



**Uso de harina de camote (*Ipomoea batatas*) en dietas balanceadas para la engorda de Paiche (*Arapaima gigas*), Sucumbíos – Ecuador**

Toapanta Cóndor, Wendy Carolina

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal Ph.D.

Ing. Rivera Mayo, Patricia Margarita

24 de agosto del 2022



**Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura**

**Carrera de Ingeniería Agropecuaria**

### **Certificación**

Certifico que el trabajo de titulación: "**Uso de harina de camote (*Ipomoea batatas*) en dietas balanceadas para la engorda de Paiche (*Arapaima gigas*), Sucumbios – Ecuador**" fue realizado por la señorita **Toapanta Córdor, Wendy Carolina**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

**Sangolquí, 24 de agosto de 2022**

Firma:



El modo electrónico por  
JUAN  
CRISTOBAL  
ORTIZ TIRADO

**Ortiz Tirado, Juan Cristóbal**

C. C 1709998163



Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Toapanta Córdor, Wendy Carolina** con cédula de ciudadanía n°1724971344, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Uso de harina de camote (*Ipomoea batatas*) en dietas balanceadas para la engorda de Paiche (*Arapaima gigas*), Sucumbios – Ecuador** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 24 de agosto de 2022

Firma

**Toapanta Córdor, Wendy Carolina**

C.C.: 1724971344



**Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura**

**Carrera de Ingeniería Agropecuaria**

**Autorización de Publicación**

Yo **Toapanta Córdor, Wendy Carolina**, con cédula de ciudadanía n° 1724971344, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Uso de harina de camote (*Ipomoea batatas*) en dietas balanceadas para la engorda de Paiche (*Arapaima gigas*), Sucumbios – Ecuador** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

**Sangolquí, 24 de agosto de 2022**

Firma

**Toapanta Córdor, Wendy Carolina**

C.C.: 1724971344

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos

Tesis Wendy toapanta (copy leaks).docx

Scanned on: 2:10 August 24, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	139
Words with Minor Changes	18
Paraphrased Words	123
Omitted Words	61



Escaneado por  
JUAN  
CRISTOBAL  
ORTIZ TIRADO

## Dedicatoria

A Dios, por bendecirme en cada momento de mi vida.

A mis queridos padres, Juan E. Toapanta y Beatriz Cóndor, por ustedes he llegado tan lejos. Sacrificaron mucho de sus vidas para que yo pudiera construir la mía. Gracias por apoyarme en cada uno de mis pasos, por enseñarme a luchar por cada objetivo, por mantener la unión familiar, por sus oraciones, su paciencia, valores y amor infinito.

A mis hermanos David, Juan Daniel y Miguel, quienes han sido mi ejemplo a seguir.

A Vilma, quien ha sido como mi hermana. Me siento afortunada de poder contar contigo y saber que estás ahí siempre.

A mis sobrinos Juan Pablo, Sofía, Victoria y Juan David, me hacen inmensamente feliz.

A mi Papito Juan por ser la motivación e inspiración para cumplir esta meta, gracias por cada palabra en el momento justo, por brindarme su sabiduría, consejos y valores.

***Wendy Carolina Toapanta Cóndor***

## Agradecimientos

A mi tutor de tesis, el Ing. Juan Ortiz, por compartir su conocimiento, guiarme y motivar en cada paso del proceso de la tesis

A mi cotutora de tesis, la Ing. Margarita Rivera, por creer en mis capacidades desde un inicio, por brindarme su apoyo, consejos y conocimiento para la ejecución de este proyecto.

A la Ing. Daysi Muñoz, por ser una guía y ayudarme muy generosamente en los procesos del laboratorio.

Al Ing. Miguel Tipán, por haber sido inicialmente el nexo de colaboración entre el Centro Internacional de la Papa y ASOARAPAIMA y a su vez actuar como Colaborador externo en todos los procesos de mi proyecto de tesis.

Al Ing. Julio Pazmiño e Ing. Diego Vela, revisores de esta investigación, gracias por su tiempo y recomendaciones.

A la Abg. Natacha Benítez y al Sr. Joffre Villalva, representantes de la Asociación de Productores de Paiche ASOARAPAIMA por ser los precursores de este proyecto, gracias por regalarme la oportunidad de desarrollar habilidades y destrezas en el área acuícola que seguro me ayudarán en la vida profesional.

Al Centro Internacional de la Papa CIP, por su colaboración y noble ayuda en bien del sector productivo del país, quienes en conjunto con la Academia promueven el desarrollo de los productores a través de estrategias sostenibles cómo este tipo de estudios.

Al Ing. Antonio Almeida de la Fundación Centro Lianas, por brindarme apoyo y la oportunidad de desarrollar mi proyecto de investigación. Gracias, me llevo experiencias enriquecedoras.

Al Dr. Fabio Sala de BIOMIX, gracias por ayudarnos en la elaboración del balanceado para la investigación y brindarme su conocimiento sin límites.

Al Ing. Alejandro De la Roche del Centro de Investigaciones Acuícolas, por darme apertura en los laboratorios y oportunas recomendaciones.

A la Sra. Mariana Paucar, representante de la Federación de Organizaciones Campesinas de Shushufindi FOCASH, por abrirme las puertas de sus instalaciones para la elaboración de harina de camote.

A la Junta Parroquial de Jambelí, por la construcción de los estanques de tierra para la ejecución de esta investigación.

A la Finca “La Piedad” de la Familia Villalva por abrirme las puertas para que se lleve a cabo la fase de campo de este proyecto.

Al Sr. Joffre Villalva y su familia, quienes me brindaron su tiempo y ayuda en la fase de campo de esta investigación, gracias por abrirme las puertas de su hogar.

A la Sra. Ninfa Villalva y al Sr. Manuel, gracias a su familia por hacer de mi estancia en Jambelí una experiencia agradable.

A la Parroquia Jambelí- Sucumbíos, gracias a los vecinos y amigos, gente amable. Gracias por regalarme los mejores atardeceres del Ecuador.

A mi mejor amiga Paty, gracias infinitas por brindarme tu amistad incondicional siempre, en especial en este proceso.

A mis amigos Sergio, Jahir, Sofy, Daya, Fernando y Danny, gracias por su amistad y palabras de aliento durante este proceso.

***Wendy Carolina Toapanta Cóndor***



## Índice de contenidos

Carátula .....	1
Certificación de titulación .....	2
Responsabilidad de autor .....	3
Autorización de Publicación .....	4
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimientos .....	7
Índice de contenidos .....	9
Índice de tablas.....	13
Índice de figuras.....	16
Resumen .....	18
Abstract.....	19
Capítulo I .....	20
Introducción .....	20
Antecedentes.....	20
Justificación.....	21
Objetivos .....	23
Objetivo general .....	23
Objetivos específicos .....	23
Hipótesis.....	23

	10
Hipótesis nula.....	23
Hipótesis alternativa .....	23
Capítulo II .....	24
Revisión de Literatura .....	24
Paiche ( <i>Arapaima gigas</i> ) .....	24
Distribución geográfica y hábitat de <i>Arapaima gigas</i> .....	24
Hábitos alimenticios.....	25
Aparato digestivo de <i>Arapaima gigas</i> .....	26
Etapas de Engorde.....	26
Requerimientos nutricionales del Paiche .....	27
Frecuencia y tasa de alimentación .....	28
Digestibilidad de ingredientes para dietas de Paiche .....	28
Calidad de agua para la producción de Paiche.....	29
Camote ( <i>Ipomoea batatas</i> ).....	30
Digestión de carbohidratos en peces.....	33
Investigación del uso del camote en la alimentación de especies acuícolas.....	33
Factibilidad del uso de camote en la alimentación de peces.....	34
Producción de camote en Ecuador .....	34
Beneficios.....	35
Capítulo III .....	36
Metodología .....	36

	11
Diseño experimental .....	36
Ubicación y características del lugar de estudio .....	37
Instalación del ensayo .....	38
Clasificación y adaptación de los peces.....	38
Elaboración de harina de camote y formulación de la dieta .....	39
Harina de camote .....	39
Formulación de la dieta .....	46
Alimentación .....	47
Variables morfométricas .....	48
Variables productivas .....	49
Ganancia de peso .....	50
Tasa de crecimiento específico .....	50
Factor de conversión alimenticia .....	50
Supervivencia.....	50
Índice de condición corporal (K) .....	51
Toma de muestras de sangre .....	51
Toma de muestras de tejido .....	52
Análisis de costos .....	54
Análisis estadístico .....	54
Capítulo III .....	56
Resultados .....	56

	12
Parámetros de calidad de agua .....	56
Parámetros morfométricos.....	57
Parámetros productivos.....	59
Variables hematológicas y bioquímicas sanguínea.....	65
Parámetros histológicos .....	66
Tejido hepático.....	66
Tejido intestinal .....	68
Análisis económico.....	69
Capítulo IV .....	75
Discusión .....	75
Parámetros de calidad de agua .....	75
Variables morfométricas y productivas .....	75
Parámetros hematológicos .....	77
Análisis histológicos.....	78
Hígado .....	78
Intestino .....	79
Análisis económico.....	80
Capítulo V .....	81
Conclusiones.....	81
Recomendaciones.....	82
Bibliografía.....	84

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Programa de alimentación de paiche .....	28
<b>Tabla 2</b> Coeficientes de digestibilidad aparente (%CDA) para ingredientes probados en paiche .....	29
<b>Tabla 3</b> Rangos adecuados y óptimos de calidad de agua para el manejo de paiches.....	30
<b>Tabla 4</b> Taxonomía del camote .....	30
<b>Tabla 5</b> Contenido nutrimental de camote variedad “Toquecita” .....	31
<b>Tabla 6</b> Contenido nutricional de la harina de camote .....	32
<b>Tabla 7</b> Composición de dietas experimentales para paiches en etapa de engorde .....	46
<b>Tabla 8</b> Composición proximal de dietas experimentales para paiches en etapa de engorde..	47
<b>Tabla 9</b> Promedio $\pm$ desviación estándar de parámetros de calidad de agua sobre los tratamientos .....	56
<b>Tabla 10</b> Promedio $\pm$ desviación estándar del peso (Kg) de paiches de la interacción de los tratamientos x tiempo .....	58
<b>Tabla 11</b> Promedio $\pm$ desviación estándar de la longitud total, parcial, de la cabeza y diámetro de paiches de la interacción de los tratamientos x tiempo .....	59
<b>Tabla 12</b> Promedio $\pm$ desviación estándar de las variables morfométricas de paiches alimentados con diferentes balanceados.....	59
<b>Tabla 13</b> Promedio $\pm$ desviación estándar de la TCE, FCA, EA y GPD de paiches para la interacción de los tratamientos x tiempo.....	60
<b>Tabla 14</b> Promedio $\pm$ desviación estándar del índice de condición corporal y % de	

supervivencia de paiches para la interacción de los tratamientos x tiempo .....	60
<b>Tabla 15</b> Promedio $\pm$ desviación estándar de parámetros productivos de paiches alimentados con diferentes balanceados.....	64
<b>Tabla 16</b> Promedio $\pm$ desviación estándar de las variables morfométricas y productivas de paiches alimentados con diferentes balanceados.....	64
<b>Tabla 17</b> Promedio $\pm$ desviación estándar de los parámetros hematológicos de paiches alimentados con diferentes balanceados.....	65
<b>Tabla 18</b> Promedio $\pm$ desviación estándar de los parámetros de bioquímica sanguínea de paiches alimentados con diferentes balanceados.....	65
<b>Tabla 19</b> Cortes histológicos de tejido hepático de Paiche alimentados con diferentes balanceados.....	66
<b>Tabla 20</b> Cortes histológicos del intestino anterior de Paiche alimentados con diferentes balanceados.....	68
<b>Tabla 21</b> Costos de inversión para un proyecto de paiche en etapa de engorde .....	70
<b>Tabla 22</b> Costos operativos para el tratamiento con balanceado de trucha proyectado para 10 años .....	70
<b>Tabla 23</b> Costos operativos para el tratamiento con 0% de inclusión de harina de camote proyectado para 10 años.....	71
<b>Tabla 24</b> Costos operativos para el tratamiento con 20% de inclusión de harina de camote proyectado para 10 años.....	71
<b>Tabla 25</b> Costos operativos para el tratamiento con 30% de inclusión de harina de camote	

proyectado para 10 años.....	72
<b>Tabla 26</b> Ingresos anuales de proyecto para engorde de paiche.....	72
<b>Tabla 27</b> Flujo de caja para el tratamiento con balanceado de trucha para 10 años.....	73
<b>Tabla 28</b> Flujo de caja para el tratamiento con 0% de inclusión de harina de camote a proyectado para 10 años.....	73
<b>Tabla 29</b> Flujo de caja para el tratamiento con 20% de inclusión de harina de camote a proyectado para 10 años.....	74
<b>Tabla 30</b> Flujo de caja para el tratamiento con 0% de inclusión de harina de camote a proyectado para 10 años.....	74
<b>Tabla 31</b> Indicadores financieros para proyecto de engorde de paiche con diferentes balanceados.....	74

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Disposición de las unidades experimentales .....	36
<b>Figura 2</b> Ubicación geográfica del lugar de estudio .....	37
<b>Figura 3</b> Instalación de mallas en unidades experimentales.....	38
<b>Figura 4</b> Clasificación de paiches.....	39
<b>Figura 5</b> Ubicación geográfica de la elaboración de harina de camote.....	40
<b>Figura 6</b> Recepción y almacenaje de camote.....	40
<b>Figura 7</b> Lavado y clasificación de camote .....	41
<b>Figura 8</b> Triturado de camote .....	42
<b>Figura 9</b> Secado de camote en invernadero de vidrio.....	43
<b>Figura 10</b> Secado de camote en marquesinas solares .....	44
<b>Figura 11</b> Diagrama de flujo del procesamiento de harina de camote .....	45
<b>Figura 12</b> Balanceado de trucha y balanceado con inclusión de harina de camote .....	46
<b>Figura 13</b> Alimentación de paiches.....	48
<b>Figura 15</b> Biometría de paiches.....	49
<b>Figura 16</b> Extracción de sangre de la venal caudal de paiche .....	51
<b>Figura 17</b> Análisis de bioquímica sanguínea .....	52
<b>Figura 18</b> Recolección de muestras de tejido.....	53
<b>Figura 19</b> Visualización de placas histológicas en microscopio óptico.....	53
<b>Figura 20</b> Gráfico de puntos del promedio $\pm$ desviación estándar de los parámetros de calidad de agua a través del tiempo .....	56



<b>Figura 21</b> Gráfico de barras del promedio $\pm$ desviación estándar del peso (Kg) a través del tiempo .....	57
<b>Figura 22</b> Gráfico de barras del promedio $\pm$ desviación estándar de la longitud (cm) a través del tiempo.....	58
<b>Figura 23</b> Gráfico de barras del promedio $\pm$ desviación estándar de la tasa de crecimiento específico a través del tiempo .....	61
<b>Figura 24</b> Gráfico de barras del promedio $\pm$ desviación estándar del factor de conversión alimenticia a través del tiempo .....	61
<b>Figura 25</b> Gráfico de barras del promedio $\pm$ desviación de la eficiencia alimenticia a través del tiempo.....	62
<b>Figura 26</b> Gráfico de barras del promedio $\pm$ desviación estándar de la ganancia de peso diario a través del tiempo.....	62
<b>Figura 27</b> Gráfico de barras del promedio $\pm$ desviación estándar del índice de condición corporal a través del tiempo .....	63
<b>Figura 28</b> % Supervivencia de paiches a través del tiempo.....	63

## Resumen

*Arapaima gigas* es una especie endémica del río Amazonas y tiene hábito alimenticio carnívoro. La producción de Paiche se ha incrementado en los últimos años en Sudamérica debido a que presenta características importantes para la producción en cautiverio como el crecimiento rápido, soporta altas densidades y tiene una carne de alta calidad. Sin embargo, en Ecuador la producción de Paiche es menor que otras especies tropicales porque no tiene un balanceado específico para su desarrollo. Bajo este contexto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de 4 balanceados con inclusión de harina de camote (balanceado comercial de trucha, 0% HC, 20 % HC y 30% HC) sobre variables morfométricas, productivas y hematológicas de Paiche. El estudio demostró que no hubo efecto de los balanceados sobre las variables morfométricas y productivas del Paiche ( $p>0.05$ ); es decir que, cualquier de los balanceados evaluados pueden ser aprovechados por el Paiche. Sin embargo, hubo un incremento de las variables productivas con el balanceado con 0% de harina de camote. Además, los análisis de sangre determinaron que las dietas no afectan la salud del Paiche. La histología de hígado determinó presencia de glucógeno en los hepatocitos, mientras que el tejido del intestino presentó alteraciones en las estructuras de los Paiches alimentados con el 20% y 30% de harina de camote. Finalmente, se realizó un análisis económico producción, el cual demuestra que la producción de Paiche es rentable cuando los peces son alimentados con balanceado comercial de trucha y % 0 de harina de camote.

**Palabras clave:** Paiche, camote *Arapaima gigas*, balanceado, *Ipomoea batatas*

### Abstract

*Arapaima gigas* is an endemic species of the Amazon River and has a carnivorous feeding habit. Paiche production has increased in recent years in South America because it has important characteristics for captive production such as rapid growth, supports high densities and has high quality meat. However, in Ecuador the production of Paiche is less than other tropical species because it does not have a specific balance for its development. In this context, the objective of this research was to evaluate the effect of 4 diets including sweet potato flour (commercial trout diet, 0% HC, 20% HC and 30% HC) on morphometric, productive and hematological variables of Paiche. The study showed there was no effect of the diets on the morphometric and productive variables of Paiche ( $p>0.05$ ); that is to say, any of the diets evaluated can be used by the Paiche. However, there was an increase in the productive variables with 0% sweet potato flour diet. In addition, blood tests determined that the diets do not affect the health of the Paiche. Liver histology determined the presence of glycogen in hepatocytes, while the intestine tissue presented alterations in the structures of Paiches fed 20% and 30% sweet potato flour diet. Finally, an economic production analysis was carried out, which shows that Paiche production is profitable when the fish are fed with commercial trout feed and 0% sweet potato flour.

**Keywords:** Paiche, sweet potato, diet, *Arapaima gigas*, *Ipomoea batatas*

## Capítulo I

### Introducción

#### Antecedentes

La producción de Paiche *Arapaima gigas* se ha incrementado durante los últimos años, siendo Brasil, a nivel de Sudamérica, el país que ocupa el primer lugar en la producción de la especie con 1886 toneladas, seguida por Perú con 99 toneladas (FAO, 2022). En Ecuador, se desconoce la estadística exacta de producción de Paiche, no obstante, el Ministerio del Ambiente, por medio de marcadores electrónicos lleva el seguimiento y monitoreo de 5900 peces (Ortiz et al., 2019). Además, esta entidad es la encargada de regular el cultivo, reproducción y captura de la especie, ya que esta próxima a ser considerada en peligro de extinción (CITES, 2021). A pesar de ello, el crecimiento productivo de la especie está dado por el elevado porcentaje nutricional y aporte económico que genera su producción, especialmente para las comunidades indígenas amazónicas (ASOARAPAIMA, 2021).

La actividad piscícola de *Arapaima gigas* en Ecuador se concentra en la región Amazónica, siendo ASOARAPAIMA la principal Asociación dedicada a la producción de la especie y que, actualmente cuenta con 9 patentes autorizadas por el Ministerio del Ambiente para ejercer la actividad de manera sostenible, con una producción de 1726 peces para la comercialización (MAAE, 2021). Lastimosamente, la Asociación atraviesa por problemas en la nutrición de la especie debido a que a nivel nacional no se cuenta con dietas adecuadas que cubran las exigencias nutricionales del Paiche, es por ello que, los piscicultores optan por alimentar a sus peces con piensos de otras especies carnívoras como la trucha arcoíris. Esto ha derivado en problemas fisiológicos de los animales, mortalidades elevadas, bajos rendimientos productivos y fuertes pérdidas económicas (ASOARAPAIMA, 2021).

