de pronóstico en la respuesta inducida por estrés ambiental y xenobiótico en peces *Ciencia del Medio Ambiente Total*, v. 670, pág. 1170–1183,
- Centeno L, Silva-Acuña R., Barrios R., Salazar-Lugo R., Matute C, Pérez J. (2007). Características hematológicas de la cachama (*Colossoma macropomum*) en tres etapas de crecimiento cultivadas en el estado Delta Amacuro. *Zootecnia Trop.* 5(4):237-243.
- Chauhan, A., Singh, R., (2019). Probióticos en la acuicultura: un enfoque alternativo emergente prometedor. *Simbiosis* 77 (2), 99–113. <https://doi.org/10.1007/s13199-0180580-1>.
- Crooks K, Garcelon O, Scott C, Wilcox C, Timm S, Van Vuren D. (2003). Hematology and serum chemistry of the Island Spotted Skunk on Santa Cruz Island. *J Wildlife Dis* 39: 460-466.

- Copatti, C. E., Baldisserotto, B., Freitas-Souza, C. y Garcia, L. (2019). Protective effect of high hardness in pacu juveniles (*Piaractus mesopotamicus*) under acidic or alkaline pH: Biochemical and haematological variables. *Aquaculture*, 502, pp. 250-257.
- Couso, N., R. Castro, B. Magariños, A. Obach & J. Lamas. 2003. Effect of oral administration of glucans on the resistance of gilthead seabream to pasteurellosis. *Aquaculture*, 219: 99-109.
- Davani-Davari, D., Negahdaripour, M., Karimzadeh, I., Seifan, M., Mohkam, M., Masoumi, SJ, Berenjian, A. y Ghasemi, Y. (2019). Prebióticos: definición, tipos, fuentes, mecanismos y aplicaciones clínicas. *alimentos*, (3)
- Dawood, MA, Koshio, S., 2020. Aplicación de la estrategia de fermentación en alimentos acuícolas para acuicultura sostenible. *Rev. Aquac.* 12 (2), 987–1002. <https://doi.org/10.1111/raq.12368>
- Delgado, J.; Rebaza, C.; Paredes, D.; Robles, R. y Bazán, R. (2013). Efecto de tres densidades de cultivo en condiciones de laboratorio de alevinos de “Paiche” (Arapaimagigas) sobre parámetros hematológicos, bioquímicos sanguíneos y biométricos. *Folia Amazónica instituto de la investigación de la amazonia peruana-IIAP*. Vol. 22 N°11-2 2013. Pucallpa – Perú. 15-24 pág.
- Deza, J. (2002). Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818) “paco” en estanques seminaturales de Pucallpa. *Folia Amazónica* vol.13. Pucallpa – Perú. 35 pág.
- Donaldson. Choque frío y pescado. *Revista de biología de peces*, v. 73, núm. 7, pág. 1491–1530, 2008.
- Ellis, T., Kadri, S., & Scott, B. (2019). The Welfare of Farmed Fish: From Theory to Practice. *Frontiers in Veterinary Science*, 6, 401.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations- World Health Organization). (2001). Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria Food and Agriculture Organization and World Health Organization Joint report. Disponible en línea en: <http://www.fao.org/3/aa0512e>.
- Facio, F., 2018. Análisis de hematología de peces como una herramienta importante de la acuicultura: una revisión. *Acuicultura* 500, 237–242. <https://doi.org/10.1016/j.acuicultura.2018.10.030>.
- García, V. Genes, F. Madariaga, D. Pardo, S. 2007. Hematología y química sanguínea de juveniles de rubio (*Sa/minus affinis* pisces: characidae) del río Sinú. *Acta de biología*

colombiana vol. 12. Universidad Nacional de Colombia. 27 - 40 p. [En línea]:

(<http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v12s1/v12s1a3.pdf>).

