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

Crecimiento y composición proximal de juveniles de gamitana (*Colossoma macropomum*) alimentados con dieta vegetal vs. dieta mixta

TESIS

Para optar el Título Profesional de Médico Veterinario

AUTOR

Brenda Carolina GRANDE FENANDEZ

ASESOR

Mg. Carlos Andre AMARINGO CORTEGANO

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

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

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

Referencia bibliográfica

Grande B. Crecimiento y composición proximal de juveniles de gamitana (Colossoma macropomum) alimentados con dieta vegetal vs. dieta mixta [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria, Escuela Profesional de Medicina Veterinaria; 2022.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Brenda Carolina Grande Fernández
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71950773
URL de ORCID	No aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Carlos Andre Amaringo Cortegano
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	46304475
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-1494-5262
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Fernando Demetrio Carcelén Cáceres
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07933087
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Guadalupe Victoria Contreras Salazar
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07244311
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Jeam David Rojas Egoavil
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40129808
Datos de investigación	
Línea de investigación	B.4.5.4. Producción pecuaria y acuícola en el trópico

Grupo de investigación	Biodiversidad, Conservación y Producción Sostenible - BIOCOPS
Agencia de financiamiento	Perú. Programa Nacional de Investigación Científica y Estudios Avanzados (PROCIENCIA). Proyecto Semilla de Investigación Aplicada. Nro. 145-2020-Fondecyt.
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Estación IVITA Pucallpa, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Ucayali Provincia: Coronel Portillo Distrito: Campo Verde Latitud: -8.6541667 Longitud: -74.94277777777778
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2021 - 2021
URL de disciplinas OCDE	Ciencia veterinaria https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.03.01

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS EN MODALIDAD VIRTUAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE MEDICO VETERINARIO
Autorizado por R.D N° 304-D-FMV-2020

1. **FECHA DE LA SUSTENTACIÓN : 19/08/2022**

HORA INICIO: 12:00 horas

HORA TÉRMINO: 13:10

2. **MIEMBROS DEL JURADO**

PRESIDENTE: **MV. Mg. Dr. Carcelén Cáceres, Fernando Demetrio**

MIEMBRO: **Blga. Contreras Salazar, Guadalupe Victoria**

MIEMBRO: **MV. Mg. Rojas Egoavil, Jeam David**

ASESOR : **Blgo. Mg. Amaringo Cortegano, Carlos Andre**

3. **DATOS DEL TESISTA**

APELLIDOS Y NOMBRES: **Grande Fenandez, Brenda Carolina**

CÓDIGO:

R.R. DE GRADO DE TESISTA NÚMERO:

TÍTULO DE LA TESIS: **CRECIMIENTO Y COMPOSICIÓN PROXIMAL DE JUVENILES DE GAMITANA (*Colossoma macropomum*) ALIMENTADOS CON DIETA VEGETAL VS. DIETA MIXTA**

4. **RECOMENDACIONES**

Datos de la plataforma virtual institucional del acto de sustentación:
https: meet.google.com/ykw-yykz-xpy
ID: ykw-yykz-xpy
Grabación archivada en:
https://drive.google.com/file/d/1KzEBGh2WMwhVZisU3EZQ7_8wkX8OrAJg/view?usp=sharing

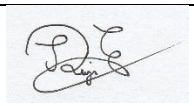
5. **NOTA OBTENIDA: …… (17), (Diecisiete).....**

6. PÚBLICO ASISTENTE: (Nombre, apellido y DNI)

Apellidos y nombres	DNI	Correo electrónico
Brenda Grande Fernandez	71950773	brendagf.unmsm@gmail.com
Fernando Carcelén Cáceres	7933087	fcarcelenc@unmsm.edu.pe
Carlos Amaringo Cortegano	46304475	camaringoc@unmsm.edu.pe
Guadalupe Contreras Salazar	7244311	gcontrerass@unmsm.edu.pe
Jeam David Rojas Egoavil	40129808	jrojase@unmsm.edu.pe
Faride Altamirano Zevallos	43695598	faltamiranoz@unmsm.edu.pe
Sandra Bezada Quintana	7630662	sbezadaq@unmsm.edu.pe
Antonio Ampuero Bustillo	6645903	aampuerob@unmsm.edu.pe
Sofia López Guerra	40060409	slopezg@unmsm.edu.pe
Nidia Llapapasca García	43553169	nllapapascag@unmsm.edu.pe
Virginia Rivadeneira	48367422	vrivadeneira@unmsm.edu.pe
Juan Olazabal Loaiza	20050845	jolazaball@unmsm.edu.pe
Joel Jefferson Cuenca Chacca	48667693	joel.cuenca@unmsm.edu.pe
Ana Dhalal Corso Guisabalo	71618364	ana.corso@unmsm.edu.pe
Camila Valeria Cortez Rodriguez	73542105	camila.cortez@unmsm.edu.pe
Jazmín Melanie Fanning Pianto	75132425	jazmin.fanning@unmsm.edu.pe
Sheyla Emmy Baltazar Ñahui	71502215	sheyla.baltazar@unmsm.edu.pe
Sebastián Leandro Manrique Rodríguez	73623635	sebastian.manrique@unmsm.edu.pe
Dayana Amparo Castilla Ramirez	44066664	dayana.castilla@unmsm.edu.pe
Cristina Valeria Romero Ciudad	73189681	cristina.romero1@unmsm.edu.pe
Mirjana Carla Olaya Llaque	72691178	mirjana.olaya@unmsm.edu.pe
Bethsy Cristhina Roque Tranca	62602256	bethsy.roque@unmsm.edu.pe
Claudia Valeria Nuñez La Torre	71220558	claudia.nunez1@unmsm.edu.pe
Alejandra Nicolle Bayona Barreto	74803093	alejandra.bayona@unmsm.edu.pe
Manuel Villanueva Sarmiento	48324494	
Andres Gabriel Huamán Castillo	47804331	
Angie Grande		
Keiji Adrian Valladares Kuniyoshi		
Diana Ursula Yrigoyen Navarro	74619291	
Carla Sofia Meza		
Keyla Tamara Vasquez Pachas		
Elka Geraldine Garnique Moncada		
Gloria Fernanda Andia Mataque	77273164	

7. FIRMAS DE LOS MIEMBROS DEL JURADO


Carcelén Cáceres Fernando Demetrio
PRESIDENTE

		
Amaringo Cortegano, Carlos Andre	**Contreras Salazar, Guadalupe Victoria**	**Rojas Egoavil, Jeam David**
ASESOR DE LA TESIS	**MIEMBRO JURADO**	**MIEMBRO JURADO**

UNMSM
Firmado digitalmente por SANTIANI ACOSTA Alexei Vicent FAU 20148092282 soft
Motivo: Por encargo
Fecha: 11.07.2022 09:49:35 -05:00

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
Facultad de Medicina Veterinaria
Escuela Profesional de Medicina Veterinaria
ep.veterinaria@unmsm.edu.pe

"AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD"

INFORME DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

Tesis para optar el título profesional de Médico Veterinario

1. Facultad: Medicina Veterinaria
2. Escuela: Medicina Veterinaria
3. Autoridad académica que emite el informe de originalidad: Escuela Profesional de Medicina Veterinaria.
4. Apellidos y Nombres de la Autoridad Académica: Santiani Acosta, Alexei Vicent
5. Operador del Programa Informático de similitudes: Sandoval Monzón Rocío Silvia.
6. Documento evaluado: "Crecimiento y composición proximal de juveniles de gamitana (*Colossoma macropomum*) alimentados con dieta vegetal vs. dieta mixta"
7. Autor del documento: Grande Fernández, Brenda carolina
8. Fecha de recepción del documento: 30 de Junio del 2022
9. Fecha de aplicación del programa informático: 04 de Julio del 2022
10. Software utilizado
    - Turnitin
11. Configuración del programa detector de similitudes:
    - Excluye textos entrecomillados
    - Excluye bibliografía
    - Excluye cadenas menores de 40 palabras
    - Exclusión de fuentes para buscar similitud
12. Porcentaje de similitudes según programa detector de similitudes: 3%
13. Fuentes originales de similitudes encontradas:
    - Fuentes de internet: 3%
    - Publicaciones: 1%
    - repositorio.unia.edu.pe: 1%
    - repositorio.lamoina.edu.pe: 1%
    - alicia.concytec.gob.pe: <1%
    - cybertesis.unmsm.edu.pe: <1%

    Observaciones: el mayor porcentaje de las similitudes halladas en la tesis evaluada se encuentra en la sección fuentes de internet.
14. Calificación de originalidad:
    DOCUMENTO CUMPLE CRITERIOS DE ORIGINALIDAD, SIN OBSERVACIONES.

Fecha del informe: 7 de Julio del 2022

UNMSM
Firmado digitalmente por SANTIANI ACOSTA Alexei Vicent FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 11.07.2022 09:49:53 -05:00

Dr. Alexei Vicent Santiani Acosta
Director EPMV

DEDICATORIA

A Dios, quien me dio las fuerzas necesarias para seguir adelante a pesar de las dificultades.

A mi hijo, Jacob, quien siempre ha sido mi motivación para culminar esta hermosa carrera.

A Manuel, quien es y será mi compañero de vida. Este logro es de ambos y nos esperan más.

AGRADECIMIENTOS

- Al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC), que por medio de la Unidad Ejecutora PROCIENCIA, accedí a la subvención mensual como tesista, así como al financiamiento del proyecto "Filetes de gamitana (*Colossoma macropomum*) empacados al vacío enriquecidos con DHA obtenidos de peces con alimentación terminal suplementada con harina de microalga – Contrato Nro. 145-2020-FONDECYT", del cual la presente tesis de investigación hace parte.

- Al Blgo. MSc. Carlos Andre Amaringo Cortegano, asesor del presente trabajo, por su orientación, enseñanzas, apoyo, dedicación, y sobre todo por creer en mi durante todo el proceso de la tesis, que a pesar de las adversidades logramos el cumplimiento de los objetivos. Agradecida por siempre.

- A la Estación Pucallpa del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA) y su director, el Dr. Carlos Mariano Alvez Valles, por su amabilidad y por prestar las instalaciones para la realización de la parte experimental de la presente investigación.

- A la Unidad de Producción de Peces Migratorios de la Estación IVITA Pucallpa, sus trabajadores y en especial al Téc. Jonathan Humberto Rodríguez Saboya, por todo el apoyo durante la crianza de los peces y por permitirme conocer más sobre la acuicultura.

- Al Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por su interés y colaboración en el desarrollo de esta tesis.

- A mi hijo Jacob, quien con su hermosa sonrisa me enseñó a valorar cada día de mi vida.

- A mi madre Leo, por su gran apoyo lleno de sacrificios, que me han convertido en la persona que soy ahora.

- A mi hermana Angie, por motivarme siempre a seguir durante todo este difícil camino.

- A Manuel, por su sincero amor y los ánimos constantes que me brinda para alcanzar mis metas.