La falta de una dieta asequible y equilibrada es una limitante en la acuicultura del Paiche y los requerimientos nutricionales pueden cambiar en función del tamaño, fuente de proteína y condiciones ambientales (Magalhães et al., 2017). Estudios demuestran que el uso de insumos alimenticios desaprovechados en la industria acuícola como el camote, pueden ser empleados en la dieta de algunas especies como fuente de energía, tanto a nivel de proteína como glúcido, en reemplazo de ingredientes comúnmente utilizados, reduciendo los costos de producción (Olasunkanmi et al., 2021). Es así que, (Adewolu, 2008), probó una inclusión del 15% de harina de hojas de camote en tilapia sin afectar el crecimiento y, (Pizzini, 2017) menciona que, la inclusión del 10% de harina de camote en dietas para alevines de tilapia incrementa la ganancia de peso y disminuye la conversión alimenticia. Por lo anterior es posible que, al incluir la harina de camote como fuente de energía en dietas de Paiche y un reto como especie carnívora, podría mejorar la condición corporal de los mismos para obtener un producto final de calidad.

Bajo este contexto, conociendo que la engorda del Paiche es una etapa crítica ya que los peces deben alcanzar un peso adecuado con excelente calidad y lograr la comercialización y que estos aspectos se mejoran con la nutrición, la presente investigación tiene como objetivo evaluar dietas balanceadas para la alimentación de este pez en la etapa de engorde, con diferentes niveles de inclusión de harina de camote y su impacto en parámetros productivos bajo condiciones controladas. Con esta finalidad, se trabajará en conjunto con productores de Paiche y camote de la Amazonía ecuatoriana, considerando un enfoque de economía circular, contribuyendo con la sostenibilidad y el desarrollo económico de las producciones de nuestro país.

### **Justificación**

En Ecuador las unidades productivas dedicadas a la cría y comercialización del Paiche como ASOARAPAIMA, se enfrenta a problemas que afectan los rendimientos productivos

esperados. Se conoce que la nutrición es el principal inconveniente de un cultivo y este representa entre un 50-70% de los costos de producción (A. P. Rodrigues et al., 2015). A nivel nacional no se cuenta con una dieta adecuada que cubra las exigencias nutricionales de la especie, lo que genera que los piscicultores opten por alimentar a sus peces con balanceado de trucha, esperando que se cumpla en algo con los requerimientos del Paiche. Sin embargo, la alimentación de estos peces con dietas de otras especies ha provocado graves daños en la fisiología de los animales como la presencia del exceso de grasa en tejido hepático, consecuentemente una alta mortalidad y fuertes pérdidas económicas (ASOARAPAIMA, 2021).

El suministro de alimento balanceado sin un perfil nutricional adecuado para la especie puede ocasionar pérdida de la condición corporal, peso y crecimiento lento. Además, el sistema inmunológico de estos disminuye, lo que genera que sean más propensos a desarrollar enfermedades (FAO, 2011). Por otro lado, para formular dietas adecuados para la especie, es fundamental conocer la digestibilidad de los ingredientes, caso contrario se obtendrá bajos rendimientos y contaminación del agua (B. O. Mattos et al., 2016). Los piensos comerciales actuales de Perú tienen valores de conversión alimenticia elevadas (1.7-2.3), lo que producir un kilo de carne es más caro (Del Carpio, 2021). Así mismo, las tablas de alimentación sugeridas suelen sobreestimar las necesidades de alimento de la especie lo que genera una sobre alimentación, desperdicio de alimento y por consecuencia desventajas económicas para los productores y contaminación del recurso hídrico (Cho, 1992).

Bajo este contexto, es necesario buscar alternativas de dietas adecuadas para *Arapaima gigas*, especialmente en etapas críticas como la engorda donde los peces deben alcanzar un peso adecuado para su comercialización y acceso a mercados que exigen mayor calidad del producto. Es por esto que, el camote al ser un recurso natural producido en la Amazonía, aportaría como una fuente de energía y pigmentos para la elaboración de dietas de

Paiche, así como también, contribuiría a mejorar la economía tanto de agricultores de camote como de los piscicultores de Paiche a través de una producción sostenible.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Evaluar el efecto de dietas balanceadas para la alimentación de Paiche en etapa de engorde con diferentes niveles de inclusión de harina de camote sobre parámetros productivos bajo condiciones controladas en Sucumbíos, Ecuador.

### ***Objetivos específicos***

Determinar los parámetros morfométricos y productivos del Paiche en etapa de engorda alimentados con dietas a base de harina de camote.

Evaluar los perfiles hematológicos e histológicos de hígado e intestino de peces alimentados con dietas con inclusión de harina de camote

Analizar los costos de producción, mediante la metodología de García et al.,1993.

## **Hipótesis**

### ***Hipótesis nula***

La inclusión de harina de camote en dietas para Paiche no tiene efecto sobre los parámetros morfométricos, productivos, hematológicos e histológicos de la especie en etapa de engorda.

### ***Hipótesis alternativa***

La inclusión de harina de camote en dietas para Paiche tiene efecto sobre los parámetros morfométricos, productivos, hematológicos e histológicos de la especie en etapa de engorda.

## Capítulo II

### Revisión de Literatura

#### **Paiche (*Arapaima gigas*)**

*Arapaima gigas* (Schinz1822) es el segundo pez escamado más grande de aguas dulce y el sexto entre todos los peces de agua dulce del mundo (Chu Koo et al., 2017). Pertenece a la clase Actinopterygii, que abarca a los peces con aletas radiadas y al orden Osteoglosiformes que se caracteriza por tener una lengua de hueso, el cual ayuda en la trituración del alimento (Sousa et al., 2017). El Paiche tiene un cuerpo de forma alargada, con una configuración circular y elipsoidal, con escamas grandes y gruesas. Las aletas pectorales se encuentran lejos de las ventrales, en cambio las dorsales y anales están cerca de la caudal (Bard & Imbiriba, 1986).

#### **Distribución geográfica y hábitat de *Arapaima gigas***

El Paiche es una especie endémica del río Amazonas que se distribuye a través de sus afluentes en Perú, Ecuador, Brasil y Colombia. También se encuentra en los ríos Madre de Dios de Perú, Beni de Bolivia (especie introducida) y Esequibo de Guyana (FAO, 2010). En Ecuador, según Barriga (2012) afirma que, *Arapaima gigas* se concentra en la zona ictiohidrográfica Napo-Pastaza (NP), limitado al norte por los ríos San Miguel y Putumayo, al sur el río Huasaga, al oeste la cota de los 600 msnm y al este, el Perú a una cota de 190 m. Las subcuencas de esta área comprenden los ríos San Miguel, Putumayo, Aguarico, Payamino y Coca, Jivino, Indillama, Pañacocha, Tivacuno, Tiputini, Nashinho, Yasuni, Napo, Curaray. Pintoyacu, Shionoyacu, Cunambo, Corrientes, Bobonaza, Ishpingo, Capahuari y Pastaza (Barriga, 2012).

En la naturaleza, el Paiche es una especie altamente sedentaria que presenta un comportamiento migratorio limitado, es decir que sigue a sus presas a través de los efluentes



por un tiempo, pero luego de unos meses regresa al lugar de origen. Vive en zonas con poca corriente de agua, como lagos y cochas, también en lugares poco profundos del río, prefiere permanecer en sitios cerca de las orillas rodeado de vegetación flotante (Núñez-Rodríguez et al., 2015). Es un animal que explora toda la columna de agua para alimentarse o inspeccionar depredadores (Castello, 2008). Además, tiene respiración acuática y aérea, es decir es obligado a subir a la superficie del agua periódicamente para captar el aire atmosférico (Chu Koo et al., 2017).

### **Características de interés comercial**

El Paiche posee algunas características deseables para la cría intensiva. Tiene rápido crecimiento en cautiverio, ya que puede alcanzar 10 kg de peso en el primer año (Imbiriba, 2001). Soporta altas densidades de carga animal porque tienen la capacidad de realizar la respiración aérea aprovechando el aire atmosférico, sin depender del oxígeno disuelto en el agua (Sousa et al., 2017). Posee una carne de alta calidad, ya que esta es clara, magra, tierna y sin espinas intramusculares (Cortegano et al., 2017). Además, el contenido de proteína está entre el 17-19% y es una fuente de ácidos grasos esenciales omega-3, como los EPA y DHA (Martins et al., 2017). Finalmente, el rendimiento del filete es superior al 45%, superando el rendimiento alcanzado por otros peces (Fogaça et al., 2011).

### **Hábitos alimenticios**

El Paiche es considerada una especie carnívora, sin embargo, (Villafan et al., 2020) afirma que, la dieta del Paiche se compone principalmente de peces, material vegetal e invertebrados y, además, no presenta diferencias en las dietas entre sexos. El Paiche pertenece al nivel trófico de los omnívoros, ya que el índice intestinal fue de  $1.48 \pm 0.13$  y nivel trófico (NT) de las especies consumidas fue de 3.8, valor que se encuentra próxima al umbral

entre especies omnívoras y carnívoras. Por lo tanto, el estudio sugiere que el Paiche es una especie omnívoro con preferencia hacia los peces.

A. P. Rodrigues et al., (2015) relata que, para capturar la presa o alimento, el Paiche realiza un movimiento fuerte de succión con la boca, como consecuencia de la presión negativa generada por la oclusión de las membranas del opérculo. Además, la actividad de alimentación del Paiche es diurna, esto debido al hábito de respiración bimodal. El consumo de alimento no se distribuye uniformemente durante el día, pero se concentra alrededor entre las 9 y 12:00 de la mañana (B. Mattos et al., 2016).

### ***Aparato digestivo de Arapaima gigas***

La boca del Paiche tiene dos placas óseas laterales y una palatina, que actúan como dientes y con la ayuda de la lengua ósea, sujetan a la presa matándola antes de tragarla (Campos, 2001). El esófago es un órgano muscular, tubular y corto, tiene forma de abanico en la porción craneal con pliegues longitudinales profundos. El estómago es musculoso y distensible en forma de J dividido en tres regiones: cardiaca, media y pilórica con pliegues más profundos (Pinto et al., 2022). Además, posee dos ciegos pilóricos, ubicados en la porción inicial del intestino, posterior al esfínter pilórico, los cuales aumentan el área de absorción de nutrientes (A. P. Rodrigues et al., 2015). El intestino es relativamente corto, mide 1.45 veces la longitud del total del pez (Watson et al., 2013). El intestino pasa posteriormente a la izquierda del esófago y el estómago en lugar de a la derecha y gira de un lado a otro cuatro o cinco veces dentro del celoma antes de terminar en el recto (Scadeng et al., 2020).

### **Etapa de Engorde**

*Arapaima gigas* todavía no tiene requerimientos nutricionales específicos por ser una especie relativamente nueva en la acuicultura. Sin embargo, los resultados obtenidos por (Ono & Kehdi, 2013) menciona que, los Paiches para engorde criados en estanques y alimentados

con piensos comerciales extruidos para peces carnívoro tienen una conversión alimenticia aparente entre 1.7- 2.3 y una supervivencia del 90-95%, alcanzando pesos de 8-10Kg a los 12 meses y pesos de 10-12 kg a los 14 meses. Así, obteniendo una biomasa final de 7.000 a 16.000 kg/ha, en áreas de cultivo que varían entre 700 m<sup>2</sup> y 12.000 m<sup>2</sup>. Sin embargo, a partir de los 12 kg de peso promedio la conversión alimenticia empeora, por lo tanto, reduce la rentabilidad de la producción.

### ***Requerimientos nutricionales del Paiche***

Debido a su comportamiento carnívoro, las investigaciones se enfocan en determinar las exigencias proteicas del Paiche. Es así que, Magalhães et al., (2017) evaluó 4 niveles de proteína digestible para Paiches con peso inicial de 1.98 kg hasta 4 kg y afirma que, el porcentaje óptimo de proteína digestible es del 36%. También, D. Ituassú et al., (2005) evaluó Paiches juveniles de 120 g por 45 días, alimentados con dietas con diferente contenido de proteína cruda y concluye que la necesidad proteica es superior al 48.6%. Además, Del Risco et al., (2008) dice que, el crecimiento adecuado de los peces se obtiene con la alimentación de una dieta extruida que se compone de proteína 40%, acompañado de carbohidratos en un 31,42%, grasas de 7.79%, cenizas en un 10.57% y fibra de 1.31% con un aporte de energía digestible del 3.2 Mcal/kg. Las diferencias de los resultados se deben a los distintos factores como el procesamiento de la dieta, temperatura, formulación de la dieta y digestibilidad de los ingredientes.

En los ensayos de Ono & Kehdi, (2013), se obtuvo los mejores resultados con piensos que contenían entre un 40% y 42% de proteína bruta y entre 10% y 12% de grasa. Se debe dar preferencia a los balanceados compuestos por al menos un 40% de proteínas, aunque se pueden utilizar piensos con 36% de proteína bruta, que son de buena calidad. De esta manera, peces alimentados con 2 kg de balanceado obtienen 1 kilo de pescado, es decir un FCA de 2. Por último, estudios sobre autoselección de nutrientes es útil para optimizar la dieta de peces

en las unidades productivas, es así que, B. Mattos et al., (2016) evaluó 5 dietas con mezclas incompletas de macronutrientes y menciona que, la preferencia de ingesta nutricional de los Paiches es de: 56,3% de proteínas, 24,2% de carbohidratos, 19,5% de grasa y 150-151 kJ / kg de peso corporal / día de energía.

### ***Frecuencia y tasa de alimentación***

En el caso de los animales más grandes, de más de 10 kg, es esencial ajustar el tamaño del grano del pienso para optimizar la ingesta de alimento. Los pellets comerciales más grandes suelen alcanzar los 20 y 30 mm de diámetro (Ono & Kehdi, 2013).

**Tabla 1**

*Programa de alimentación de Paiche*

<b>% Proteína</b>	<b>Peso de Paiche (g)</b>	<b>Tamaño del pellet (mm)</b>	<b>Tasa de alimentación (%)</b>
<b>55</b>	0,5-15	0,3-0,8	10-12
<b>50</b>	15-80	0,8 x1,3	7-10
<b>50</b>	80-300	4x4	4,5-7
<b>45</b>	300-500	6x6	3,5-4,5
<b>45</b>	500-1200	12x10	2,5-3,5
<b>40</b>	1200-6000	16x10	1,5-2,5
<b>40</b>	6000-10000	20x12	1-1,5
<b>40</b>	>10000	30x15	0,5-1

*Nota.* Esta tabla muestra el % de proteína, tamaño del pellet y tasa de alimentación en función del peso del Paiche. Recuperado de Aquatech, (2021)

### **Digestibilidad de ingredientes para dietas de Paiche**

Los alimentos basados en fuentes de proteína animal proporcionan un mejor rendimiento en la ganancia de peso al del Paiche, debido al equilibrio de aminoácidos y a la ausencia de factores anti nutricionales que por lo general reducen las tasas de crecimiento de los peces, en especial de animales carnívoros (Sousa et al., 2017). En la Tabla 2, se muestra

los coeficientes de digestibilidad aparente, los cuales fueron calculados utilizando dietas experimentales peletizadas lo que influye en la digestibilidad de los ingredientes, especialmente aquellos energéticos, ya que el proceso de extrusión utilizado por las industrias de balanceados proporciona la cocción y la gelatinización del almidón y, por consiguiente, mayor digestibilidad.

**Tabla 2**

*Coefficientes de digestibilidad aparente (%CDA) para ingredientes probados en Paiche*

<b>Ingredientes</b>	<b>Materia Seca</b>	<b>Proteína Cruda</b>	<b>Energía Bruta</b>	<b>Referencia</b>
<b>Proteínas</b>				
Harina de gluten de maíz 20%	61,2	74,2	59,8	
Harina de plumas hidrolizadas	79,49	80,39	83,34	
55 % Harina de pescado	89,19	97,64	89,05	
Harina de carne y huesos	70,76	89,38	75,36	(F. dos S. Cipriano et al., 2016)
Harina de subproductos de aves de corral	93,5	90,3	96,2	
Harina de soya 45%	76,71	83,84	58	
<b>Carbohidratos</b>				
Almidón de maíz	70,66	90,94	47,87	
Salvado de arroz	46,23	68,23	42,23	(F. Cipriano et al., 2015)
Harina de maíz	76,37	93,44	40,1	
Salvado de trigo	45,13	68,58	47,37	

*Nota.* Adaptado de Apparent digestibility of energetic ingredients by pirarucu juveniles, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822), por (dos Santos-Cipriano et al., 2015). Latin American Journal of Aquatic Research

### **Calidad de agua para la producción de Paiche**

Es importante monitorear continuamente y mantener la calidad del agua del medio ambiente de cultivo, manteniendo los parámetros dentro de límites aceptables (Tabla 3). El Paiche tolera bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua, ya que capta oxígeno tanto del agua como de la atmósfera. Además, es resistente al amoníaco, pero sensible a la incidencia de la luz solar, que puede provocar quemaduras en la piel. La transparencia se mide con un disco de Secchi y debe mantenerse alrededor de los 30 cm a 50 cm, caso contrario, la reducción de la transparencia puede disminuir el consumo de alimento (Ono & Kehdi, 2013) . Al

ser una especie tropical, el Paiche tiene baja resistencia a las altas variaciones de temperatura, es decir que, la exposición a temperaturas inferiores a 26 ° C y superiores a 32 ° C, reduce el consumo de alimento. Además, temperaturas inferiores a 20 ° C y 23 ° C, se produce la mortalidad (Sousa et al., 2017).

**Tabla 3**

*Rangos adecuados y óptimos de calidad de agua para el manejo de Paiches*

<b>Parámetro</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Rango adecuado</b>	<b>Rango óptimo</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	Física	25-31	27-29
<b>Oxígeno disuelto (mg/L)</b>	Química	4-7	> 5
<b>Profundidad de agua (m)</b>	Física	0,8-1,8	1,2-1,5
<b>Transparencia (cm)</b>	Física	30-60	40-45
<b>Amonio (mg/l)</b>	Química	>0,05	> 0,02
<b>Nitritos (mg/l)</b>	Química	> 0,05	Ausente
<b>CE (µS/cm2)</b>	Física	10-60	25-40
<b>pH</b>	Química	5-8	6-7

*Nota.* CE = Conductividad eléctrica

### **Camote (*Ipomoea batatas*)**

El camote es una planta herbácea perenne que pertenece a la familia de las *Convolvulaceae* (Tabla 4), tiene alto rendimiento, adaptabilidad ecológica y contenidos nutricionales importantes (Tabla 5) , por lo que se ha distribuido en más de 100 países (Loebenstein, 2019). En Ecuador, el cultivo de camote se concentra en las zonas rurales de la Costa Sierra y Amazonía (Cobeña et al., 2017).

**Tabla 4**

*Taxonomía del camote*

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
<b>Reino</b>	Plantae
<b>Familia</b>	Convolvulaceae
<b>Tribu</b>	Ipomoea

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
<b>Subgénero</b>	Quamoclit
<b>Sección</b>	Batatas
<b>Especie</b>	<i>Ipomea batatas</i>

*Nota.* Recuperado de Huamán (1992).

**Tabla 5**

Contenido nutrimental de camote variedad “Toquecita”

<b>Composición proximal (g/100 g base seca)</b>	<b>Crudo</b>	<b>Cocido</b>
<b>Proteína</b>	4,95	5,25
<b>Grasa</b>	1,83	1,67
<b>Fibra Cruda</b>	6,59	7,04
<b>Cenizas</b>	5,62	5,51
<b>Carbohidratos</b>	81,01	80,53
<b>Macrominerales (g/100 g base seca)</b>		
<b>Ca</b>	0,44	0,48
<b>P</b>	0,26	0,31
<b>Mg</b>	0,05	0,05
<b>K</b>	2,54	2,64
<b>Na</b>	0,17	0,22
<b>Macrominerales (ppm base seca)</b>		
<b>Cu</b>	5	8
<b>Fe</b>	59	50
<b>Mn</b>	5	5
<b>Zn</b>	9	10
<b>Características químicas del tubérculo (g/100g base seca)</b>		
<b>Materia seca</b>	21,54	
<b>Almidón</b>	66,97	26,13
<b>Amilosa</b>	6,32	2,72
<b>Amilopectina</b>	93,68	97,28
<b>FDS</b>	2,39	2,66
<b>FDI</b>	15,37	15,55
<b>Polifenoles (mg/100g)</b>	1634,56	1268,18
<b>Antocianinas Totales (mg/100g)</b>	0,04	0,03
<b>Antocianinas Manométricas (mg/100g)</b>	0,39	0,01
<b>Vitamina C (mg/100g)</b>	44,89	33,25
<b>Capacidad Antioxidante (µg trolox equivalente/g)</b>	5749,06	3486,43

*Nota.* Adaptado de Evaluación físico-química y funcional de siete variedades de camote provenientes de Manabí-Ecuador, por(Armijos et al., 2020) Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha.