- García-Romero, J., Echevarría, F., & Martínez-Llorens, S. (2022). Clinical biochemistry in teleost fish: Applications in nutrition and health evaluation. *Fish Physiology and Biochemistry*, 48(3), 567–580. <https://doi.org/10.1007/s10695-022-01036-4>
- Gangluy (2013). Suplementación de prebióticos en la alimentación de peces: una revisión. *Rev. Pescado. Biol. Pescado.*, 23: 195-199.
- Gatesoupe, Fj, (1999). El uso de probióticos en acuicultura. *Acuicultura* 180 (1– 2), 147–165. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00187-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00187-8).
- Hayashi C, Boscolo WR, Soares CM, Meurer F. Exigência de Proteína Digestível para Larvas de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante a Reversão Sexual. *R Bras Zootec.* 2002; 31(2): 823-828
- Hoseinifar. (2015) .Los prebióticos y la respuesta inmune de los peces: una revisión del conocimiento actual y las perspectivas futuras. *Reseñas en Ciencias Pesqueras y Acuicultura*, v. 23, núm. 4, pág. 315–32.
- Hosseini, S. A., Adineh, H., & Mohseni, M. (2020). Effects of stocking density on growth performance, physiological responses and innate immunity of juvenile common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture Research*, 51(12), 5286-5296.
- Instituto De Investigación De La Amazonia Peruana (IIAP) (2000). Cultivo Y Procesamiento De Peces Nativos: Una Propuesta Productiva Para La Amazonia Peruana. Iquitos-Perú. pág. 86
- IIAP. IRD. 2005. Biología de las poblaciones de peces de la amazonia y piscicultura. Coloquio internacional. Editado por Red de Investigación sobre Ictiofauna amazónica (RiIA). Iquitos, Perú. 251 p.
- IIAP. 2001. Cultivos de Peces Nativos una opción de Desarrollo Sostenido en el Área de Influencia del Parque Nacional Río Abiseo. Editado por Ministerio de Pesquería. Tarapoto Perú. 141 p.
- Iwashita, M. K. P., Addo, S., y Terhune, J. S. (2015). Use of pre- and probiotics in finfish aquaculture. *Feed and Feeding Practices in Aquaculture*, 235–249.
- Jaramillo, N. Valdebenito, I. 2005. Estudio Hematológico Básico del puye (*Galaxias maculatus*) en estado pos larval y adulto. Facultad de Recursos Naturales y Escuela de Acuicultura. Universidad Católica de Temuco. México. 186 [En línea]:

- http://www.unne.edu.mx/cyt/2005/4_veterinariaNpdf/v_068.pdf Infostat. (2020). Software para análisis estadístico. Córdoba, Argentina.
- Jirasek J, Mares J, Palikova M. (1998). Haematological and biochemical indices of blood in wels (*Silurus glanis* L.) from intensive aquaculture. *Acta Vet Brno*; 67:227-233.
- Jínez, T., Cortés, C., Ávila, E., Casaubon, T. y Salcedo, R. (1998). Efecto de niveles elevados de semilla de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) en dietas para pollos sobre el comportamiento productivo y funcionamiento hepático. <http://www.medigraphic.com/pdfs/vetmex/vm-1998/vm981f.pdf>.
- Kaneko, J., Harvey, J.M., Bruss, M.L., (2008). *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, fifth ed. Academia Press, London.
- Kashani, F. L., Zakeri, M., & Khodadadi, M. (2022). The effects of dietary prebiotics on growth performance, immune response, and disease resistance in aquatic animals: A review. *Journal of the World Aquaculture Society*, 53(1), 12-42.
- Kesarcodi-Watson, A., Kaspar, H., Lategan, Mj, Gibson, L., (2008). Probióticos en la acuicultura: la necesidad, principios y mecanismos de acción y procesos de detección. *Acuicultura* 274.
- Kiron, V. 2012 Sistema inmunológico de los peces y su modulación nutricional para el cuidado preventivo de la salud. **Alimentación Animal Ciencia y Tecnología**, v. 173, núm. 1–2, pág. 111–133.
- Lara F., Escobar L., Olvera M. (2002). Avances en la utilización de probióticos como promotores de crecimiento en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). (en línea). Mérida Yucatán, MX. Consultado 09 mayo 2019.
- Limdi, J., Hyde, G. (2003). Evaluación de las Pruebas de Función Hepática Anormales. [En línea]: BAGO (<http://www.bago.com/bagoarg/biblio/gastro195>).
- Li, C., T. T. Bei, Z. H. Niu, X. Guo, M. S. Wang, H. Q. Lu, X. X. Gu, and H. T. Tian. 2019. Adhesion and persistence of the probiotic *Lactobacillus rhamnosus* labeled by Dsred2 in mouse gut. *Curr. Microbiol.* 76:896–903.
- Loaiza Escobar, J. (2017). Caracterización hematológica, morfométrica y química del tejido sanguíneo, de juveniles de Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) mantenidas en un sistema biofloc y un sistema de recirculación de agua. Trabajo de grado para optar por el título de Médico Veterinario, Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias Programa de Medicina Veterinaria Caldas,