INDICE DEL CONTENIDO

RESUMEN i

ABSTRACT ii

LISTA DE CUADROS iii

LISTA DE FIGURAS iv

I. INTRODUCCIÓN 1

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 3

2.1. Generalidades de la gamitana 3

2.1.1. Clasificación taxonómica 3

2.1.2. Distribución geográfica 4

2.1.3. Características morfológicas 4

2.1.4. Biología y ecología 5

2.1.5. Régimen alimenticio 5

2.1.6. Cultivo 6

2.1.7. Importancia económica 7

2.2. Ingredientes de origen animal vs. origen vegetal 8

2.3. Composición proximal del músculo del pescado 10

III. MATERIAL Y MÉTODOS 11

3.1. Lugar y tiempo de estudio 11

3.2. Población y muestra 12

3.3. Material, insumos y equipos 12

3.4. Diseño experimental 14

3.5. Metodología 14

3.6. Análisis estadístico 21

IV. RESULTADOS 22

V. DISCUSIÓN 27

VI. CONCLUSIONES 31

VII. RECOMENDACIONES 32

VIII. LITERATURA CITADA 33

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de una dieta formulada únicamente con ingredientes de origen vegetal en comparación con una dieta mixta sobre el crecimiento corporal y la composición proximal del músculo de "gamitana" criada en estanques excavados. El estudio se desarrolló en la Estación IVITA Pucallpa de la FMV-UNMSM durante 60 días. Para ello, 1200 juveniles de "gamitana" fueron distribuidos en seis estanques excavados de 200 m^2, donde fueron alimentados con las dietas (vegetal y mixta) de manera diferenciada. Se hicieron evaluaciones biométricas al iniciar y a los 15, 30, 45 y 60 días del ensayo, con muestreos del 10% de la población por unidad experimental, donde se midieron longitud y peso totales. El crecimiento corporal se evaluó respecto a: ganancia de peso, ganancia de longitud, tasa de crecimiento específico, índice de conversión alimenticia, sobrevivencia y factor de condición. Asimismo, se colectaron muestras del músculo de "gamitana" al inicio y final del experimento para análisis de composición proximal. Los datos de crecimiento corporal fueron sometidos a una prueba de ANOVA de dos factores (dieta vs. tiempo) mientras que los datos de composición proximal fueron sometidos a ANOVA de un factor ($p < 0.05$). Los resultados no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos para los seis parámetros evaluados con respecto al crecimiento corporal, además, el índice de conversión alimenticia (ICA) en juveniles de "gamitana" alimentados con dieta vegetal (1.24) no se vio afectado en comparación con los ICA promedios de "gamitanas" criadas bajo buenas prácticas acuícolas en pisciculturas comerciales (1.20). Similares resultados se encontraron al evaluar la composición proximal del músculo al no observar diferencia significativa. Se concluyó que juveniles de "gamitana" pueden ser criados con dieta vegetal sin afectar el crecimiento corporal ni la composición proximal del músculo del pez.

Palabras claves: *Colossoma macropomum*, dieta mixta, dieta vegetal, piscicultura amazónica

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of a diet formulated solely with plant-based ingredients compared to a mixed diet on growth performance and proximal muscle composition of "gamitana" reared in excavated ponds. The study was developed at the FMV-UNMSM IVITA Pucallpa Station for 60 days. 1200 juvenile "gamitana" were distributed in six excavated ponds of 200 m^2, where they were fed with diets (vegetable and mixed) in a differentiated manner. Biometric evaluations were made at the beginning and at 15, 30, 45 and 60 days of the trial, with samples of 10% of the population for each experimental unit, where total length and weight were measured. Growth performance was evaluated with respect to: weight gain, length gain, specific growth rate, feed conversion ratio, survival and condition factor. Likewise, "gamitana" muscle samples were collected at the beginning and at the end of the experiment for analysis of proximal composition. Body growth data were subjected to a two-way ANOVA (diet vs. time) while proximal composition data were subjected to a one-way ANOVA ($p < 0.05$). The results did not present significant differences between the treatments for the six parameters evaluated with respect to growth performance, in addition, the feed conversion ratio (FCR) in juvenile "gamitana" fed with a vegetable diet (1.24) was not affected compared to the FCR averages of fish raised under good aquaculture practices in commercial farming (1.20). Similar results were found when evaluating the proximal composition of the muscle without significant differences between the treatments. It was concluded that juvenile "gamitana" can be fed with a vegetable diet without affecting growth performance or proximal muscle composition of the fish.

Keywords: *Colossoma macropomum*, mixed diet, vegetable diet, amazon fish farming

LISTA DE CUADROS

Pág.

CUADRO 1. Rangos apropiados de los parámetros de calidad de agua para el cultivo de "gamitana" (*Colossoma macropomum*) ……. 7

CUADRO 2. Fórmulas dietéticas utilizadas para las dietas experimentales para juveniles de "gamitana" (*Colossoma macropomum*).……... 15

CUADRO 3. Valores promedios de parámetros físicos y químicos del agua de crianza de "gamitana" (*Colossoma macropomum*) alimentados con dieta mixta y dieta vegetal ……..... 22

CUADRO 4. Parámetros productivos de "gamitana" (*Colossoma macropomum*) alimentada con dieta mixta y dieta vegetal a diferentes tiempos de crianza…….. 25

CUADRO 5. Análisis proximal de la composición corporal de "gamitana" (*Colossoma macropomum*) alimentada con dieta vegetal y dieta mixta (% en base húmeda)..……...……..... 26

LISTA DE FIGURAS

Pág.

FIGURA 1. Cosecha de "gamitana" (*Colossoma macropomum*) de la actividad de acuicultura en Ucayali, Perú 2011-2020 (TM) ……. 7

FIGURA 2. Cosecha de "gamitana" (*Colossoma macropomum*) de la actividad de acuicultura de las principales regiones productoras en el año 2020 (TM) …… 8

FIGURA 3. Imagen satelital de las instalaciones piscícolas de la Unidad de Producción de Peces Migratorios de la Estación IVITA Pucallpa ……. 11

FIGURA 4. Peso final de "gamitana" (*Colossoma macropomum*) alimentada con dieta vegetal vs. dieta mixta en condiciones experimentales durante 60 días..... 23

FIGURA 5. Longitud final de "gamitana" (*Colossoma macropomum*) alimentada con dieta vegetal vs. dieta mixta en condiciones experimentales durante 60 días…….. 24

FIGURA 6. Tasa de crecimiento específico de "gamitana" (*Colossoma macropomum*) alimentada con dieta vegetal vs. dieta mixta en condiciones experimentales durante 60 días ……..... 26

I. INTRODUCCIÓN

La "gamitana", *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816), por su gran aceptación en el mercado es una de las especies más cultivadas en la Amazonía peruana. En general, para lograr un crecimiento óptimo de los organismos acuáticos, se necesita una dieta que cubra sus requerimientos nutricionales, teniendo en cuenta los costos de alimentación en los cultivos de especies amazónicas, en los diferentes sistemas de producción, ya sea en crianza intensiva o semiintensiva, siendo ésta última, la más común implementada por los acuicultores (Izel y Melo, 2004; ONUDI, 2017).

Por esta razón, el alimento suministrado debe ser rentable, sostenible y de producción simple, que además permita obtener un buen desempeño de los animales asegurando el crecimiento adecuado del pez. Sin embargo, en la elaboración de los alimentos acuícolas, uno de los nutrientes que influye en el rendimiento de la piscicultura es la proteína. En vista que el insumo tradicional que se usa como fuente principal de proteína en la dieta del pez es la harina de pescado, al ser requerida en altas proporciones incrementa considerablemente el precio del alimento comercial, por lo que dejará de ser económicamente sostenible a largo plazo (Tacon, 1993; Tacon y Metian, 2008). En consecuencia, esto no resulta factible para los piscicultores ya sean de producción enfocada a seguridad alimentaria o comercial; por lo tanto, es importante optar por alternativas de crianza que incluyan insumos económicos para los piscicultores amazónicos, como la formulación de dietas basadas únicamente en insumos vegetales (Gatlin III *et al.*, 2007; Barrows *et al.*, 2008).

En todo el panorama de la producción acuícola de la Amazonía peruana prevalecen las especies omnívoras, tales como el "paco" (*Piaractus brachypomus*), "palometa" (*Mylossoma albiscopum*), "sábalo cola roja" (*Brycon amazonicus*), "lisa" (*Megaleporinus trifasciatus*), "sardina" (*Triportheus angulatus*), "bujurqui" (*Chaetobranchus flavescens*), entre las principales (García-Dávila *et al.*, 2018), y a pesar de la predominancia del uso de ingredientes de origen vegetal en las fórmulas dietéticas diseñadas para la crianza de estas especies, aún existe dependencia de dietas mixtas con inclusión principalmente de harina de pescado como principal fuente de proteínas. En este sentido, Del Águila y Ruiz (2016) determinaron que alevinos de "gamitana" crecen adecuadamente cuando son alimentados con una dieta elaborada con ingredientes vegetales de fácil consecución local como puspo poroto, chiclayo pardo, hoja de yuca, y aceite de palma, en comparación con una dieta comercial. Sin embargo, aún no se han realizado estudios sobre el uso de dietas con exclusión total de ingredientes de origen animal formuladas con insumos vegetales tradicionales para escalas comerciales y que presenten sostenibilidad en su oferta, siendo importante, además, determinar su efecto sobre el crecimiento y composición proximal en esta especie de importancia comercial dentro de esta zona del país.

Por ello, es que el presente estudio busca evaluar el crecimiento corporal y la composición proximal del músculo de juveniles de "gamitana" utilizando dos dietas experimentales, una basada únicamente en insumos de origen vegetal y otra con una mezcla de insumos de origen vegetal y animal, teniendo en cuenta la crianza en estanques excavados por ser de importancia para el piscicultor amazónico.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. GENERALIDADES DE LA GAMITANA

La "gamitana" *Colossoma macropomum*, es un pez nativo usado en la acuicultura en Latinoamérica perteneciente a la familia de los Carácidos, que destaca por ser el segundo pez con escama más grande de la Amazonía después del "paiche" (*Arapaima gigas)*, obteniendo en ambientes naturales hasta 30 kg de peso (Goulding y Carvalho, 1982).

En Perú es conocida como "gamitana", pero también es denominada en otros lugares como "tambaqui" (Brasil), "cachama negra" (Colombia) y "cachama" o "morocoto" (Venezuela). Es una especie apreciada en la selva por su carne, se utiliza en la acuicultura con fines de comercialización local, es dócil a la manipulación, tiene un crecimiento más rápido en comparación con otras especies de la región usadas en acuicultura, soporta aguas de pobre calidad y altas densidades de producción. Loreto, Ucayali, Madre de Dios y San Martín son las principales zonas de cultivo de esta especie en el Perú (Campos, 2015; Ministerio de la Producción, 2020).