El camote tiene un periodo de crecimiento corto que oscila entre los 90 y 120 días, dependiendo de las condiciones climáticas. Es un tubérculo de tamaño grande almidonado, su raíz tuberosa es comestible posee diferentes variedades que se caracterizan por el color de la pulpa que determina su calidad y beneficio nutricional. La harina de la raíz de camote es rica en carbohidratos que actúa como fuente de energía tanto en la alimentación humana y animal (Tabla 6), además, contiene altos niveles de provitamina A, vitamina C, minerales en comparación con el trigo y el arroz (Ji et al., 2015). Por otro lado, algunas variedades de camote contienen pigmentos como beta carotenos antocianinas y compuestos fenólicos; y sus hojas son apreciadas por ser ricos en aminoácidos esenciales como la lisina, triptófano que son limitantes en los cereales (Oloo et al., 2014).

### **Tabla 6**

*Contenido nutricional de la harina de camote*

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>
Energía Bruta (Kcal/kg)	3875
%Materia seca	88,72
% Proteína Bruta	3,87
% Grasa	0,91
%Fibra Bruta	2,69
%ELN	78,26
% Almidón	62,9
% Ca	0,48
% P Disponible	0,31

Nota. Los valores en base seca

Adewolu, (2008) en su revisión, mencionó que la harina de hojas de la planta tiene un 26-33% de proteína bruta, alto contenido de aminoácidos, minerales y vitaminas. También citó que la ventaja de utilizar esta harina vegetal en la alimentación de los peces es que las hojas de esta planta pueden cosecharse muchas veces al año, lo que facilita y abarata su disponibilidad.



## **Digestión de carbohidratos en peces**

Los carbohidratos tienen funciones metabólicas importantes, como proporcionar glucosa como fuente de energía a los tejidos, son precursores de ácidos nucleicos y mucopolisacáridos. Los hidratos de carbono tienen propiedades aglutinantes, relevantes en la elaboración de dietas (Halver & Hardy, 2002). La capacidad de asimilación de carbohidratos de los peces neotropicales suele ser mayor que la de los peces marinos y de agua fría. Los peces tropicales pueden utilizar carbohidratos complejos como el almidón y la dextrina, mientras que los peces de aguas templadas y marinas utilizan mejor los monosacáridos y disacáridos. Esto como consecuencia de la escasez de carbohidratos en el medio acuático, por lo tanto, están mejor adaptados al uso de proteínas y lípidos como fuentes de energía (Moraes & De Almeida, 2020).

La composición y estructura molecular de los carbohidratos determina el grado de degradación enzimática o fermentación bacteriana, y el efecto sobre la fisiología animal. Los polisacáridos son los carbohidratos que abundan en la naturaleza, siendo el almidón el principal de ellos que aporta energía y forma parte de la estructura de las células (NRC, 2011). El almidón es un alfa-glucano, un homopolisacárido compuesto solo por unidades de glucosa unidas por enlaces alfa-glucosídicos que son hidrolizados por la alfa-amilasa. Las moléculas de almidón se disponen en forma de gránulos semicristalinos, cuyo tamaño y composición determinan su digestibilidad (Buléon et al., 1998)

## **Investigación del uso del camote en la alimentación de especies acuícolas**

La presencia de factores antinutricionales, como los inhibidores de la invertasa y la proteasa, puede eliminarse mediante el secado al horno o al sol, la ebullición o la cocción al vapor y la molienda antes de su inclusión en los piensos para peces, lo que aumenta su palatabilidad (Adewolu, 2008).

Los experimentos realizados con alevines de *Tilapia zilli* por el autor anterior demostraron que, el uso la harina de hojas de camote como puede incluirse hasta un 15% como fuente de proteína en las dietas sin afectar el crecimiento y la eficiencia alimenticia. Además, la digestibilidad de las proteínas con el uso de las hojas se encuentra entre el 75.39 y 79.79%. En cambio, Solomon et al., (2015) afirma que reemplazo de entre el 50 y el 75% de maíz amarillo con harina de cáscaras de camote en dietas de bagre africano, aumenta parámetros de crecimiento y aumenta el contenido de proteína y lípidos en la canal de los peces. Por otra parte, Ahmad et al., (2019) afirma que, el reemplazo total del salvado de arroz por harina de hojas de camote en dietas de alevines de *Labeo rohita* no afecta el crecimiento, rendimiento y actividad de las enzimas digestivas de los peces. La harina de hojas de camote un contenido de proteínas (22,12%) y contenido energético digestible (11,81 MJ kg<sup>-1</sup>).

#### **Factibilidad del uso de camote en la alimentación de peces.**

Uno de los factores que limita la producción de recursos locales de origen vegetal para la alimentación de especies acuícolas de interés comercial, es el poco conocimiento por parte de los productores sobre los beneficios que estos generan, tanto para la especie animal como para la economía local (Muñoz -Ramirez, 2019). A nivel mundial, el camote es catalogado como uno de los cultivos más importantes, después del arroz, el trigo, la papa, maíz y yuca, con una producción anual de 105 millones de toneladas métricas en el mundo, cultivadas principalmente en países en desarrollo como Ecuador y la raíz del camote no solo se usa para la alimentación humana sino también en el animal, por ser una fuente barata y saludable como se redacta en el anterior apartado (CIP, 2015).

#### **Producción de camote en Ecuador**

En Ecuador, la producción de camote se concentra en las provincias de Manabí, Santa Elena, Azuay, Loja, Morona Santiago y recientemente en Esmeraldas y Sucumbíos. En estas

últimas, el MAG, el INIAP y el CIP otorgan apoyo técnico a los productores sobre el cultivo de distintas variedades de camote que se adaptan a las condiciones agroecológicas de la zona con el fin de obtener una materia prima de calidad y obtener productos como la harina. De esta manera, estas entidades contribuyen a mejorar la sostenibilidad ambiental, económica y social de la cadena de valor del camote, beneficiando a 900 familias (INIAP, 2021).

### **Beneficios**

El camote se adapta a diferentes altitudes desde el nivel del mar hasta los 2 500 msnm. Es una especie que tolera condiciones climáticas adversas como la sequía o suelos pobres, por lo que requiere menor cantidad de insumos y mano de obra, a diferencia de otros cultivos como el maíz (CIP, 2015). Es así, que el rendimiento del camote por hectárea es de 39 toneladas Cobeña et al., (2017), mientras que la del maíz es de 4.5 (MAG, 2017). Por otro lado, el camote, al ser una fuente con alto contenido de almidón puede ser reemplazado por la harina de trigo, segundo alimento más importante, en el proceso de extrusión de alimentos balanceados para otorgar la propiedad de flotabilidad del pellet y facilitar el consumo del alimento de la especie.

## Capítulo III

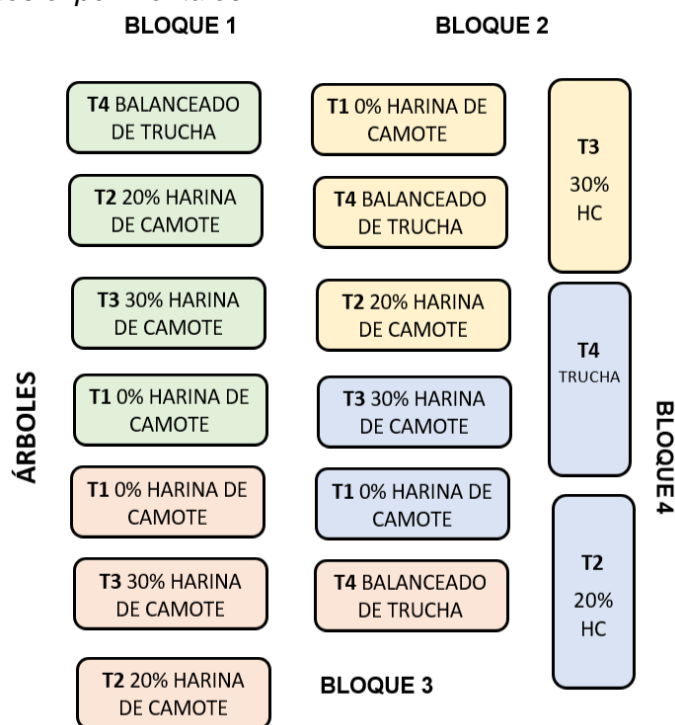
### Metodología

#### Diseño experimental

Las dietas con inclusión de harina de camote se evaluaron a través de un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro tratamientos, cada tratamiento con 4 repeticiones (Fig. 1). El Tratamiento 1 fue una dieta con 0% de inclusión de harina de camote, Tratamiento 2 con 20% de inclusión de harina de camote, el Tratamiento 3, con 30% de inclusión de harina de camote y el Tratamiento 4, balanceado de trucha como control. El diseño se dispuso en 16 estanques de tierra de 12m x 6m x 1.5 m, cada estanque representa una unidad experimental con volumen de  $108 m^3$ , en el que se alojaron 3 peces, es decir que, en total se utilizaron 48 Paiches.

**Figura 1**

*Disposición de las unidades experimentales*



*Nota.* Elaboración propia

## Ubicación y características del lugar de estudio

El proyecto de investigación se realizó en la finca “La Piedad”, ubicado en la provincia de Sucumbíos, cantón Lago Agrio, parroquia Jambelí, barrio Miraflores. La unidad productiva pertenece a la Asociación de Productores de Paiche ASOARAPAIMA, la cual tiene 2 hectáreas dedicada a la piscicultura. El lugar de estudio tiene un clima húmedo tropical, que posee temperaturas medias anuales varían entre los 22°C y 26°C. Las precipitaciones medias anuales oscilan entre 3.000 mm hasta 5.000 mm y el mayor orden de suelo es el Inceptisol (MAG, 2015). La finca “La Piedad” se encuentra localizada en las siguientes coordenadas:

- **Latitud:** 0° 06´ 22.36´´ N
- **Longitud:** 77° 03´ 24.54´´ O
- **Altitud:** 300 msnm

## Figura 2

*Ubicación geográfica del lugar de estudio*



*Nota.* Tomado de (ARCH- Sucumbíos, 2017)

### Instalación del ensayo

Se utilizó 16 estanques de tierra de 6 m de ancho x 12 m de largo, con una profundidad de 1.5 m. Como medida profiláctica se desinfectó los estanques con cal viva con una dosis de 200g/m<sup>2</sup>. Luego de unos días se llenó los estanques con agua del Río Blanco hasta un nivel de 1 m. Finalmente, con el objetivo de evitar que se mezclen los animales entre unidades experimentales cuando existe precipitaciones altas, se cubrió cada piscina con malla plástica (Fig. 3).

### Figura 3

*Instalación de mallas en unidades experimentales*



*Nota.* Gráfico de autoría

### Clasificación y adaptación de los peces

Se seleccionaron 48 Paiches de  $19,82 \pm 2,14$  Kg y se colocaron 3 peces en cada piscina (Fig. 4). El periodo de adaptación fue de 10 días, en esta etapa los peces fueron alimentados gradualmente con balanceado de trucha hasta llegar al 100% de balanceado con inclusión de harina de camote con una frecuencia de alimentación de 2 veces por día y a una tasa de alimentación del 0.5%. Al final del periodo de adaptación, los peces fueron alimentados con el balanceado de acuerdo a los tratamientos.

**Figura 4***Clasificación de Paiches*

Nota. Gráfico de autoría

**Elaboración de harina de camote y formulación de la dieta*****Harina de camote***

***Ubicación y lugar de elaboración de harina de camote.*** El procesamiento de harina de camote se efectuó en la Provincia de Sucumbíos, cantón Shushufindi en las instalaciones de la Federación de Organizaciones Campesinas de Shushufindi – FOCASH, lugar que se encuentra localizada en las siguientes coordenadas:

- Latitud: 0° 10' 56.39'' S
- Longitud: 76° 40' 0.937'' O
- Altitud: 274 msnm



**Figura 5**

*Ubicación geográfica de la elaboración de harina de camote*

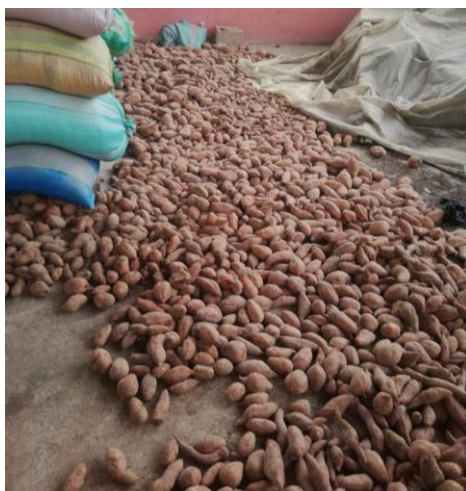


*Nota.* Tomado de (ARCH- Sucumbíos, 2017)

**Recepción de la materia prima.** Los sacos de camote variedad “Toquecita” fueron proporcionados por el Centro Internacional de la Papa -CIP. Las raíces fueron extendidas en un área limpia y ventilada para evitar pudrición y mantener la calidad del producto (Fig.6).

**Figura 6**

*Recepción y almacenaje de camote*



*Nota.* Gráfico de autoría



**Lavado y clasificación.** Se colocó el camote en un recipiente con agua y se descartó las raíces afectadas por la plaga del gorgojo (*Euscepes postfasciatus*) o en estado de pudrición. Luego se procedió a lavar los camotes para quitar el exceso de tierra y finalmente fueron colocados en una carretilla para trasladar a lugar de picado (Fig.7).

### Figura 7

*Lavado y clasificación de camote*



*Nota.* Gráfico de autoría

**Cortado y triturado.** Para el proceso manual, se utilizó mandolinas y ralladores para cortar el camote en forma de chips y obtener una partícula pequeña que facilite el secado. Mientras que, para el proceso industrial, se utilizó un Desintegrador- Triturador JF2-D con tamiz de 10 mm que fue proporcionado por el Ministerio de Agricultura de Sucumbíos. Las raíces más grandes se cortaron en partes pequeñas para que se pueda incorporar en la máquina y se utilizó un palo para empujar el producto (Fig.8).

**Figura 8**

*Triturado de camote*



*Nota.* Gráfico de autoría

**Secado.** Se utilizaron tres métodos de secado, para el primer método se usó un horno de gas, donde los chips se disponían en bandejas de aluminio colocadas uno a continuación de otro para luego ser sometidos a temperatura aproximada de 50°C durante 30 minutos. En el segundo método se utilizó la radiación solar, donde se extendió el material rallado sobre láminas de zinc o plástico negro, expuesto al sol directo durante dos días. Por otro lado, también se dispuso el material dentro de un invernadero de vidrio de la Universidad de las Fuerzas Armadas- IASA I, este alcanza una temperatura máxima de 40°C (Fig.9), el proceso de secado duró 4 días por causa temperatura bajas.

**Figura 9**

*Secado de camote en invernadero de vidrio*



*Nota.* Gráfico de autoría

En Shushufindi, se extendió el producto triturado en las marquesinas solares removiendo constantemente por dos días (Fig.10). El proceso se llevó a cabo a una temperatura promedio de 30 °C, donde el cielo está completamente despejado. En el tercer método, se colocó el material en una secadora industrial de granos que funciona con un sistema de ventilación y gas, que genera una corriente de aire de entre 40°C y 60°C. Para un secado uniforme y evitar grumos, se removió constantemente el producto con la ayuda de un palo durante 7 horas.

**Figura 10**

*Secado de camote en marquesinas solares*



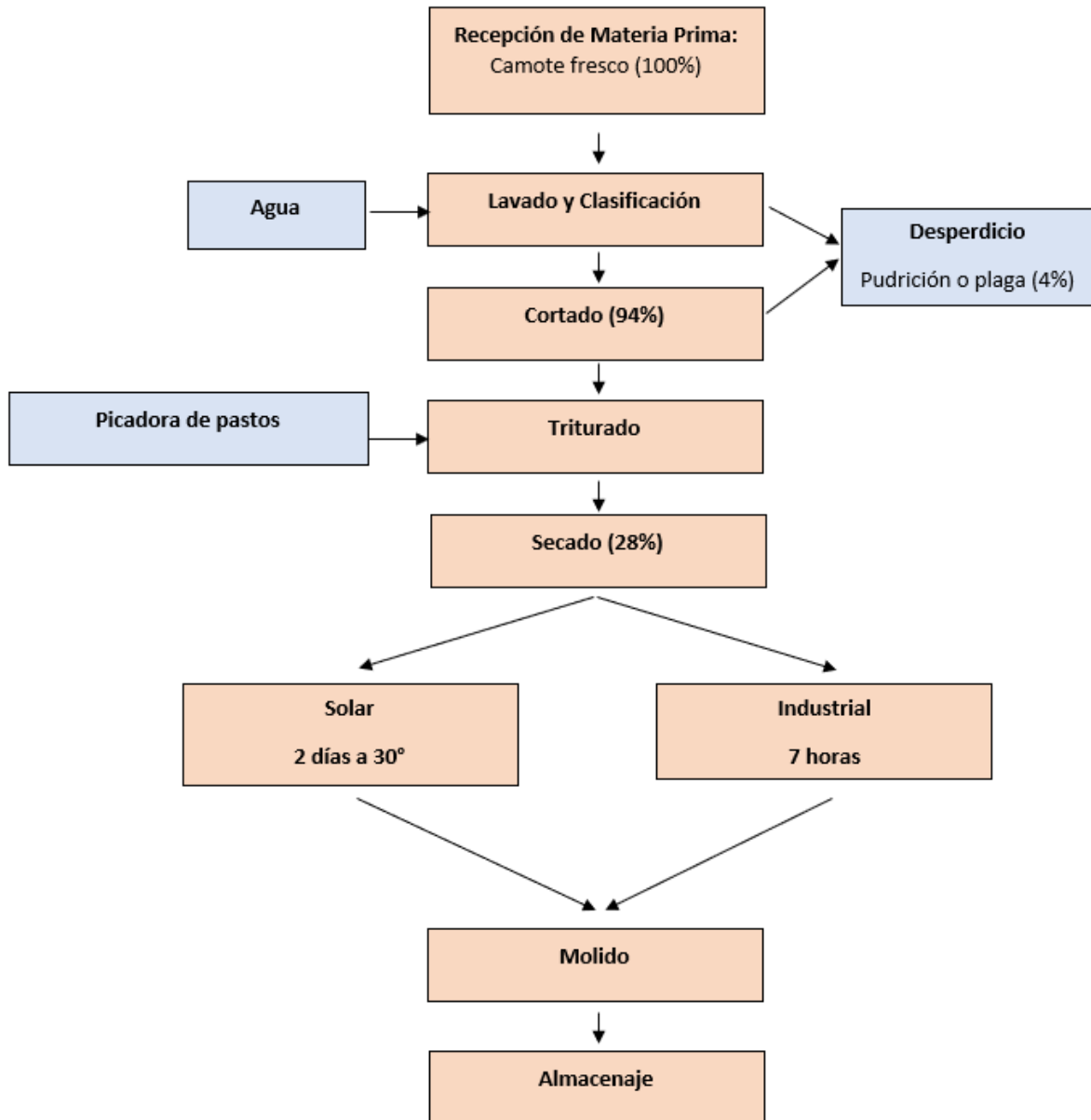
*Nota. Gráfico de autoría*

**Molido y ensacado.** Una vez que el material esté completamente seco y frío, se procedió a guardar el material en sacos de 30 Kg para luego ser trasladado desde Sucumbíos hacia la planta de balanceados del IASA 1 para moler el producto y transformarlo en harina.

**Almacenaje.** Los sacos fueron transportados y almacenados en un lugar seco y con ventilación para mantener la calidad del producto en las bodegas de BIOMIX para el uso como materia prima en la elaboración de balanceado para el Paiche.

**Figura 11**

*Diagrama de flujo del procesamiento de harina de camote*



*Nota.* Gráfico de autoría



### **Formulación de la dieta**

El balanceado fue formulado por BIOMIX, empresa dedicada a la elaboración de balanceados para peces. Se formuló dietas isoprotéicas e isoenergéticas con 40 % de proteína bruta y con 3400 Kcal de energía bruta respectivamente, y con la inclusión de harina de camote del 0%, 20% y 30% en cada dieta. Además, el tamaño del pellet fue de 7 mm (Fig.13).