Antioquia. P. 51.

- Machuca, C., Méndez-Martínez, Y., Reyes-Becerril, M., Angulo, C., (2022). β -glucanos de levadura como inmunomoduladores de pescado: una revisión. *animales* 12 (16), 2154.<https://doi.org/10.3390/ani12162154>.
- Magnadóttir, B. 2006. Inmunidad innata de los peces *Fish Shellfish Immun.*, 20: 137151.
- Manning, T. S., and G. R. Gibson. 2004. Prebiotics. *Best Pract. Res. Clin. Gastroenterol.* 18:287–298.
- Martins, M. L., Mouriño, J. L. P., Figueiredo, J. C., & Tavares-Dias, M. (2020). Effect of stocking density on physiological parameters and susceptibility to parasitic infection in tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Aquaculture*, 523, 735150.
- Mazeaud MM, Mazeaud F (1981) Adrenergic responses to stress in fish. In: Pickering AD (ed) *Stress and fish*. Academic Press, New York, pp 49–75.
- Menezes, K. K. P., de Freitas, J. J., de Oliveira, E. R., Souza, G. R. S., & Fujimoto, R. Y. (2020). Effects of salinity stress on growth performance, physiological and biochemical responses of juvenile *Piaractus brachypomus* (Cachama blanca). *Journal of Applied Ichthyology*, 36(5), 652-660.
- Miller Wr Iii, Hendricks Ac, Cairns Jjr. (1983). Normal Ranges for Diagnostically Important Hematological and Blood Chemistry Characteristics of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). *Can J Fish Aquat Sci.*; 40:420-425.
- Miranda, S., Rincón, H., Muñoz, R., Higuera, A., Arzálluz, A., Urdaneta, H. (2007). Parámetros productivos y química sanguínea en pollos de engorde alimentados con tres niveles dietéticos de harina de granos de frijol (*Vigna unguiculata* (L. Walp.) durante la fase de crecimiento. <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/959/95917208.pdf>. [Consultado 15 mayo 2011]
- Mishra. (2001), Effect of multiple injections of β -glucan on non-specific immune response and disease resistance in *Labeo rohita* fingerlings. *Fish & Shellfish Immunology*, Oxford, v. 20, p. 305-319, 2006.
- Moura, Maf, Oliveira, Mis, Val, Al. (1997). Effects of hypoxia on leucocytes of two Amazon fish *Colossoma macropomum* and *Hoplosternum littorale*. *Rev. UA. Série: Ciências Biológicas* 1(2): 13-22.
- Mourinho, J. L. P., Vieira, F. N., Jatobá, A., Silva, B. C., Jesus, G. F. A., Seiffertr, W. Q., Martins, M. L. (2012). Effect of dietary supplementation of inulin and *W. cibaria* on hemato-