2.1.1. Clasificación taxonómica

Según Integrated Taxonomic Information System (ITIS, 2022) la categoría taxonómica de esta especie es la siguiente:

- Reino: Animalia
- Filo: Chordata
- Subfilo: Vertebrata
- Infrafilo: Gnathostomata

- Superclase: Actinopterygii
- Clase: Teleostei
- Superorden: Ostariophysi
- Orden: Characiformes
- Familia: Characidae
- Género: *Colossoma*
- Especie: *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816)

2.1.2. Distribución geográfica:

La "gamitana" tiene una distribución amplia en Sudamérica, abarcando el área entre el río de la Plata y el río Orinoco, recorriendo los siguientes países: Perú, Bolivia, Brasil, Colombia, Venezuela y Ecuador. En la cuenca amazónica peruana fue encontrada en las regiones de Loreto, Ucayali y Madre de Dios (García-Dávila *et al*., 2018).

2.1.3. Características morfológicas:

Con respecto a los alevinos, tienen una forma romboidal redondeada y presentan una coloración plateada con puntos oscuros distribuidos por todo el cuerpo, resaltando una mancha negra en la parte central a ambos lados del pez, lo que los diferencia de otros alevinos de distinta especie con los que pueden compartir hábitat, como el "paco", aunque en los primeros seis meses de vida son difícil diferenciarlos (Ministerio de la Producción, 2012).

El espécimen adulto se caracteriza por un cuerpo más alargado, robusto, comprimido y de gran tamaño llegando a alcanzar hasta un metro de longitud total y un peso máximo de 30 kg. La zona dorsal puede variar de color gris a negruzco y la parte ventral posee una coloración verdosa oscura a amarillenta, sin embargo, este patrón de coloración puede variar de acuerdo al color y transparencia del agua en donde crezca. Además, se puede observar una mancha oscura entre la aleta anal y caudal. Sus escamas son pequeñas, en forma de "V" distribuidas en mayor número a lo largo de la línea lateral. Tiene numerosas branquiespinas largas, muy adosadas entre ellas y huesos operculares anchos. La presencia de una aleta adiposa con los radios osificados lo diferencia de otras especies amazónicas (Ministerio de la Producción, 2012; Campos, 2015; García-Dávila *et al.*, 2018). Los dientes están adaptados a sus hábitos alimenticios, teniendo mandíbulas

con dos filas de dientes molariformes largos con los que tritura frutos y semillas duras (Goulding y Carvalho, 1982).

2.1.4. Biología y ecología:

En general, vive la mayor parte de su ciclo de vida en cuerpos de agua lentica o estancada (aguas negras), pero también se pueden encontrar en aguas claras. Durante el periodo de creciente, habita en los bosques inundables o denominados tahuampas, cerca de los bordes de los ríos y lagunas, ya que aumenta la disponibilidad de alimento, en cambio, cuando disminuye el nivel del agua, los adultos retornan a los lagos donde se convierten en filtradores de plancton utilizando sus branquiespinas para su alimentación. Cuando aumentan las lluvias, se trasladan en grupos para reproducirse y posteriormente, desovar en la creciente de los ríos. Los machos son más pequeños que las hembras, quienes presentan una alta fecundidad. Llegan a su madurez sexual entre los tres a cuatro años con un peso aproximado de 6 kg (Ministerio de la Producción, 2012; García-Dávila *et al.*, 2018).

2.1.5. Régimen alimenticio:

Es un pez omnívoro con tendencia a lo vegetal, filtra plancton complementando su dieta. El zooplancton (cladóceros, rotíferos y copépodos) y las larvas de los insectos son el principal alimento de las larvas y los juveniles, a diferencia de los adultos, que consumen mayoritariamente semillas, hojas y frutos, siendo el zooplancton complementario a su dieta (Goulding y Carvalho, 1982; García-Dávila *et al*., 2018). Esto fue corroborado por un estudio realizado por Honda (1974), quien evaluó el contenido estomacal a lo largo del año de este carácido, donde se encontraron frutos terrestres y semillas en la época de creciente y predominaba la presencia de zooplancton en la época de vaciante.

Su condición omnívora y plasticidad de las enzimas digestivas le otorgan la capacidad de aprovechar una mayor variedad de alimentos como fuente de nutrientes y energía (Corrêa *et al.*, 2007). Esto posibilita el uso de una amplia gama de ingredientes vegetales en la formulación de dietas acuícolas para esta especie, contribuyendo además

a la formulación de dietas estables debido a la presencia de almidón que proporciona la aglutinación de los ingredientes en el proceso de extrusión, asegurando una mejor digestibilidad y flotabilidad de la dieta balanceada (Gatlin III *et al.*, 2007).

2.1.6. Cultivo:

Dentro de las ventajas de esta especie como cultivo se encuentra que es bastante rústica y dócil a la manipulación. Además, el éxito de su producción piscícola y su aceptación como especie de crianza en la Amazonía se debe, en parte, a su capacidad de adaptación a los diversos sistemas acuáticos de crianza, crecimiento rápido, fácil aceptación de raciones comerciales, reproducción inducida dominada en laboratorio y su resistencia a condiciones adversas (Goulding y Carvalho, 1982). Es el caso de Izel y Melo (2004) reportaron que juveniles de "gamitana" presentan un rápido crecimiento en sistemas de crianza en estanques excavados, pudiendo alcanzar hasta 1.80 kg en un ciclo de producción de ocho meses.

Con respecto a la capacidad de resistir condiciones adversas, se resalta su tolerancia a bajas concentraciones de oxígeno disuelto (OD) en el agua así como a pH ácido (Saint-Paul, 1984; Wood *et al.*, 1998), como consecuencia, en bajos niveles de OD en el agua, aproximadamente a 0.5 mg/L, el pez desarrolla el labio inferior como adaptación morfológica que le permite explorar la superficie superior de la columna del agua con el objetivo de captar más OD y, de esa manera, mantener el contenido de oxígeno en la sangre para sus funciones fisiológicas (Val, 1995).

El cultivo de "gamitana" se realiza generalmente en aguas estancadas, bajo condiciones controladas del nivel y calidad del agua, ya que este último es uno de los aspectos más importantes en el cultivo de peces. Diferentes parámetros como: temperatura, pH, OD, transparencia, amonio, entre otros, deben encontrarse en niveles adecuados para garantizar la crianza de esta especie (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rangos apropiados de los parámetros de calidad de agua para el cultivo de "gamitana" (*Colossoma macropomum*)

Parámetro	Rango
Temperatura °C	25.0 - 33.0
pH	5.0 - 8.58
Oxígeno disuelto (mg/L)	1.0 - 8.55
Dureza (mg/L)	8.0 - 222.3
Alcalinidad (mg/L)	2.0 - 150.0
CO_2 (mg/L)	0.07 - 27.44
Amonio (mg/L)	0.02 - 1.03

Fuente: Ríos, 2021.

2.1.7. Importancia económica:

Es el cuarto pez nativo de mayor importancia en la cosecha de recursos hidrobiológicos de la acuicultura continental nacional con 881 TM en el año 2020, y el tercer pez más importante para la acuicultura en el departamento de Ucayali con niveles de producción regional que bordearon los 20.74 TM en el año 2020 con un incremento considerable en comparación al año anterior (7.10 TM) (Figura 1). Además, la región con mayor producción en el año 2020 fue Loreto con 549.23 TM, siendo Ucayali el tercer departamento con la mayor cosecha de "gamitana" a nivel nacional (Figura 2) (Ministerio de la Producción, 2020).

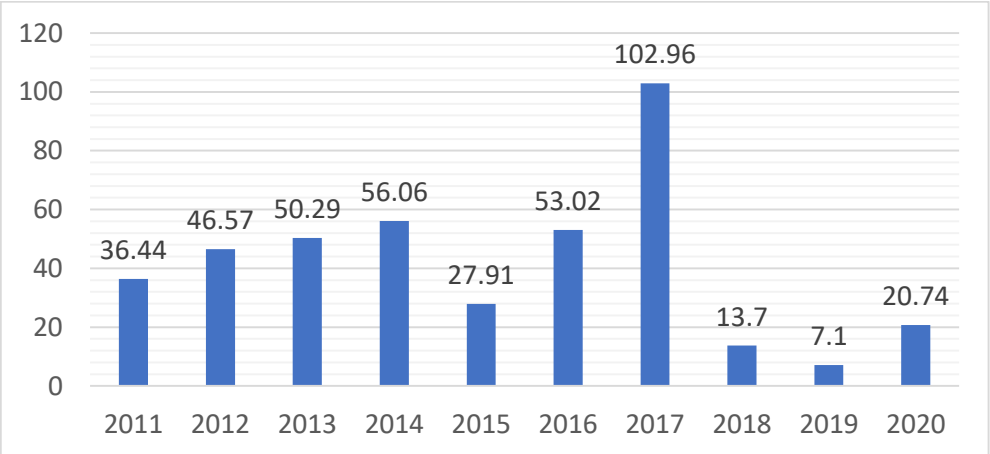


Figura 1. Cosecha de "gamitana" (*Colossoma macropomum*) de la actividad de acuicultura en Ucayali, Perú 2011-2020 (TM) (**Fuente:** Ministerio de la Producción, 2020)

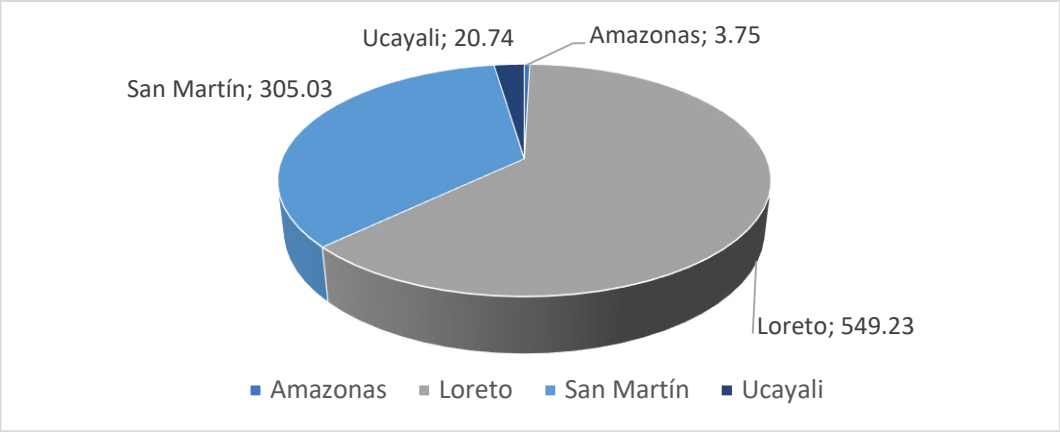


Figura 2. Cosecha de "gamitana" (*Colossoma macropomum*) de la actividad de acuicultura de las principales regiones productoras en el año 2020 (TM) (**Fuente**: Ministerio de la Producción, 2020)

2.2. INGREDIENTES DE ORIGEN ANIMAL VS. ORIGEN VEGETAL

En acuicultura, aún existe una dependencia de la harina de pescado como ingrediente para la preparación de dietas para organismos acuáticos (Tacon y Metian, 2008), ya que tienen un alto contenido de aminoácidos esenciales y ácidos grasos poliinsaturados de la serie omega 3, así como la alta digestibilidad de los nutrientes y la presencia reducida de factores antinutricionales en comparación con otros ingredientes (Barrows *et al.*, 2008).

