



## Rendimiento productivo a diferentes densidades de Carachama negra (*Liposarcus pardalis*), una especie con potencial acuícola Amazónico: Parámetros fisicoquímicos, zootécnicos y hematológicos

Productive performance at different densities in Black Carachama (*Liposarcus pardalis*), a species with Amazonian aquaculture potential: Physicochemical, zootechnical and hematological parameters

Edilson Ronny Cusiynca-Phoco<sup>1\*</sup>; Johan Georvin Huilca-Ccasani<sup>2</sup>; Jhons E. Huayanay-Ostos<sup>3</sup>  
Johan Edgar Ruiz-Espinoza<sup>4</sup>; John Eder Collachagua-Echevarria<sup>5</sup>; Lizzy Jeanette Mendoza-Gutierrez<sup>4</sup>  
Karen Janet Ayala-Guevara<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería Pesquera, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Pje. Mercedes Indacochea 609, Huacho 15136, Perú.

<sup>2</sup> Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad Andina del Cusco. Urb. Ingeniería A-5, Larapa Grande, San Jerónimo 08002, Perú.

<sup>3</sup> Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura, Universidad Nacional Federico Villarreal, Jr. Carlos Gonzáles 285, Urb. Maranga, San Miguel Lima 150101, Perú.

<sup>4</sup> Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Roosevelt, Av. Giráldez 542, Huancayo 12001, Perú.

<sup>5</sup> Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Científica del Sur, Antigua Panamericana Sur 19, Villa el Salvador 15067, Perú.

ORCID de los autores:

E. R. Cusiynca-Phoco: <https://orcid.org/0000-0003-0783-3032>

J. G. Huilca-Ccasani: <https://orcid.org/0009-0004-0211-544X>

J. E. Huayanay-Ostos: <https://orcid.org/0000-0002-5983-0557>

J. E. Ruiz-Espinoza: <https://orcid.org/0000-0002-2538-7956>

J. E. Collachagua-Echevarria: <https://orcid.org/0000-0001-8265-8073>

L. J. Mendoza-Gutierrez: <https://orcid.org/0000-0001-9121-6808>

K. J. Ayala-Guevara: <https://orcid.org/0000-0002-3812-2359>

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar los rendimientos zootécnicos, composición de macronutrientes, análisis fisicoquímicos del agua y parámetros hematológicos del *L. pardalis* a diferentes densidades 5, 7, 10 peces m<sup>-2</sup>, durante 4 meses, un total de 660 peces con peso promedio inicial de 54,89 ± 0,18 g, fueron distribuidos en 9 estanques de tierra, cuya distribución por tratamiento fue T1 (150 peces), T2 (210 peces) y T3 (300 peces). El mejor tratamiento que mostro un buen crecimiento fue T2 (7 peces m<sup>-2</sup>); peso final de 198,24 ± 0,69 g y longitud total 18,2 ± 0,44 cm, siendo significativamente diferente (p < 0,05) a los demás tratamientos, los parámetros fisicoquímicos del agua manifestaron variaciones a una mayor densidad de siembra. Demostrando que *L. pardalis* modifica su estilo de vida a una capacidad metabólica baja, de tal manera que los parámetros hematológicos de la serie roja (Ht, HGB, ERIT, VCM, CHCM, HCM) se vieron afectados por ese aumento de temperatura y disminución del Oxígeno, encontrándose diferencias (p < 0,05) frente a las muestras iniciales y finales. No obstante, este trabajo demuestra la importancia de relacionar los parámetros zootécnicos y hematológicos como indicadores de productividad y salud, es recomendable hacer más estudios en peces de la familia *Loricariidae*, para establecer diferencias entre géneros, hábitat y sistemas de producción, para una acuicultura amazónica sostenible.

**Palabras clave:** Oxígeno; Densidad; Hematología; fisicoquímico.

### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the zootechnical performance, macronutrient composition, physicochemical analysis of the water, and hematological parameters of the *L. pardalis* at different densities (5, 7, 10 fish m<sup>-2</sup>), during four-month period. A total of 660 fish were utilized in the study, with an initial mean weight of 54.89 ± 0.18 g. They were distributed across nine earthen ponds, with the number of fish allocated to each treatment as follows: T1 (150 fish), T2 (210 fish), and T3 (300 fish). The most efficacious treatment, exhibiting optimal growth, was T2 (7 fish m<sup>-2</sup>). The FW was 198.24 ± 0.69 g, and the TL was 18.2 ± 0.44 cm. These values were significantly different (p < 0.05) from those observed in the other treatments. The physicochemical parameters of the water demonstrated fluctuations at higher stocking densities. The findings demonstrate that *L. pardalis* modifies its lifestyle to a low metabolic capacity, resulting in alterations to the red series hematological parameters (Ht, HGB, ERIT, VCM, CHCM, HCM) in response to the increase in temperature and decrease in oxygen. Significant differences (p < 0.05) were observed between the initial and final samples. Nevertheless, this work demonstrates the importance of relating zootechnical and hematological parameters as indicators of productivity and health. Further studies are recommended on fish of the family *Loricariidae* to establish differences between genera, habitat, and production systems. This will facilitate the development of sustainable Amazonian aquaculture.

**Keywords:** Oxygen; Density; Hematology; physicochemical.

## 1. Introducción

La producción acuícola en los últimos años según el último informe por la FAO se produjo un récord de producción de 122,6 millones 43 toneladas, cuya participación de producto hidrobiológico fue de 87,5 millones de toneladas afirmando que hay fomento de la seguridad alimentaria, otorgándose así puestos laborales en las diferentes regiones dentro del sector (FAO, 2022; Apine et al., 2023). Es así la importancia de la acuicultura continental de que genera una menor presión en peces por capturas de pesca extractiva (Sousa et al., 2020), no obstante dentro de la familia Loricariidae o peces bagre acorazados, la gran mayoría son de pesca extractiva y una minoría son de acuarios (ornamentales), tienen muy buena aceptación por la población, es así que se busca una acuicultura tecnificada, cuyo resultado sea un producto de calidad, dándole un valor agregado de manera industrial como materia prima para la elaboración de harinas, aceites y cuyo enfoque sea la sostenibilidad y economía circular. (Moroni et al., 2015; Marotta et al., 2019; McLean, 2023; Paolucci, 2023). Es así que el género *Liposarcus pardalis* conocida en Perú como "Carachama negra", en Brasil denominado "Acari-bodo", también son peces ornamentales, y en 21 países distribuidos entre Asia, América del Norte, Central, Hawái y el Caribe son conocidos como especies invasoras no nativas (SARKAR et al., 2023), ocupando el segundo lugar dentro de las 10 especies peces más producidas en Brasil, por su rusticidad, alta fertilidad (diseminación en los ríos y lagos), y adaptación (Panase et al., 2018; Sousa et al., 2019; Santos et al., 2022; Ananias et al., 2023), algunos son introducidos por la acción del hombre como mala praxis al liberarlos de acuarios en cuerpos de agua, en esos ecosistemas liberados compiten y desplazan a los peces nativos por alimento y espacio (Rubio et al., 2016; SARKAR et al., 2023). Se alimentan de fitoplancton (Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta), Zooplancton, frutos y semillas, son llamados como herbívoros, Omnívoros u Detritívoros, cuyo metabolismo va ceñido a ciertas variaciones en la ingesta (Panase et al., 2018; Hamidoghli et al., 2023). Esta especie se integra fácil a la producción de sistemas de policultivos, aprovechando el espacio dentro del estanque y del alimento que deja de ser consumido por la especie de distribución media en la columna de agua del estanque (Della et al., 2016; Sarkar et al., 2023). Esta especie presenta otras variantes (*P. pardalis*, *P. multiradiatus*, *P. disjunctivus* y *P. anisitsi*) que difieren en color: pardo, blancos y oscuros, a más de una plasticidad fenotípica muy alta, y un alto grado de hibridación entre diferentes géneros (Da Cruz et al., 2013; Hossain et al., 2018; Patoka et al., 2020; Sarkar et al., 2023). Algunos peces de agua dulce se adaptan en ambientes lóticos y lenticos demostrando esa plasticidad fenotípica, morfológica y nutricional según la cadena trófica (Fraser et al., 2004; Cusiynunca-Phoco et al., 2024). En la familia Loricariidae la calidad de agua no es muy exigentes, el oxígeno disuelto (OD) es muy bajo, viéndose una adaptación por el órgano facilitado que es su propio intestino como un órgano de respiración aérea que les permite respirar aire a estos peces, a esto se le denomina

respiración intestinal (GAB) (Brauner & Val 2005, Nelson et al., 2010, Scott et al., 2017; Lima, 2023). Sin embargo, soportan ciertos rangos de salinidades entre 10 a 22 ppm, rangos de pH entre 5,5 - 8,0 (Elfidasari et al., 2020; Sarkar et al., 2023). En la composición proximal de Macronutrientes hay una alta variación en niveles de proteína (18,54% a 14,52%), y baja concentración en Extracto de etéreo (0,19% a 0,29%) (Moroni 2005; Panase et al., 2018), esto podría variar según la filogenia de la especie, cariotipo, hábitad, sustratos de alimentación, etapa fisiológica, latitud entre otras (Mogalekar et al., 2017; Roxo et al., 2019). Se evidencia rangos mínimos y máximos de variación biométrica del género Loricariidae, como valores de 12 a 49 cm de longitud total (LT) y pesos promedio 10,11 a 1325,0 g (PM) entre sus otros cariotipos del *L. pardalis* (*Pterygoplichthys pardalis* - *Pterygoplichthys disjunctivus*), en ambiente natural (Samat et al., 2008; Jumawan et al., 2017), las evaluaciones biométricas en peces demuestran un índice energético y eficaz como medida de crecimiento a la longitud total (LT) (Bachiller et al., 2018; Nobre et al., 2019) cuyo enfoque es una talla ración apropiada y aceptada según la percepción del consumidor (Calanche-Morales et al., 2021; Perez-Velazquez et al., 2024).