- immunological parameter of hybrid surubim (*Pseudoplatistoma* sp). *Aquaculture Nutrition* 18: 73-80.
- Montanha, Fp, Pimpão, Ct, (2012). Efectos toxicológicos de los piretroides (cipermetrina y deltametrina) en peces. *Rdo. Electrónica Científica Med. Veterinario* 9, 58. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2746.1601>
- Mohammadi, G., Rafiee, G., El Basuini, M. F., Abdel-Latif, H. M. R., & Dawood, M. A. O. (2020). The growth performance, antioxidant capacity, immunological responses, and the resistance against *Aeromonas hydrophila* in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed Pistacia vera hulls derived polysaccharide. *Fish & Shellfish Immunology*, 106, 36–43.
- Mustafa, SA, Al-Faragi, JK, (2021). Suplementación de aditivos para piensos en acuicultura Fuentes: una revisión. *En t. J. Pharm. res.*13
- Nawaz, A. (2018). La funcionalidad de los prebióticos como inmunoestimulantes: Evidencia de ensayos en animales terrestres y acuáticos. **Inmunología de pescados y mariscos**, pág. 272–278.
- Noga, E. 2000. *Fish Disease, diagnosis and treatment*. Iowa state university press. Iowa, Estados Unidos. 367 p.
- Nutrivet. (2009). (Nutrición Veterinaria, GT) información técnica del *Bacillus subtilis* y del producto BIOTEC Guatemala, GT, Nutrivet (trifolio).
- Pardo, M., Gómez, J. (2010). Utilización de oligosacáridos mananos (BioMos®) en producción de pollo de engorde de la línea ROSS 308 en Arbelaez y SylvaniaCundinamarca. Universia, Cundinamarca, Colombia. 9 p.
- Pinheiro Da, Cave, Bas, Vargas L, Braccini Gl, Yoshioka Eto, Oliveira Msb, Tavares-Dias M. (2015). Performance, parasitic infections, hematology and hepatic histology of *Colossoma macropomum* (tambaqui) fed on homeopathic product. *Afr. J. Pharm. Pharmacol.*9:82–90.
- Ranzani-Paiva, Mjt et. (2013). *al Métodos para el análisis hematológico en peces*. Maringá: Eduem.
- Rebelo, B. A., Lima, A. S., Marinho, B. V., Sales, N. B. S., & Sales, J. B. (2022). Effects of high stocking density on hematological and biochemical parameters of juvenile *Piaractus mesopotamicus* (pacu). *Brazilian Journal of Biology*, 82, e237936.
- Rohani, Mf, islam, Sm, Hossain, Mk, Ferdous, Z., Siddik, Ma, Nuruzzaman, M., Padeniya, U., Brown, C., Shahjahan, M., (2022). Los probióticos, prebióticos y simbióticos mejoraron la funcionalidad de los alimentos acuícolas: mejorar el crecimiento, la reproducción, la

inmunidad y la resistencia a enfermedades en los peces. *Pescado Mariscos Immunol.* 120, 569–589. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.12.037>.

- Rodrigues, R. B., Izel-Silva, J. A., Fugimura, M. M. S., Suñé, L. N., & Affonso, E. G. (2021). Growth performance, hematology, and water quality of *Colossoma macropomum* juveniles produced in biofloc and clear water systems. *Aquaculture International*, 29, 1753-1768.
- Ringo, E. et al; (2010). Prebióticos en la acuicultura: una revisión. *Culto acuático. Nutr.*, 16: 117.
- Rios-Isern, E. (2021). *Calidad de agua en el cultivo de organismos acuáticos amazónicos*. Primera edición ISBN 978-612-00-6669-0. Editorial Barreto SAC, Perú 90p.
- Rozas M, Walker R, Müller A, Bittencourt P. (2015). *Manual de patología clínica de peces salmónidos. Determinación de parámetros hematológicos, inmunológicos y mecanismos involucrados en las respuestas del hospedero a infecciones prevalentes y co- infecciones*.
- Rodrigues, A. L. G. (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)*.
- Salazar Lr., Blanco Y, Centeno L, Lemus M. (2011). Variaciones en los parámetros hematológicos y en la respuesta inmune inespecífica de la cachama negra expuesta a cadmio. *Saber, Universidad de Oriente, Venezuela.* 23(1): 28-35.
- Salazar Lr, Romero Z, Centeno L. (2012). Caracterización morfológica y citoquímica de leucocitos del pez dulceacuícola *Colossoma macropomum*. *Saber, Universidad de Oriente, Venezuela.* Vol. 24, núm. 1: 49-55.
- Salinas I, Myklebust R, Esteban M, Olsen R, Meseguer J, Ringo E. (2008) *In vitro studies of Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis in Atlantic salmon (Salmo salar L.) foregut: Tissue responses and evidence of protection against Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida epithelial damage. Veterinary Microbiology;* 128; 167-177.
- Sakamotok, Lewbart Ga, Smith Iitm. (2001) *Blood Chemistry Values of Juvenile Red Pacu (Piaractus brachypomus). Vet. Clin. Path.;*30(2).
- Siddik, Ma, Foysal, Mj, Fotedar, R., Francis, Ds, Gupta, Sk, (2022). *Levadura probiótica Saccharomyces cerevisiae junto con Lactobacillus caseimodula rendimiento fisiológico y promueve el microbiota intestinal en juveniles de barramundi, Lates calcarifer. Acuicultura* 546.