Sin embargo, con el aumento de la demanda y la disminución de la oferta de este ingrediente en el mercado, los valores comerciales de la harina de pescado aumentan constantemente. Además, la harina de pescado es producida usando como materia prima recursos pesqueros obtenidos por la actividad extractiva lo que no brinda la sustentabilidad que requiere la acuicultura para su desarrollo (Tacon y Metian, 2008; FAO, 2020). Por ello, se está investigando y utilizando una gran cantidad de ingredientes de origen vegetal como una fuente más económica de proteínas, para reemplazar la harina de pescado, en la formulación de dietas, especialmente para peces omnívoros (Barrows *et al.*, 2008).

Entre las ventajas del uso de los ingredientes de origen vegetal se encuentran: bajo costo, disponibilidad, facilidad de transporte y almacenamiento, buen contenido proteico con un adecuado perfil de aminoácidos (Gatlin III *et al.*, 2007). Estas características asociadas con estudios donde se reporta que estos insumos no afectan el crecimiento de

peces omnívoros hicieron de los ingredientes vegetales una alternativa prometedora para que la acuicultura enrumbara a su sostenibilidad (Lim y Lee, 2009; Lin y Luo, 2011).

Sin embargo, los insumos vegetales son fuentes ricas en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) con cadenas de 18 carbonos, como los ácidos grasos linoleico (LA; 18: 2n-6) y linolénico (LNA; 18: 3n-3), pero deficientes en ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (AGPI-CL) de la serie omega-3, como EPA y DHA (Sargent *et al.*, 2002), lo que provoca que el pescado producido con dietas vegetales presente perfil bajo o indetectable en relación a EPA y DHA, disminuyendo el valor funcional de la carne de pescado por la presencia de esos lípidos. No obstante, se vienen investigando alternativas de solución a este problema, en ese sentido, Cortegano *et al.* (2019) determinaron que es posible incrementar la relación omega-3/omega-6 a niveles recomendados por la Organización Mundial de la Salud, así como el contenido de DHA en el músculo de "gamitana" criada con dieta vegetal, mediante suplementación, contribuyendo al valor nutricional de la dieta para consumo humano.

Entre otras desventajas que presentan los ingredientes de origen vegetal son deficiencias de algunos aminoácidos esenciales para los peces, pero estos pueden ser suplementados durante la formulación de la dieta a través de la adición de aminoácidos sintéticos en pequeñas dosis para promover un balance adecuado de la dieta sin afectar el costo de producción. Otras veces, inclusive pueden contener micotoxinas o factores antinutricionales que afectan la salud de los peces, el rendimiento del crecimiento de los peces y la calidad del producto final (Tibbetts *et al.*, 2017; Oliveira y Vasconcelos, 2020). Con respecto a las micotoxinas, se han propuesto diversas alternativas de prevención y reducción en las dietas balanceadas producidos a partir de insumos vegetales, entre ellas incluyen la adopción de buenas prácticas agrícolas y del procesamiento de los productos en las plantas de alimentos, así como el adecuado manejo del alimento en la granja. Asimismo, se utilizan inhibidores de hongos en las formulaciones de alimento balanceado para evitar la formación de hongos en los alimentos terminados durante el almacenamiento. Actualmente, los mayores esfuerzos se han dirigido a eliminar o reducir el impacto de las micotoxinas mediante el uso de diferentes productos adsorbentes (Ramos *et al.*, 1996). Por otro lado, los factores antinutricionales son inactivados o eliminados exitosamente con diversos métodos de tratamientos con calor (tostado,

extrusión y peletización) mejorando así el valor nutritivo de estos ingredientes vegetales, como la soya, como participantes integrales de las dietas balanceadas (Lim y Akiyama, 1992; Li *et al.*, 2018).

Algunos experimentos exitosos en peces alimentados con dietas vegetales son los reportados para el "pacu brasileño" (*Piaractus mesopotamicus*) (Gonçalves *et al.*, 2021), la "tilapia de Mozambique" (*Oreochromis mossambicus*) (Jackson *et al.*, 1982), en "gamitanas" de mayor rango de peso (469.87 g a 879.89 g) en experimento reportado por Cortegano *et al.* (2019), quienes demostraron un adecuado crecimiento de esta especie alimentada con dieta exclusivamente vegetal, e incluso en juveniles de "gamitana" alimentados con dietas vegetales formuladas con ingredientes de disponibilidad local (soya, puspo poroto, chiclayo pardo, hoja de yuca, maíz amarillo, polvillo de arroz y aceite de palma sin refinar) (Del Águila y Ruiz, 2016), aunque en este último caso su aplicación a escala comercial es cuestionada por tratarse del uso de ingredientes de baja producción local en comparación con ingredientes vegetales típicos utilizados en la formulación de dietas para peces como lo aplicado en el presente experimento.

2.3. COMPOSICIÓN PROXIMAL DEL MÚSCULO DEL PESCADO

Cuando hablamos de análisis proximal o de Weende de los alimentos comprende la determinación de los porcentajes de humedad, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas, extracto libre de nitrógeno y proteína cruda (nitrógeno total), en este caso, del músculo del pescado y de las dietas experimentales. Uno de los usos más importantes del análisis proximal es como control para verificar que se cumpla con las especificaciones o requerimientos establecidos durante la formulación o la calidad de un alimento (NRC, 2011). Experiencias en nutrición acuícola indican que los valores proximales del pescado no deberían ser influenciados por la dieta cuando éstas se encuentran adecuadamente formuladas bajo similares condiciones de contenido proteico y energético, principalmente (NRC, 2011).

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. LUGAR Y TIEMPO DE ESTUDIO

La parte experimental del estudio se llevó a cabo en la infraestructura piscícola de la Unidad de Producción de Peces Migratorios de la Estación Pucallpa del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura – IVITA (8°39'15"S y 74°56'34"W), ubicada a la altura del km 59 de la carretera Federico Basadre, distrito de Campo Verde, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali. La ejecución del experimento empleó un total de 60 días calendario, ocurriendo entre los meses de octubre de 2021 a marzo de 2022 (con análisis de laboratorio).

El análisis de composición proximal se llevó a cabo en el Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, ubicado en el distrito de San Borja, provincia de Lima, departamento de Lima.



Figura 3. Imagen satelital de las instalaciones piscícolas de la Unidad de Producción de Peces Migratorios de la Estación IVITA Pucallpa (Fuente: Google Earth, 2022)

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

La población total experimental fue de 1200 individuos de "gamitana" en estadio juvenil distribuidos en seis unidades experimentales obtenidos del lote de peces producido como parte de las actividades de reproducción inducida en la Unidad de Producción de Peces Migratorios de la Estación Pucallpa del IVITA en mayo de 2021.

La población por cada unidad experimental, constituida por un estanque de tierra excavado de 200 m^2 de espejo de agua, correspondió a 200 individuos de "gamitana" en estadio juvenil, obedeciendo a una densidad de 1 pez/m^2 según recomendación técnica para la crianza de la especie en estos tipos de sistema (Affonso y Ono, 2016).

La población por cada tratamiento (ver descripción de los tratamientos en acápite 3.4) fue de 600 individuos de "gamitana" en estadio juvenil.

3.2.2. Muestra

Para los análisis de crecimiento corporal, un total de 20 individuos de "gamitana" fueron muestreados por cada unidad experimental en cada tiempo de muestreo ocurriendo cada 15 días durante 60 días (n=3).

Para los análisis de composición proximal, tres peces por unidad experimental se sacrificaron al inicio y al final del experimento, para extraer los filetes izquierdo y derecho, picarlos, molerlos y mezclarlos en un único pool por estanque (n=3).

3.3. MATERIAL, INSUMOS Y EQUIPOS

3.3.1. Material biológico

Se utilizaron juveniles de "gamitana" procedentes de la Estación IVITA Pucallpa, con peso promedio inicial de 172.85±3.45 g y 19.39±0.49 cm de longitud total.

3.3.2. Insumos

- Ictiómetro milimetrado.
- Disco Secchi.
- Aparejos de pesca.
- Red calcal.
- Contenedor isotérmico de 100 litros.
- Recipientes de plástico con tapa hermética.
- Cuchillo.
- Tabla de picar.
- Piseta de plástico de 250 ml.
- Hielo en gel.
- Hielo escarchado.
- Tinas de plástico.
- Baldes de plástico de 3, 5 y 18 litros.
- Bolsas de plástico.
- Sacos de polipropileno tejido de 40 kg.
- Paños de tela.
- Cal hidratada.
- Fertilizante químico NPK 20-20-20.
- Palas.
- Tuberías de PVC de 2, 4 y 6 pulgadas.
- Cuaderno de apuntes con formatos de evaluación.
- Lápiz.
- Plumón indeleble.
- Cinta de embalaje.
- Pilas AA y AAA.
- Alimento balanceado (dieta vegetal y dieta mixta).
- Palet de madera.

3.3.3. Equipos

- Balanza comercial de 60 kg, marca Kamely, modelo KM-60.

- Balanza digital gramera de 5 kg, con nivel de sensibilidad de 1 g, marca Opalux, modelo OP-1811A-RD.
- Equipo multiparámetro para análisis de agua marca HANNA (modelo HI98194).
- Motobomba Naftera de 5.5 HP 2" marca Lifan, modelo 50ZB26-4Q.

3.3.4. Reactivos

- Agua destilada.
- Kit colorimétrico de acuicultura para agua dulce LaMotte AQ-2 (3633-05).

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

El presente estudio siguió un diseño experimental completamente al azar (DCA), con peces de la misma edad y similar peso y talla, con tres repeticiones por tratamiento y con 200 animales por unidad experimental.

Las evaluaciones de crecimiento corporal se ajustaron a un arreglo factorial de 2 x 4 [2 dietas (DV: dieta vegetal y DM: dieta mixta) vs. 4 tiempos de muestreo (15°, 30°, 45° y 60° día)], resultando en 8 tratamientos o interacciones con 3 repeticiones cada uno. Los tratamientos fueron: DV15, DM15, DV30, DM30, DV45, DM45, DV60 y DM60.

Por otro lado, las evaluaciones de composición proximal se ajustaron a un arreglo unifactorial con tres tratamientos y tres repeticiones por tratamiento: basal (día 0), DV60, DM60.