### **Figura 12**

*Balanceado de trucha y balanceado con inclusión de harina de camote*



*Nota. Gráfico de autoría*

### **Tabla 7**

*Composición de dietas experimentales para Paiches en etapa de engorde*

<b>Ingrediente</b>	<b>Control HC 0%</b>	<b>HC 20%</b>	<b>HC 30%</b>
Harina de pescado 54%	650,00	650,00	650,00
Harina de soya 48%	50,00	40,00	30,00
Harina de trigo	59,18	-	-
Harina de Maíz	90,00	40,00	20,00
Aceite de pescado	70,00	70,00	70,00
Harina de camote	0,00	200,00	300,00
Salvado de trigo	50,00	50,00	-

<b>Ingrediente</b>	<b>Control HC 0%</b>	<b>HC 20%</b>	<b>HC 30%</b>
Mix de vitaminas y minerales	5,00	5,00	5,00
Sal	2,80	2,80	2,80
BHT	0,50	0,50	0,50
Antifúngico	1,00	1,00	1,00
Vitamina C	0,2	0,20	0,20

*Nota.* Los ingredientes están expresados en g/kg de materia seco.  
Elaboración propia

**Tabla 8**

*Composición proximal de dietas experimentales para Paiches en etapa de engorde*

<b>Nutriente</b>	<b>Trucha</b>	<b>Control HC 0%</b>	<b>HC 20%</b>	<b>HC 30%</b>
EB Kcal/Kg	3997	3440	3550	3560
%Proteína Bruta	39,04	40,00	39,43	39,54
%Extracto etéreo	16,37	12,54	12,58	12,48
% Fibra bruta	4,09	1,81	2,13	2,27
% ELN	23,06	19,87	27,78	31,37
%Lisina	-	2,41	2,41	2,33
%Metionina	-	0,85	0,95	0,92
%Calcio	-	2,91	2,47	3,99
% Fósforo Disponible	-	1,43	1,96	1,97

*Nota.* El análisis bromatológico del balanceado de trucha fue realizado en laboratorio, mientras que los demás balanceados son porcentajes calculados.

## **Alimentación**

Los peces fueron alimentados por 107 días (Fig.14) con una ración alimenticia (g) del 0.05% de su peso corporal con una frecuencia de alimentación de dos veces al día (8 AM-11AM).

**Figura 13***Alimentación de Paiches*

*Nota.* Gráfico de autoría

La cantidad de alimento se ajustó después de cada biometría durante el tiempo del ensayo en función de la ganancia de peso de cada unidad experimental. Por otro lado, para mantener las condiciones adecuadas para el consumo de alimento, se midieron 5 parámetros de calidad: temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y oxígeno disuelto con el Multiparámetro HANNA HI98194, cada 15 días durante toda la fase de campo.

**Variables morfométricas**

La biometría de los Paiches se realizó a los 71 y 107 días con el siguiente protocolo: Desde el extremo del estanque de tierra, 3 personas sujetaron la red de arrastre para atrapar a los peces y juntarlos hacia el otro extremo de la piscina. En este lugar, se colocó en las bolsas de red e inmediatamente, se llevó a una superficie plana en el filo de la piscina sobre una



hamaca. Aquí, se midió la longitud total, longitud parcial, longitud de la cabeza y el diámetro del cuerpo con una cinta métrica (Fig.15). Acto seguido, 2 personas elevaron la parihuela para colocarla en el gancho de la balanza romana y medir el peso. Los datos obtenidos fueron anotados en la tabla de campo. Finalmente, antes de reincorporar los peces a las piscinas experimentales se colocó yodo veterinario en las áreas lastimadas.

### **Figura 14**

#### *Biometría de Paiches*



*Nota.* Gráfico de autoría

### **Variables productivas**

Para el cálculo de la ganancia de peso, tasa de crecimiento específico, factor de conversión alimenticia, tasa de eficiencia proteica e índice de condición corporal se utilizará los datos de peso y talla, medidos a los 71 y 107 días.

### ***Ganancia de peso***

La ganancia de peso se calculó mediante la relación de la diferencia entre pesos y el número de días de alimentación expresado en g/ día, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{GDP(g/día)} = \frac{\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}}{\text{Período de alimentación}}$$

### ***Tasa de crecimiento específico***

Esta variable se estimó mediante la relación de la diferencia entre el logaritmo natural del peso final e inicial y el número de días de alimentación, expresado en %/ día, con la siguiente fórmula:

$$\text{TCE(%/día)} = \frac{\ln \text{Pf (g)} - \ln \text{Pi (g)}}{\text{Período de alimentación}} \times 100$$

### ***Factor de conversión alimenticia***

Se determinó la cantidad de alimento balanceado requerido para obtener un kilogramo de carne, dividiendo la cantidad de alimento en peso seco consumido en gramos/día sobre la ganancia de peso (g/día) con la siguiente fórmula.

$$\text{FCA} = \frac{\text{Cantidad de alimento}}{\text{Ganancia de peso}}$$

### ***Supervivencia***

Se contó el número de animales vivos por cada unidad experimental, al inicio y al final de la fase de campo, es decir en un periodo de 4 meses. La supervivencia se expresa en porcentaje (%), relacionando el número final y el número inicial de Paiches. Así:

$$\text{Supervivencia(\%)} = \frac{\text{Número final de peces}}{\text{Número inicial de peces}} \times 100$$

### ***Índice de condición corporal (K)***

Esta variable permite medir la relación volumétrica en función del peso, donde W es el peso corporal húmedo en gramos y L la longitud en centímetros, y se calculó con la siguiente fórmula:

$$K = \frac{W}{L^3} \times 100$$

### **Toma de muestras de sangre**

Se recolectaron 12 muestras de sangre, 3 por cada tratamiento y 1 por unidad experimental. Se extrajo la sangre de la vena caudal con una jeringa de 5 ml e inmediatamente se traspasó la sangre en tubos tapa lila con EDTA (Fig. 16). Las muestras fueron colocadas en un cooler con geles refrigerantes para mantener una temperatura de 4 °C, hasta ser trasladados al laboratorio para los respectivos análisis.

### **Figura 15**

*Extracción de sangre de la vena caudal de Paiche*



*Nota. Gráfico de autoría*

El hematocrito, el conteo de glóbulos rojos y hemoglobina fueron determinados por un laboratorio de Lago Agro- Sucumbíos. En cambio, los perfiles bioquímicos se determinaron en el laboratorio de Acuicultura de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria -IASA 1, a partir de muestras de suero sanguíneo. El suero se colocó en tubos de ensayo para el análisis en un espectrofotómetro con los respectivos reactivos para cada variable (Fig.17). Las variables bioquímicas de la sangre que se evaluaron fueron: la glucosa, proteína y albúmina.

### **Figura 16**

*Análisis de bioquímica sanguínea*



*Nota.* Gráfico de autoría

### **Toma de muestras de tejido**

Al culminar del estudio se sacrificaron 4 animales, uno por tratamiento. Se recolectó muestras de tejido de hígado, intestino y riñón de 4 peces (Fig.18). Los órganos fueron almacenados en envases de plástico con formalina al 10% para su conservación y posterior se llevó al laboratorio de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Central del Ecuador para la obtención de las placas de cada tejido. Finalmente, las placas de tejido se observaron en un microscopio óptico (Fig.20).

**Figura 17**

*Recolección de muestras de tejido*



*Nota. Gráfico de autoría*

**Figura 18**

*Visualización de placas histológicas en microscopio óptico*



*Nota. Gráfico de autoría*

### **Análisis de costos**

En el análisis económico se realizó basado en los trabajos de análisis financiero realizados en piscicultura de García et al., (1993), para lo cual se calculó por tratamiento los gastos de inversión, costos operativos y el flujo de caja con proyección a 10 años. Los indicadores financieros que se calcularon fueron: el VAN, TIR y Beneficio/Costo.

### **Análisis estadístico**

El experimento se dispuso mediante un diseño en bloques completamente al azar con 4 repeticiones. El modelo matemático que se usó para determinar el efecto de la inclusión de harina de camote en dietas de Paiche es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + D_j + T_k + DT_{jk} + e_{ijk}$$

Donde:

**Y<sub>ij</sub>**= Desempeño productivo

**μ**= Media general

**D<sub>i</sub>**= efecto i-ésimo de las dietas

**T<sub>k</sub>**= efecto k-ésimo del tiempo

**DT<sub>jk</sub>**= efecto de la interacción de las dietas x tiempo

**e<sub>ijk</sub>**=error experimental

Para evaluar el efecto de los parámetros hematológicos y bioquímica sanguínea sobre los Paiches se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) bajo el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + D_j + e_{ij}$$

Donde:

**$Y_{ij}$** = Variables hematológicas y química sanguínea

**$\mu$** = Media general

**$e_{ij}$** = error experimental

Las variables de estudio se caracterizaron mediante estadística descriptiva (media y desviación estándar). Para evaluar el efecto de las dietas sobre las variables de rendimiento productivo, hematológicas e histológicas, se aplicó un ANOVA utilizando el software estadístico Infostat y para la comparación de medias, se aplicó la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

## Capítulo III

### Resultados

#### Parámetros de calidad de agua

En la tabla 9 se muestra el promedio y el comportamiento de los parámetros de calidad de agua medidos durante todo el ensayo en función de los tratamientos y a través del tiempo respectivamente.

**Tabla 9**

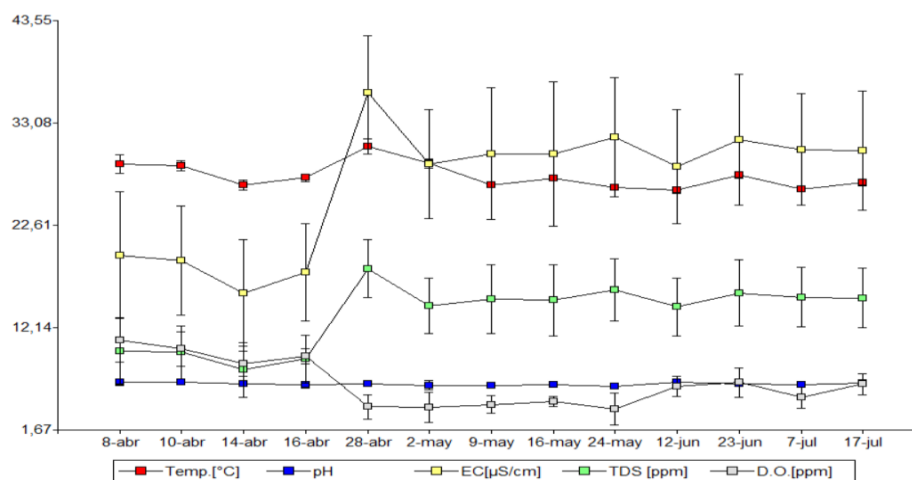
*Promedio  $\pm$  desviación estándar de parámetros de calidad de agua sobre los tratamientos*

Balanceado	Temperatura (°C)	pH	CE ( $\mu$ S/cm)	TDS (ppm)	OD (ppm)
<b>Trucha</b>	27,79 $\pm$ 1,37	6,21 $\pm$ 0,39	23,48 $\pm$ 6,19	11,77 $\pm$ 3,23	6,75 $\pm$ 2,6
<b>Control</b>	28,02 $\pm$ 1,44	6,45 $\pm$ 0,18	29,41 $\pm$ 9,95	14,84 $\pm$ 4,96	6,63 $\pm$ 3,21
<b>20% HC</b>	27,64 $\pm$ 1,32	6,38 $\pm$ 0,31	26,11 $\pm$ 8,04	13,00 $\pm$ 4,03	6,46 $\pm$ 2,66
<b>30% HC</b>	27,82 $\pm$ 1,46	6,45 $\pm$ 0,20	25,95 $\pm$ 9,94	12,98 $\pm$ 4,99	6,36 $\pm$ 3,09

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 19**

*Gráfico de puntos del promedio  $\pm$  desviación estándar de los parámetros de calidad de agua a través del tiempo*



*Nota.* Gráfico de autoría



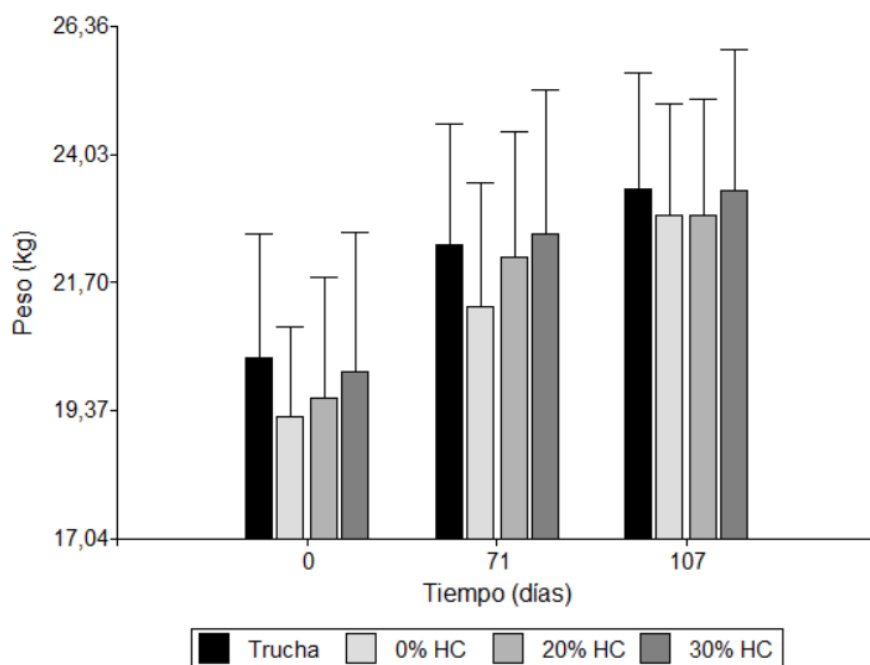
Al inicio del ensayo, los parámetros de calidad de agua se mantienen constantes. Sin embargo, el día 28 de abril se incrementa la Conductividad eléctrica, los sólidos disueltos y disminuye la concentración de oxígeno disuelto (Fig.21).

### Parámetros morfométricos

El análisis de varianza para el peso (P), longitud total (LT), longitud parcial (LP), longitud cabeza (LC) de los Paiches demostró que no existe diferencias significativas entre tratamientos ( $p>0.05$ ) y tampoco para la interacción tratamiento x tiempo ( $p>0.05$ ) (Tabla10 y 11). Sin embargo, el tratamiento tuvo un efecto significativo sobre el diámetro de los Paiches ( $F=3.43$ ;  $p=0.0206$ ). Los Paiches alimentados con balanceado de trucha tuvieron mayor diámetro que los peces alimentados con el balanceado control y balanceado con 20% HC (Tabla 12).

### Figura 20

Gráfico de barras del promedio  $\pm$  desviación estándar del peso (Kg) a través del tiempo



Nota. Gráfico de autoría

**Tabla 10**

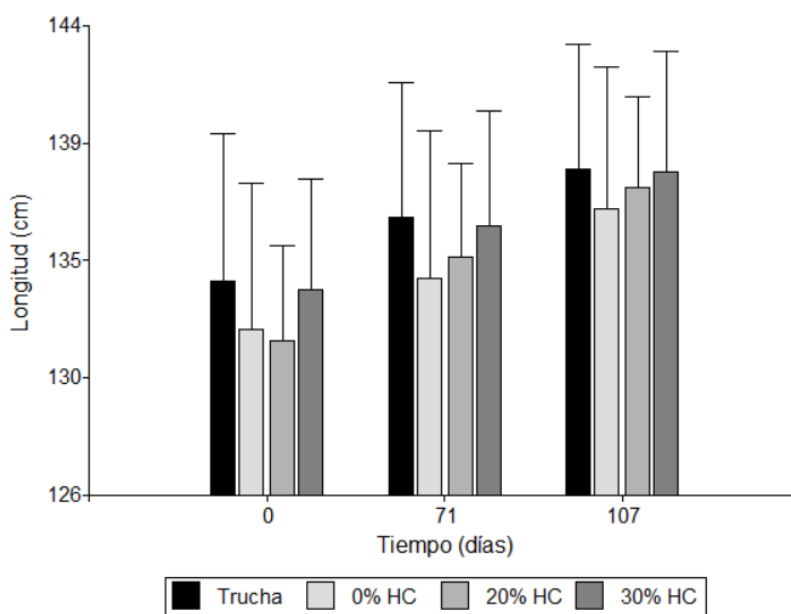
*Promedio  $\pm$  desviación estándar del peso (Kg) de Paiches de la interacción de los tratamientos x tiempo*

Tiempo (días)	Tratamientos			
	Trucha	0% HC	20% HC	30% HC
<b>0</b>	20,33 $\pm$ 2,24 a	19,25 $\pm$ 1,64 a	19,60 $\pm$ 2,19 a	20,08 $\pm$ 2,52 a
<b>71</b>	22,38 $\pm$ 2,21 a	21,25 $\pm$ 2,27 a	22,17 $\pm$ 2,29 a	22,58 $\pm$ 2,64 a
<b>107</b>	23,42 $\pm$ 2,11 a	22,92 $\pm$ 2,04 a	22,19 $\pm$ 2,12 a	23,38 $\pm$ 2,57 a

*Nota.* Medias en la misma columna con letras distintas difieren estadísticamente ( $p < 0.05$ )

**Figura 21**

*Gráfico de barras del promedio  $\pm$  desviación estándar de la longitud (cm) a través del tiempo*



*Nota.* Gráfico de autoría

**Tabla 11**

*Promedio  $\pm$  desviación estándar de la longitud total, parcial, de la cabeza y diámetro de Paiches de la interacción de los tratamientos x tiempo*

Trata.	Tiempo (días)	LT (cm)	LP (cm)	LC (cm)	D (cm)
	0	134,17 $\pm$ 5,61	122,08 $\pm$ 5,37	31,58 $\pm$ 1,16	64,83 $\pm$ 2,69
Trucha	71	136,58 $\pm$ 5,16 a	124,42 $\pm$ 5,47 a	32,00 $\pm$ 0,95 a	65,67 $\pm$ 2,61 ab
	107	138,42 $\pm$ 4,74 a	126,75 $\pm$ 4,49 a	32,08 $\pm$ 1,08 a	66,75 $\pm$ 2,14 a
	0	132,33 $\pm$ 5,55	120,08 $\pm$ 5,73	31,25 $\pm$ 1,06	61,92 $\pm$ 2,87
0% HC	71	134,25 $\pm$ 5,63 a	122,00 $\pm$ 5,86 a	31,58 $\pm$ 0,90 a	62,75 $\pm$ 2,99 b
	107	136,92 $\pm$ 5,42 a	123,75 $\pm$ 5,58 a	31,75 $\pm$ 0,97 a	64,75 $\pm$ 3,77 ab
	0	131,92 $\pm$ 3,58 a	120,58 $\pm$ 3,29 a	31,33 $\pm$ 1,15 a	61,08 $\pm$ 3,29
20% HC	71	135,08 $\pm$ 3,58 a	123,58 $\pm$ 3,20 a	31,92 $\pm$ 1,08 a	62,58 $\pm$ 3,45 b
	107	137,75 $\pm$ 3,41 a	125,33 $\pm$ 2,90 a	32,08 $\pm$ 1,00 a	65,25 $\pm$ 2,96 ab
	0	133,83 $\pm$ 4,20	120,75 $\pm$ 3,60	31,75 $\pm$ 0,87	63,08 $\pm$ 2,07
30% HC	71	136,25 $\pm$ 4,39 a	123,00 $\pm$ 4,11 a	32,17 $\pm$ 0,72 a	63,92 $\pm$ 2,27 b
	107	138,33 $\pm$ 4,56 a	124,50 $\pm$ 5,00 a	32,25 $\pm$ 0,75 a	65,50 $\pm$ 3,03 ab

*Nota.* Medias en la misma columna con letras distintas difieren estadísticamente ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 12**

*Promedio  $\pm$  desviación estándar de las variables morfométricas de Paiches alimentados con diferentes balanceados*

Balanceados	Peso (kg)	LT (cm)	LP (cm)	LC (cm)	D (cm)
Trucha	22,90 $\pm$ 2,18 a	137,50 $\pm$ 4,93 a	125,58 $\pm$ 5,04 a	32,04 $\pm$ 1,00 a	66,21 $\pm$ 2,28 a
Control	22,08 $\pm$ 2,28 a	135,58 $\pm$ 5,57 a	122,88 $\pm$ 5,57 a	31,67 $\pm$ 0,92 a	63,75 $\pm$ 3,48 b
20% HC	22,54 $\pm$ 2,19 a	136,42 $\pm$ 3,68 a	124,46 $\pm$ 3,12 a	32,00 $\pm$ 1,02 a	63,92 $\pm$ 3,43 b
30% HC	22,98 $\pm$ 2,58 a	137,29 $\pm$ 4,54 a	123,75 $\pm$ 4,54 a	32,21 $\pm$ 0,72 a	64,71 $\pm$ 2,74 ab

*Nota.* LT= Longitud total, LP= Longitud parcial, LC=Longitud cabeza, D=Diámetro. Medias en la misma columna con letras distintas difieren estadísticamente ( $p < 0.05$ )

### Parámetros productivos

El análisis de varianza para la tasa de crecimiento específico (TCE), factor de conversión alimenticia (FCA), eficiencia alimenticia (EA), ganancia de peso diario (GPD) e

índice de condición corporal (ICC) mostró que no hubo diferencias significativas entre tratamientos y para la interacción tratamiento x tiempo (Tabla 15). Sin embargo, los peces alimentados con el balanceado con 0% de HC tuvieron mayor TCE, EA y GPD que los Paiches alimentados con los demás balanceados. Además, los peces alimentados con el balanceado con 0% de HC tuvieron menor FCA que los peces alimentados con los demás balanceados (Fig.23-28).