- Silva-Carrillo, Y., Hernández, C., Hardy, R. W., & Domínguez-Jiménez, P. (2023). Blood biochemistry as a biomarker of dietary effects in *Seriola rivoliana*. *Aquaculture Nutrition*, 29(1), 151–159. <https://doi.org/10.1111/anu.13745>
- Srivastava, A., Maheswarudu, G., Chaudhari, A., & Gupta, P. (2022). Influence of stocking density on growth, survival, stress indicators, and immune response of giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture Research*, 53(2), 273-285.
- Soza, A. (2007). Albúmina. {En línea}: Hepatitis. (<http://www.hepatitis.cl/albumina.htm>, documento, 02 de marzo de 2011).
- Soares, S. J., de Moura, J. F., de Souza, D. M., Xavier, R. B., de Oliveira, M. A., & Lins, R. C. S. (2020). Dietary supplementation of fructooligosaccharides (FOS) on growth performance, hematological parameters and gut morphology of juvenile *Piaractus brachypomus*. *Aquaculture Reports*, 17, 100378.
- Soares. (2018). MPet *al.* Glucan-MOS ® mejoró el crecimiento y la inmunidad innata en pacú estresado e infectado experimentalmente con *Aeromonas hydrophila*. **Inmunología de pescados y mariscos**, v. 73, núm. noviembre de 2017, pág. 133–140.
- Sado, RY; Bicudo. (2014). Crecimiento y morfología intestinal de pacú juvenil *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887) alimentados con prebióticos dietéticos (mannanoligosaccharides-MOS). **Anales de la Academia Brasileña de Ciencias**, v. 86, núm. 3, pág. 1517–1524.
- Svobodová Z, Kolarova J, Modra H, Vajcova V, Hmackova J, Kouril J. Values of haematological indices of wels (*Silurus glanis* L.)
- Steckert, L. D. (2019). y otros. Análisis hematológico y factor de condición relativa en tilapia del Nilo parasitada naturalmente. *Revista Latinoamericana de Investigaciones Acuáticas*, v. 47, núm. 3, pág. 502–512,
- IAFFD. (2019) The International Aquaculture Feed Formulation Database. Is an open access, free of charge, database that provides a potentially valuable tool to aquaculture industry formulators.
- Tavares-Días M, De Moraes Fr. (2004). Hematologia de peixes teleósteos. Ribeirão Preto: Villimpress. 144 .
- Tran, y Li. (2022). Papel potencial de los prebióticos y probióticos para conferir beneficios para la salud en cangrejos económicamente importantes. *Informes de inmunología de peces y mariscos*.
- Tizard, I. R. (2009). *Introducción a la inmunología veterinaria*. Elsevier Health Sciences

- Universidad De Zaragoza. (2011). Valores hematológicos normales. [En línea]: Cea.unizar.es(http://cea.unizar.es/Disenos_experimentales/Sangre/alores%20hematologicos.pdf). [Consultado 15 mayo 2011].
- Thompson, M. (2015). Un prebiótico dietético/levadura y aceite de linaza mejoran los parámetros de crecimiento, hematológicos e inmunológicos en el bagre de canal a una temperatura subóptima (15°C). *Animal*, v. 9, núm. 7, pág. 1113–119.
- Vargas, S., Weiland, U. (2008). Evaluación inmunológica del efecto de un producto inmunoestimulante mannanoligosacarido contra salmonella enteritidis en pollos de engorde. Universidad de la Salle. Título de Médico Veterinario. Bogotá. 91 p
- Wongsasak, U. 2015. Efectos de suplemento dietético con β -glucano y simbióticos sobre la expresión de genes Acuicultura. 436 (2015), 179–187.
- Woynarovich, A. Y Woynarovich, E. (1998). Reproducción Artificial de Las Especies Colossoma y Piaractus. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES). Taller ed. Lima-Perú. 67 pág.
- Ye, J., Liu, X., Wang, Z., Wang, K., (2011). Efecto de la sustitución parcial de harina de pescado por harina de soja en el rendimiento del crecimiento y los índices bioquímicos de lenguado japonés juvenil *Paralichthys olivaceus*. *Aquac.* En t. 19(1), 143-153. <https://doi.org/10.1007/s10499-010-9348-1> <https://bionutrixcostarica.com/wp-content/uploads/2016/04/Ficha-t%C3%A9cnica-Safmannan.pdf>.
- Yildiz, H. Y., & Yildirim, M. Z. (2023). Use of blood chemistry in fish health management in aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 15(2), 654–668. <https://doi.org/10.1111/raq.12711>