La calidad de agua, el transporte, alimentación, manipulación y el estado de salud son factores determinantes del bienestar animal (Ellis et al., 2012; Svitačová et al., 2023). Durante el crecimiento de los peces, evaluar el estado fisiológico y hematológico son definitivos para una buena productividad, frente a variaciones fisicoquímicas del agua, presencia de algún agente patógeno o algún cambio metabólico frente a un estímulo de estrés (Satheeshkumar et al., 2012a; Satheeshkumar et al., 2012b; Burgos-Aceves et al., 2019; Chen et al., 2023). Los parámetros hematológicos en la investigación clínica y en la acuicultura en la actualidad, proporciona herramientas de diagnóstico muy valiosas para la cría saludable, cuyos rangos óptimos para diferentes parámetros sanguíneos que a diferencia de los mamíferos mantienen contrastes para la clasificación y algunas funciones propias de células sanguíneas de los peces (Nikinmaa et al., 2020; Megarani et al., 2020; Wang et al., 2021; Chen et al., 2023) llegando a ser condicionantes a los cambios de temperatura, hábitad, tipo de dieta, manejo, edad, sexo y etapa reproductiva, demostrándose que podrían verse afectados también por el tipo de extracción, manipulación y como su almacenamiento (Fazio et al., 2014a; Burgos-Aceves et al., 2019; Manna et al., 2021; Chen et al., 2023). De tal manera que los valores de Hematocrito (Hto), Hemoglobina (HGB), Eritrocitos (Eri), Leucocitos (Leu), Volumen corpuscular medio (VCM), Hemoglobina corpuscular medio (HCM), Concentración de hemoglobina corpuscular medio (CHCM) y Células concentradas, pueden verse afectados por factores externos e intrínsecos, así como los valores cuantitativos y la apariencia de las células sanguíneas (Grant et al., 2015; Burgos-Aceves et al., 2019). No obstante, se evidencian que hay diferencias en el número, volumen y tamaño de los eritrocitos, hemoglobina incluso en peces del mismo género (De Souza et al., 2018; Duncan et al., 2020; Chen

et al., 2023; Dos Santos et al., 2023). Valores óptimos en índices sanguíneos en peces de piscifactoría condicionan al buen seguimiento del aporte nutricional, fisiológico, salud y respuesta inmune (De Souza et al., 2018; Burgos-Aceves et al., 2019; Baldissera et al., 2020; Zhu & Su, 2022; Chen et al., 2023).

El objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento productivo a diferentes densidades de producción y comparar la composición corporal de macronutrientes (materia seca, grasa cruda, proteína cruda y ceniza), análisis fisicoquímicos del agua, parámetros zootécnicos, análisis biométrico y perfil hematológico, esto para identificar y demostrar que dentro de la familia Loricariidae la Carachama negra (*Liposarcus pardalis*) tenga una mayor participación en la acuicultura de trópico, así como también para la industria en la elaboración de pienso como materia prima (harina y aceite) manejando el enfoque de la sostenibilidad y la economía circular sin ser estrictamente dependientes de las harinas tradicionales que dejan huella ecológica. Existen algunos vacíos sobre estudios de requerimientos nutricionales, evaluaciones de crecimiento y parámetros hematológicos en especies de la familia Loricariidae (*P. pardalis*; *P. multiradiatus*; *P. disjunctivus* y *P. anisitsi*) fundamentalmente del género *Liposarcus pardalis* con fines productivos, como también escasa información en su participación en el procesamiento en la industria de pienso. Dicha investigación contribuirá al aporte científico y la seguridad alimentaria para los diferentes consumidores de este recurso tanto en trópico, industria y en general.

## 2. Metodología

### 2.1 Localización

El experimento de campo se desarrolló en el Sector "LA PASTORA" ubicado en el Km 6,10 vía Interoceánica (12°35' 17.34"S; 69° 14' 13.53" W.) en el departamento de Madre de Dios Provincia de Tambopata Distrito de Tambopata, con una duración de 4 meses comprendidos de septiembre del 2023 a enero del 2024, evaluando la etapa de crecimiento a engorde, y la fase de laboratorio químico se desarrolló de febrero a abril, en las Instalaciones del laboratorio de Acuicultura de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

### 2.2 Experimento

Se emplearon un total de 660 ejemplares de Carachama negra (*Liposarcus pardalis*) para los 3 tratamientos y sus respectivas repeticiones a diferentes densidades que corresponda T1 (5 peces/m<sup>2</sup>), T2 (7 peces/m<sup>2</sup>) y T3 (10 peces/m<sup>2</sup>), se distribuyeron en 9 estanques de tierra de forma aleatoria T1 (150 - 50 peces/estanque), T2 (210 - 70 peces/estanque) y T3 (300 - 100 peces/estanque), cuyos pesos iniciales en promedio fueron de 54,95 g, LT 12 cm y LE 11 cm, los estanques fueron de forma rectangular de 10 m<sup>2</sup> de espejo de agua, previo a la siembra se aclimataron para evitar problemas de shock térmico, para los parámetros fisicoquímicos del agua se evaluaron 3 veces por semana, y cada 30 días se realizó el muestreo respectivo sobre biometría, donde se analizó peso total (P), longitud estándar (Le) y longitud total (Lt). Se procedió

a extraer muestras de sangre de un 10% de peces por estanque cuya correspondencia por tratamiento fue de 15, 21 y 30 peces por tratamiento (T1, T2 y T3), para evaluar los perfiles hematológicos. Se procedió al análisis respectivo (estadístico). Por otro lado, al final del experimento las muestras de peces enteros se llevaron en cajas frigoríficas a -20 °C vía aérea hacia las instalaciones del Laboratorio de Acuicultura de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, para su posterior análisis. Seguidamente ya en las instalaciones del laboratorio se procedió a preparar las muestras para la composición proximal del pienso experimental tanto de los peces iniciales y finales.

### 2.3 Composición proximal

Se extrajeron un total de 6 peces iniciales (al azar), un total de 9 peces de las muestras de peces finales, así como muestras trituradas del pienso experimental (comercial) para realizar los análisis respectivos, los peces colectados fueron de forma entera, que fueron sometidos a trituración por un molino industrial (TC- 32SM HP4), con alimentación de rango 2300 – 400 /1/50 Hz; capacidad de 700 kg/h, asegurando la homogeneidad del molido y posterior el almacenado en botes con diferentes códigos (P1-R1, CNI-R1, CNF-R1). Consecutivamente los botes fueron congelados, luego llevados a liofilización (método de sublimación). Se distribuyó la carne molida en placas Petri, puestas a un congelador a -80 °C por un lapso de 24 horas, seguidamente al día siguiente se procedió al llevarlas al liofilizador durante 24 horas para que eliminara la humedad retenida, al día siguiente se molieron las muestras ya liofilizadas y se almacenaron en botes codificados para seguir con el análisis proximal (proteína cruda, grasa cruda y ceniza), para la determinación de Proteína cruda se empleó el método DUMAS (método de combustión directa) LECO CN 628, 2014, cuyo proceso es de medir todas las bases nitrogenadas de las muestras, para el análisis de Grasa cruda se empleó el método de extracción ANKOM XT10 (Macedon, NY, EE. UU.), que permite extraer la grasa usando éter metílico. Los botes con muestras frescas molidas se procedieron a analizar materia seca y cenizas. Para materia seca, tanto de la muestra fresca como la del liofilizado se estableció por deshidratación a 105 °C en una estufa hasta mantener un peso constante. Las muestras obtenidas de la materia seca (MS) se procedieron a introducir los mismos crisoles con muestras a una mufla a 500 °C durante 5 horas obteniéndose las cenizas, cada análisis se procesó por triplicado (Tabla 1).

**Tabla 1**

Media ± SD Composición Proximal (% de MS) del Pienso experimental y composición entera de Carachama negra entera

| Composición Proximal (% MS) | PE           | CNI          | CNF          |
|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Humedad</b>              | 13,60 ± 0,98 | 11,05 ± 0,79 | 12,50 ± 0,91 |
| <b>Proteína cruda</b>       | 16,87 ± 1,91 | 17,11 ± 4,39 | 38,96 ± 1,03 |
| <b>Grasa cruda</b>          | 3,27 ± 0,19  | 2,57 ± 1,95  | 5,75 ± 0,73  |
| <b>Ceniza</b>               | 9,08 ± 0,71  | 22,38 ± 0,67 | 23,72 ± 0,47 |

PE (Pienso experimental); CNI (Carachama negra Inicial); MS (Materia seca); CNF (Carachama negra final).

#### 2.4 Parámetros fisicoquímicos del agua, análisis biométrico, y rendimiento de crecimiento y eficiencia alimentaria

Los estanques de evaluación previamente fueron acondicionados y fertilizados por igual para tener una buena producción primaria de fitoplancton y detritus, cuya pre mezcla a preparar fue a una disolución en 20 litros 7 días antes de la siembra, se procedió a usar  $\text{CaCO}_3$  (1,8 kg); NPK al 60 % (0,05 kg); y Guano de Isla (0,13 kg) (Luis et al., 2020; Camones Yanac, 2023), por otro lado la toma de muestras durante la fase experimental fue cada 30 días, el método que se empleó para medir el rango de pH se determinó por un equipo multiparámetro portátil HQ4200, las concentraciones de nitritos, nitratos y amonio, alcalinidad fueron por el método colorimétrico usando los kits de parámetros múltiples (LaMotte) para análisis rápidos y semicuantitativos, para transparencia se usó el método del disco Secchi, por otro lado la temperatura, y oxígeno disuelto se empleó por el oxímetro portátil (OXYGuard Handy Polaris) el cual por medio de una sonda dentro del estanque. Para determinar los valores de peso promedio (PP), Longitud estándar (LE) y longitud total (LT) se procedieron en cada muestreo hacer biometrías representativas al azar de 10 peces por estanque ( $n=90$ ) a excepción del muestreo inicial y final que se desarrolló de forma individual, para Longitud estándar y total se utilizó un ictiómetro (Krausschenke) y para el control de peso se requirió una balanza de precisión (marca Baxtran). En caso de rendimiento productivo, se emplearon formulas experimentales validadas para determinar: Ganancia de peso (GP), Velocidad de crecimiento (VC), Tasa de crecimiento específico (TCE); Índice de conversión alimentaria (ICA); Supervivencia (SUP), (Khieokhajokhet et al., 2024).