**Tabla 13**

*Promedio  $\pm$  desviación estándar de la TCE, FCA, EA y GPD de Paiches para la interacción de los tratamientos x tiempo*

Tratamientos	Tiempo (días)	%TCE	FCA	%EA	GPD (g)
Trucha	71	0,14 $\pm$ 0,10 a	4,15 $\pm$ 3,31 a	4,68 $\pm$ 3,46 a	29,75 $\pm$ 21,19 a
	107	0,13 $\pm$ 0,06 a	2,45 $\pm$ 0,63 a	4,84 $\pm$ 1,55 a	29,50 $\pm$ 11,39 a
0% HC	71	0,14 $\pm$ 0,05 a	3,40 $\pm$ 1,20 a	3,64 $\pm$ 1,42 a	28,25 $\pm$ 10,56 a
	107	0,21 $\pm$ 0,06 a	1,90 $\pm$ 0,44 a	6,16 $\pm$ 1,81 a	46,50 $\pm$ 12,56 a
20% HC	71	0,18 $\pm$ 0,09 a	2,99 $\pm$ 2,12 a	5,28 $\pm$ 3,43 a	37,00 $\pm$ 18,42 a
	107	0,08 $\pm$ 0,02 a	4,39 $\pm$ 1,22 a	2,66 $\pm$ 0,60 a	18,50 $\pm$ 5,20 a
30% HC	71	0,16 $\pm$ 0,05 a	2,45 $\pm$ 0,43 a	4,65 $\pm$ 0,86 a	35,25 $\pm$ 11,62 a
	107	0,10 $\pm$ 0,06 a	4,64 $\pm$ 2,30 a	3,57 $\pm$ 3,21 a	22,25 $\pm$ 13,38 a

*Nota.* TCE= tasa de crecimiento específico, FCA=Factor de conversión alimenticia, EA= Eficiencia alimenticia, GPD=Ganancia de peso diario. Medias en la misma columna con letras distintas difieren estadísticamente ( $p < 0.05$ )

**Tabla 14**

*Promedio  $\pm$  desviación estándar del índice de condición corporal y % de supervivencia de Paiches para la interacción de los tratamientos x tiempo*

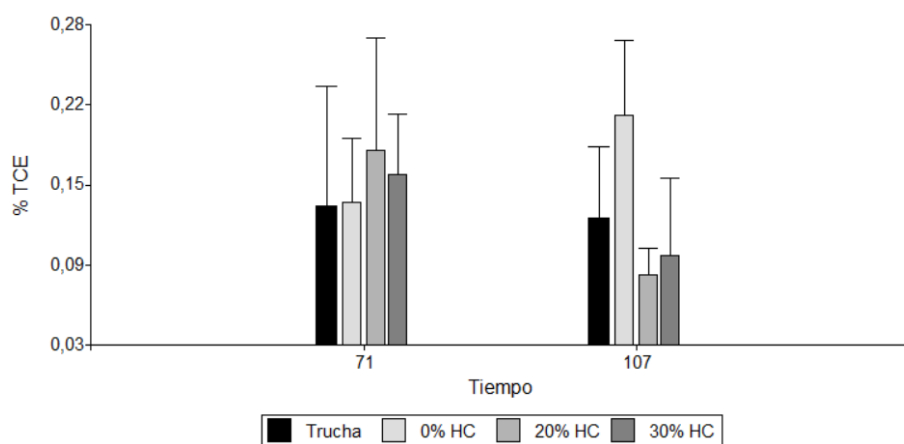
Tratamientos	Tiempo (días)	ICC	%S
Trucha	71	0,88 $\pm$ 0,04 a	98,44 $\pm$ 3,13 a
	107	0,88 $\pm$ 0,04 a	100,0 $\pm$ 0,00 a
0% HC	71	0,88 $\pm$ 0,04 a	100,0 $\pm$ 0,00 a
	107	0,90 $\pm$ 0,05 a	100,0 $\pm$ 0,00 a
20% HC	71	0,90 $\pm$ 0,03 a	98,44 $\pm$ 3,13 a
	107	0,88 $\pm$ 0,04 a	100,0 $\pm$ 0,00 a

Tratamientos	Tiempo (días)	ICC	%S
30% HC	71	0,89 ± 0,02 a	98,44 ± 3,13 a
	107	0,88 ± 0,02 a	100,0 ± 0,00 a

Nota. Medias en la misma columna con letras distintas difieren estadísticamente ( $p < 0.05$ ).

**Figura 22**

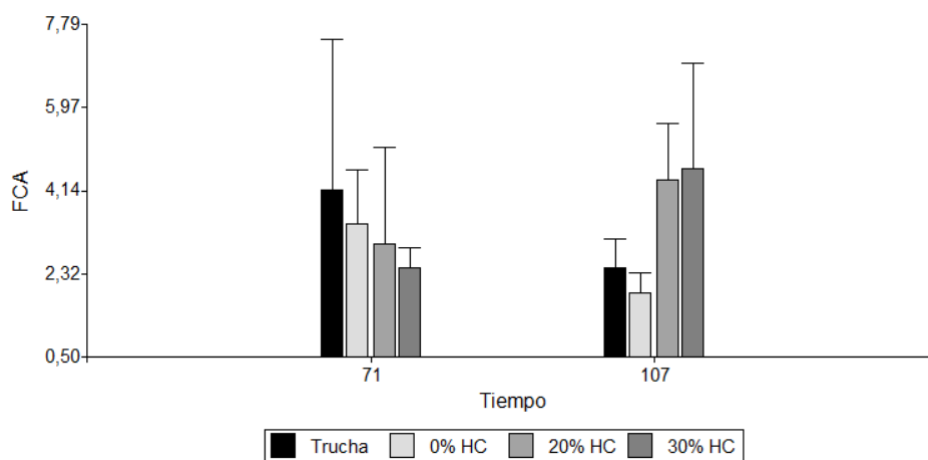
Gráfico de barras del promedio  $\pm$  desviación estándar de la tasa de crecimiento específico a través del tiempo



Nota. Gráfico de autoría

**Figura 23**

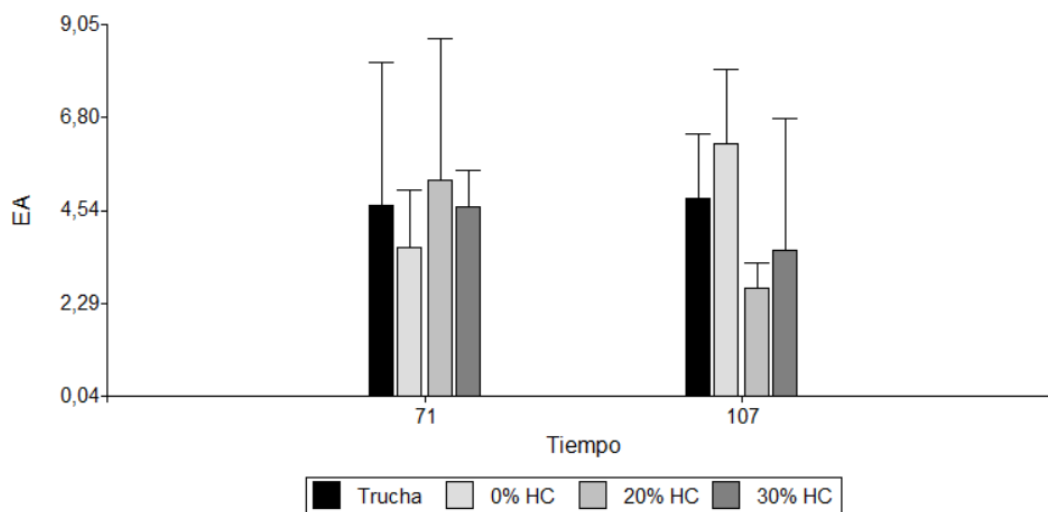
Gráfico de barras del promedio  $\pm$  desviación estándar del factor de conversión alimenticia a través del tiempo



Nota. Gráfico de autoría

**Figura 24**

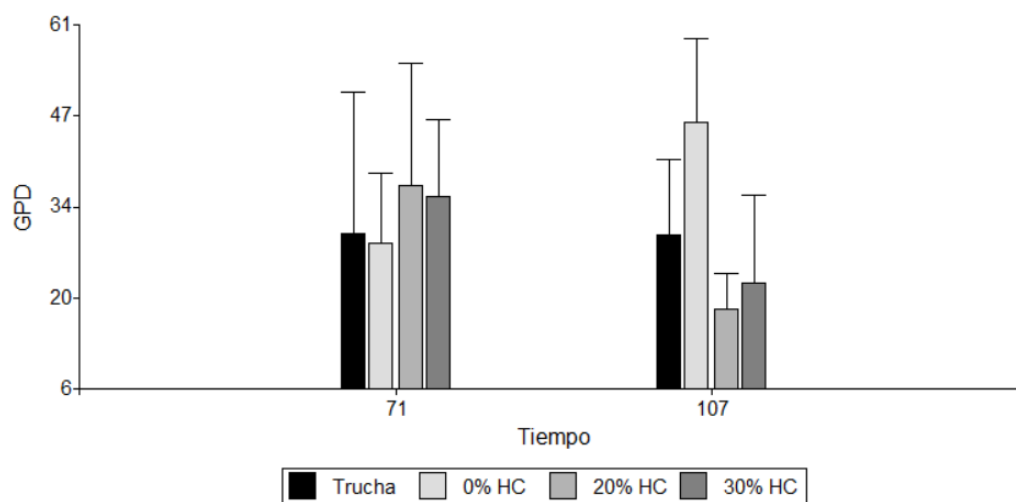
Gráfico de barras del promedio  $\pm$  desviación de la eficiencia alimenticia a través del tiempo



Nota. Gráfico de autoría

**Figura 25**

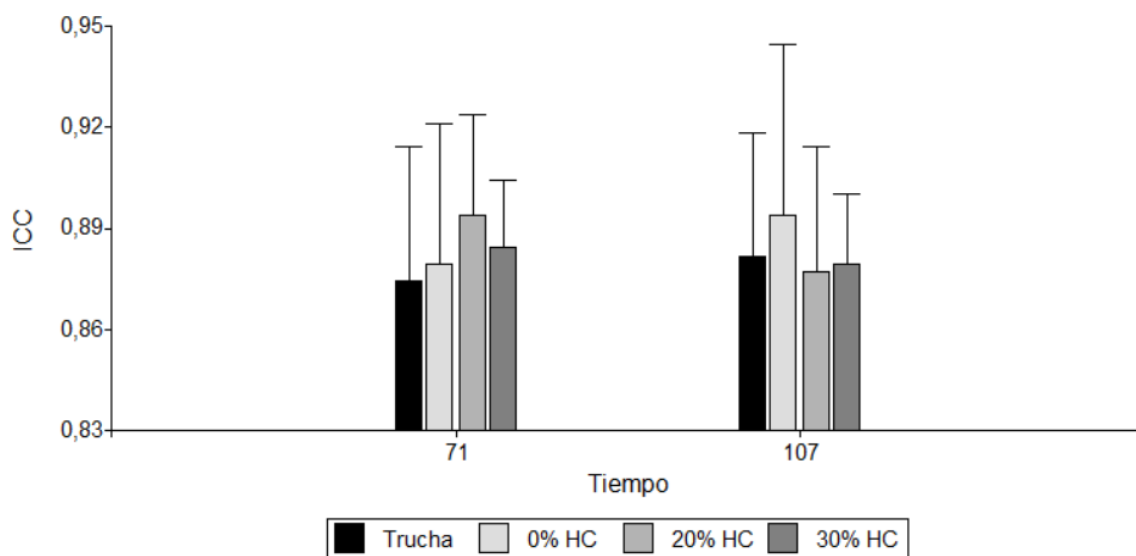
Gráfico de barras del promedio  $\pm$  desviación estándar de la ganancia de peso diario a través del tiempo



Nota. Gráfico de autoría

**Figura 26**

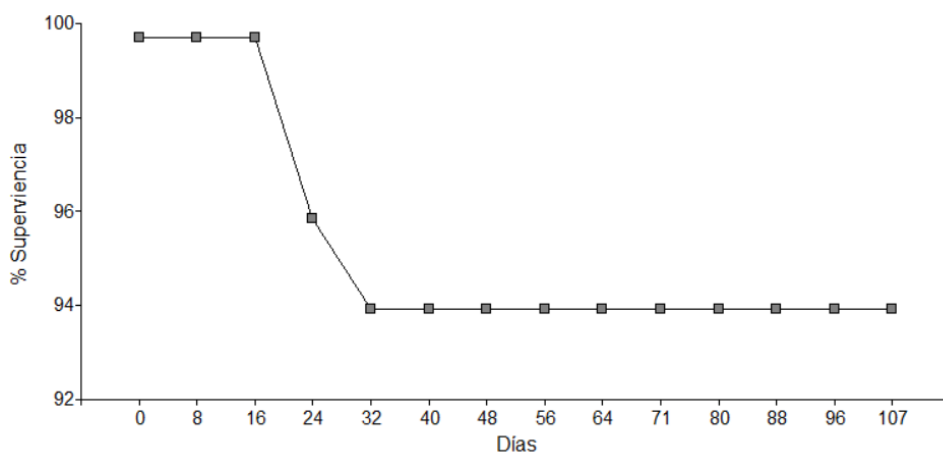
Gráfico de barras del promedio  $\pm$  desviación estándar del índice de condición corporal a través del tiempo



Nota. Gráfico de autoría

**Figura 27**

% Supervivencia de Paiches a través del tiempo



Nota. Gráfico de autoría

El día 16 de la fase de campo (período de pre-adaptación), se presentaron 2 mortalidades, reportando un 96% de supervivencia. Para el día 32 (fase de adaptación) se evidenció otra

mortalidad que representa el 94% de supervivencia de los Paiches en investigación, cuyo valor se mantuvo hasta el final de la investigación (Fig.29).

**Tabla 15**

*Promedio  $\pm$  desviación estándar de parámetros productivos de Paiches alimentados con diferentes balanceados*

<b>Balanceados</b>	<b>%TCE</b>	<b>FCA</b>	<b>EA</b>	<b>GPD (g)</b>	<b>ICC</b>	<b>% S</b>
<b>Trucha</b>	0,13 $\pm$ 0,07 a	3,30 $\pm$ 2,39 a	4,47 $\pm$ 2,48 a	29,63 $\pm$ 15,75 a	0,88 $\pm$ 0,04 a	100 a
<b>0% HC</b>	0,18 $\pm$ 0,06 a	2,65 $\pm$ 1,16 a	4,90 $\pm$ 2,02 a	37,38 $\pm$ 14,51 a	0,89 $\pm$ 0,05 a	99,2 a
<b>20% HC</b>	0,13 $\pm$ 0,08 a	3,69 $\pm$ 1,77 a	3,97 $\pm$ 2,68 a	27,75 $\pm$ 15,96 a	0,89 $\pm$ 0,03 a	99,2 a
<b>30% HC</b>	0,13 $\pm$ 0,06 a	3,54 $\pm$ 1,93 a	4,11 $\pm$ 2,25 a	28,75 $\pm$ 13,52 a	0,88 $\pm$ 0,02 a	99,2 a

*Nota.* TCE= tasa de crecimiento específico, FCA=Factor de conversión alimenticia, EA= Eficiencia alimenticia, GPD=Ganancia de peso diario. Medias en la misma columna con letras distintas difieren estadísticamente ( $p < 0.05$ ).

En la Tabla 16, se resume las variables morfométricas y productivas evaluadas en este estudio.

**Tabla 16**

*Promedio  $\pm$  desviación estándar de las variables morfométricas y productivas de Paiches alimentados con diferentes balanceados*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Trucha</b>	<b>0% HC</b>	<b>20% HC</b>	<b>30% HC</b>
<b>Peso inicial</b>	Kg	20,33 $\pm$ 2,24	19,25 $\pm$ 1,64	19,60 $\pm$ 2,19	20,08 $\pm$ 2,52
<b>Peso final</b>	Kg	23,42 $\pm$ 2,11	22,92 $\pm$ 2,04	22,92 $\pm$ 2,12	23,38 $\pm$ 2,57
<b>Longitud inicial</b>	cm	134,17 $\pm$ 5,61	132,33 $\pm$ 5,55	131,92 $\pm$ 3,58	133,83 $\pm$ 4,20
<b>Longitud final</b>	cm	138,42 $\pm$ 4,74	136,92 $\pm$ 5,42	137,75 $\pm$ 3,41	138,33 $\pm$ 4,56
<b>TCE</b>	%	0,13 $\pm$ 0,07	0,18 $\pm$ 0,06	0,13 $\pm$ 0,08	0,13 $\pm$ 0,06
<b>FCA</b>	-	3,30 $\pm$ 2,39	2,65 $\pm$ 1,16	3,69 $\pm$ 1,77	3,54 $\pm$ 1,93
<b>EA</b>	%	4,47 $\pm$ 2,48	4,90 $\pm$ 2,02	3,97 $\pm$ 2,68	4,11 $\pm$ 2,25
<b>GPD</b>	g	29,63 $\pm$ 15,75	37,38 $\pm$ 14,51	27,75 $\pm$ 15,96	28,75 $\pm$ 13,52
<b>ICC</b>		0,88 $\pm$ 0,04	0,89 $\pm$ 0,05	0,89 $\pm$ 0,03	0,88 $\pm$ 0,02
<b>S</b>	%	100	99,2	99,2	99,2

*Nota.* TCE= tasa de crecimiento específico, FCA=Factor de conversión alimenticia, EA= Eficiencia alimenticia, GPD=Ganancia de peso diario, ICC=Índice de condición corporal, S= Supervivencia.



### VARIABLES HEMATOLÓGICAS Y BIOQUÍMICAS SANGUÍNEA

No se encontró un efecto significativo de los tratamientos sobre del hematocrito, conteo de glóbulos rojos, hemoglobina y glucosa. Sin embargo, los peces alimentados con balanceado de trucha presentaron mayor concentración de glucosa en sangre que los peces alimentados con el resto de balanceados (Tabla 17 y 18).

Se encontró un efecto significativo de los tratamientos sobre la proteína total ( $F= 6,47$ ;  $p=0.0157$ ) y albúmina ( $F= 8,52$ ;  $p=0.0072$ ). La proteína total en sangre de los peces alimentados con balanceado con 0% de HC fue mayor que de los peces alimentados con el balanceado con 30% de HC. Además, la albúmina en sangre de los peces alimentados con balanceado con 20% de HC fue mayor que de los peces alimentados con el balanceado de trucha y el balanceado con 0% de HC (Tabla 18).