3.5. METODOLOGÍA

3.5.1. Formulación y elaboración de las dietas experimentales

Se formularon dos dietas isoproteicas e isoenergéticas, con aproximadamente 35.9% de PB y 3,872.45 kcal de ED/kg, una dieta con insumos únicamente vegetales y otra dieta mixta (con inclusión de harina de pescado en proporción usada para manufactura de dietas comerciales tipo crecimiento). Ambas dietas siguieron las recomendaciones para la preparación de dietas balanceadas para la especie (Guimarães y

Martins, 2015) y los tamaños de los pellets conforme al tamaño de la boca del pez según recomendación de Affonso y Ono (2016). Para saber los porcentajes de participación de cada insumo en las dietas se utilizó el programa SPACE Animal Nutrition 1.5, que permite calcular mezclas de insumos alimenticios al mínimo costo para las especies de interés zootécnico, entre ellas la especie en estudio. En el Cuadro 2 se pueden observar los porcentajes de participación de los insumos en las dietas elaboradas.

Cuadro 2. Fórmulas dietéticas utilizadas para las dietas experimentales para juveniles de "gamitana" (*Colossoma macropomum*)

Ingredientes (%)	Dietas	
	Mixta	Vegetal
Harina de pescado (*Engraulis ringens*)	6.00	-
Torta de soya (*Glycine max*)	43.70	53.30
Harina de trigo (*Triticum aestivum*)	5.90	5.90
Maíz (*Zea mays*) molido	40.00	36.00
Aceite de soya (*Glycine max*)	2.40	2.40
L-Lisina HCL	-	0.20
DL-Metionina	-	0.20
Prémix[1]	2.00	2.00
Total	100	100
Composición proximal (% en base a la materia seca)		
Materia seca	96.37	97.11
Proteína bruta	35.40	36.40
Extracto etéreo	1.00	0.90
Fibra cruda	1.69	1.32
ENN (digestible)[2]	55.14	54.69
Cenizas	6.77	6.69
Energía digestible (kcal/kg)	3,858.21	3,886.68
S/ kg de dieta[3]	2.68	2.48

[1] Premezcla de vitaminas y minerales (DSM ACUACULTURA).
[2] ENN = extracto no nitrogenado = 100 – (proteína bruta + extracto etéreo + fibra cruda + cenizas) (NRC, 2011).
[3] Precios de los insumos obtenidos en el mercado local al 4 de marzo del 2022.

Los insumos para la elaboración de las dietas fueron obtenidos en localidad de Pucallpa. Las dietas fueron preparadas según la formulación presentada en el Cuadro 2 en la planta de producción de dietas balanceadas de la empresa JM Ucayali S.A.C., en el marco de convenio interinstitucional de cooperación para el desarrollo de proyectos de investigación acuícola, siguiendo adecuadas prácticas de manufactura (NRC, 2011). Para la preparación, los ingredientes fueron homogenizados en una mezcladora de 500 kg de capacidad durante 10 minutos, extruidas a 0.4 cm de diámetro de pellet y secadas en horno

a gas en torno a 60°C durante 24 horas. Las dietas fueron empaquetadas colocando el alimento en sacos de polipropileno para evitar la fotoxidación de nutrientes, principalmente lípidos, debidamente rotulados con el tipo de dieta correspondiente. Las dietas fueron preparadas 20 días antes del inicio del experimento y fueron almacenadas en un lugar ventilado sobre un palet de madera para evitar el deterioro del alimento, manteniéndolo durante todo el experimento en esas condiciones.

3.5.2. Preparación de estanques e instalación de las unidades experimentales

El experimento se realizó en seis estanques de tierra excavados, con un área individual de 200 m² y 1.2 m de profundidad.

Se comenzó realizando el secado de los estanques excavados de 200 m² seleccionados para el experimento y después se procedió a remover la materia orgánica (lodo) depositada en el fondo de dichos estanques. Posteriormente, se realizó la refracción de los canales de alimentación de agua, así como la instalación de tuberías de entrada y salida de agua. Seguidamente, se procedió a realizar refacciones en los diques de los estanques para evitar erosiones durante el período experimental. Luego, se realizó la desinfección química con cal hidratada [hidróxido de calcio; $Ca(OH)_2$], a dosis de 80 g/m² en un día soleado, dejando actuar durante dos días. Después se realizó un previo llenado de los estanques (50 cm) para luego proceder con la fertilización química, donde se usó el fertilizante químico NPK, a dosis de 5 g/m². Por último, se esperó dos semanas para la maduración del estanque y se finalizó con el llenado total de todos los estanques para proceder con la siembra de los peces.

El agua que abasteció a las unidades experimentales proviene de una represa construida en la Estación IVITA Pucallpa; ésta abastece de agua a todos los estanques de la Unidad de Producción de Peces Migratorios por gravedad con un flujo diario y constante, y presenta adecuados parámetros físico-químicos para la crianza de peces amazónicos de acuerdo a los valores de referencia según Ríos (2021).

3.5.3. Siembra y densidad

Después de acondicionar las unidades experimentales, se sembraron juveniles de "gamitana" a una densidad de 1 pez/m² en consideración a la capacidad de carga del sistema y recomendación técnica (Affonso y Ono, 2016), teniendo así una cantidad de 200 peces por estanque, haciendo un total de 1200 peces repartidos al azar en los seis estanques.

3.5.4. Preparación de los peces

Una vez que los peces se distribuyeron aleatoriamente en los estanques excavados de manera homogénea en función a la biomasa total, fueron alimentados inicialmente con dieta vegetal por un periodo de 10 días con el fin de que se adapten a las condiciones nuevas de alimentación, a razón de dos veces al día (8h y 16h), a una tasa de alimentación diaria de 2% en función a la biomasa. Luego, antes de comenzar el experimento con las dietas diferenciadas (día 0), se capturaron al azar 20 peces de cada estanque para pesarlos y medirlos, resultando los pesos y tallas iniciales de 172.85±3.45 g y 19.39±0.49 cm, respectivamente.

3.5.5. Ejecución de la crianza

Posterior al periodo de adaptación, los peces siguieron siendo alimentados, con una frecuencia de dos veces al día (8h y 16h), a una tasa de alimentación diaria de 2% en función a la biomasa, con cada una de las dietas experimentales de manera diferenciada, donde los peces de tres estanques asignados al azar recibieron dieta vegetal mientras que los peces de los otros tres estanques recibieron dieta mixta, durante el periodo de 60 días. La cantidad de ración suministrada a los peces se modificó con frecuencia quincenal después de cada biometría y según la biomasa calculada para cada unidad experimental.

El alimento se administró manualmente esparciéndolo de manera homogénea en toda el área de superficie de agua de cada unidad experimental, permitiendo el aprovechamiento total por los peces, y se verificó, posterior a cada alimentación, el consumo completo del alimento. En los casos que se observó insatisfacción de los peces se incrementó la ración y en los casos que los peces no consumían el total del alimento,

se reducía la ración. En ambos casos, se llevó un registro del consumo diario de alimento en una ficha control para cada unidad experimental.

Asimismo, se realizó el intercambio diario de agua (5 litros de agua en total - 1 litro cada 10 minutos), correspondiente a aproximadamente 2% del volumen total de agua, para reponer posibles pérdidas por evaporación o filtración.

- **Cálculos realizados para determinar la ración**

Ración es la cantidad de alimento que se debe proporcionar diariamente al pez, se calculó de la siguiente forma para cada unidad experimental:

Biomasa = Población x Peso promedio
Ración diaria = Biomasa x Tasa de alimentación (2%)

3.5.6. Monitoreo de la calidad de agua

Diariamente, por la mañana, se realizó el monitoreo de la calidad de agua de los estanques midiendo oxígeno disuelto, temperatura y pH usando el equipo multiparámetro marca HANNA (modelo HI98194). Además, semanalmente se realizó el análisis de agua con el kit de acuicultura para agua dulce (LaMotte) con el que se determinó dióxido de carbono, amonio, alcalinidad y dureza. Para mantener los parámetros medidos de manera constante dentro del rango de confort para el cultivo de especies amazónicas (Ríos, 2021) se realizaron acciones rutinarias de manejo de calidad de agua (limpieza de estanques retirando el sobrecrecimiento de algas, recambio de agua o fertilización).

3.5.7. Evaluación de crecimiento

Se realizaron evaluaciones biométricas cada 15 días (15, 30, 45 y 60 días del experimento) para evaluar crecimiento midiendo talla (cm) y peso (g) de los peces procedentes de las seis unidades experimentales. Para ello, se suspendió la alimentación 24 horas antes de la manipulación de los peces para asegurar una completa evacuación gástrica y evitar estrés en los animales (Spieler y Noeske, 1984), luego se capturaron 20 peces por unidad experimental con malla anchovetera de ¼ de pulgada de abertura. Al momento de realizar el muestreo, se trató de evitar la manipulación excesiva de los peces para no causar daño en estos y se usó el anestésico eugenol a una proporción de 65 mg/L

(Roubach *et al.*, 2005). Al término de la medición, los peces fueron colocados en contenedores con agua libre de anestésico para su recuperación y transferidos nuevamente a los estanques correspondientes.

El desempeño de crecimiento se evaluó mediante los parámetros de peso final (PF) y longitud final (LF), ganancia de peso (GP) y longitud (GL), tasa de crecimiento específico (TCE), índice de conversión alimenticia (ICA), sobrevivencia (S) y factor de condición (K), utilizando las siguientes fórmulas:

- **Peso final (PF) y longitud final (LF):**

PF (g) = Peso total del pez

LF (cm) = Longitud total del pez

- **Ganancia de peso (GP) y longitud (GL):**

GP (g) = Peso final - peso inicial

GL (cm) = Longitud final – longitud inicial

- **Tasa de crecimiento específico (%TCE):**

Expresa el porcentaje de crecimiento por día.

$$\% \text{ TCE} = \left(\frac{\text{Ln Peso final (Pf)} - \text{Ln Peso inicial (Pi)}}{\text{Días de experimento}}\right) \times 100$$

Donde: Ln (Pf) es el logaritmo natural del peso final y Ln (Pi) es el logaritmo natural del peso inicial.

- **Índice de conversión alimenticia (ICA):**

Es la relación entre el alimento consumido y la ganancia de peso, calculado según el alimento ofrecido que fue registrado diariamente.

$$ICA = \frac{\text{Cantidad de alimento suministrado (g)}}{\text{Ganancia de peso de la población (g)}}$$

- **Sobrevivencia (S):**

Este cociente se calculó mediante los datos registrados de los peces que murieron durante el experimento.

$$S\ (\%) = \frac{\text{N° final de peces vivos}}{\text{N° inicial de peces vivos}} \times 100$$

- **Factor de condición (K):**

Este parámetro estima la condición general de bienestar del pez en función del peso y longitud, donde los animales son sometidos a diferente manejo en alimentación y crianza. Los valores más altos sugieren mejor grado de bienestar (Lima-Júnior *et al.*, 2002).

$$K = \frac{\text{Peso total (g)}}{\text{Longitud total}^{3}\ \text{(cm)}} \times 100$$

3.5.8. Composición proximal de las dietas experimentales y del músculo de pescado

Para determinar la composición proximal del músculo de pescado, tres peces por unidad experimental fueron seleccionados al azar al inicio (como muestra basal) y al culminar el período de experimentación. Dichos animales fueron eutanasiados por choque térmico, pesados, medidos e inmediatamente colocados en un contenedor isotérmico de 100 litros de capacidad conteniendo hielo en gel a una relación de 1:1 (hielo:pescado) para mantener la temperatura del pescado en torno a 4.4°C hasta trasladarlo a la zona de procesamiento. Estos pescados fueron llevados al Laboratorio Húmedo de Acuicultura de la Estación IVITA Pucallpa para obtener los filetes izquierdo y derecho de cada pescado. Posteriormente, los filetes fueron picados y homogenizados en un único *pool* por estanque, luego fueron colocados en recipientes de plástico con tapa hermética y

debidamente rotulados. Para el análisis proximal de las dietas se obtuvo una muestra de 250 g por cada tipo de dieta. Todas las muestras, tanto del filete de pescado como las muestras de las dietas experimentales fueron enviadas al Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para los análisis de composición proximal, según métodos descritos en AOAC (2005).