Cálculo de la ganancia de peso promedio (GP)

$$GP = \text{Peso Promedio final (g)} - \text{Peso Promedio inicial (g)}$$

Cálculo de la velocidad de crecimiento (VC):

$$VC = (GP \text{ (g)}) / (\text{Tiempo (días)})$$

Cálculo de Índice de Conversión Alimentaria (ICA):

$$ICA = (\text{Ingesta de Alimento (kg)}) / ((\text{Biomasa Final} + \text{Biomasa inicial}) / (\text{kg}))$$

Cálculo de Crecimiento Específico (TCE):

$$TCE = 100\% \times (\text{Log. Peso Final (kg)} - \text{Log. Peso Inicial (kg)}) / (\text{Tiempo (días)})$$

Cálculo de Porcentaje de Supervivencia (PS):

$$PS = 100\% \times (\text{Número de Peces final}) / (\text{Número de Peces Inicial})$$

#### 2.5 Parámetros hematológicos

Durante los muestreos, se colectaron de 5 peces por estanque ( $n=45$ ) muestras de sangre de la vena caudal, los peces fueron anestesiados previamente con esencia de aceite de clavo a razón de 30 mg/l, posterior a ello los frascos recolectados con anticoagulante (Etilendiaminotetraacetato, EDTA al 10%) se llevaron al laboratorio para posterior análisis, para Hematocrito (Ht) se determinó con el método Microhematocrito, en caso del recuento eritrocitario (RBC) como el leucocitario se determinaron por cámara de Neubauer, por otro lado para Hemoglobina (Hb) por el método Cianometohemoglobina, todo de acuerdo al protocolo (Houston, 1990), por otro lado para

Volumen corpuscular medio (VCM), Hemoglobina corpuscular media (HCM), y Concentración de hemoglobina corpuscular media CHCM se desarrollaron por ecuaciones matemáticas (Wintrobe 1934; Ranzani-Paiva et al., 2019).

$$VCM = Ht \times 10 / (RBC \times 10^6)$$

$$HCM = Hb \times 10 / (RBC \times 10^6)$$

$$CHCM = Hb \times 10 / Ht$$

#### 2.6 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos por laboratorio de índices biométricos como peso medio, longitud total, longitud estándar, análisis proximal, y parámetros fisicoquímicos del agua se sometieron a un análisis ANOVA evidenciando las diferencias entre tratamientos ( $p < 0,05$ ) usando el programa Statgraphics ® Plus 5.1 (Statistical Graphics Corp Rockville, MO, EE. UU.) y para los parámetros hematológicos se usó el Programa IBM SPSS Statistics 21 para una alta precisión de los datos obtenidos en laboratorio.

### 3. Resultados y discusión

Para los análisis biométricos de un total de 660 ejemplares evaluados de los 3 tratamientos a diferentes densidades T1-5; T2-7; T3-10 (150, 210, 300 peces/tratamiento) se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,50$ ), peso promedio final (PM) y Longitud Total (LT) los valores altos fueron atribuidos de forma decreciente respectivamente al T2, T3 y T1 ( $198,24 \pm 0,69$ ;  $192,26 \pm 2,63$ ;  $190,41 \pm 0,36$  g), ( $18,2 \pm 0,44$ ;  $17,17 \pm 0,83$ ;  $16,75 \pm 0,43$  cm) (Tabla 2), valores similares encontrados por Balladares & Lezama (2017) cuyos mejores pesos y talla fueron de  $112,66 \pm 26,37$  g; y de  $18,58 \pm 0,51$  cm a una densidad de 1pez/m<sup>2</sup> de siembra, Camones Yanac, (2023) evidencio para *P. pardalis* a densidad de siembra de 10 peces/m<sup>2</sup> se obtuvieron mejores pesos y tallas de  $118,40 \pm 0,06$  g;  $18,52 \pm 0,14$  cm, con respecto a tratamientos con mayores densidades de siembra  $99,97 \pm 0,68$  g;  $17,22 \pm 0,14$  cm y  $94,54 \pm 0,30$  g;  $16,80 \pm 0,01$  cm (15 - 20 peces/m<sup>2</sup>). No obstante en otros estudios, en pesos y tallas superiores a los 200 g y 22,30 cm en *P. pardalis* empezaría la maduración gonadal e inicio del periodo reproductivo, demostrando a mayor temperatura del agua del estanque el éxito reproductivo y mayor carga de fitoplancton (Gibbs et al., 2013; Sousa et al., 2019), sin descartar que a rangos de temperatura de 21 °C –28 °C para *P. pardalis* en otras latitudes en ambientes naturales, su crecimiento se vería reflejado a una mejor talla y peso, aumento de longitud de 0,48 cm/año y Longitud<sub>max</sub> de 41,75 cm tal cual lo indica Aida et al. (2021), estos resultados podrían verse similares a otros estudios de diferente genero de Carachama, reiterando su resistencia a la contaminación (Samat et al., 2008; Mogalekar et al., 2017; Sousa et al., 2019; Aida et al., 2021; Costa et al., 2021; Camones Yanac, 2023), a tal efecto es condicionado con la calidad de agua, temperatura y nutrientes que presenta, es así que a una menor temperatura por debajo de los 20 °C, disminuye la ingesta de fitoplancton (algas), del pienso y la actividad reproductiva (Gibbs et al., 2013; Nair et al., 2015; Elfidasari et al., 2020).

**Tabla 2**(Media  $\pm$  SD) Estudio Biométrico de Carachama negra (*Liposarcus pardalis*) durante la experimentación

|    | Días | Tratamiento                    |                                |                                | p-value             |
|----|------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|
|    |      | T1 (5 peces/m <sup>2</sup> )   | T2 (7 peces/m <sup>2</sup> )   | T3 (10 peces/m <sup>2</sup> )  |                     |
| PM | 0    | 54,98 $\pm$ 0,17               | 54,95 $\pm$ 0,08               | 54,69 $\pm$ 0,45               | 0,482               |
|    | 30   | 72,58 $\pm$ 0,63 <sup>b</sup>  | 74,27 $\pm$ 1,10 <sup>b</sup>  | 69,27 $\pm$ 1,36 <sup>a</sup>  | 0,004               |
|    | 60   | 114,27 $\pm$ 0,93 <sup>b</sup> | 116,34 $\pm$ 0,99 <sup>c</sup> | 109,53 $\pm$ 0,93 <sup>a</sup> | <b>p &lt; 0,001</b> |
|    | 90   | 150,49 $\pm$ 0,64 <sup>a</sup> | 160,16 $\pm$ 0,19 <sup>b</sup> | 149,53 $\pm$ 1,61 <sup>a</sup> | <b>p &lt; 0,001</b> |
|    | 120  | 190,41 $\pm$ 0,36 <sup>a</sup> | 198,24 $\pm$ 0,69 <sup>b</sup> | 192,26 $\pm$ 2,63 <sup>a</sup> | <b>0,002</b>        |
| LT | 0    | 12,3 $\pm$ 0,44                | 12,1 $\pm$ 0,44                | 11,57 $\pm$ 0,83               | 0,363               |
|    | 30   | 13,5 $\pm$ 0,44                | 13,4 $\pm$ 0,44                | 12,77 $\pm$ 0,82               | 0,334               |
|    | 60   | 14,5 $\pm$ 0,44                | 14,8 $\pm$ 0,43                | 14,07 $\pm$ 0,83               | 0,381               |
|    | 90   | 15,55 $\pm$ 0,43               | 16,4 $\pm$ 0,43                | 15,37 $\pm$ 0,82               | 0,158               |
|    | 120  | 16,75 $\pm$ 0,43 <sup>a</sup>  | 18,2 $\pm$ 0,44 <sup>ab</sup>  | 17,17 $\pm$ 0,83 <sup>b</sup>  | <b>0,049</b>        |
| LE | 0    | 11,1 $\pm$ 0,43                | 10,9 $\pm$ 0,44                | 10,37 $\pm$ 0,83               | 0,363               |
|    | 30   | 12,3 $\pm$ 0,44                | 12,2 $\pm$ 0,43                | 11,57 $\pm$ 0,82               | 0,333               |
|    | 60   | 13,3 $\pm$ 0,42                | 13,6 $\pm$ 0,43                | 12,87 $\pm$ 0,83               | 0,380               |
|    | 90   | 14,35 $\pm$ 0,44               | 15,2 $\pm$ 0,44                | 14,17 $\pm$ 0,83               | 0,158               |
|    | 120  | 15,55 $\pm$ 0,44 <sup>a</sup>  | 17 $\pm$ 0,43 <sup>ab</sup>    | 15,97 $\pm$ 0,83 <sup>b</sup>  | <b>0,059</b>        |

Nota: Ambos valores son estadísticamente significativos. Abreviaciones: PM (peso medio); LT (Longitud total); LE (Longitud estándar).

Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos al final del periodo de evaluación, tanto para los valores de Oxígeno disuelto, pH (ppm), Transparencia (cm); CO<sub>2</sub> (ppm); NH<sub>3</sub> (ppm); NO<sub>2</sub> (ppm); KH (ppm), notándose para *L. pardalis* el mejor tratamiento con mejores parámetros a mayor densidad evaluados fue el T2 (7 peces/m<sup>2</sup>) (Tabla 3). Cuyos resultados fueron T° (°C) 30,2  $\pm$  0,1; O<sub>2</sub> (mg/L<sup>-1</sup>) 3,5  $\pm$  0,06; pH 7,6  $\pm$  0,1; transparencia (cm) 7,88  $\pm$  0,1; CO<sub>2</sub> (ppm) 21,70  $\pm$  0,61; NH<sub>3</sub> (ppm) 0,91  $\pm$  0,01; NO<sub>2</sub> (ppm) 0,15  $\pm$  0,01; KH (ppm) 178,91  $\pm$  0,80; estos resultados obtenidos fueron inferiores a lo reportado por Elfidasari et al. (2020), para O<sub>2</sub> 5,93  $\pm$  0,92 mg/L<sup>-1</sup>; NH<sub>3</sub> 2,7  $\pm$  0,05 ppm; Turbidez 42,39  $\pm$  2,07 NTU; en cambio para pH 6,7  $\pm$  0,37; y Temperatura 28,5  $\pm$  0,4 °C fueron menores, demostrándose una mayor densidad de *P. pardalis* en ambientes naturales cuyo promedio fue de 58 especímenes/m<sup>2</sup>, siendo aún mayor con respecto a 22

especímenes/m<sup>2</sup> reportado por Halwa (2016). Valores similares se evidenciaron para pH 7,7  $\pm$  0,26; CO<sub>2</sub> 25,44  $\pm$  16,09 ppm; NH<sub>3</sub> 0,90  $\pm$  0,56 ppm a una densidad de 10 peces/m<sup>2</sup>, a excepción para NO<sub>2</sub> 0,30  $\pm$  0,12 ppm y KH 187  $\pm$  34,71 ppm cuyos valores son altos para el presente estudio de tal manera que Camones Yanac (2023) demostró que los valores de O<sub>2</sub> disuelto eran afectados a una mayor densidad (10 peces/m<sup>2</sup>; 15 peces/m<sup>2</sup>; 20 peces/m<sup>2</sup>), el valor promedio a una mejor densidad fue de 3,56  $\pm$  0,48 mg/L<sup>-1</sup> (10 peces/m<sup>2</sup>), similar a lo reportado en nuestro estudio a una densidad 7 peces/m<sup>2</sup> 3,5  $\pm$  0,06 mg/L<sup>-1</sup> (T2). Así mismo Costa et al. (2021) demuestra valores superiores, así como para O<sub>2</sub> 4,7 mg/L<sup>-1</sup>; pH 7,69; y transparencia 19,44 cm, excepto para temperatura de 28,33 °C; NO<sub>2</sub> 0,02 ppm y NO<sub>3</sub> 5,25 ppm, interpretándose una buena calidad de agua y producción de peces en cautiverio (Bhavimani & Puttalah, 2014; El-Otifi, 2015; Parente et al., 2017).

**Tabla 3**Media  $\pm$  SD, Parámetros fisicoquímicos del agua durante la experimentación

|                                      | Días    | Tratamiento                    |                                |                               | p-value             |
|--------------------------------------|---------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------|
|                                      |         | T1 (5 peces/m <sup>2</sup> )   | T2 (7 peces/m <sup>2</sup> )   | T3 (10 peces/m <sup>2</sup> ) |                     |
| T° (°C)                              | Inicial | 27,27 $\pm$ 0,25               | 28,77 $\pm$ 0,25               | 27,9 $\pm$ 0,1                | <b>p &lt; 0,001</b> |
|                                      | Final   | 30,17 $\pm$ 0,05               | 30,2 $\pm$ 0,1                 | 30,3 $\pm$ 0,61               | <b>0,895</b>        |
| O <sub>2</sub> (mg/L <sup>-1</sup> ) | Inicial | 3,77 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>   | 3,89 $\pm$ 0,005 <sup>b</sup>  | 3,61 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>  | 0,013               |
|                                      | Final   | 3,76 $\pm$ 0,01                | 3,5 $\pm$ 0,06                 | 3,3 $\pm$ 0,1                 | <b>p &lt; 0,001</b> |
| pH (ppm)                             | Inicial | 7,0 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>    | 7,23 $\pm$ 0,06 <sup>b</sup>   | 7,47 $\pm$ 0,06 <sup>c</sup>  | <b>p &lt; 0,001</b> |
|                                      | Final   | 7,2 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>     | 7,6 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>     | 7,8 $\pm$ 0,1 <sup>c</sup>    | <b>p &lt; 0,001</b> |
| Transparencia (cm)                   | Inicial | 8,4 $\pm$ 0,10                 | 8,1 $\pm$ 0,12                 | 7,65 $\pm$ 0,18               | 0,002               |
|                                      | Final   | 8,24 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>   | 7,88 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>    | 7,67 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>  | 0,002               |
| CO <sub>2</sub> (ppm)                | Inicial | 20,20 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>  | 22,17 $\pm$ 0,15 <sup>b</sup>  | 24,51 $\pm$ 0,07 <sup>c</sup> | <b>p &lt; 0,001</b> |
|                                      | Final   | 20,50 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>  | 21,70 $\pm$ 0,61 <sup>b</sup>  | 24,44 $\pm$ 0,05 <sup>c</sup> | <b>p &lt; 0,001</b> |
| NH <sub>3</sub> (ppm)                | Inicial | 0,34 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>   | 0,37 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>   | 0,32 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>  | 0,002               |
|                                      | Final   | 0,86 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>   | 0,91 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>   | 1,20 $\pm$ 0,10 <sup>b</sup>  | <b>p &lt; 0,001</b> |
| NO <sub>2</sub> (ppm)                | Inicial | 0,19 $\pm$ 0,01 <sup>ab</sup>  | 0,18 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>   | 0,19 $\pm$ 0,10 <sup>b</sup>  | 0,016               |
|                                      | Final   | 0,19 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>   | 0,15 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>   | 0,41 $\pm$ 0,01 <sup>c</sup>  | <b>p &lt; 0,001</b> |
| KH (ppm)                             | Inicial | 104,83 $\pm$ 0,76 <sup>a</sup> | 108,47 $\pm$ 0,50 <sup>b</sup> | 110,5 $\pm$ 0,50 <sup>c</sup> | <b>p &lt; 0,001</b> |
|                                      | Final   | 168,58 $\pm$ 0,39 <sup>a</sup> | 178,91 $\pm$ 0,80 <sup>b</sup> | 195,5 $\pm$ 0,50 <sup>c</sup> | <b>p &lt; 0,001</b> |

Nota: Ambos valores son estadísticamente significativos. Abreviaciones: T° (temperatura); O<sub>2</sub> (oxígeno); NH<sub>3</sub> (Amoníaco); pH (potencial de hidrogenión); CO<sub>2</sub> (Dióxido de carbono); NH<sub>2</sub> (nitritos); KH (Dureza temporal de agua).

Por otro lado, se guarda relación entre una tasa metabólica baja y el menor valor de oxígeno disponible en el agua para bagres acorazados (*P. pardalis*), que conlleva a una baja actividad enzimática a nivel del musculo, hígado y otros, como también una disminución en la ventilación branquial a tal efecto de un descenso de la capacidad de intercambio de gases, marcando la diferencia con otro grupo de teleosteos de hábitat de climas templados (De Almeida-Val et al., 2005; Scott et al., 2017). El valor promedio del oxígeno disuelto para esta especie es no menor a 3 mg/L (Rao & Sunchu, 2017) del mismo modo para especies amazónicas valores de 3,5 ppm de OD sería un valor mínimo esencial, siendo opuesto para otras especies de peces cuyos rangos oscilan entre 4 – 5,5 mg/L como mínimo, sin generar cuadros de estrés agudo a valores inferiores a los 3 mg/L (Kubitza, 2003; Bhavimani & Puttalah, 2014; Nair et al., 2015; Elfidasari et al., 2020; Pei et al., 2021). Así mismo, en peces de la Familia Loricariidae la extracción del Oxígeno branquial se vería reducida a razón de un mayor peso corporal y la morfología de la superficie branquial, demostrando cierta reducción a una demanda baja de oxígeno y aumento de temperatura (Scott et al., 2017; Nunan et al., 2019).

Mientras las condiciones de O<sub>2</sub> sean óptimas, favorecería un mejor tamaño, peso y mayor presencia de fitoplancton como alimento complementario para *P. pardalis*. Es la especie de mayor desplazamiento de especies nativas en ríos por competencia de alimento, siendo el más predominante de la familia Loricariidae, llegando a notarse en la pesca de recursos ictiológicos nativos para consumo humano, una menor talla y peso de dichos peces en comparación a los bagres acorazados (Nair et al., 2015; Elfidasari et al., 2018; Escalera-Vázquez et al., 2019; Sousa et al., 2019; Aida et al., 2021; Elfidasari et al., 2020; Saba et al., 2020; Ragaza et al., 2021; Sudarshan et al., 2022; Parvez et al., 2023).

Se evidenció una mayor ganancia de peso a los 120 días a una tasa de alimentación calculada de 3% en función a la biomasa, tanto para el T2, T3 y T1 (143,29 ± 0,69; 137,57 ± 2,21; 135,43 ± 0,18 g) respectivamente, demostrándose diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ) (Tabla 4), estos valores son superiores a los reportados por Costa et al. (2021), pese a que su estudio fue suministrar a razón de 1%; 3%; 5%; y 7% de alimento/Biomasa de peces, logrando obtener un mejor resultado a 7% de suministro de

alimento (112,7 ± 26,4 g), de la misma manera los valores obtenidos son superiores a lo reportado por Vargas (2012) en juveniles de Carachama distribuidos en tres tratamientos, con fertilización orgánica a base de gallinaza para la producción de fitoplancton y zooplancton (T1), fertilización orgánica + alimento comercial al 24% de proteína (T2) y fertilización orgánica + alimento comercial al 28% de proteína (T3). Valores superiores al Oxígeno disponible en peces (>5,5 mg/l) se obtiene mejores pesos y tallas, guardando relación según la edad del pez, así mismo una mayor temperatura favorece la reproducción de la misma, demostrándose que al año hay un crecimiento lineal de 10 cm para género de Carachama (*P. disjunctivus*) (Gibbs et al., 2013). Otros estudios reajustan un modelo de crecimiento entre la masa y la longitud tomando consideración ecuaciones de las curvas de crecimiento de Von Bertalanffy, sin embargo, se evidencia algunos reajustes fisiológicos a la interpretación de los procesos anabólicos que toleran los de la familia Loricariidae (Lipinski & Roeleveld, 1990; Costa et al., 2021) Por otro lado Vilca (2019), manifestó que obtuvo mejores velocidades de crecimiento de 0,44 g/día al 16,5% de proteína y con una ganancia de peso de 39,40 g, una tasa de conversión alimentaria de 6,81 con respecto a los 4 tratamientos suministrados T1, T2, T3, T4 (16,5; 12,0; 15,0% de proteína; Sin alimento + Fitoplancton y Zooplancton) siendo valores muy bajos respecto a los resultados obtenidos en nuestra investigación excepto para ICA cuyo valor es de 6,81 siendo un valor alto respecto al presente estudio de 3,22 ± 1,09, pese a que dicho estudio se consideró utilizar 480 peces en total y con una densidad de siembra de 20 peces/ estanque a una tasa de 3% de alimentación/biomasa total por tratamiento.