**Tabla 17**

*Promedio  $\pm$  desviación estándar de los parámetros hematológicos de Paiches alimentados con diferentes balanceados*

Balanceados	Hematocrito (%)	Glóbulos rojos ( $10^6/\mu\text{l}$ )	Hemoglobina (g/dl)
Trucha	34,67 $\pm$ 2,52 a	3709,33 $\pm$ 269,28 a	11,44 $\pm$ 0,83 a
Control	34,33 $\pm$ 2,52 a	3619,33 $\pm$ 183,85 a	11,11 $\pm$ 0,50 a
20% HC	35,67 $\pm$ 1,15 a	3816,33 $\pm$ 123,55 a	11,17 $\pm$ 0,38 a
30% HC	36,00 $\pm$ 2,00 a	3852,00 $\pm$ 214,00 a	11,88 $\pm$ 0,66 a

*Nota.* Medias en la misma columna con letras distintas difieren estadísticamente ( $p<0.05$ )

**Tabla 18**

*Promedio  $\pm$  desviación estándar de los parámetros de bioquímica sanguínea de Paiches alimentados con diferentes balanceados*

Balanceados	Glucosa (mg/dl)	Proteína total (g/dl)	Albúmina (g/dl)
Trucha	27,69 $\pm$ 7,69 a	2,93 $\pm$ 0,65 ab	0,97 $\pm$ 0,14 b
Control	16,02 $\pm$ 2,16 a	3,70 $\pm$ 0,90 a	0,89 $\pm$ 0,09 b
20% HC	13,33 $\pm$ 8,40 a	2,14 $\pm$ 0,46 ab	1,64 $\pm$ 0,43 a
30% HC	14,44 $\pm$ 3,51 a	1,70 $\pm$ 0,14 b	1,10 $\pm$ 0,08 ab

*Nota.* Medias en la misma columna con letras distintas difieren estadísticamente ( $p<0.05$ )

## Parámetros histológicos

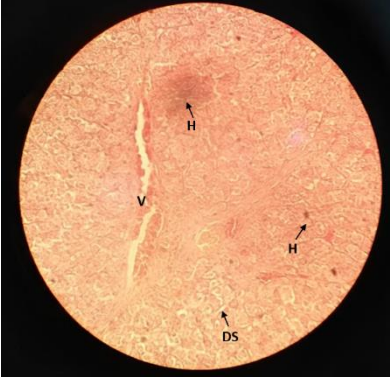
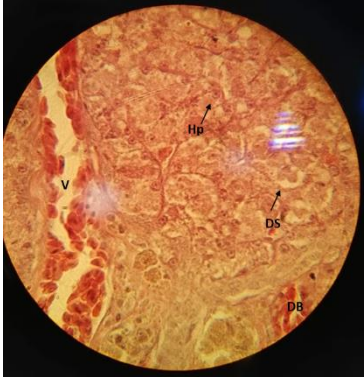
### *Tejido hepático*

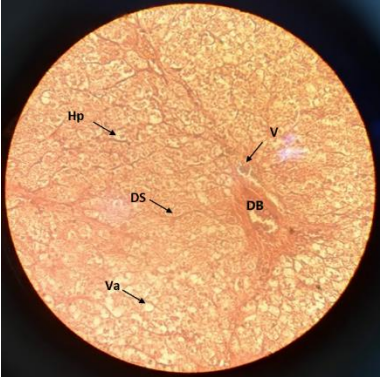
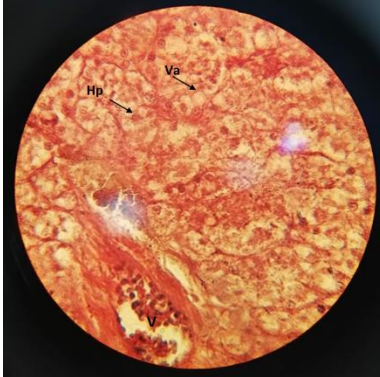
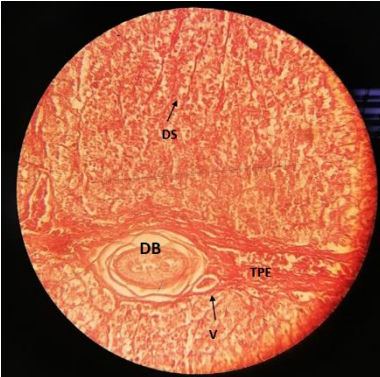
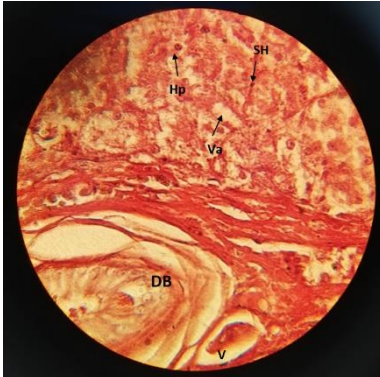
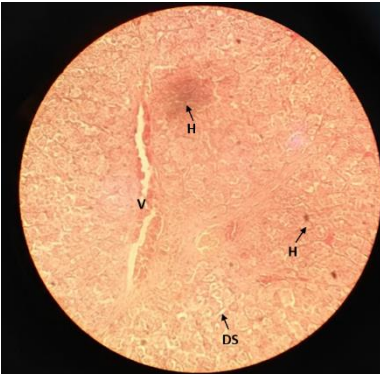
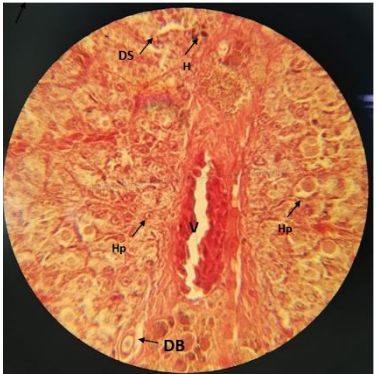
El tejido del hígado de los Paiches de los 4 tratamientos se muestra altamente irrigados y también presentan pequeñas alteraciones en la estructura celular como la dilatación de las sinusoides, vacuolización. Sin embargo, el tejido de hígado de los peces alimentados con el balanceado del 30% de inclusión de camote presenta un aumento del volumen de la estructura de los hepatocitos, es decir, el núcleo y el citoplasma (Tabla 19).

Por otro lado, se determinó el índice hepatosomático (IHS) de los 4 peces sacrificados para los análisis histológicos. El IHS de los Paiches alimentados con balanceado de trucha, balanceado con 0%, 20% y 30% de inclusión de harina de camote fue de 0.48,0.53,0.57 y 0.48 respectivamente.

**Tabla 19**

Cortes histológicos de tejido hepático de Paiche alimentados con diferentes balanceados

40X	100X	Descripción
		<p>T1</p> <p>Hemorragia, dilatación sinusoidal</p>

40X	100X	Descripción
		<p>T2</p> <p>Vacuolización, dilatación sinusoidal.</p>
		<p>T3</p> <p>Hemorragia en sinusoides, vacuolización</p>
		<p>T4</p> <p>Hipertrofia de los hepatocitos, dilatación sinusoidal, hemorragia</p>

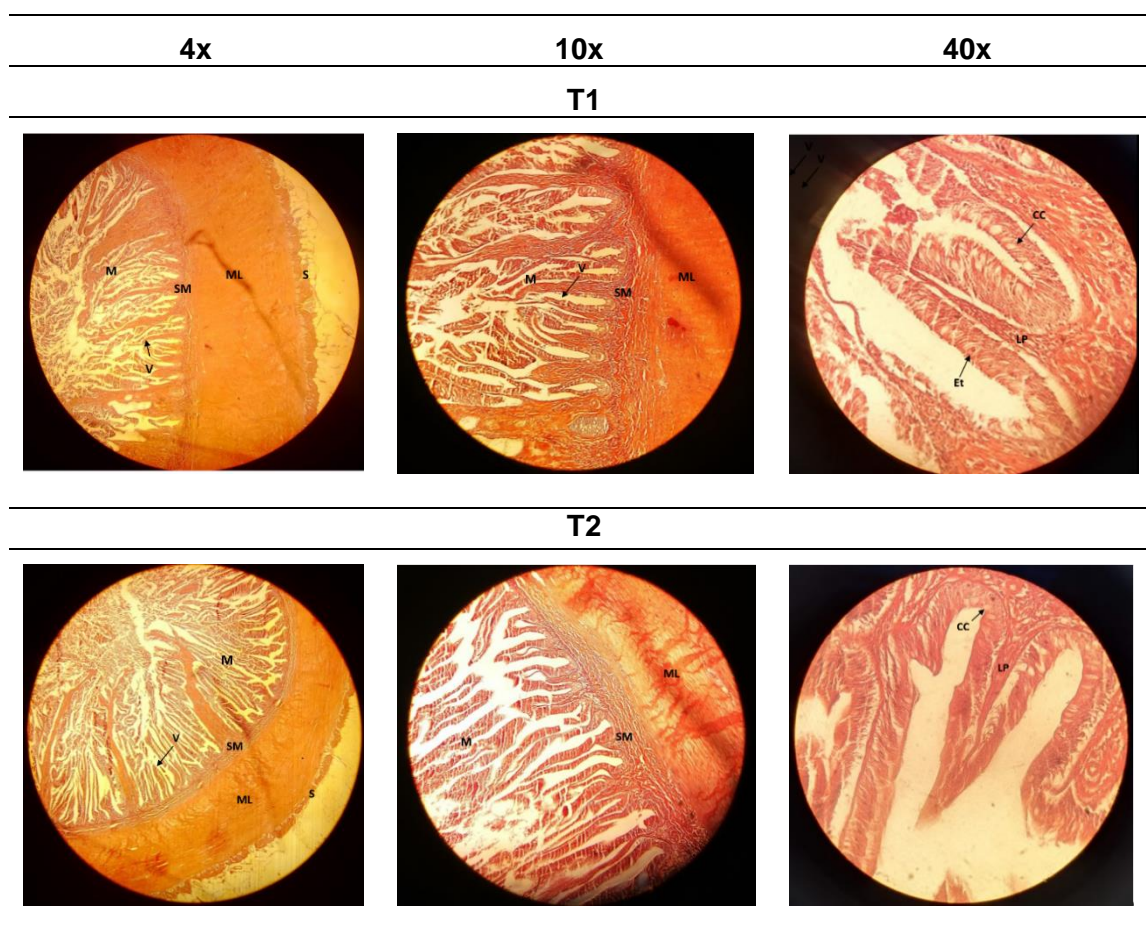
*Nota.* T1= Balanceado de trucha, T2= 0% de harina de camote, T3= 20% de harina de camote y T4= 30% de harina de camote; Ducto biliar (DB), Vena (V), Hemorragia (H), Dilatación sinusoidal (DS), Hepatocitos (Hp), Vacuolización (Va), tejido pancreático exocrino (TPE). Elaboración propia.

### Tejido intestinal

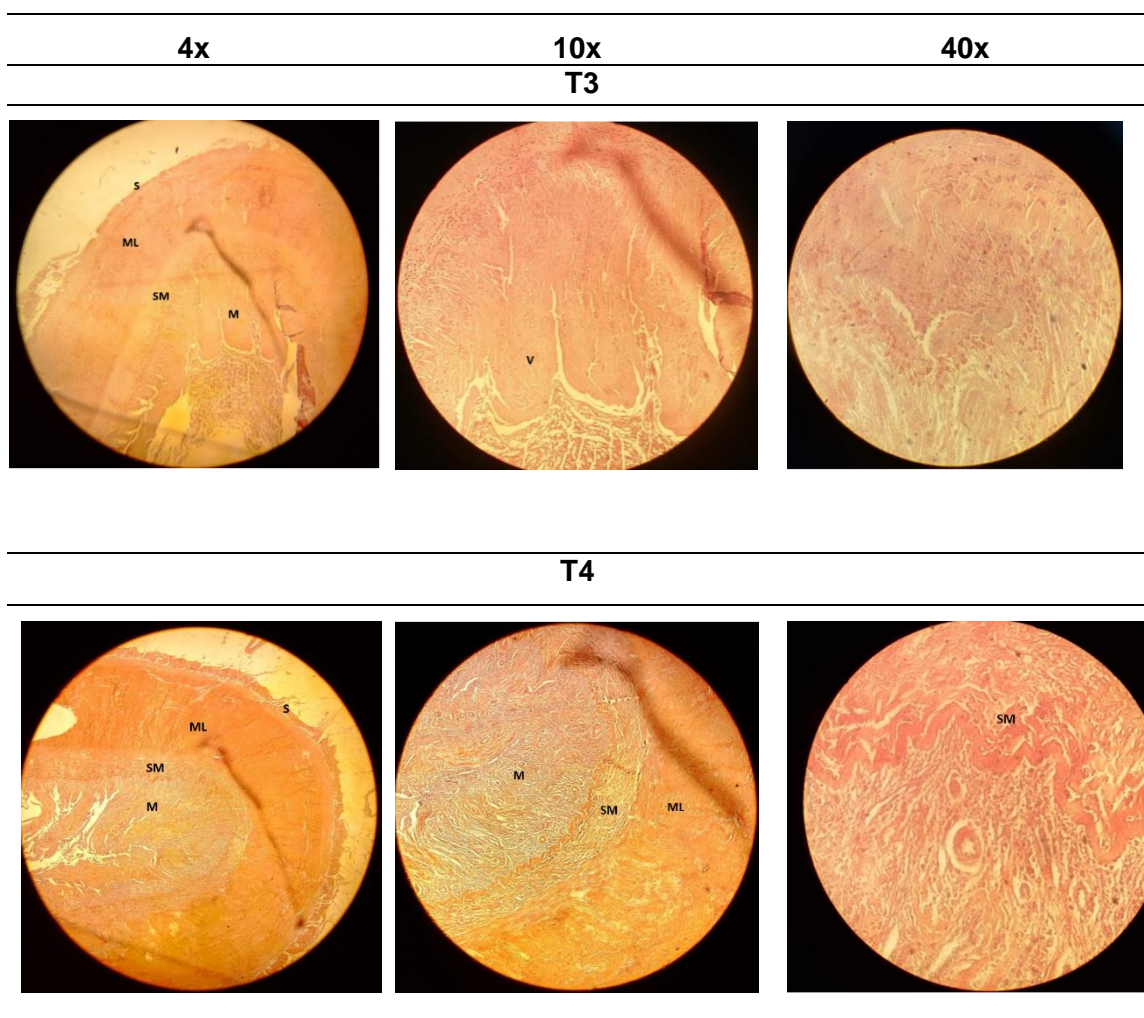
El intestino anterior de los Paiches alimentados con el balanceado de trucha y 0% de inclusión de HC está estructurado por diferentes estructuras: capa serosa, musculo liso, una submucosa, mucosa y como parte de las mucosas, las vellosidades intestinales y dentro de las vellosidades presentan células calciformes. En cambio, los tejidos intestinales de los Paiches alimentados con el 20 % y 30% HC presenta una estructura diferenciada a los anteriores, donde se puede definir el músculo liso, la submucosa y mucosa, sin embargo, estos dos últimos, se encuentra engrosado y no se puede diferenciar las vellosidades intestinales (Tabla 20).

**Tabla 20**

*Cortes histológicos del intestino anterior de Paiche alimentados con diferentes balanceados*







*Nota.* T1= Balanceado de trucha, T2= 0% de harina de camote, T3= 20% de harina de camote y T4= 30% de harina de camote; Capa serosa (S), Músculo liso (ML), Submucosa (SM), Vellosoidad intestinal (V), Et (Enterocito) y Células calciformes (CC). Elaboración propia.

### **Análisis económico**

En la tabla 21, se muestra los costos de inversión para la implementación de un proyecto para engorde de Paiche bajo un sistema semi-intensivo con poca renovación hídrica o sin renovación. La etapa de engorde tiene una duración de 12 meses, el peso inicial del Paiche es de 700 g hasta llegar a 13 Kg de peso vivo en promedio. Se realiza una producción escalonada con 4 estanques de tierra de 500 m<sup>2</sup> con 50 Paiches uno.

**Tabla 21**

*Costos de inversión para un proyecto de Paiche en etapa de engorde*

Inversión	Descripción	Unidad	Valor (\$)	Valor (\$)	Vida útil	Depreciación (\$)
Infraestructura	Estanque de tierra	4	2000,00	8000,00	10	800,00
	Tuberías	7	15,00	105,00	15	7,00
	Vivienda y oficina	1	5000,00	5000,00	15	333,33
	Bodega	1	3000,00	3000,00	15	200,00
	Bombas de agua	1	1200,00	1200,00	15	80,00
Equipos y herramientas	Parihuelas	4	20,00	80,00	5	16,00
	Red de arrastre	1	600,00	600,00	10	60,00
	Balanza	1	30,00	30,00	10	3,00
	Ictiómetro	2	5,00	10,00	5	2,00
	Multiparámetro	1	1200,00	1200,00	12	100,00
	Permisos de funcionamiento	1	500,00	500,00		
<b>Total</b>				<b>19725,00</b>		<b>1601,33</b>

*Nota.* Elaboración propia

Los costos operativos o de producción fueron calculados por cada tratamiento, considerando 1 ciclo por año. Para el cálculo de costos de alimentación, se consideró el factor de conversión alimenticia por cada balanceado obtenido en la investigación para los últimos meses de engorde (Tabla 22-25).

**Tabla 22**

*Costos operativos para el tratamiento con balanceado de trucha proyectado para 10 años*

Años	1	2	3	4	9	10
<b>Descripción</b>	<b>Costos Variables</b>					
# Paiches	202	208	214	221	256	264
Levante de Paiches	9000	9316	9644	9983	11865	12282
Alimentación	19712,63	36604,41	37702,54	38833,62	45018,81	46369,37
<b>Total Costos Variables</b>	<b>28712,63</b>	<b>45920,76</b>	<b>47346,36</b>	<b>48816,42</b>	<b>56883,84</b>	<b>58651,46</b>

Años	1	2	3	4	9	10
<b>Costos fijos</b>						
Sanidad	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Mano de obra	560,00	560,00	560,00	560,00	560,00	560,00
Arriendo terreno	800	800	800	800	800	800
Servicios básicos	60	60	60	60	60	60
<b>Total Costos Fijos</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>
<b>Total Costos Operativos</b>	<b>30183</b>	<b>47391</b>	<b>48816</b>	<b>50286</b>	<b>58354</b>	<b>60121</b>

Nota. Elaboración propia

**Tabla 23**

*Costos operativos para el tratamiento con 0% de inclusión de harina de camote proyectado para 10 años*

Años	1	2	3	4	9	10
<b>Descripción</b>	<b>Costos Variables</b>					
# de Paiches	202	208	214	221	256	264
Levante de Paiches	9000	9316	9644	9983	11865	12282
Alimentación	19140,35	35541,75	36608,00	37706,24	43711,86	45023,22
<b>Total Costos Variables</b>	<b>28140,35</b>	<b>44858,10</b>	<b>46251,82</b>	<b>47689,04</b>	<b>55576,89</b>	<b>57305,30</b>
<b>Costos fijos</b>						
Sanidad	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Mano de obra	560,00	560,00	560,00	560,00	560,00	560,00
Arriendo terreno	800	800	800	800	800	800
Servicios básicos	60	60	60	60	60	60
<b>Total Costos Fijos</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>
<b>Total Costos Operativos</b>	<b>29610</b>	<b>46328</b>	<b>47722</b>	<b>49159</b>	<b>57047</b>	<b>58775</b>

Nota. Elaboración propia

**Tabla 24**

*Costos operativos para el tratamiento con 20% de inclusión de harina de camote proyectado para 10 años*

Años	1	2	3	4	9	10
<b>Descripción</b>	<b>Costos Variables</b>					
# de Paiches	202	208	214	221	256	264
Levante de Paiches	9000	9316	9644	9983	11865	12282
Alimentación	21765,90	40417,13	41629,64	42878,53	49707,97	51199,21
<b>Total Costos Variables</b>	<b>30765,90</b>	<b>49733,48</b>	<b>51273,46</b>	<b>52861,33</b>	<b>61573,00</b>	<b>63481,29</b>

Años	1	2	3	4	9	10
<b>Costos fijos</b>						
Sanidad	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Mano de obra	560,00	560,00	560,00	560,00	560,00	560,00
Arriendo terreno	800	800	800	800	800	800
Servicios básicos	60	60	60	60	60	60
<b>Total Costos Fijos</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>
<b>Total Costos Operativos</b>	<b>32236</b>	<b>51203</b>	<b>52743</b>	<b>54331</b>	<b>63043</b>	<b>64951</b>

Nota. Elaboración propia

### Tabla 25

Costos operativos para el tratamiento con 30% de inclusión de harina de camote proyectado para 10 años

Años	1	2	3	4	9	10
<b>Costos Variables</b>						
# de Paiches	202	208	214	221	256	264
Levante de Paiches	9000	9316	9644	9983	11865	12282
Alimentación	22280,48	41372,65	42613,83	43892,24	50883,14	52409,63
<b>Total Costos Variables</b>	<b>31280,48</b>	<b>50689,00</b>	<b>52257,65</b>	<b>53875,04</b>	<b>62748,17</b>	<b>64691,72</b>
<b>Costos fijos</b>						
Sanidad	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Mano de obra	560,00	560,00	560,00	560,00	560,00	560,00
Arriendo terreno	800	800	800	800	800	800
Servicios básicos	60	60	60	60	60	60
<b>Total Costos Fijos</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>	<b>1470,00</b>
<b>Total Costos Operativos</b>	<b>32750</b>	<b>52159</b>	<b>53728</b>	<b>55345</b>	<b>64218</b>	<b>66162</b>

Nota. Elaboración propia

En la tabla 26, se detalla los ingresos anuales por venta de Paiches faenado y eviscerados de 13 Kg de peso en promedio.