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

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

IV. RESULTADOS

4.1. CALIDAD DE AGUA

Los parámetros de calidad de agua de las unidades experimentales se muestran en el Cuadro 3. Estos parámetros mantuvieron valores constantes ($p > 0.05$) durante todo el periodo experimental y presentaron los siguientes promedios: temperatura del agua 26.97 °C, pH 6.18, oxígeno disuelto 4.13 mg/L, dureza 24.81 mg/L, alcalinidad 25.79 mg/L, dióxido de carbono 9.82 mg/L y amonio 0.55 mg/L.

Cuadro 3. Valores promedios de parámetros físicos y químicos del agua de crianza de "gamitana" (*Colossoma macropomum*) alimentados con dieta mixta y dieta vegetal

Parámetros	Dieta Mixta	Dieta Vegetal	*p* valor
Temperatura (°C)	26.78±1.30	27.15±1.21	0.30
pH	6.18±0.59	6.17±0.40	0.32
Oxígeno disuelto (mg/L)	4.21±2.21	4.04±2.45	0.20
Dureza (mg/L)	27.03±10.04	22.58±9.61	0.38
Alcalinidad (mg/L)	26.79±11.94	24.79±6.52	0.22
CO_2 (mg/L)	9.12±3.59	10.52±6.36	0.43
Amonio (mg/L)	0.54±0.06	0.55±0.08	0.21

4.2. CRECIMIENTO CORPORAL DE GAMITANA

No hubo interacción entre los factores, dieta vs. tiempo, para ninguno de los parámetros de desempeño en crecimiento analizados ($p > 0.05$); por tal motivo, cada uno de los factores fueron analizados de manera independiente.

En relación al peso final (Figura 4) y a ganancia de peso (Cuadro 4) existió incremento en peso de los animales, que pasaron de 172.85 g al inicio del experimento a 258.92 g, ganando un total de 86.07 g en 60 días de investigación; sin embargo, en ningún momento del experimento, alguna dieta causó efecto superior sobre el crecimiento con respecto a la otra ($p > 0.05$).

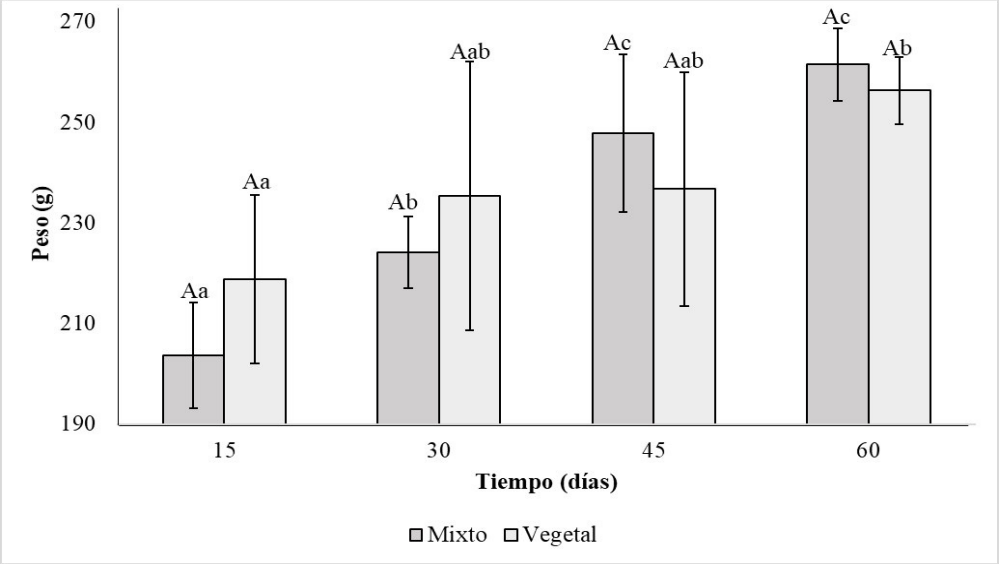


Figura 4. Peso final de "gamitana" (*Colossoma macropomum*) alimentada con dieta vegetal vs. dieta mixta en condiciones experimentales durante 60 días
Como la interacción Dieta × Tiempo no fue significativa ($p > 0.05$), los factores se analizaron separadamente; letras mayúsculas indican diferencia entre las dietas en el mismo tiempo, mientras que letras minúsculas indican diferencia entre los tiempos en la misma dieta ($p < 0.05$). Barras verticales denotan desviación estándar de la media.

Con respecto al crecimiento en longitud (Figura 5) y a ganancia en longitud (Cuadro 4) existió un incremento en talla de los peces de 4.48 cm durante los 60 días del experimento, pasando de 19.39 cm al día 0 para llegar a obtener 23.88 cm al día 60. Las "gamitanas" alimentadas con dieta vegetal mostraron similar crecimiento en longitud en comparación con los peces alimentados con dieta mixta en todos los tiempos muestreados durante la investigación ($p > 0.05$).

Los valores de índice de conversión alimenticia (ICA) y factor de condición (FC) en juveniles de "gamitanas" alimentados con dieta vegetal y dieta mixta se mantuvieron siempre constantes y similares a lo largo del experimento ($p > 0.05$), con valores

promedio de 1.24 y 1.87, respectivamente. No hubo mortalidad de peces registrada en los 60 días de experimento (Cuadro 4).

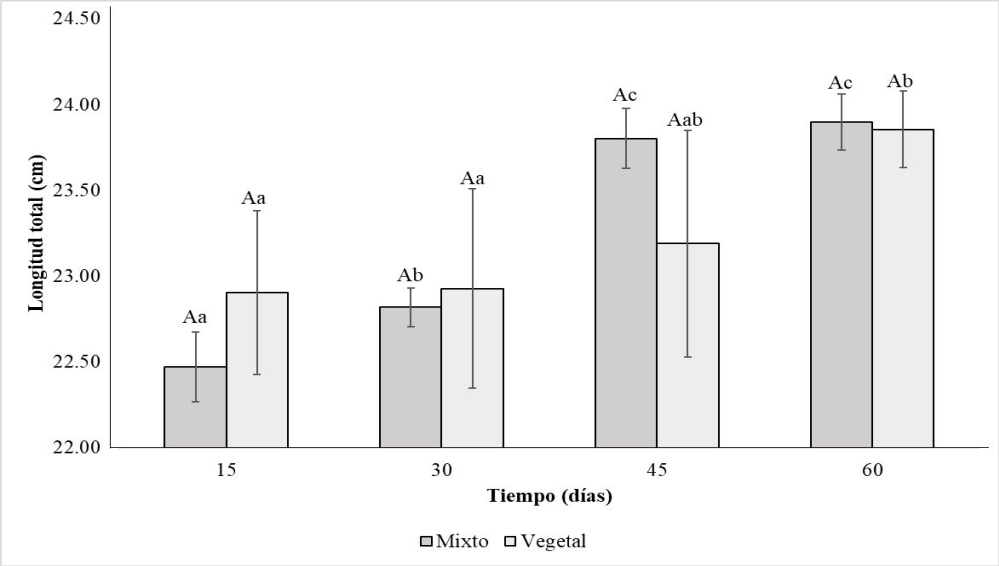


Figura 5. Longitud final de "gamitana" (*Colossoma macropomum*) alimentada con dieta vegetal vs. dieta mixta en condiciones experimentales durante 60 días
Como la interacción Dieta × Tiempo no fue significativa ($p > 0.05$), los factores se analizaron separadamente; letras mayúsculas indican diferencia entre las dietas en el mismo tiempo, mientras que letras minúsculas indican diferencia entre los tiempos en la misma dieta ($p < 0.05$). Barras verticales denotan desviación estándar de la media.

Con respecto a la tasa de crecimiento específico (TCE), juveniles de "gamitanas" alimentados con dieta vegetal manifestaron valores similares a aquellos peces alimentados con dieta mixta en cada uno de los tiempos de muestreo (0.92%/día) ($p > 0.05$); es decir, que ninguna de las dietas afectó la TCE en ninguno de los tiempos de muestreo. El factor dieta analizado de manera independiente muestra que, los valores de TCE mantuvieron valores similares en todos los tiempos de muestreo para peces alimentados con dieta mixta (0.86); sin embargo, cuando se analizaron independientemente los valores de los peces alimentados con dieta vegetal se observó una TCE ligeramente mayor en los peces a los 15 días de alimentación (1.09) con respecto a la TCE observada a los 60 días (0.66), no obstante, estos valores no causaron mayores diferencias durante el experimento (Figura 6).

Cuadro 4. Parámetros productivos de "gamitana" (*Colossoma macropomum*) alimentada con dieta mixta y dieta vegetal a diferentes tiempos de crianza

Parámetros	Día 15		Día 30		Día 45		Día 60		*p* valor		
	Mixta	Vegetal	Mixta	Vegetal	Mixta	Vegetal	Mixta	Vegetal	D	T	D×T
Peso final (g)	203.67^{Aa}	218.80^{Aa}	224.17^{Ab}	235.33^{Aab}	247.83^{Ac}	236.75^{Aab}	261.50^{Ac}	256.00^{Ab}	*n.s*	*	*n.s*
Longitud final (cm)	22.47^{Aa}	22.91^{Aa}	22.82^{Ab}	22.93^{Aa}	23.80^{Ac}	23.19^{Aab}	23.90^{Ac}	23.86^{Ab}	*n.s*	*	*n.s*
Ganancia de peso (g)	30.82^{Aa}	45.95^{Aa}	51.32^{Ab}	62.49^{Aab}	74.99^{Ac}	63.90^{Aab}	88.66^{Ac}	83.49^{Ab}	*n.s*	*	*n.s*
Ganancia en longitud (cm)	3.08^{Aa}	3.51^{Aa}	3.42^{Ab}	3.53^{Aa}	4.41^{Ac}	3.80^{Aab}	4.50^{Ac}	4.46^{Ab}	*n.s*	*	*n.s*
ICA [1]	1.24	1.24	1.29	1.19	1.25	1.20	1.21	1.28	*n.s*	*n.s*	*n.s*
TCE [2] (%/día)	1.09^{Aa}	1.56^{Aa}	0.87^{Aa}	1.01^{Aab}	0.80^{Aa}	0.69^{Ab}	0.69^{Aa}	0.66^{Ab}	*n.s*	*	*n.s*
Sobrevivencia (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-	-
FC [3] (%)	1.79	1.82	1.89	1.95	1.84	1.89	1.92	1.89	*n.s*	*n.s*	*n.s*

Peso inicial de los animales = 172.85 g; longitud inicial de los animales = 19.39 cm.
[1] ICA = índice de conversión alimenticia.
[2] TCE = tasa de crecimiento específico.
[3] FC = factor de condición.
p valor: D = dieta; T = tiempo; D×T = interacción; n.s = no significativo; * = significativo ($p < 0.05$).
Como las interacciones D×T no fueron significativas para los parámetros evaluados, los factores se analizaron separadamente; en ese sentido, letras mayúsculas indican diferencia entre las dietas en el mismo tiempo, mientras que letras minúsculas indican diferencia entre los tiempos en la misma dieta.