Camones Yanac (2023) reportó velocidades de crecimiento de 0,64 g/día y una ganancia de peso de 57,6 g, correspondiente a una densidad de 10 peces/m<sup>2</sup> siendo los mejores con respecto a 15 y 20 peces/m<sup>2</sup>, No obstante, resultan ser menores a los obtenidos cuya velocidad de crecimiento fue de 1,19 ± 0,35 g/días y una ganancia de peso de 143,29 ± 0,69 g, todo esto a una densidad de 7 peces/m<sup>2</sup> siendo el mejor valor reportado frente a los demás tratamientos (5 peces/m<sup>2</sup>; 10 peces/m<sup>2</sup>).

**Tabla 4**

Rendimiento de crecimiento de Carachama negra (*Liposarcus pardalis*) durante la experimentación (Media ± SD)

|                            | Tratamiento                  |                              |                               | p-value |
|----------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------|
|                            | T1 (5 peces/m <sup>2</sup> ) | T2 (7 peces/m <sup>2</sup> ) | T3 (10 peces/m <sup>2</sup> ) |         |
| GP (g)                     | 135,43 ± 0,18 <sup>a</sup>   | 143,29 ± 0,69 <sup>b</sup>   | 137,57 ± 2,21 <sup>a</sup>    | 0,001   |
| VC (g/días)                | 1,13 ± 0,09 <sup>a</sup>     | 1,19 ± 0,35 <sup>b</sup>     | 1,15 ± 1,11 <sup>a</sup>      | 0,002   |
| TCP (% día <sup>-1</sup> ) | 1,27 ± 0,20                  | 1,43 ± 0,004                 | 1,4 ± 0,007                   | 0,276   |
| ICA                        | 2,56 ± 0,17 <sup>a</sup>     | 3,22 ± 1,09 <sup>b</sup>     | 3,88 ± 1,16 <sup>c</sup>      | P<0,001 |
| SUP (%)                    | 100%                         | 100%                         | 100%                          |         |
| R <sup>2</sup>             | 0,98                         | 0,99                         | 0,98                          |         |

Nota: Ambos valores son estadísticamente significativos. Abreviaciones: GP (Ganancia de peso); VC (velocidad de crecimiento); TCP (Tasa de Crecimiento peso); ICA (Índice de Conversión Alimentaria); SUP (Supervivencia).

También se reportó valores de ICA superiores al presente estudio, cuyo significado sería mayor suministro de alimento por estanque manifestando valores de  $4,6 \pm 1,2$ ;  $2,7 \pm 0,5$ ;  $1,6 \pm 0,1$ ;  $0,7 \pm 0,2$  en 4 tratamientos diferentes (T4-7%; T3-5%; T2-3%; T1-1% de pienso/Biomasa peces) (Costa et al., 2021), siendo el T2 con un ICA de  $1,89 \pm 1,09$  similar al estudio con 3% de pienso/Biomasa, aunque difieren en el peso final por mayores días de experimentación (120). Para estudios sobre nutrición de peces de trópico recomiendan valores de ICA por debajo o muy cercanos a 2 siendo más estables en diferentes especies ícticas amazónicas (Della et al., 2016; Hernández-Vergara et al., 2018; Porto et al., 2018). Independientemente del género dentro de la familia Loricariidae (*Pterygoplichthys pardalis*; *Liposarcus pardalis*; *Pterygoplichthys spp*; *Pterygoplichthys disjunctivus*), los factores genéticos, ambientales, fisiológicos, densidad de peces y el valor nutritivo expresada en términos de densidad energética, influye en la performance del crecimiento de los peces (Costa et al., 2016; Nobre et al., 2019; Costa et al., 2021), esto enfatiza conocer los requerimientos nutricionales, parámetros del agua óptimos para su normal desarrollo, llegándose a predecir modelos de simulación de ganancia de peso y composición corporal, en términos de proteína y energía para especies de interés comercial y otras como fuente de proteína para la industria de pienso (Costa et al., 2018; Jannathulla et al., 2019; Da Silva et al., 2020; Costa et al., 2021). Los parámetros sanguíneos son muy importantes, evalúan la eficacia de los piensos suministrados, cuadros de estrés fisiológico, estado de

salud, cargas parasitarias y el crecimiento de los peces (Madibana et al., 2017; Dawood et al., 2020; Khieokhajokhet et al., 2022). Sin embargo, Sousa et al. (2020) encontraron diferencias en los valores de HGB en *P. pardalis* entre peces infestados por *Trypanosoma*  $10,9 \pm 4,5$  g dL<sup>-1</sup> y peces aparente-mente saludables  $14,8 \pm 6,5$  g dL<sup>-1</sup>, encontrándose valores reducidos debido al incremento de los parásitos sanguíneos, así mismo los demás valores como son ERIT  $2,4 \pm 1,33 \times 10^6$  uL<sup>-1</sup>, Hto  $41,5 \pm 9,3\%$ ; VCM  $247,3 \pm 110,2$  fL; MCHC  $27,6 \pm 12,8$  g dL<sup>-1</sup>; Leu  $30,71 \pm 14,3$  uL, Trombocitos  $33,59 \pm 16,8$  uL, todos ellos fueron superiores a lo reportado en el presente estudio (Tabla 5). Por otro lado, Val et al. (1990) demuestra en *P. multiradiatus*, en condiciones Naturales, Normóxicas e Hipóxicas valores de O<sub>2</sub> disponible de  $7,33 \pm 0,56$  mg/L<sup>-1</sup> (Normoxia) y  $1,27 \pm 0,29$  mg/L<sup>-1</sup> (Hipóxica) a temperatura de 27 °C; asimismo los peces en condiciones Hipóxicas indican valores altos en Hto 30,4%; HGB 11,35 g dL<sup>-1</sup>; ERIT  $1,60 \times 10^6$  uL<sup>-1</sup>; VCM 192,4 fL; MCHC 37,3 g dL<sup>-1</sup>; y HCM 71,0 pg. Comparando con el estudio desarrollado siguen siendo superiores, a condiciones bajas de O<sub>2</sub> disponible los valores hematológicos se incrementan por la temperatura, densidad de siembra, estrés, factores ambientales, tipo de pienso y otros, existiendo la relación entre el estado sanitario y la hematología integral encontrándose discrepancias en la viabilidad de estos indicadores fisiológicos en peces (Buenaño, 2010; Tavares-Dias et al., 2020; Lozano et al., 2021; Chen et al., 2023).

**Tabla 5**

Media  $\pm$  SD, Perfil Hematológicos de Carachama negra (*Liposarcus pardalis*) durante la experimentación