### Tabla 26

Ingresos anuales de proyecto para engorde de Paiche en dólares

Año	# peces	Peso comercial (Kg)	Biomasa	Precio/ Kg	\$ Ingresos
0		13	0,00	20,00	0,00



Año	# peces	Peso comercial (Kg)	Biomasa	Precio/ Kg	\$ Ingresos
1	50	13	650,00	20,00	13000,00
2	206	13	2678,00	20,60	55166,80
3	212	13	2758,34	21,22	58526,46
4	219	13	2841,09	21,85	62090,72
5	225	13	2926,32	22,51	65872,04
6	232	13	3014,11	23,19	69883,65
7	239	13	3104,54	23,88	74139,57
8	246	13	3197,67	24,60	78654,67
9	253	13	3293,60	25,34	83444,73
10	261	13	3392,41	26,10	88526,52

Nota. Elaboración propia

En el flujo de caja, los ingresos anuales se incrementaron en un 3% para el precio del Paiche, mientras que, para los costos operaciones se calculó una tasa de inflación anual de 3% (Tabla27-30).

**Tabla 27**

Flujo de caja para el tratamiento con balanceado de trucha para 10 años

Años	0	1	2	3	4	9	10
Ingresos anuales		13000,00	55166,80	58526,46	62090,72	83444,73	88526,52
Costos operativos		30183	47391	48816	50286	58354	60121
Depreciación		1601,33	1601,33	1601,33	1601,33	1601,33	1601,33
Inversión inicial	19725						
<b>Flujo de caja</b>	<b>-19725,00</b>	<b>-18783,96</b>	<b>6174,70</b>	<b>8108,76</b>	<b>10202,97</b>	<b>23489,56</b>	<b>26803,73</b>

Nota. Elaboración propia

**Tabla 28**

Flujo de caja para el tratamiento con 0% de inclusión de harina de camote a proyectado para 10 años

Años	0	1	2	3	4	9	10
Ingresos anuales		13000,00	55166,80	58526,46	62090,72	83444,73	88526,52
Costos operativos		29610	46328	47722	49159	57047	58775
Depreciación		1601,33	1601,33	1601,33	1601,33	1601,33	1601,33
Inversión inicial	19725						
<b>Flujo de caja</b>	<b>-19725,00</b>	<b>-18211,68</b>	<b>7237,37</b>	<b>9203,31</b>	<b>11330,35</b>	<b>24796,51</b>	<b>28149,88</b>

Nota. Elaboración propia

**Tabla 29**

*Flujo de caja para el tratamiento con 20% de inclusión de harina de camote a proyectado para 10 años*

<b>Años</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Ingresos anuales		13000,00	55166,80	58526,46	62090,72	83444,73	88526,52
Costos operativos		32236	51203	52743	54331	63043	64951
Depreciación		1601,33	1601,33	1601,33	1601,33	1601,33	1601,33
Inversión inicial	19725						
<b>Flujo de caja</b>	<b>-19725,00</b>	<b>-20837,23</b>	<b>2361,99</b>	<b>4181,66</b>	<b>6158,05</b>	<b>18800,40</b>	<b>21973,8</b>

*Nota. Elaboración propia*

**Tabla 30**

*Flujo de caja para el tratamiento con 0% de inclusión de harina de camote a proyectado para 10 años*

<b>Años</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Ingresos anuales		13000,00	55166,80	58526,46	62090,72	83444,73	88526,52
Costos operativos		32750	52159	53728	55345	64218	66162
Depreciación		1601,33	1601,33	1601,33	1601,33	1601,33	1601,33
Inversión inicial	19725						
<b>Flujo de caja</b>	<b>-19725,00</b>	<b>-21351,81</b>	<b>1406,47</b>	<b>3197,48</b>	<b>5144,34</b>	<b>17625,23</b>	<b>20763,47</b>

*Nota. Elaboración propia*

En la Tabla 31, se muestran los indicadores financieros de un proyecto acuícola de Paiche alimentados con diferentes balanceados. El tratamiento con 0% de inclusión de harina de camote mostro los mejores indicadores que el resto de tratamientos.

**Tabla 31**

*Indicadores financieros para proyecto de engorde de Paiche con diferentes balanceados*

<b>Indicador financiero</b>	<b>Trucha</b>	<b>0%HC</b>	<b>20%HC</b>	<b>30% HC</b>
VAN	\$28.603,05	\$34.696,02	\$6.742,21	\$1.263,58
TIR	24%	27%	15%	13%
C/B	\$1,45	\$1,76	\$0,34	\$0,06

*Nota. Elaboración propia*

## Capítulo IV

### Discusión

#### Parámetros de calidad de agua

Los parámetros de calidad de agua que se registraron en la fase de campo se encuentran dentro de los rangos normales para producir Paiche en la etapa de engorde (Chu Koo et al., 2017). Sin embargo, en las primeras semanas del ensayo ocurrió un descenso del oxígeno disuelto y aumento de los TDS y CE. Este fenómeno se atribuye al exceso de alimento administrado (1% del peso vivo) ya que se observó residuos de alimento en la superficie después de la alimentación y días más tarde, la descomposición de los mismos. La FAO, (2018) menciona que, la descomposición de materia orgánica demanda mayor cantidad de oxígeno. Es por esto que, se redujo la tasa de alimentación al 0.5% del peso vivo.

Por otro lado, la baja concentración de oxígeno disuelto en el agua no afecta el desarrollo del Paiche ya que esta especie obtiene del aire el 75% de oxígeno del requerimiento total y en agua hipóxica aumenta el valor (Stevens & Holeyton, 1978) . De acuerdo a lo mencionado, podemos deducir que los parámetros de calidad de agua no tuvieron efecto sobre el crecimiento de *Arapaima gigas*.

#### Variables morfométricas y productivas

Los resultados del ensayo determinan que los balanceados evaluados no tuvieron efecto sobre las variables morfométricas y productivas de los Paiches, excepto sobre el diámetro de los Paiches, ya que los peces alimentados con balanceado de trucha mostraron mayores diámetros que el resto de balanceados. Esto puede deberse a que el balanceado de trucha es un alimento extruido. El proceso de extrusión tiene la propiedad de desactivar factores anti nutricionales, mejorar la digestibilidad de los nutrientes provenientes de los carbohidratos y como consecuencia, aumenta el rendimiento productivo (Barrows et al., 2007).

Los principales factores que afectan la utilización de los carbohidratos como fuente de energía son su composición, complejidad molecular, estado físico y la cantidad incluida en la dieta (Steinberg, 2017). A pesar de que no hubo diferencias significativas entre tratamientos para las variables productivas, la %TCE, la EA y la GPD de los peces alimentados con 0% HC mostraron valores mayores a la de los peces alimentados con el resto de balanceados. El balanceado con 0% de inclusión de harina de camote utiliza como fuentes de hidratos de carbono la harina de maíz, trigo y afrecho de trigo. Jaques, (2019) analizó la digestibilidad de ingredientes energéticos en Paiches juveniles y menciona que, el maíz y el salvado de trigo tienen una digestibilidad aparente de 77% y 57% respectivamente, mientras que el salvado de trigo demostró mayor digestibilidad para el almidón (103%) y 76% para materia seca. Lo contrario mencionan (F. Cipriano et al., 2015), donde la digestibilidad de energía de del maíz y el salvado de trigo fue menor, es decir, 40% y 47% respectivamente. La diferencia de estos valores se debe el proceso de elaboración de las dietas, ya que el primero utilizó un alimento extruido y el segundo solo granulación.

Esta información se refuerza, con el estudio de Castillo et al., (2013) quien afirma que, la actividad enzimática de la maltasa en el intestino de los Paiches aumenta cuando estos son alimentados con una dieta extruida a base de carbohidratos como el afrecho de trigo, maíz y polvillo de arroz. De esta manera, los hidratos de carbono son absorbidos y utilizados como fuente de energía por el organismo.

La TCE disminuye a medida que los peces crecen, de tal manera que los peces necesitan mayor cantidad de alimento para producir un kilogramo de carne y por lo tanto la eficiencia alimenticia disminuye. Esta afirmación coincide con la investigación de (Burgos-Morán et al., 2018), quienes afirman que la TCE disminuye en el tiempo y además que, el crecimiento de *Arapaima gigas* es constante hasta los 40 meses, es decir que los Paiches tienen una ganancia de peso promedio de 1 kilogramos mensual.

El factor de conversión alimenticia (FCA) más bajo se obtuvo con el balanceado con 0% de harina de camote fue de 2.65. Este dato se asemeja al obtenido por (Ono & Kehdi, 2013) y mencionan que en la etapa de engorde para obtener 12 Kg de Paiche, administró 2.3 kg de alimento con 40% de proteína por cada kilogramo de carne producido.

La ganancia de peso diario de los Paiches osciló entre 27.75 y 37.38 g, mientras que en estudio de Paredes-López et al., (2021) presenta valores entre 52.3 g y 66.6 g en Paiches de 15 meses con una dieta de 45% de proteína. El ICC de los Paiches de este estudio fue de 0,88 y 0,89, estos datos son menores a los encontrados por Pereira-Filho et al., (2003) quien registró un ICC de 1 en Paiches de 7 kg. Por otro lado, el porcentaje de supervivencia encontrados fueron del 99 y 100%. Valores menores registra D. R. Ituassú et al., (2005) con un porcentaje entre 66 y 93% en Paiches juveniles de 250 g. Sin embargo, la mortalidad registrada no fue influenciada por el suministro del balanceado sino más bien, por la presencia de hongos y bacterias en los peces producto de lesiones ocasionadas por inundación de las piscinas previo al inicio del ensayo. Por lo antes mencionado, se demuestra que a medida que aumenta el tamaño de los peces, la GPD y ICC disminuyen; y el porcentaje de supervivencia aumenta.

### **Parámetros hematológicos**

Los balanceados evaluados no tuvieron efecto sobre el hematocrito (%H), glóbulos rojos (CGR) y hemoglobina (HB). Los valores de estas variables se asemejan al estudio de (Paredes et al., 2013) que analizó las sangre de Paiches de 2 años de edad, es decir 34,67-36 % para hematocrito,  $3.7-3.8 \times 10^6/\mu\text{l}$  de CGR y 11.44-11.88 (g/dl) de hemoglobina. Sin embargo,(Drumond et al., 2010) en su investigación con alevines (25.6 g) y juveniles (2.3 kg), encontró valores menores de estas variables a los encontrados en este estudio. Este fenómeno está asociada a la edad de los peces, es decir que, las variables hematológicas aumentan en fusión de la edad. El aumento de las variables sanguíneas se debe a que, los tejidos

hematopoyéticos como el riñón y bazo continúan en desarrollo en los peces juveniles (Hrubec et al., 2001).

Los tratamientos no tuvieron efecto sobre la glucosa de los Paiches. Sin embargo, los niveles de este parámetro son inferiores a los normales, excepto para los peces que fueron alimentados con el balanceado de trucha. La hipoglucemia es consecuencia de la inanición a largo plazo o baja absorción de nutrientes por parte del intestino, ya que la gluconeogénesis ayuda a mantener los niveles normales de glucosa en sangre (Gillis & Ballantyne, 1996). Por lo tanto, la hipoglucemia de los peces alimentados con el resto de tratamientos es causada por la mala absorción de los nutrientes a pesar de que los Paiches no se alimentaron por 2 días previo al proceso de biometría.

Tanto la glucosa como la proteína total son un indicativo la condición nutricional de un animal. Los peces tropicales presentan niveles de proteína sérica en el rango de 2.8-8.2 g/dl (Tavares-Dias et al., 2007). Los niveles de proteína encontrados en este estudio (1.70-2.14 g/dl) son bajos para los peces alimentados con 20% y 30% HC. Sin embargo, la concentración de albúmina es más importante que la proteína total, ya que una disminución de la albúmina, es un indicador de infecciones sistémicas debido al incremento las globulinas (Crivelenti et al., 2012). La concentración de albúmina de esta investigación se encuentra entre 1.64-0.97 g/dl, los cuales coinciden con los de descritos por (Paredes-López et al., 2021).

## **Análisis histológicos**

### ***Hígado***

El hígado tiene la función de metabolizar carbohidratos lípidos, proteínas, hormonas, vitaminas, también se encarga de desintoxicar y excretar productos de desecho o sustancias tóxicas (Allison, 2012). Un consumo elevado de carbohidratos como el almidón puede causar alteraciones en el tejido hepático. Los peces carnívoros tienen una capacidad limitada para oxidar y controlar la concentración de glucosa en la sangre. El aumento de las concentraciones

de glucosa en sangre provoca que se almacene exceso glucógeno en el hígado o en su defecto, se acumule lípidos (Li et al., 2022).

El tejido del hígado de los peces alimentados con diferentes balanceados muestra poco daño hepático y se evidencia vacuolización de los hepatocitos. (Guerrero-Zárate et al., 2019) en el estudio de inclusión de diferentes proporciones de carbohidratos y lípidos sobre *Atractosteus tropicus* determina que a medida que se aumenta la relación de carbohidratos y lípidos, disminuye el depósito de grasas en el hígado, pero aumenta el glucógeno. Es decir que, la inclusión de carbohidratos no aumenta la acumulación de grasas en este tejido. Además, el índice hepático (IHS) de los Paiches tratados con diferentes balanceados es normal (0.48-0.57) y coincide con los resultados de Scadeng et al., (2020) que presenta un IHS de 0.57. Por lo anterior, se infiere que la inclusión de harina de camote no presenta daño del hígado a nivel celular.

### ***Intestino***

El intestino de los peces alimentados con balanceado de trucha y balanceado con 0% de harina de camote presenta vellosidades definidos con abundantes pliegues. La presencia de los pliegues permite aumentar la absorción de los nutrientes por parte del intestino de los Paiches (Gómez et al., 2010). Esta información coincide con el estudio de A. Rodrigues & Cargin-Ferreira, (2017), quienes mencionan que los pliegues del Paiche son altamente ramificados, característica propia de los carnívoros que permite compensar la longitud corta del intestino con mayor superficie de absorción.

Además, los peces alimentados con estos balanceados presentan células calciformes en las vellosidades del intestino anterior, el cual cumple algunas funciones como: la protección mecánica, actúa contra virus, bacterias y evita la inflamación intestinal; ya que secreta mucosa que facilita el tránsito del alimento. En cambio, la trucha (*Oncorhynchus mykiss*), presenta

mayor cantidad de estas células en la región posterior del intestino que permite incrementar la cantidad de mucosa a lo largo de todo el intestino (Ostaszewska et al., 2005).

En cambio, el tejido del intestino de los Paiches alimentados con balanceado con 20% y 30% no se diferencia las vellosidades, pliegues y tampoco se observó la presencia de células calciformes, lo que se puede inferir que la absorción de nutrientes fue menor en los peces alimentados con estos tratamientos.

### **Análisis económico**

La alimentación de peces representa el 60-70 % de los costos de producción en una granja piscícolas (Gabriel et al., 2020). En este estudio, el costo de alimentación representó entre el 77% y 80% de los costos de producción, cuyos valores son menores en el análisis de costos de (Sánchez, 2020) , dice que el alimento es igual al 70%.

El uso de balanceado de trucha y con 0% de harina de camote en la alimentación del Paiche demostró que se disminuyó un 3% el costo de alimentación en comparación con el resto de balanceados, ya que con estos últimos incrementa los valores de los parámetros productivos como el FCA y la EA. Por lo tanto, el proyecto piscícola que usa el balanceado de trucha y 0% de harina de camote tiene los VAN y TIR mayores a los proyectos que usa balanceado con inclusión de harina de camote. El estudio económico de (Cueva, 2018) para una producción semiintensiva de Paiche tiene un TIR de 45% y un costo beneficio de 1.22.

El uso del balanceado de trucha y 0% de harina de camote tiene mayor C/B que, con el resto de balanceados, ya que los valores son 1.45 y 1.76 respectivamente, mientras que para el uso de balanceado con inclusión de harina de camote no hay un beneficio económico. El costo / beneficio es mayor ya que el uso de ingredientes para la fabricación de los piensos depende de la disponibilidad y costo en el mercado de los mismo y por consecuencia los costos de producción se reducen (Rana et al., 2009).



## Capítulo V

### Conclusiones

- El uso del balanceado de trucha para la alimentación de Paiche aumenta el diámetro.
- El balanceado con 0% de harina de camote es el más adecuado para el engorde de Paiche, porque incrementa los parámetros productivos como la TCE, EA, GPD y disminuye el valor del FCA.
- Los análisis de sangre demostraron, que estado de salud de los Paiches no se vio influenciada por el consumo del balanceado de trucha y los balanceados con inclusión de harina de camote.
- La histología de hígado demostró presencia de glucógeno en los hepatocitos, mientras que el tejido del intestino presentó alteraciones en las estructuras de los Paiches alimentados con el 20% y 30% de harina de camote.
- En la etapa de engorde del Paiche, el alimento balanceado representa entre 77% y 80% de los costos de producción de un proyecto acuícola semiintensivo.
- El análisis económico demostró que es viable implementar un proyecto acuícola en la etapa de engorde de Paiche cuando se utiliza el balanceado de trucha o el balanceado con 0% de inclusión de harina de camote ya que los valores de los indicadores financieros son mayores respecto al resto de tratamientos.

## Recomendaciones

- Usar balanceado con 0% de inclusión de harina de camote o balanceado de trucha para la alimentación de Paiches en la etapa de engorde con peso promedio de 19 kg.
- Es recomendable el uso de harina de camote en dietas balanceadas de paiche, siempre y cuando los costos de producción de la materia prima se asemejen a los costos de los ingredientes usados en las demás dietas.
- Evaluar la relación de proteína: carbohidratos sobre parámetros productivos en la primera etapa de engorde.
- Usar balanceado extruido y aumentar el tamaño del pellet de acuerdo a la anatomía y fisiología del Paiche que permita la observación del comportamiento alimentación, evitar sobre alimentación y reducir el desperdicio.
- Aumentar el uso de carbohidratos en los peces desde los primeros meses de vida con el objetivo de promover en aumento de las enzimas digestivas (amilasas)
- Analizar la inclusión de harina de camote en la alimentación de especies onmnívoras.
- Evaluar la suplementación de enzimas exógenas para aumentar el aprovechamiento de los carbohidratos en el Paiche.
- Evaluar la actividad enzimática en el intestino del Paiche con la ingesta ingredientes energéticos como el camote y otros carbohidratos.
- Realizar pruebas de digestibilidad aparente de ingredientes energéticos como el camote y otros carbohidratos con el objetivo de mejorar la formulación de la dieta.
- Realizar análisis bromatológico de la harina de camote con el objetivo de conocer el perfil completo de carbohidratos.
- Para abaratar costos de producción, como asociación se debe hacer compras conjuntas de los insumos y realizar una producción y comercialización de forma escalonada con todos los productores.

- Realizar análisis histológicos de intestino medio y posterior para identificar las estructuras celulares y aprovechamiento de los nutrientes en estas zonas.