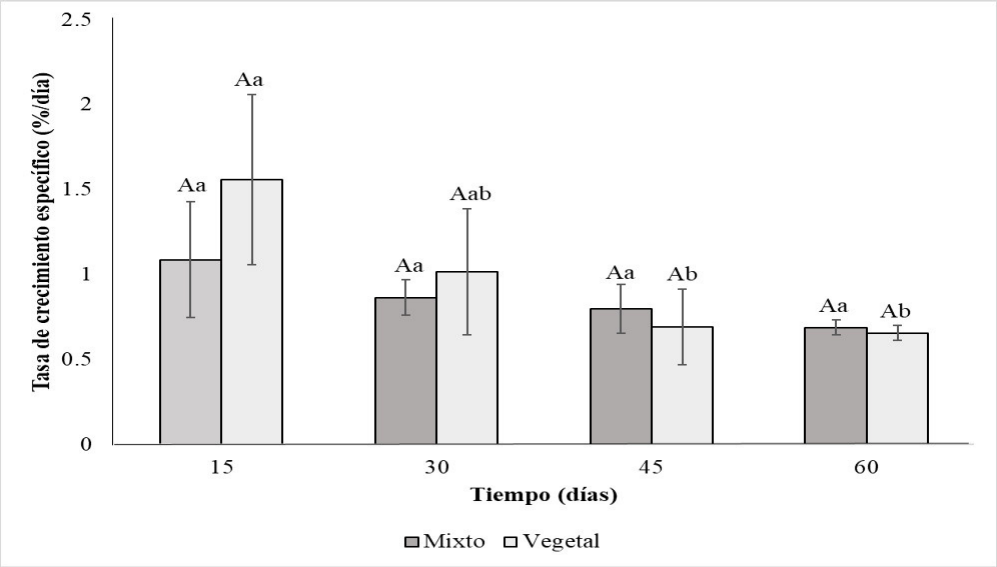


Figura 6. Tasa de crecimiento específico de "gamitana" (*Colossoma macropomum*) alimentada con dieta vegetal vs. dieta mixta en condiciones experimentales durante 60 días

Como la interacción Dieta × Tiempo no fue significativa ($p > 0.05$), los factores se analizaron separadamente; letras mayúsculas indican diferencia entre las dietas en el mismo tiempo, mientras que letras minúsculas indican diferencia entre los tiempos en la misma dieta ($p < 0.05$). Barras verticales denotan desviación estándar de la media.

4.3. COMPOSICIÓN PROXIMAL DE GAMITANA

La alimentación de juveniles de "gamitana" con dieta vegetal o dieta mixta no causó diferencias en la humedad (77.90%), proteína total (18.98%), lípidos (0.86), ceniza (1.39) y fibra cruda (n.d) en el músculo, toda vez que los valores de peces alimentados con ambas dietas fueron similares en todo momento del experimento ($p > 0.05$) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis proximal de la composición corporal de "gamitana" (*Colossoma macropomum*) alimentada con dieta vegetal y dieta mixta (% en base húmeda)

Dieta	Basal (Día 0)	Mixta (Día 60)	Vegetal (Día 60)	*p* valor
Humedad	78.70±0.77	77.49±0.62	77.50±0.78	0.24
Proteína total	18.85±1.90	17.67±2.30	20.42±0.65	0.31
Lípidos	0.90±0.31	1.04±0.28	0.63±0.39	0.22
Ceniza	1.25±0.16	1.54±0.22	1.37±0.21	0.18

Fibra cruda = no detectada

V. DISCUSIÓN

5.1. CALIDAD DE AGUA

La calidad de agua de cada una de las unidades experimentales se mantuvo constante (Cuadro 3) y dentro de los rangos apropiados para garantizar el adecuado crecimiento de los peces criados en sistemas intensivos en estanques de tierra (Ríos, 2021).

Esto se explica por las diarias actividades de monitoreo de la calidad de agua como parte de las buenas prácticas acuícolas aplicadas durante el experimento que permitieron, al detectar valores no convenientes, correcciones inmediatas a fin de mantener estables los valores de los parámetros físico-químicos considerados, como por ejemplo, renovaciones de agua para disminuir los niveles de amonio o problemas de eutrofización, aplicación de calcáreo agrícola para corrección de pH, alcalinidad y dureza, fertilización con NPK para corregir deficiencias de oxígeno en el agua (Affonso y Ono, 2016). Esto es importante porque desequilibrios en la calidad de agua pueden originar factores estresantes que alteran directamente el metabolismo y el aprovechamiento de nutrientes (Gill *et al.*, 1996; Conceição *et al.*, 2012); es decir, mala calidad de agua podría haber afectado los propósitos de este experimento.

5.2. CRECIMIENTO CORPORAL DE GAMITANA

La "gamitana" es un pez amazónico cuya condición de omnivoría y plasticidad de sus enzimas digestivas le proporcionan la capacidad de aprovechar una mayor variedad de ítems alimenticios como fuentes de nutrientes y energía (Corrêa *et al.*, 2007). Eso hace

posible la utilización de ingredientes de origen vegetal en la formulación de dietas para "gamitana" sin afectar el crecimiento de los peces, lo cual fue verificado en este experimento, donde juveniles de "gamitana" alimentados con dieta vegetal tuvieron similar crecimiento corporal expresado en ganancias de peso y longitud total, índice de conversión alimenticia, sobrevivencia y factor de condición que aquellos peces alimentados con dieta mixta.

Estos resultados coinciden con lo reportado para otras especies omnívoras alimentadas con raciones basadas en ingredientes vegetales como el "pacu brasileño" (Gonçalves *et al.*, 2021), la "tilapia de Mozambique" (Jackson *et al.*, 1982), y en "gamitanas" de mayor rango de peso (469.87 g a 879.89 g) en experimento reportado por Cortegano *et al.* (2019) donde demostraron un adecuado crecimiento de esta especie alimentada con dieta exclusivamente vegetal. Inclusive, se observó resultados similares en otro estudio realizado en juveniles de "gamitana" alimentados con dietas vegetales formuladas con ingredientes de disponibilidad local (soya, puspo poroto, chiclayo pardo, hoja de yuca, maíz amarillo, polvillo de arroz y aceite de palma sin refinar) (Del Águila y Ruiz, 2016), aunque en este último caso su aplicación a escala comercial es cuestionada por tratarse del uso de ingredientes de baja producción local en comparación con ingredientes vegetales típicos utilizados en la formulación de dietas para peces como lo aplicado en el presente experimento.

Ahmed *et al.* (2018) indican que para que dietas libres de harina de pescado, tal como las dietas vegetales, puedan competir con dietas mixtas es importante la incorporación de aminoácidos libres como aditivos en la formulación de dietas balanceadas, en especial considerando las deficiencias de los ingredientes de origen vegetal en metionina y lisina, principalmente. Eso fue considerado en la formulación de la dieta vegetal para este experimento (Barrows *et al.*, 2008), lo que posiblemente también influenció en los resultados obtenidos.

Adicionalmente, es importante precisar que ninguna de las dietas experimentales causó una afectación en los índices de conversión alimenticia (ICA) obtenidos durante el periodo experimental en comparación con los ICA normalmente logrados en crianzas de "gamitana" en estanques de tierra excavados con ejecución de buenas prácticas de manejo

y alimentación con dietas comerciales, tal como lo mencionan Izel y Melo (2004) quienes indican que 1.20 es un ICA adecuado en este tipo de sistema de cultivo. Este experimento reporta un ICA promedio de 1.24 sin diferencias a causa de la alimentación por la dieta vegetal o dieta mixta.

Asimismo, los valores constantes observados del factor de condición alométrico de Fulton (K), que estiman la condición general de bienestar del pez en función de su peso y longitud (Lima-Júnior *et al.*, 2002; Cortegano *et al.*, 2019; Gonçalves *et al.*, 2021), indicaron que la alimentación con dieta vegetal no afectó el bienestar general de los animales durante todo el experimento cuando se comparó con peces alimentados con dieta mixta, hecho que fue evidenciado por la ausencia de mortalidad durante esta investigación.

En relación a la tasa de crecimiento específico (TCE), si bien no hubo interacción entre los factores analizados lo que denota similitud de los promedios a lo largo del experimento, ni hubo diferencias cuando se analizaron independientemente los datos de TCE en peces alimentados con dieta mixta durante el ensayo, se observa que en el caso de peces alimentados con dieta vegetal existe una TCE ligeramente mayor a los 15 días de observación en comparación a lo reportado para los 60 días. Eso puede deberse al crecimiento compensatorio aunado a la incorporación de aminoácidos sintéticos en la dieta vegetal que provocaron este primer impacto en el crecimiento de los peces (NRC, 2011); sin embargo, eso no fue suficiente para causar mayores diferencias en el crecimiento corporal de los peces en todo el experimento.

Por otro lado, la producción anual de “gamitana” en el país bordea aproximadamente las 600 toneladas anuales en promedio en datos obtenidos en los últimos años; en ese sentido, el uso de una dieta vegetal en la alimentación de “gamitana” contribuiría en la reducción de los costos de producción a gran escala significando una disminución total de aproximadamente S/ 144,000.00, solo considerando los costos de adquisición de los ingredientes vegetales para la formulación de dietas en esta especie (Ministerio de la Producción, 2020).

Todo esto muestra que ingredientes vegetales pueden ser sucedáneos del uso de harina de pescado en dietas para juveniles de "gamitana" pues no afectan el crecimiento de los peces en comparación con dietas mixtas, contribuyendo a la sostenibilidad acuícola en lo que respecta a la producción de esta especie, toda vez que la harina de pescado se caracteriza por ser un ingrediente procedente del extractivismo que, además, incrementa los costos de producción de las dietas balanceadas (Gatlin III *et al.*, 2007; FAO, 2020).