|                                    | Días    | Tratamiento                    |                                |                                | p-value             |
|------------------------------------|---------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|
|                                    |         | T1 (5 peces/m <sup>2</sup> )   | T2 (7 peces/m <sup>2</sup> )   | T3 (10 peces/m <sup>2</sup> )  |                     |
| Hematocrito (%)                    | Inicial | 11,5 $\pm$ 0,50                | 12,43 $\pm$ 0,41               | 12,69 $\pm$ 0,98               | 0,375               |
|                                    | Final   | 16,13 $\pm$ 3,27 <sup>c</sup>  | 17,31 $\pm$ 1,47 <sup>b</sup>  | 19,91 $\pm$ 0,24 <sup>a</sup>  | 0,002               |
| Hemoglobina (g.dL <sup>-1</sup> )  | Inicial | 4,1 $\pm$ 0,14                 | 4,03 $\pm$ 0,01                | 4,34 $\pm$ 0,04                | 0,361               |
|                                    | Final   | 5,68 $\pm$ 0,001 <sup>c</sup>  | 5,85 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>   | 6,85 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>   | <b>p &lt; 0,001</b> |
| Eritrocitos (x10 <sup>6</sup> /uL) | Inicial | 0,42 $\pm$ 0,001               | 0,42 $\pm$ 0,001               | 0,42 $\pm$ 0,001               | 0,387               |
|                                    | Final   | 0,59 $\pm$ 0,001 <sup>b</sup>  | 0,60 $\pm$ 0,001 <sup>b</sup>  | 0,62 $\pm$ 0,001 <sup>a</sup>  | 0,003               |
| Leucocitos (x10 <sup>6</sup> /uL)  | Inicial | 11,51 $\pm$ 0,42               | 11,38 $\pm$ 0,06               | 11,58 $\pm$ 0,31               | 0,315               |
|                                    | Final   | 14,67 $\pm$ 0,65 <sup>c</sup>  | 16,19 $\pm$ 0,20 <sup>b</sup>  | 17,59 $\pm$ 0,22 <sup>a</sup>  | <b>p &lt; 0,001</b> |
| VCM (fL)                           | Inicial | 115,20 $\pm$ 1,23              | 115,18 $\pm$ 2,79              | 116,18 $\pm$ 0,29              | 0,451               |
|                                    | Final   | 118,10 $\pm$ 1,23 <sup>b</sup> | 118,08 $\pm$ 2,79 <sup>b</sup> | 119,08 $\pm$ 0,29 <sup>a</sup> | 0,029               |
| HCM (pg)                           | Inicial | 32,38 $\pm$ 0,60               | 33,11 $\pm$ 1,40               | 33,00 $\pm$ 2,00               | 0,335               |
|                                    | Final   | 40,43 $\pm$ 0,60 <sup>c</sup>  | 43,36 $\pm$ 1,40 <sup>b</sup>  | 47,55 $\pm$ 2,00 <sup>a</sup>  | <b>p &lt; 0,001</b> |
| CHCM (g dL <sup>-1</sup> )         | Inicial | 17,2 $\pm$ 0,86                | 17,27 $\pm$ 0,61               | 17,53 $\pm$ 0,65               | <b>p &lt; 0,001</b> |
|                                    | Final   | 24,63 $\pm$ 4,81 <sup>b</sup>  | 26,37 $\pm$ 1,45 <sup>b</sup>  | 26,90 $\pm$ 5,66 <sup>a</sup>  | 0,003               |
| <b>Diferencial</b>                 |         |                                |                                |                                |                     |
| Abastionados (%)                   | Inicial | 0,03 $\pm$ 0,001               | 0,02 $\pm$ 0,001               | 0,02 $\pm$ 0,001               | 0,312               |
|                                    | Final   | 0,30 $\pm$ 0,22 <sup>c</sup>   | 1,09 $\pm$ 0,07 <sup>b</sup>   | 1,87 $\pm$ 0,22 <sup>a</sup>   | <b>p &lt; 0,001</b> |
| Segmentados (%)                    | Inicial | 21,0 $\pm$ 2,0                 | 23,0 $\pm$ 2,0                 | 22,0 $\pm$ 2,0                 | 0,185               |
|                                    | Final   | 43,33 $\pm$ 4,67 <sup>c</sup>  | 50,67 $\pm$ 0,5 <sup>b</sup>   | 61,69 $\pm$ 1,8 <sup>a</sup>   | <b>p &lt; 0,001</b> |
| Linfocitos (%)                     | Inicial | 25,93 $\pm$ 0,17               | 26,0 $\pm$ 0,50                | 26,0 $\pm$ 0,96                | 0,123               |
|                                    | Final   | 57,67 $\pm$ 6,22 <sup>c</sup>  | 60,83 $\pm$ 4,09 <sup>b</sup>  | 64,0 $\pm$ 2,0 <sup>a</sup>    | <b>p &lt; 0,001</b> |
| Monocitos (%)                      | Inicial | 0,27 $\pm$ 0,001               | 0,25 $\pm$ 0,001               | 0,28 $\pm$ 0,01                | 0,004               |
|                                    | Final   | 0,62 $\pm$ 0,02 <sup>c</sup>   | 1,03 $\pm$ 0,34 <sup>b</sup>   | 1,37 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>   | <b>p &lt; 0,001</b> |
| Eosinófilos (%)                    | Inicial | 1,34 $\pm$ 0,001               | 1,40 $\pm$ 0,001               | 1,30 $\pm$ 0,001               | 0,471               |
|                                    | Final   | 2,49 $\pm$ 0,001 <sup>b</sup>  | 2,52 $\pm$ 0,001 <sup>b</sup>  | 3,42 $\pm$ 0,001 <sup>a</sup>  | 0,043               |

Nota: Ambos valores son estadísticamente significativos. Abreviaciones: Hto (%) Hematocrito, HGB, (Hemoglobina); ERIT, (eritrocitos), LEU, (Leucocitos); VCM, (Volumen corpuscular medio); CHCM, (Concentración de hemoglobina corpuscular media); HCM, (Hemoglobina corpuscular medio); SEGADOS, (Segmentados), LINFO, (Linfocitos).

#### 4. Conclusiones

La investigación realizada se vio favorecido por una ganancia de peso a razón de  $143,29 \pm 0,69$  g a una densidad de 7 peces/m<sup>2</sup>, a mayor tiempo de experimentación los factores fisicoquímicos del agua como NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, KH, CO<sub>2</sub>, pH y O<sub>2</sub> se verían afectados significativamente e incrementando su valor en relación a una mayor densidad de peces/m<sup>2</sup>, excepto para el O<sub>2</sub> disuelto en el agua que puede disminuir a mayor tamaño del pez y densidad, por otro lado, los valores Hematológicos se vieron afectados según la densidad de peces, factores externos (temperatura, O<sub>2</sub>) y que guarda relación con estudios reportados de la misma familia en ambientes naturales. No obstante, se sabe para aquellos teleósteos marinos y continentales en situaciones hipóxicas, desencadenando fuertes estímulos e incremento de las superficies branquiales (lamelas) (Scott et al., 2017; Nunan et al., 2019; Tavares-Dias et al., 2020), De tal manera para el bagre acorazado una demanda baja de O<sub>2</sub>, hace que los parámetros hematológicos de la serie roja en la investigación (Ht, HGB, ERIT, VCM, CHCM, HCM) se vean afectados con un incremento frente a las muestras iniciales, aquellos factores involucrados fueron tanto la temperatura, densidad y manejo, los mejores resultados fueron para el tratamiento 2 (7 peces/m<sup>2</sup>). Al final los parámetros hematológicos con algunas anomalías en la salud de los peces suelen ser muy complejos y puede variar según la especie. Dicho esto, es importante aclarar dentro de la familia Loricariidae, se maneja muchos géneros (*P. pardalis*, *P. multiradiatus*, *P. disjunctivus* y *P. anisitsi*) el cual difiere en brindar información relevante sobre la homeostasis de cómo se ven y son afectados por los cambios ambientales frente a la respuesta inmunitaria y su performance. Es relevante recomendar la investigación de esta especie en conocer si hay diferencias en los valores nutritivos, productivos y hematológicos entre géneros, por otro lado, también podría contribuir como fuente de proteína animal para otras especies de peces y de ganadería terrestre como insumo alternativo y sustituto a la harina de pescado

#### Referencias bibliográficas

Aida, S. N., Ridho, R., Saleh, E., & Utomo, A. D. (2021). Estimation of Growth Parameter on Sailfin Catfish (*Pterygoplichthys pardalis*) in Bengawan Solo River, Central Java Province. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 695(1), 012027.

Ananias, C., Silva, S., Santos, C., Souza, S., Magalhães, B., Reis, R., Favero, C., & Luz, K. (2023). Tambaqui Production at Different Stocking Densities in RAS: Growth and Physiology. *Fishes*, 9(1), 19.

Apine, E., Ramappa, P., Bhatta, R., Turner, L. M., & Rodwell, L. D. (2023). Challenges and opportunities in achieving sustainable mud crab aquaculture in tropical coastal regions. *Ocean & Coastal Management*, 242, 106711.

Bachiller, E., Utne, K.R., Jansen, T. & Huse, G. 2018. Bioenergetics modeling of the annual consumption of zooplankton by pelagic fish feeding in the Northeast Atlantic. *PLoS One*, 13, 1-29.

Baldissera, M. D., de Freitas Souza, C., Val, A. L., & Baldissarroto, B. (2020). Involvement of purinergic signaling in the Amazon fish *Pterygoplichthys pardalis* subjected to handling stress: Relationship with immune response. *Aquaculture*, 514, 734481.

Balladares Merma, D., & Lezama Cana, L. (2017). Evaluación del efecto de suministro de alimento balanceado sobre el desarrollo de la

carachama (*Liposarcus* sp.) en estado juvenil criados en sistema de estanque. Tesis de grado. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

Bhavimani, H., & Puttaiah, E. T. (2014). Fish culture and physico-chemical characteristics of Madikoppa pond, Dharwad Tq/Dist, Karnataka. *Hidrology Current Research*, 5(1), 1-3. <https://doi.org/10.4172/2157-7587.1000162>

Brauner, C. J., & Val, A. L. (2005). Oxygen transfer. *Fish Physiology*, 21, 277-306.

Buenano, M. V. (2010). Hemograma de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en tres etapas de producción en la cuenca alta de la provincia del Napo, Ecuador. *Boletín Técnico, Serie Zoológica*, 9(6).

Burgos-Aceves, M. A., Lionetti, L., & Faggio, C. (2019). Multidisciplinary haematology as prognostic device in environmental and xenobiotic stress-induced response in fish. *Science of the total environment*, 670, 1170-1183.

Calanche Morales, J. B., Tomás-Vidal, A., Cusiynunca Phoco, E. R., Martínez-Llorens, S., Marquina, P. L., Jover-Cerdá, M., & Beltrán, J. A. (2021). An Approach to the Spanish Consumer's Perception of the Sensory Quality of Environmentally Friendly Seabass. *Foods*, 10(11), 2694.

Camones Yanac, S. B. (2023). Efecto de tres densidades de cultivo de carachama negra *Pterygoplichthys pardalis* en la fase de engorde sobre la respuesta productiva, económica y calidad de agua en la localidad del Prado, Tambopata, Madre de Dios. Tesis de grado. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

Chen, H., & Luo, D. (2023). Application of haematology parameters for health management in fish farms. *Reviews in Aquaculture*, 15(2), 704-737.

Costa, J., Freitas, R., Gomes, A. L., Bernadino, G., Carneiro, D., & Martins, M. I. (2016). Effect of stocking density on economic performance for *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816), juvenile in earthen ponds. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(1), 165-170.

Costa, L. F. L. D., Portela, J. G., Brilhante, F. D. F., Rôla Junior, C. W. M., Borges, F. D. S. S., Alencar, D. J. P., & Mochoco Muñoz, O. J. (2021). Estudio del crecimiento de *Pterygoplichthys pardalis* (CASTELNAU, 1855) en cautiverio alimentado con dieta comercial. *Ciência e tecnologia do pescado*, 2(1), 121-134.

Costa, M. R. D., Tubino, R. D. A., & Monteiro-Neto, C. (2018). Length-based estimates of growth parameters and mortality rates of fish populations from a coastal zone in the Southeastern Brazil. *Zoologia (Cunitiba)*, 35, e22235.

Cusiynunca-Phoco, E. R., Ruiz-Espinoza, J., Collachagua-Echevarria, J. E., Jeanette-Mendoza, L., & Ayala-Guevara, K. J. (2024). Estudio comparativo de las características biométricas, composición proximal de macronutrientes y perfil de ácidos grasos de 3 especies del género *Orestias*. *Agroindustrial Science*, 14(1), 71-79.