## Bibliografía

- Adewolu, M. A. (2008). Potentials of sweet potato (*Ipomoea batatas*) leaf meal as dietary ingredient for *Tilapia zilli* fingerlings. *Pakistan Journal of Nutrition*, 7(3), 444–449. <https://doi.org/10.3923/pjn.2008.444.449>
- Ahmad, Z., Deo, A. D., Kumar, S., Ranjan, A., Aklakur, M., & Sahu, N. P. (2019). Effect of replacement of de-oiled rice bran with sweet potato leaf meal on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of *Labeo rohita* (Hamilton, 1822). *Indian Journal of Fisheries*, 66(1), 73–80. <https://doi.org/10.21077/ijf.2019.66.1.82353-10>
- Allison, R. (2012). Laboratory Evaluation of the Liver. In *Veterinary Hematology and Clinical Chemistry* (p. 401).
- Aquatech. (2021). *Programa de alimentación de Paiche*. <https://aquatech.pe/peces-tropicales/>
- ARCH- Sucumbíos. (2017). Rendición de Cuentas 2017. *Dirección Regional Sucumbíos*.
- Armijos, G., Villacrés, E., Quelal, M. B., Cobeña, G., & Álvarez, J. (2020). Evaluación físico-química y funcional de siete variedades de camote provenientes de Manabí-Ecuador. *Revista Iberoamerican de Tecnología Postcosecha*, 21(244–255).
- ASOARAPAIMA. (2021). *Encuesta Línea Base de ASOARAPAIMA*.
- Bard, J., & Imbiriba, E. P. (1986). A Piscicultura do pirarucu, *Arapaima gigas*. *Series Documentos - Circular Técnica*, 52, 17.
- Barriga, R. (2012). Lista de Peces de Agua dulce e Intermareales del Ecuador. *Revista Politécnica*, 30(3), 83–119.
- Barrows, F. T., Stone, D. A. J., & Hardy, R. W. (2007). The effects of extrusion conditions on the nutritional value of soybean meal for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 265(1–4), 244–252. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.01.017>

- Buléon, A., Colonna, P., Planchot, V., & Ball, S. (1998). Starch granules: Structure and biosynthesis. *International Journal of Biological Macromolecules*, 23(2), 85–112.  
[https://doi.org/10.1016/S0141-8130\(98\)00040-3](https://doi.org/10.1016/S0141-8130(98)00040-3)
- Burgos-Morán, R., Sánchez, J., Andino, M., Torres, D., Salazar, L., Ortega, N., & Nuñez, J. (2018). Curva de crecimiento y desarrollo pre-reproductivo de *Arapaima gigas* en cautiverio en la Amazonía ecuatoriana. *III Simposio Internacional de Acuicultura, March*, 34–41.
- Campos, L. (2001). Historia biológica del Paiche o Pirarucu, *Arapaima gigas* (Cuvier) y bases para su cultivo en la Amazonia Iquitos-Perú. *IIAP*, 27.  
<http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/arapaimagigashist.pdf>
- Castello, L. (2008). Lateral migration of *Arapaima gigas* in floodplains of the Amazon. *Ecology of Freshwater Fish*, 1(17), 38–46. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2007.00255.x>
- Castillo, W., Revilla, H., Guevara, T., & González, J. (2013). EFFECT OF FOOD TYPE ON THE INTESTINAL ENZYMES ACTIVITY IN YOUNG PAICHES ( *Arapaima gigas* CUVIER , 1829 ) RAISED IN CAGES . *Pueblo Continente*, 24(1), 177–184.
- Cho, C. Y. (1992). Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy and protein requirements. *Aquaculture*, 100(1–3), 107–123.  
[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(92\)90353-M](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90353-M)
- Chu Koo, C., Fernández Mendez, C., Rebaza Alfaro, María J. Darías, Carmen García Dávila, A., García Vázquez, Salvador Tello Martin, Luis Campos Baca, M., Alvan Aguilar, Jorge Ayarza Rengifo, L. A. L., & Arbildo, J. F. R. y H. (2017). *Cultivo del paiche: Biología, proceso productivos y estadísticas*. IIAP.

- CIP. (2015). *Datos y cifras del camote*. <https://cipotato.org/es/programas-de-investigacion/camote/datosycifrasdelcamote/>
- Cipriano, F., de Lima, K. S., Bevitório-Passinato, É., de Jesus, R. M., de Magalhães Júnior, F. O., Teles-Tonini, W. C., & Tavares-Braga, L. G. (2015). Digestibilidad aparente de ingredientes energéticos por juveniles de pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43(4), 786–791. <https://doi.org/10.3856/vol43-issue4-fulltext-18>
- Cipriano, F. dos S., de Lima, K. S., de Souza, R. H. B., Tonini, W. C. T., Passinato, É. B., & Braga, L. G. T. (2016). Digestibility of animal and vegetable protein ingredients by pirarucu juveniles, *Arapaima gigas*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45(10), 581–586. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016001000001>
- CITES. (2021). Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. *Journal of Minimal Access Surgery*, 54.
- Cobeña, G., Cañarte Bermúdez, E., Cárdenas Guillen, F., Guzmán Cedeño, Á., & Mendoza García, A. (2017). Manual Técnico del Cultivo de Camote. *Iniap*, 106, 75.
- Cortegano, C. A. A., de Godoy, L. C., Petenuci, M. E., Visentainer, J. V., Affonso, E. G., & Gonçalves, L. U. (2017). Nutritional and lipid profiles of the dorsal and ventral muscles of wild pirarucu. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 52(4), 271–276. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000400007>
- Crivelenti, L. Z., Borín, S., M. Socha, J. J., & V. Mundim, A. (2012). VALORES BIOQUÍMICOS SÉRICOS DE TILAPIA DEL NILO (*Oreochromis niloticus*) EN CULTIVO INTENSIVO. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 22(4), 318–323. <https://doi.org/10.15381/rivep.v22i4.331>

- Cueva, M. A. (2018). Evaluación económica de los diferentes sistemas de cultivo del paiche (arapaima gigas), en el departamento de Ucayali, en el 2015. In *Universidad Inca Garcilaso de la Vega*.
- Del Carpio, O. (2021). Cadena de valor del paiche. *PROGRAMA NACIONAL DE INNOVACIÓN EN PESCA Y ACUICULTURA - PNIPA*.
- Del Risco, M., Velásquez, J., Sandoval, M., Padilla, P., Mori-Pinedo, L. A., & Chu-koo, F. (2008). Efecto de tres niveles de proteína dietaria en el crecimiento de juveniles de paiche. In *Folia Amazónica* (Vol. 17, pp. 29–37).
- dos Santos-Cipriano, F., de Lima, K. S., Bevitório-Passinato, É., de Jesus, R. M., de Magalhães Júnior, F. O., Teles-Tonini, W. C., & Tavares-Braga, L. G. (2015). Apparent digestibility of energetic ingredients by pirarucu juveniles, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43(4), 786–791. <https://doi.org/10.3856/vol43-issue4-fulltext-18>
- Drumond, G. V. F., Caixeiro, A. P. de A., Tavares-Dias, M., Marcon, J. L., & Affonso, E. G. (2010). Características bioquímicas e hematológicas do pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimidae) de cultivo semi-intensivo na Amazônia. *Acta Amazonica*, 40(3), 591–595. <https://doi.org/10.1590/s0044-59672010000300020>
- FAO. (2010). Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo. In *FAO. Serie Acuicultura en Latinoamérica* (Vol. 1).
- FAO. (2011). Manual básico de sanidad piscícola. *Ministerio de Agricultura y Ganadería. Viceministerio de Ganadería*, 1–52.

FAO. (2018). *Mejora de la calidad de agua en los estanques*.

[https://www.fao.org/fishery/static/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6709s/x6709s02.htm](https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s02.htm)

FAO. (2022). *Figis*. Colección de Estadísticas Globales.

[http://www.fao.org/figis/servlet/SQServlet?file=/usr/local/tomcat/8.5.16/figis/webapps/figis/tem/hqp\\_134588787918391966.xml&outtype=html](http://www.fao.org/figis/servlet/SQServlet?file=/usr/local/tomcat/8.5.16/figis/webapps/figis/tem/hqp_134588787918391966.xml&outtype=html)

Fogaça, F. H., De Oliveira, E. G., Carvalho, S. E. Q., & De Seixas Santos, J. F. (2011).

Rendimento e composição do filé de pirarucu em diferentes classes de peso. *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, 33(1), 95–99.

<https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i1.10843>

Gabriel, U. U., Akinrotimi, O. a, Bekibele, D. O., Onunkwo, D. N., Anyanwu, P. E., & Harcourt,

P. (2020). Locally produced fish feed : potentials for aquaculture development in subsaharan Africa. *African Journal of Agricultural Research*, 8(4), 287–295.

Gillis, T. E., & Ballantyne, J. S. (1996). The effects of starvation on plasma free amino acid and glucose concentrations in lake sturgeon. *Journal of Fish Biology*, 49(6), 1306–1316.

<https://doi.org/10.1006/jfbi.1996.0255>

Gómez, E., Tovar, M., Obando, M., & Hurtado, H. (2010). Estudio histológico del tracto

digestivo del pez *Ariopsis seemanni*. *Facultad de Ciencias Básicas*, 6(2), 216–225.

Guerrero-Zárate, R., Álvarez-González, C. A., Jesus-Contreras, R., Peña-Marín, E. S.,

Martínez-García, R., Galaviz, M. A., López, L. M., & Llera-Herrera, R. (2019). Evaluation of carbohydrate/lipid ratios on growth and metabolic response in tropical gar (*Atractosteus tropicus*) juvenile. *Aquaculture Research*, 50(7), 1812–1823.

<https://doi.org/10.1111/are.14060>



- Halver, J., & Hardy, R. (2002). Nutrient Flow and Retention. In *Fish Nutrition* (pp. 755–804). Academic Press.
- Hrubec, T. C., Smith, S. A., & Robertson, J. L. (2001). Age-Related Changes in Hematology and Plasma Chemistry Values of Hybrid Striped Bass (*Morone chrysops* × *Morone saxatilis*). *Veterinary Clinical Pathology*, *30*(1), 8–15. <https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.2001.tb00249.x>
- Imbiriba, E. P. (2001). Potencial de criação de pirarucu em cativeiro. *Acta Amazonica*, *31*(2), 299–316.
- INIAP. (2021). *CIP e INIAP buscan impulsar el camote como alternativa para mejorar la salud e ingresos en Esmeraldas*. <https://www.iniap.gob.ec/pruebav3/cip-e-iniap-buscan-impulsar-el-camote-como-alternativa-para-mejorar-la-salud-e-ingresos-en-esmeraldas/>
- Ituassú, D., Pereira Filho, M., Roubach, R., Crescêncio R., & Granda, A. (2005). Níveis de proteína bruta para juvenis de pirarucu Crude protein levels for juvenile pirarucu. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, *40*(3), 255–259.
- Ituassú, D. R., Pereira Filho, M., Roubach, R., Crescêncio, R., Cavero, B. A. S., & Gandra, A. L. (2005). Níveis de proteína bruta para juvenis de pirarucu. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, *40*(3), 255–259. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2005000300009>
- Jaques, A. (2019). AVALIAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE DE INGREDIENTES ENERGÉTICOS EM DIETAS PARA JUVENIS DE PIRARUCU *Arapaima gigas* (Cuvier 1829). In *Universidad Federal de Santa Catarina*. <https://doi.org/1037//0033-2909.I26.1.78>
- Ji, H., Zhang, H., Li, H., & Li, Y. (2015). Analysis on the Nutrition Composition and Antioxidant Activity of Different Types of Sweet Potato Cultivars. *Food and Nutrition Sciences*, *06*(01), 161–167. <https://doi.org/10.4236/fns.2015.61017>

- Li, X., Han, T., Zheng, S., & Wu, G. (2022). Hepatic Glucose Metabolism and Its Disorders in Fish. In *Recent Advances in Animal Nutrition and Metabolism* (pp. 207–236). Springer Nature Netherlands. <https://doi.org/10.7313/upo9781907284656>
- Loebenstein, G. (2019). *Sweet potato*. [https://doi.org/DOI 10.1007/978-1-4020-9475-0 3](https://doi.org/DOI%2010.1007/978-1-4020-9475-0_3)
- MAAE. (2021). *Proyectos acuícolas recibieron nueve patentes en Sucumbíos*. <https://www.ambiente.gob.ec/proyectos-acuicolas-recibieron-nueve-patentes-en-sucumbios/>
- MAG. (2015). Levantamiento De Cartografía Temática Catón Lago Agrio. *Cobertura y Uso de La Tierra, Sistemas Productivos*, 1–72.
- MAG. (2017). *Mediante dos estrategias, Ecuador aumenta rendimientos de maíz*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://www.agricultura.gob.ec/mediante-dos-estrategias-ecuador-aumenta-rendimientos-de-maiz/>
- Magalhães, F. O., Santos, M. J. M., Allaman, I. B., Soares Junior, I. J., Silva, R. F., & Braga, L. G. T. (2017). Digestible Protein Requirement of Pirarucu Juveniles (*Arapaima gigas*) Reared in Outdoor Aquaculture. *Journal of Agricultural Science*, 9(9), 114. <https://doi.org/10.5539/jas.v9n9p114>
- Martins, M. G., Martins, D. E. G., & Pena, R. D. S. (2017). Chemical composition of different muscle zones in pirarucu (*Arapaima gigas*). *Food Science and Technology*, 37(4), 651–656. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.30116>
- Mattos, B., Nascimento-Filho, E. C. T., Anjos-Santos, A. dos, Sánchez-Vázquez, F. J., & Fortes-Silva, R. (2016). Daily self-feeding activity rhythms and dietary self-selection of pirarucu (*Arapaima gigas*). *Aquaculture*, 465, 152–157. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.09.005>

- Mattos, B. O., Filho, E. C. T. N., Barreto, K. A., Braga, L. G. T., & Fortes-Silva, R. (2016). Self-feeder systems and infrared sensors to evaluate the daily feeding and locomotor rhythms of Pirarucu (*Arapaima gigas*) cultivated in outdoor tanks. *Aquaculture*, 457, 118–123. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.02.026>
- Moraes, G., & De Almeida, L. (2020). Nutrition and functional aspects of of digestion in fish. In *Biology and Physiology of Freshwater Neotropical Fish* (pp. 251–271). Academic Press.
- Muñoz -Ramirez, A. (2019). USO DE MATERIAS PRIMAS LOCALES Y NO LOCALES PARA ALIMENTACIÓN DE TILAPIAS EN SISTEMAS DE ACUICULTURA DE RECURSOS LIMITADOS (AREL) Mesoamérica, Cuba y República Dominicana. In *Fao*.
- NRC. (2011). Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. In *Syria Studies* (Vol. 7, Issue 1).
- Núñez-Rodríguez, J., Duponchelle, F., Cotrina-Doria, M., Renno, J. F., Chavez-Veintimilla, C., Rebaza, C., Deza, S., García-Dávila, C., Chu-Koo, F., Tello, S., & Baras, E. (2015). Movement patterns and home range of wild and re-stocked *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) monitored by radio-telemetry in Lake Imiria, Peru. *Journal of Applied Ichthyology*, 31, 10–18. <https://doi.org/10.1111/jai.12972>
- Olasunkanmi, J. B., Julius, O. T., Babalola, T. O., Jimoh, J. O., & Ariyomo, T. O. (2021). Alternative Feed Resources in Aquaculture: The Role of Underutilized Plants - A Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 655(1), 1–12. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/655/1/012008>
- Oloo, B. O., Shitandi, A., Mahungu, S., Malinga, J. B., & Rose, O. B. (2014). Effects of lactic acid fermentation on the retention of beta-carotene content in orange fleshed sweet potatoes. *International Journal of Food Studies*, 3(1), 13–33. <https://doi.org/10.7455/ijfs/3.1.2014.a2>

- Ono, E., & Kehdi, J. (2013). Manual de boas práticas de produção do pirarucu. *Sebrae*, 1, 46.
- Ortiz, J., Saltos, M., Tufiño, A., Pardo, H., Contreras, D., Naranjo, A., Molina, J., & Mantilla, L. (2019). Buenas prácticas para el cultivo de peces tropicales. *Proyecto INEDITA SENESCYT -ESPE*, 1–56.
- Ostaszewska, T., Dabrowski, K., Palacios, M. E., Olejniczak, M., & Wieczorek, M. (2005). Growth and morphological changes in the digestive tract of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and pacu (*Piaractus mesopotamicus*) due to casein replacement with soybean proteins. *Aquaculture*, 245(1–4), 273–286.  
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.12.005>
- Paredes, D., Alvares, C., & Valencia, T. (2013). CARACTERIZACION HEMATOLÓGICA Y BIOQUIMICA DE JUVENILES DE *Arapaima gigas* “PAICHES” BAJO CONDICIONES DE CULTIVO EN SELVA ALTA. *Investigación y Amazonía*, 3(2), 67–70.
- Paredes-López, D., Robles-Huaynate, R., Rebaza-Alfaro, C., Delgado-Ramírez, J., & Aldava-Pardave, U. (2021). Effect of stocking density of juvenile *arapaima gigas* on rearing water quality hematological and biochemical profile, and productive performance. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 49(2), 193–201. <https://doi.org/10.3856/vol49-issue2-fulltext-2588>
- Pereira-Filho, M., Cavero, S., Roubach, R., Ituassú, D. R., Gandra, A. L., & Crescêncio, R. (2003). Cultivo do Pirarucu em viveiro escavado. *Acta Amazonica*, 33(4), 715–718.
- Pinto, K., de Melo, L., de Aquino, J., Dantas, J., Miglino, M. A., Grassi, R., & de Vargas, S. (2022). Ultrastructural study of the esophagus and stomach of *Arapaima gigas* ( Schinz 1822 ), juvenile paiche , created excavated tank *Acta Scientiarum* Ultrastructural study of the esophagus and stomach of *Arapaima gigas* ( Schinz 1822 ) , juvenile paiche , create.

*Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 44(1), 1–8.

<https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v44i1.58699>

- Pizzini, P. (2017). EVALUACIÓN DE LA INCLUSIÓN DE HARINA DE CAMOTE (*Ipomoea batatas*) EN DIETAS DE ALEVINOS DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis* spp.) SOBRE SU COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN CONDICIONES DE LABORATORIO. In *Universidad Nacional Agraria La Molina*.
- Rana, K. J., Siriwardena, S., & Hasan, M. R. (2009). Impact of rising feed ingredient prices on aquafeeds and aquaculture production. In *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper* (Vol. 541).
- Rodrigues, A., & Cargnin-Ferreira, E. (2017). Morphology and Histology of the Pirarucu (*Arapaima gigas*) Digestive Tract. *International Journal of Morphology*, 35(3), 950–957. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022017000300025>
- Rodrigues, A. P., Moro, G., Verdolin, & dos Santos, V. R. (2015). Alimentação e nutrição do pirarucu (*Arapaima gigas*). *Embrapa Pesca e Aquicultura*, 32.
- Sánchez, V. (2020). *Estructura de costos de producción del cultivo de Paiche Arapaima gigas*. 759–772. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/36883>
- Scadeng, M., McKenzie, C., He, W., Bartsch, H., Dubowitz, D. J., Stec, D., & St. Leger, J. (2020). Morphology of the Amazonian Teleost Genus *Arapaima* Using Advanced 3D Imaging. *Frontiers in Physiology*, 11(260), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00260>
- Solomon, S. G., Okomoda, V. T., & Oloche, J. (2015). Evaluation of Sweet Potato (*Ipomeas batatas*) Peel as a Replacement for Maize Meal in the Diet of *Clarias gariepinus* Fingerling. *Journal of FisheriesSciences.Com*, 9(4), 63–68.

- Sousa, A. R. B. de, Correa, R. de O., De Faria, M. T., & Maciel, P. O. (2017). Piscicultura de pirarucu. In *Coleção Criar*. Embrapa.
- Steinberg, C. (2017). Aquatic animal nutrition. In *Springer*.  
<https://doi.org/10.1079/9781845935894.0251>
- Stevens, E. D., & Holeton, G. F. (1978). The partitioning of oxygen uptake from air and from water by the large obligate air-breathing teleost pirarucu ( *Arapaima gigas* ) . *Canadian Journal of Zoology*, 56(4), 974–976. <https://doi.org/10.1139/z78-135>
- Tavares-Dias, M., Barcellos, J. F. M., Marcon, J. L., Menezes, G. C., Ono, E. A., & Affonso, E. G. (2007). Hematological and biochemical parameters for the pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Osteoglossiformes, Arapaimatidae) in net cage culture. *Electronic Journal of Ichthyology*, 1822(1), 61–68.
- Villafan, S., Aguilar, F., Barrozo, D., Argote, A., Lizarro, D., Maldonado, M., Carolsfeld, J., Van Damme, P. A., & Carvajal-Vallejos, F. M. (2020). Dieta y posición trófica del paiche (*Arapaima gigas*) en lagunas meándricas de la Amazonia boliviana. *Hidrobiología Neotropical y Conservación Acuática*, 1(1), 42–58.
- Watson, L. C., Stewart, D. J., & Teece, M. A. (2013). Trophic ecology of *Arapaima* in Guyana: Giant omnivores in Neotropical floodplains. *Neotropical Ichthyology*, 11(2), 341–349.  
<https://doi.org/10.1590/S1679-62252013000200012>

**Enlace:**

<https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1QggPGc0Nviz2GZsbLE2GwDW-k7TggcMC>