VIII. ANEXO

Anexo 1. Resultados de muestra hematológica 30 días

Muestra	Código	Hematocrito	Hemoglobina	glóbulos rojos	glóbulos blancos	Heterocitos	eosinófilos	Monocitos	Linfocitos
1	T1 R1	33	16.7	5,844.30	7,500.00	58	2	3	36
2	T1 R2	32	18.1	5,667.20	9,200.00	61	1	2	45
3	T1 R3	30	19.1	5,313.00	8,900.00	60	2	1	46
4	T1 R4	35	20.2	6,198.50	9,750.00	55	2	1	42
5	T2 R1	32	15.7	5,600.10	8,750.00	50	1	1	48
6	T2 R2	34	19.2	6,021.40	8,500.00	62	3	2	42
7	T2 R3	36	19.1	6,375.60	9,000.00	52	1	1	46
8	T2 R4	32	19.9	5,500.20	10,050.00	61	1	1	47
9	T3 R1	30	19.1	5,215.00	8,250.00	51	1	1	47
10	T3 R2	32	14.9	5,650.10	9,100.00	60	2	1	47
11	T3 R3	30	17.7	5,300.10	9,200.00	56	2	2	40
12	T3 R4	31	20.4	5,490.10	8,750.00	59	1	1	39
13	T4 R1	33	20.1	5,800.00	9,500.00	65	2	1	42
14	T4 R2	32	19.2	5,670.00	8,800.00	59	2	2	36
15	T4 R3	31	19.0	5,390.00	9,200.00	59	1	2	38

16	T4 R4	29	18.8	5,135.90	9,150.00	58	1	1	39
----	-------	----	------	----------	----------	----	---	---	----

Anexo 2. Resultados de muestra bioquímicas 30 días.

Muestra	Código	AST/TGO	ALT/TGP	Proteína	Albumina	Glucosa
1	T1R1	52.1	30.1	3.96	1.48	72.81
2	T1R2	55.3	32.2	3.11	1.66	58.34
3	T1R3	51.7	30.4	3.68	2.42	44.3
4	T1R4	50.9	30.5	3.12	1.39	37.4
5	T1R1	58.0	31.0	3.90	1.52	60.19
6	T1R2	52.3	29.2	3.27	2.14	66.14
7	T1R3	55.7	31.3	3.64	2.54	65.65
8	T1R4	52.3	32.7	3.37	1.57	46.61
9	T1R1	60.7	30.8	3.50	1.79	69.07
10	T1R2	61.2	28.8	3.35	1.73	40.69
11	T1R3	60.1	29.7	3.76	1.53	52.22

12	T1R4	58.0	30.5	3.60	1.81	47.25
13	T1R1	60.1	31.0	3.14	1.51	51.14
14	T1R2	55.3	32.3	3.04	1.73	47.54
15	T1R3	58.7	35.9	3.78	1.88	64.94
16	T1R4	50.5	30.3	3.83	1.51	46.48

Anexo 3. Resultados de muestra hematológica 60 días.