Da Cruz, A. L., Da Silva, H. R., Lundstedt, L. M., Schwantes, A. R., Moraes, G., Klein, W., & Fernandes, M. N. (2013). Air-breathing behavior and physiological responses to hypoxia and air exposure in the air-breathing loricariid fish, *Pterygoplichthys anisitsi*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 39, 243-256.

Da Silva, R. S., Lopes, J. R. T., do Espírito Santo, R. V., dos Santos, M. A. S., Cordeiro, C. A. M., Yoshioka, E. T. O., & de Lourenço Júnior, J. B. (2020). Palm kernel meal (*Elaeis guineensis*) as a substitute for corn (*Zea mays*) in diets of Tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Aquaculture Research*, 51(8), 3358-3366.

Dawood, M. A., Eweidah, N. M., Khalafalla, M. M., & Khalid, A. (2020). Evaluation of fermented date palm seed meal with *Aspergillus oryzae* on the growth, digestion capacity and immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture nutrition*, 26(3), 828-841.

De Almeida-Val, V. M. F., Gomes, A. R. C., & Lopes, N. P. (2005). Metabolic and physiological adjustments to low oxygen and high temperature in fishes of the Amazon. *Fish physiology*, 21, 443-500.

De Souza Neves, M., Barbas, L. A. L., do Couto, M. V. S., Lopes, J. N. S., Tavares-Dias, M., & Fujimoto, R. Y. (2018). Haematological assessment of four amazonian ornamental armoured catfish (Teleostei, Loricariidae). *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 40, 1-5.

Della, P., Ortiz, C., Cáceres, C., Sánchez, S., Roux, P., 2016. Performance of sabalo *Prochilodus lineatus* in polyculture with pacu *Piaractus mesopotamicus*. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(2), 336-341.

Dos Santos Guimarães, A., Maciel, L. A. M., de Souza, M. F. B., & Rodrigues, L. R. R. (2023). Karyotypic and Molecular Analysis of

- Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau 1855) from the Lower Amazon River. *Animals*, 13(9), 1533.
- Duncan, W. P. (2020). Interspecific differences in the metabolic rate, gill dimension and hematology of fish in an Amazonian floodplain lake. *Aquatic Science and Technology*, 8(1), 38-58.
- Elfidasari, D., Ismi, L. N., Shabira, A. P., & Sugoro, I. (2018). The correlation between heavy metal and nutrient content in *Plecotomus* (*Pterygoplichthys pardalis*) from Ciliwung River in Jakarta. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 10(3), 597-604.
- Elfidasari, D., Wijayanti, F., & Muthmainah, H. F. (2020). The effect of water quality on the population density of *Pterygoplichthys pardalis* in the Ciliwung River, Jakarta, Indonesia. *Biodiversitas*, 21(9), 4100-4106.
- Ellis, T., Yildiz, H. Y., López-Olmeda, J., Spedicato, M. T., Tort, L., Øverli, Ø., & Martins, C. I. (2012). Cortisol and finfish welfare. *Fish physiology and biochemistry*, 38, 163-188.
- El-Ofify, A. M. (2015). Evaluation of the physicochemical and chlorophyll-a conditions of a subtropical aquaculture in Lake Nasser area, Egypt. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(4), 327-337.
- Escalera-Vázquez, L. H., García-López, J. E., Sosa-López, A., Calderón-Cortés, N., & Hinojosa-Garro, D. (2019). Impact of the non-native locarid fish *Pterygoplichthys pardalis* in native fish community on a seasonal tropical floodplain in Mexico. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 22(4), 462-472.
- FAO. (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/CC0461ES>
- Fazio, F., Cecchini, S., Faggio, C., Caputo, A. R., & Piccione, G. (2014). Stability of oxidative stress biomarkers in flathead mullet, *Mugil cephalus*, serum during short-term storage. *Ecological Indicators*, 46, 188-192.
- Fraser, D. J., Lippe, C., & Bernatchez, L. (2004) Consequences of unequal population size, asymmetric gene flow and sex-biased dispersal on population structure in brook charr. *Mol Ecol*, 13, 67-80.
- Gibbs, M. A., Kurth, B. N., & Bridges, C. D. (2013). Age and growth of the locarid catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* in Volusia Blue Spring, Florida. *Aquatic Invasions*, 8(2).
- Grant, K. R. (2015). Fish hematology and associated disorders. *Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice*, 18(1), 83-103.
- Hamidoghli, A., Lee, S., Torrecillas, S., Yamamoto, Y., Kathriny, D., Santos, M., Rodrigues, O., Oishi, A., Leão, A., Parisi, G., y Gonçalves, U., 2023. Full-Fat Black Soldier Fly Larvae Meal in Diet for Tambaqui, *Colossoma macropomum*: Digestibility, Growth Performance and Economic Analysis of Feeds. *Animals*, 13, 360.
- Halwa, A. (2016). Bioaccumulation of heavy metal (Pb, Cd, Cr) in pleco flesh from upstream of Ciliwung River. Thesis. University Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta Indonesian.
- Hernández-Vergara, M. P., Cruz-Ordóñez, S. B., Pérez-Rostro, C. I., & Pérez-Legaspi, I. A. (2018). Polyculture of crayfish (*Procambarus acanthophorus*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) as a strategy for sustainable water use. *Hidrobiológica*, 28(1), 11-15.
- Hossain, M. Y., Vadas Jr, R. L., Ruiz-Carus, R., & Galib, S. M. (2018). Amazon sailfin catfish *Pterygoplichthys pardalis* (Loricariidae) in Bangladesh: a critical review of its invasive threat to native and endemic aquatic species. *Fishes*, 3(1), 14.
- Jannathulla, R., Rajaram, V., Kalanjiam, R., Ambasankar, K., Muralidhar, M., & Dayal, J. S. (2019). Fishmeal availability in the scenarios of climate change: Inevitability of fishmeal replacement in aquafeeds and approaches for the utilization of plant protein sources. *Aquaculture Research*, 50(12), 3493-3506.
- Jumawan, J. C., & Seronay, R. A. (2017). Length-weight relationships of fishes in eight floodplain lakes of Agusan Marsh, Philippines. *Philippine Journal of Science*, 146(1), 95-99.
- Khieokhajonkhet, A., Aeksirri, N., Ratanasut, K., Kannika, K., Suwannalers, P., Tatsapong, P., & Kaneko, G. (2022). Effects of dietary *Hericium erinaceus* powder on growth, hematology, disease resistance, and expression of genes related immune response against thermal challenge of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animal Feed Science and Technology*, 290, 115342.
- Khieokhajonkhet, A., Thammang, S., Aeksirri, N., Kaneko, G., Tatsapong, P., & Phromkunthong, W. (2024). Fish meal replacement by *Brachytripes portentosus* for *Oreochromis niloticus*: Effect on growth, feed utilization, fatty acid profiles, hematology, and histological changes. *Animal Feed Science and Technology*, 308, 115873.
- Kubitza, F. (2003). *Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões*. F. Kubitza.
- Lima, M. (2023). O efeito da concentração de oxigênio na tolerância térmica em duas espécies de peixes de respiração bimodal: mudanças fisiológicas e comportamentais. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA.
- Lipinski, M. R., & Roeleveld, M. A. (1990). Minor extension of the von Bertalanffy growth theory. *Fisheries research*, 9(4), 367-371.
- Lozano, I. E., Piazza, Y. G., Babay, P., Sager, E., de la Torre, F. R., & Nostro, F. L. L. (2021). Ivermectin: A multilevel approach to evaluate effects in *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (*Characiformes, Prochilodontidae*), an inland fishery species. *Science of The Total Environment*, 800, 149515.
- Madibana, M. J., Mlambo, V., Lewis, B., & Fouché, C. (2017). Effect of graded levels of dietary seaweed (*Ulva* sp.) on growth, hematological and serum biochemical parameters in dusky kob, *Argyrosomus japonicus*, sciaenidae. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 43(3), 249-254.
- Manna, S. K., Das, N., Bera, A. K., Baitha, R., Maity, S., Debnath, D., ... & Patil, P. K. (2021). Reference haematology and blood biochemistry profiles of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) in summer and winter seasons. *Aquaculture Reports*, 21, 100836.
- Marotta, C. G. C., Mayama, J. A., Zegarra, J. O. S., & Carrión, E. F. V. (2019). Plan estratégico para el sector pesquero con enfoque de economía circular. Doctoral dissertation, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
- McLean, E. (2023). Feed ingredients for sustainable aquaculture. *Sustainable Food Science - A Comprehensive Approach*, 2023, 392-423.
- Megarani, D. V., Hardian, A. B., Arifianto, D., Santosa, C. M., & Salasia, S. I. (2020). Comparative morphology and morphometry of blood cells in zebrafish (*Danio rerio*), common carp (*Cyprinus carpio carpio*), and tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, 59(6), 673-680.
- Mogalekar, H. S., Jawahar, P., Srinivasan, A., Marx, K. K., Sujathakumar, N. V., Canciyal, J., & Sudhan, C. (2017). Discovery of the Amazon sailfin catfish *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) (Teleostei: Loricariidae) from Manimuthar dam, Tamiraparani River system, India. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5, 1229-1231.
- Moroni, F. T. (2005). Alterações postmortem do músculo de acari-bodó, *Liposarcus pardalis* (Castelnau, 1855) conservado em gelo ou congelado e seu aproveitamento tecnológico. Tese Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA.
- Moroni, F. T., Moroni, R. B., Mayag, B., de Jesus, R. S., & Lessi, E. (2015). Limitations in decision context for selection of amazonian armoured catfish acari-bod (*Pterygoplichthys pardalis*) as candidate species for aquaculture. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 7(8), 142-150.
- Nair, A. M., Reshma, J. K., Mathew, A., & Ashok, J. A. (2015). Effect of water quality on phytoplankton abundance in selected ponds of Nedumangad Block Panchayat, Kerala. *Emer Life Sci Res*, 1(2), 35-40p.
- Nelson, J. A., & Dehn, A. M. (2010). The GI tract in air breathing. *Fish physiology*, 30, 395-433.
- Nikinmaa, M. (2020). Environmental regulation of the function of circulating erythrocytes via changes in age distribution in teleost fish: possible mechanisms and significance. *Marine genomics*, 49, 100717.
- Nobre, A. M., Valente, L. M. P., Conceição, L., Severino, R., & Lupatsch, I. (2019). A bioenergetic and protein flux model to simulate fish growth in commercial farms: application to the gilthead seabream. *Aquacultural Engineering*, 84, 12-22.
- Nunan, B. L., Silva, A. S., Wang, T., & da Silva, G. S. (2019). Respiratory control of acid-base status in lungfish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 237, 110533.
- Panase, P., Uppapong, S., Tunchareon, S., Tanitson, J., Soontornprasit, K., & Intawicha, P. (2018). Partial replacement of commercial fish meal with Amazon sailfin catfish *Pterygoplichthys pardalis* meal in diets for juvenile Mekong giant catfish *Pangasianodon gigas*. *Aquaculture Reports*, 12, 25-29.
- Paolucci, M. (2023). Fish nutrition and feed technology. *Fishes*, 8(3), 146.
- Parente, T. E., Moreira, D. A., Magalhães, M. G., de Andrade, P. C., Furtado, C., Haas, B. J., & Hahn, M. E. (2017). The liver transcriptome of suckermouth armoured catfish (*Pterygoplichthys*