5.3. COMPOSICIÓN PROXIMAL DE GAMITANA

La composición proximal del músculo de "gamitana" no se vio afectada por la composición de las dietas, probablemente como resultado de la formulación dietética isoproteica e isoenergética (NRC, 2011). Los valores proximales obtenidos fueron los esperados para peces continentales y muy cercanos a los valores reportados para carne de "gamitana" criada con dietas comerciales, los cuales presentaron valores de 77.49%, 19.63%, 1.59% y 1.14% de humedad, proteína, lípidos y cenizas, respectivamente (Cartonilho y Jesus, 2011).

Asimismo, los valores proximales fueron similares a los obtenidos en "gamitanas" de mayor rango de peso criadas con dietas vegetales, los cuales presentaron valores de 76.54%, 18.59%, 2.57% y 1.38% de humedad, proteína, lípidos y cenizas, respectivamente (Cortegano *et al.*, 2019).

Los resultados del contenido de lípidos en el músculo de "gamitana" obtenidos en este experimento (0.86%) indican que sus características corresponden a la de un pez magro (< 4% de extracto etéreo) de acuerdo a la clasificación realizada por Ackman (1989).

VI. CONCLUSIÓN

- Juveniles de “gamitana” pueden ser criados con dieta vegetal sin afectar el crecimiento corporal del pez, expresado en ganancia de peso y talla, índice de conversión alimenticia, sobrevivencia y factor de condición y sin afectar la composición proximal del músculo del pez. Una dieta vegetal puede ser sucedánea de una dieta mixta contribuyendo a la sostenibilidad de la crianza de “gamitana”.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere realizar estudios para conocer los efectos en la calidad del pescado cuando son producidos con alimentación basada en dietas vegetales en comparación con dietas mixtas, ya que sería un aporte importante para la nutrición humana.

2. Además, se sugiere realizar estudios para evaluar los efectos del uso de dietas vegetales en todo el ciclo productivo de la especie, desde larvicultura hasta reproducción, ya que podría contribuir en la formulación de dietas económicas para otros tipos de sistema.

VIII. LITERATURA CITADA

1. ***Ackman RG. 1989.*** Nutritional composition of fats in seafoods. Prog **Food** Nutr Sci. 13: 161-241.
2. ***Affonso E, Ono E. 2016.*** Piscicultura Familiar no Amazonas. Manaus: Editora Wega. 64 p.
3. ***Ahmed M, Liang H, Kasiya HC, Ji K, Ge X, Ren M, Liu B, Zhu X, Sun A. 2018.*** Complete replacement of fish meal by plant protein ingredients with dietary essential amino acids supplementation for juvenile blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). Aquac Nutr 00: 1-10.
4. ***Association of Official Analytical Chemists. 2005.*** 18ª ed. Official Methods of Analysis of the AOAC International. Virginia: Association of Official Analytical Chemists-AOAC INC. 771 p.
5. ***Barrows FT, Bellis D, Krogdahl A, Silverstein JT, Herman EM, Sealey WM, Rust MB, Gatlin III DM. 2008.*** Report of the plant products in aquafeed strategic planning workshop: An integrated, interdisciplinary research roadmap for increasing utilization of plant feedstuffs in diets for carnivorous fish. Rev Fish Sci 16: 449-455.
6. ***Campos LE. 2015.*** El cultivo de la gamitana en Latinoamérica. Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 50 p.
7. ***Cartonilho MM, Jesus RS. 2011.*** Qualidade de cortes congelados de tambaqui cultivado. Pesq Agropec Bras 46: 344-350.
8. ***Conceição LEC, Aragão C, Dias J, Costas B, Terova G, Martins C, Tort L. 2012.*** Dietary nitrogen and fish welfare. Fish Physiol Biochem 38: 119-141.

9. ***Corrêa CF, Aguiar LH, Lundstedt LM, Moraes G. 2007.*** Responses of digestive enzimes of tambaqui (*Colossoma macropomum*) to dietary cornstarch changes and metabolic inferences. Comp Biochem Physiol Part A 147: 857-862.
10. ***Cortegano CAA, De Alcântara AM, Da Silva AF, Epifânio CMF, Bentes SPC, Dos Santos VJ, Visentainer JV, Gonçalves LU. 2019.*** Finishing plant diet supplemented with microalgae meal increases the docosahexaenoic acid content in *Colossoma macropomum* flesh. Aquac Res 50: 1291-1299.
11. ***Del Águila M, Ruíz AM. 2016.*** Efecto de una dieta basada en insumos vegetales en el crecimiento de juveniles de *Colossoma macropomum* en crianza, Yurimaguas – Loreto, 2015. Tesis para optar el Título Profesional de Biólogo Acuicultor. Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 84 p.
12. ***García-Dávila C, Sánchez H, Flores M, Mejia J, Angulo C, Castro-Ruiz D, Estivals G, García A, Vargas G, Nolorbe C, Núñez J, Mariac C, Duponchelle F, Renno JF. 2018.*** Peces de consumo de la Amazonía Peruana. Iquitos: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. 218 p.
13. ***Gatlin III DM, Barrows FT, Brown P, Dabrowski K, Gaylord G, Hardy RW, Herman E, Hu G, Krogdahl A, Nelson R, Overturf K, Rust M, Sealey W, Skonberg D, Souza E, Stone D, Wilson R, Wurtele E. 2007.*** Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. Aquac Res 38: 551-579.
14. ***Gill I, López-Fandiño R, Jorba X, Vulfson EN. 1996***. Biologically active peptides and enzymatic approaches to their production. Enzyme Microb Technol 18: 163-183.
15. ***Gonçalves LU, Cortegano CAA, Barone RSC, Lorenz EK, Cyrino JEP. 2021.*** Effects of dietary linolenic acid to linoleic acid ratio on growth performance, proximate composition and fatty acid contents of pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Aquac Res 52: 6667-6677.
16. ***Goulding M, Carvalho ML. 1982.*** Life history and management of the tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characidae): An important Amazonian food fish. Rev Bras Zool 1: 107-133.
17. ***Guimarães IG, Martins GP. 2015.*** Nutritional requirement of two Amazonian aquacultured fish species, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) and *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818): A mini review. J Appl Ichthyol 31: 57-66.

18. ***Honda EM. 1974.*** Contribuição ao conhecimento da biologia de peixes do Amazonas. II. Alimentação de tambaqui, Colossoma bidens (Spix). Acta Amaz 4: 47-53.
19. ***Integrated Taxonomic Information System. 2022.*** Colossoma macropomum. [Internet], [26 mayo 2022]. Disponible en: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=639908#null
20. ***Izel AC, Melo LA. 2004.*** Criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques escavados no Estado do Amazonas. Manaus: Embrapa Amazônia Occidental. 20 p.
21. ***Jackson AJ, Capper BS, Matty AJ. 1982.*** Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia *Sarotherodon mossambicus*. Aquaculture 27: 97-109.
22. ***Li XQ, Xu HB, Sun WT, Xu XY, Xu Z, Leng XJ. 2018.*** Grass carp fed a fishmeal-free extruded diet showed higher weight gain and nutrient utilization than those fed a pelleted diet at various feeding rates. *Aquaculture* 493: 283–288.
23. ***Lim C, Akiyama DM. 1992.*** Full-fat soybean meal utilization by fish. Asian Fish Sci 5: 181–197.
24. ***Lim SJ, Lee KJ. 2009.*** Partial replacement of fish meal by cottonseed meal and soybean meal with iron and phytase supplementation for parrot fish *Oplegnathus fasciatus*. Aquaculture 290: 283-289.
25. ***Lima-Junior SE, Cardone IB, Goitein R. 2002.*** Determination of a method for calculation of allometric condition factor fish. Acta Sci Biol Sci 24: 397-400.
26. ***Lin S, Luo L. 2011.*** Effects of different levels of soybean meal inclusion in replacement for fish meal on growth, digestive enzymes and transaminase activities in practical diets for juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. Anim Feed Sci Technol 168: 80-87.
27. ***Ministerio de la Producción. 2012.*** Manual de cultivo de gamitana en ambientes convencionales. Lima: FONDEPES – Ministerio de la Producción. 95 p.
28. ***Ministerio de la Producción. 2020.*** Anuario estadístico pesquero y acuícola 2020. Lima: Ministerio de la Producción - PRODUCE. 182 p.
29. ***National Research of Council. 2011.*** Nutrient requirements of fish and shrimp**.** USA: National Academies Press of the NRC. 376 p.

30. ***Oliveira M, Vasconcelos V. 2020***. Occurrence of Mycotoxins in Fish Feed and Its Effects: A Review. Toxins (Basel) 12:160.
31. ***Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. 2017.*** Modelos de negocio en acuicultura amazónica. Lineamientos para su avance y fortalecimiento. Lima: ONUDI-PRODUCE. 61 p.
32. ***Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2020.*** El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma. 243 p.
33. ***Ramos AJ, Gremmels JF, Hernández E. 1996.*** Prevention of toxic effects of mycotoxins by means of nonnutritive adsorbent compounds. J Food Prot 59: 631-641.
34. ***Ríos E. 2021.*** Calidad de agua en el cultivo de organismos acuáticos amazónicos. Lima: Editorial Barreto. 88 p.
35. ***Roubach R, Gomes LC, Fonseca FAL, Val AL. 2005.*** Eugenol as na efficacious anaesthetic for tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier). Aquac Res 36: 1056-1061.
36. ***Saint-Paul U. 1984.*** Physiological adaptation to hypoxia of a neotropical characoid fish *Colossoma macropomum*, Serrasalmidae. Environ Biol Fish 11: 53–62.
37. ***Sargent JR, Tocher DR, Bell JG. 2002.*** The lipids. In: Fish Nutrition. 3rd ed. California: Elsevier. pp. 181-257.
38. ***Spieler RE, Noeske TA. 1984.*** Effects of Photoperiod and Feeding Schedule on Diel Variations of Locomotor Activity, Cortisol, and Thyroxine in Goldfish. Trans Am Fish Soc 113: 528-539.
39. ***Tacon A, Metian M. 2008.*** Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. Aquaculture 285: 146-158.
40. ***Tacon AGJ. 1993.*** Feed ingredients for warmwater fish. Fishmeal and other processed feedstuffs. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 64 p.
41. ***Tibbetts SM, Mann J, Dumas A. 2017.*** Apparent digestibility of nutrients, energy, essential amino acids and fatty acids of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) diets containing whole-cell or cell-ruptured *Chlorella vulgaris* meals at five dietary inclusion levels. Aquaculture 481: 25–39.

42. ***Val AL. 1995.*** Oxygen transfer in fishes: morphological and molecular adjustments. Braz J Med Biol Res 28: 1119–1127.
43. ***Wood CM, Wilson RW, Gonzalez RJ, Patrick ML, Bergman HL, Narahara A, Val AL. 1998.*** Responses of an Amazonian teleost, the tambaqui (*Colossoma macropomum*), to low pH in extremely soft water. Physiol Zool 71: 658-670.