Nro	COD	HTO	HB	G. RO	G. BL	HETE	EOS	MON	LINF
1	T1 R1	34	11.2	3,800.00	12,000.00	28	1	0	71
2	T1 R2	37	12.2	4,100.00	8,500.00	50	1	2	47
3	T1 R3	35	11.6	3,900.00	11,200.00	26	3	1	70
4	T1 R4	33	10.9	3,700.00	12,500.00	50	5	1	44
5	T2 R1	31	10.2	3,500.00	9,000.00	40	2	3	55
6	T2 R2	33	10.9	3,700.00	7,000.00	33	1	3	63
7	T2 R3	33	10.9	3,700.00	10,000.00	30	1	1	68
8	T2 R4	34	11.2	3,800.00	8,300.00	38	1	1	60

9	T3 R1	31	10.2	3,500.00	8,200.00	28	1	2	68
10	T3 R2	32	10.6	3,600.00	9,000.00	36	2	1	60
11	T3 R3	35	11.6	3,900.00	9,800.00	25	3	1	70
12	T3 R4	34	11.2	3,800.00	7,000.00	40	0	0	60
13	T4 R1	28	9.4	3,200.00	16,000.00	25	5	1	69
14	T4 R2	30	9.9	3,400.00	14,200.00	20	3	2	75
15	T4 R3	29	9.6	3,300.00	15,000.00	18	1	1	80
16	T4 R4	30	9.9	3,400.00	16,500.00	18	2	1	79

Anexo 4. Resultados de muestra hematológica 60 días

Muestra	Código	AST/TGO	ALT/TGP	proteína	ALBM	GLCS
1	T1R1	61.0	35.7	3.41	1.58	37.51
2	T1R2	60.2	45.8	3.93	2.66	84.52
3	T1R3	62.5	42.7	3.46	3.30	48.43
4	T1R4	62.3	41.1	2.97	2.76	39.85
5	T1R1	65.1	42.2	2.96	1.70	30.02
6	T1R2	62.0	40.0	4.03	1.80	34.81
7	T1R3	58.7	42.0	2.58	1.39	78.42
8	T1R4	60.2	45.7	3.47	1.60	45.33

9	T1R1	58.8	42.5	4.95	2.81	62.49
10	T1R2	62.9	45.5	3.72	1.61	63.75
11	T1R3	65.3	39.7	2.12	1.89	52.97
12	T1R4	66.1	35.3	3.45	2.21	58.32
13	T1R1	65.0	35.2	5.31	2.22	53.41
14	T1R2	60.9	41.1	2.92	1.48	51.95
15	T1R3	58.7	41.8	3.72	1.53	66.56
16	T1R4	61.2	42.7	3.46	1.53	54.85

Anexo 5. Evidencias de la ejecución del proyecto



Materiales usados para el monitoreo del agua



Materiales usados para el control de peso y talla.



Durante la selección de la población



Materiales para la toma de muestras



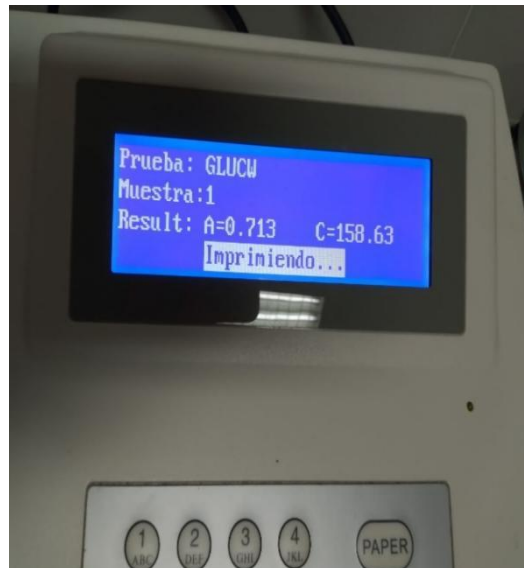
Recolección de muestras



Procesamiento de muestras hematológicas



Procesamiento de muestras bioquímicas



Preparación del alimento



A handwritten signature in black ink, consisting of a large circle on the left and a stylized, cursive name 'Rizal' on the right.

ROBLES HUAYNATE, RIZAL
ASESOR

A handwritten signature in black ink, featuring a large, stylized initial 'M' followed by a cursive name.

LUNA MELGAREJO, MIRIAN YOHENY
TESISTA