- anisitsi, Loricariidae): identification of expansions in defensome gene families. *Marine Pollution Bulletin*, 115(1-2), 352-361.
- Parvez, M. T., Lucas, M. C., Hossain, M. I., Chaki, N., Mohsin, A. B. M., Sun, J., & Galib, S. M. (2023). Invasive vermiculated sailfin catfish (*Pterygoplichthys disjunctivus*) has an impact on highly valued native fish species. *Biological Invasions*, 25(6), 1795-1809.
- Patoka, J., Takkir, M., Aryadi, H., Jerikho, R., Nilawati, J., Tantu, F. Y., ... & Petryl, M. (2020). Two species of illegal South American sailfin catfish of the genus *Pterygoplichthys* well-established in Indonesia. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems*, 421, 28.
- Pei, X., Zhang, H., Zhang, X., Zheng, X., Li, J., Chu, M., & Yin, S. (2021). Effects of acute hypoxia and reoxygenation on oxygen sensors, respiratory metabolism, oxidative stress, and apoptosis in hybrid yellow catfish "Huangyou-1". *Fish Physiol Biochem*, 47, 1429-1448.
- Perez-Velazquez, M., Encinas-Mungarro, J., & González-Félix, M. L. (2024). Rate of change in the fillet fatty acid profile of Nile tilapia to attain a nutraceutical level of DHA+ EPA for human consumption. *Aquaculture*, 580, 740270.
- Porto, M. O., Machado, J. J., Cavali, J., Nunes, N. N. D. S., Almeida, A. R., & Ferreira, E. (2018). Performance of juvenile tambaqui in cage, under different feed rates. *Boletim. Instituto de Pesca*, 44(2), e308.
- Ragaza, J. A., Hossain, M. S., & Kumar, V. (2021). The potential of invasive alien fish species as novel aquafeed ingredients. In *Sustainable aquafeeds* (pp. 57-76). CRC Press.
- Ranzani-Paiva, M. J. T., Takemoto, R. M., Lizama, M. D. L. A. P., Perazzolo, L. M., & Rosa, R. D. (2019). *Biotecnologia e Sanidade de Organismos Aquáticos*. Publisher: Abrapoa. ISBN: 978-65-80723-00-3.
- Rao, K. R., & Sunchu, V. (2017). A report on *Pterygoplichthys pardalis* Amazon sailfin suckermouth Catfishes in Freshwater tanks at Telangana state, India. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(2), 249-254.
- Roxo, F. F., Ochoa, L. E., Sabaj, M. H., Lujan, N. K., Covain, R., Silva, G. S., & Oliveira, C. (2019). Phylogenomic reappraisal of the Neotropical catfish family Loricariidae (Teleostei: Siluriformes) using ultraconserved elements. *Molecular phylogenetics and evolution*, 135, 148-165.
- Rubio, V.Y., Gibbs, M.A., Work, K.A., Bryan, C.E. 2016. Abundant feces from an exotic armored catfish, *Pterygoplichthys disjunctivus* (Weber, 1991), create nutrient hotspots and promote algal growth in a Florida spring. *Aquatic Invasions*, 11, 337-350.
- Saba, A. O., Rasli, N. F., Ismail, A., Zulkifli, S. Z., Ghani, I. F. A., Muhammad-Rasul, A. H., & Azmai Amal, M. N. (2020). A report on introduced Amazon sailfin catfish, *Pterygoplichthys pardalis* in Gombak Basin, Selangor, with notes on two body patterns of the species. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 43(4).
- Samat, A., Shukor, M. N., Mazlan, A. G., Arshad, A., & Fatimah, M. Y. (2008). Length-weight relationship and condition factor of *Pterygoplichthys pardalis* (Pisces: Loricariidae) in Malaysia Peninsula. *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology*, 3(2), 48-53.
- Santos, C., Julio, C., Batista, S., Miranda, L., Pedras, C., Luz, K., 2022. High stocking densities in the larviculture of *Colossoma macropomum* in a recirculating aquaculture system: Performance, survival and economic viability. *Aquaculture*, 552, 738016.
- Sarkar, A., Rana, S., Bhowmik, P., Hasan, N., Shimul, S. A., & Al Nahid, S. A. (2023). A Review of Suckermouth Armoured Catfish (Siluriformes: Loricariidae) Invasion, Impacts and Management: Is Its Invasion a Threat to Bangladesh's Fisheries Sector?. *Asian Fisheries Science*, 36(3).
- Satheeshkumar, P., Ananthan, G., Kumar, D. S., & Jagadeesan, L. J. C. C. P. (2012). Haematology and biochemical parameters of different feeding behaviour of teleost fishes from Vellar estuary, India. *Comparative Clinical Pathology*, 21, 1187-1191.
- Satheeshkumar, P., Ananthan, G., Senthilkumar, D., Khan, A. B., & Jeevanantham, K. (2012). Comparative investigation on haematological and biochemical studies on wild marine teleost fishes from Vellar estuary, southeast coast of India. *Comparative Clinical Pathology*, 21, 275-281.
- Scott, G. R., Matey, V., Mendoza, J. A., Gilmour, K. M., Perry, S. F., Almeida-Val, V. M., & Val, A. L. (2017). Air breathing and aquatic gas exchange during hypoxia in armoured catfish. *Journal of Comparative Physiology B*, 187, 117-133.
- Sousa, L. F. D., Souza, D. C. D., Coelho, T. A., Tavares-Dias, M., & Correa, L. L. (2020). Morphometric Characterization of Trypanosoma spp. and blood parameters in *Pterygoplichthys pardalis* (Pisces: Loricariidae) from the Brazilian Amazon. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92(suppl 2), e20190577.
- Sousa, R. G. C., Oliveira, C. M., Sant'Anna, I. R. A., Marshall, B. G., & de Carvalho Freitas, C. E. (2019). Growth parameters and yield per recruit analysis for the armoured catfish *Pterygoplichthys pardalis* sampled in the low reach of the Amazonas river. *Boletim do Instituto de Pesca*, 45(2).
- Souza, P. C., Poy, C. D., & Bonilla-Rodriguez, G. O. (2004). Comparative analysis of the hemoglobins from tambacu, tambaqui (*C. macropomum*) and pacu (*P. mesopotamicus*). *Conference: International Congress on the Biology of Fish*.
- Sudarshan, S., Vijayarahavan, V., Santhoshkumar, S., Subburaj, A., Alamelu, V., & Krishnaveni, N. (2022). Length-weight relationship and condition factor of invasive Amazon sailfin catfish, *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) in river-fed ponds, Nagapattinam, Tamil Nadu. *Journal of Experimental Zoology India*, 25(1).
- Svitačová, K., Slavík, O., & Horký, P. (2023). Pigmentation potentially influences fish welfare in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science*, 105903.
- Tavares-Dias, M., Schalch, S. H., Martins, M. L., Onaka, E. M., & Moraes, F. R. (2000). Haematological characteristics of Brazilian Teleosts: III. Parameters of the hybrid tambacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg x *Colossoma macropomum* Cuvier) (Osteichthyes, Characidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 17, 899-906.
- Val, AL, de Almeida-Val, VMF, y Afonso, EG (1990). Características adaptativas de los peces amazónicos: hemoglobinas, hematología, fosfatos intraeritrocíticos y efecto Bohr en sangre total de *Pterygoplichthys multiradiatus* (Siluriformes). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 97(3), 435-440.
- Luis, M. V., Cañas-Alva, C. M., Vargas-Rojas, M., & Isasi-Catala, E. (2020). Caracterización de la pesca a pequeña escala del río Tahuayo: Bases Ecológicas para un manejo pesquero con enfoque de cuenca. *Folia Amazónica*, 29(2), 371-390.
- Vargas Sánchez, O. A. (2012). Estudio preliminar sobre la crianza de CARACHAMA (*Chaetostoma* SP) en cautiverio 2012. 69 f. Universidad Estatal amazónica, 2012 (*Bachelor's thesis*).
- Vilca Carhuapoma, E. (2019). Rendimiento de alimentos balanceados comerciales en el crecimiento de *Pterygoplichthys* sp. "carachama negra", Madre de Dios, 2018-2019. Tesis de grado. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Wang, X., Wu, Z., Wu, S., Chen, X., Hanif, M., & Zhang, S. (2021). Hematological and cytochemical characteristics of peripheral blood cells in the argus snakehead (*Ophiocephalus argus* Cantor). *PeerJ*, 9, e11234.
- Wintrobe M. 1934. Variations on the size and haemoglobin content of erythrocytes in the blood various vertebrates. *Folia Haematologica* 51, 32-49.
- Zhu W., & Su J. (2022) Immune functions of phagocytic blood cells in teleost. *Reviews in Aquaculture*, 14(2), 630-646.