

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**Composición nutricional proximal y digestibilidad aparente
de subproductos de la chacra kichwa en la alimentación de
Piaractus brachypomus juveniles.**

Autor:

Villacís Viteri Willys Mauricio

Director del proyecto:

Blgo. Ricardo Burgos, MSc.

Pastaza – Ecuador

2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Willys Mauricio Villacís Viteri, con C.I: 1600663221, certifico que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Investigación y Desarrollo bajo el tema: **“Determinación de la composición nutricional proximal y digestibilidad aparente de seis subproductos de la chacra kichwa en la alimentación de *Piaractus brachypomus* juveniles”**, son de mi autoría y exclusiva responsabilidad.

Willys Mauricio Villacis Viteri

1600663221

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Por medio del presente, Yo, Ricardo Ernesto Burgos, con C.I:0102431335 certifico que el egresado Willys Mauricio Villacis Viteri, realizó el Proyecto de Investigación y Desarrollo titulado: “**Composición nutricional proximal y digestibilidad aparente de subproductos de la chacra kichwa en la alimentación de *Piaractus brachypomus* juveniles**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario bajo mi supervisión.

Blgo. MSc. Ricardo Burgos.

DIRECTOR DE PROYECTO

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El proyecto de investigación y desarrollo, titulado: “**Composición nutricional proximal y digestibilidad aparente de seis subproductos de la chacra kichwa en la alimentación de *Piaractus brachypomus* juveniles**”, fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal.

Dr.MVz. David Sancho, PhD

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dra. Carolina Bañol, PhD

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. C. Willan Orlando Caicedo, PhD

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Estatal Amazónica, por brindarme la preparación académica y todas las facilidades para la culminación de mis metas.

A mi tutor del proyecto de investigación Blgo. MSc. Ricardo Burgos quien dirigió con experiencia, sabiduría y certeza el presente proyecto.

Al Dr. C. Willan Orlando Caicedo, PhD quien contribuyó con su valiosa experiencia al mismo. La generosidad y amabilidad demostrada han sido un gran apoyo para la realización de este proyecto.

A la Ing. Andrea Tapuy por su amistad, conocimientos y tiempo dedicado en el proceso de análisis.

A Evelyn Galeano por su apoyo condicional, consejos, su maravillosa amistad y cariño.

A todos mis profesores quienes me acompañaron en la trayectoria universitaria brindándome sus conocimientos, experiencias y apoyo.

A mis amigos Jhon Nuñez, Cristian Jaramillo, Alex Tapuy por compartir valiosos momentos que nos han llevado a fomentar nuestros lazos de amistad.

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a Dios, por darme, protección, fortaleza, sabiduría y me ha llevado por el camino del bien.

A mis queridos padres Noralma Patricia Viteri y Wilfrido Teodomiro Villacis, por impulsarme a seguir adelante, por su apoyo incondicional y amor infinito, ya que sin ustedes no hubiese podido cumplir mis metas.

A Rodolfo López por brindarme su apoyo, consejos, cariño y estar pendiente de mis aspiraciones e impulsarme a seguir adelante.

A mis hermanos Sebastián y Javier por ser parte de mis alegrías y brindarme su cariño.

A mi Abuelita Laura Silva por darme su apoyo y fortaleza para cumplir mis aspiraciones.

A todos mis familiares y amigos, ya que su presencia, preocupación, e impulso para seguir superándome me permitieron mantenerme firme en mis anhelos.

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

El presente estudio tiene como objeto de determinar la composición nutricional proximal y evaluar la digestibilidad aparente de seis subproductos de la chacra kichwa utilizada en la formulación de dietas para la alimentación de *Piaractus brachypomus* juveniles. Se realizaron análisis bromatológicos para determinar la composición química proximal de subproductos, como: hojas de plátano (*Manihot esculenta*), hojas de plátano (*Musa paradisiaca*), maní forrajero (*Arachis pintoy*), manzana de monte (*Bellucia pentámera*), guayaba (*Psidium guajava*), y sachá inchi (*Plukenetia volubilis*), los cuales fueron procesados en harinas. Se formuló tres dietas experimentales: tratamiento control (TC) referente a una dieta comercial, tratamiento uno (T1) con el 20% y tratamiento dos (T2) con el 40% de inclusión de los subproductos procesados. Para su evaluación se seleccionaron peces juveniles de cachama de 3g de peso promedio, distribuidos al azar a razón de grupos de 15 individuos por unidad experimental para los tres tratamientos y sus tres repeticiones. Los nueve acuarios, fueron mantenidos en condiciones de fluctuación de temperatura entre 21 a 23 °C, pH 6,5 y oxígeno saturado a 100%. Se suministró el alimento *ad libitum* a saciedad tres veces al día durante 20 días. Las heces generadas fueron colectadas, y se almacenó en refrigeración, en lo posterior se secaron en una estufa a 65 °C, se estimó la digestibilidad aparente de: proteína bruta (PB), grasa (EE), Fibra Bruta (FB) y energía (EB). Los subproductos utilizados tienen un alto contenido energético superando los 4.200 kcal.kg⁻¹. Las hojas de yuca y el maní forrajero presentaron un buen contenido proteico con 17,5% y 12,25% respectivamente. El sachá inchi (62,01%) y manzana de monte (10,82%) mostraron un buen contenido de lípidos. La harina del fruto de guayaba tuvo alto contenido de fibra (42,25%). En cuanto al incremento de peso durante el período experimental, se obtuvo diferencia estadística ($P < 0,05$) donde el TC fue más eficiente con una ganancia de peso de $2,34 \pm 0,40$ g, a diferencia de T1 y T2 con valores de $0,82 \pm 0,41$ g y $0,70 \pm 0,15$ g respectivamente. La tasa de conversión alimenticia (TCA) de TC fue de $0,84 \pm 0,11$ y seguido por T1 con $1,74 \pm 0,33$ y T2 con $2,05 \pm 0,42$. Los Coeficientes de Digestibilidad Aparente de PB en el TC fue del 96,33%; y, a medida que se incrementa la inclusión de los subproductos son afectados significativamente ($p < 0,05$ de χ^2) de la digestibilidad de PB, EE, FB y EB en las dietas T1 y T2. Las diferencias estadísticas entre tratamientos y repeticiones, son atribuibles a las pequeñas variaciones de temperatura en los acuarios experimentales que presumiblemente afectaron la tasa de ingesta animal (TI) con consecuencias en el

crecimiento. La inclusión del 20 y 40% de subproductos de la chacra afecta la digestibilidad de nutrientes.

Palabras claves: subproductos de la chacra, digestibilidad aparente, *Piaractus brachypomus*.

ABSTRACT, AND KEYWORDS

The present study aims to determine the proximal nutritional composition and evaluate the apparent digestibility of six by-products of the Kichwa farm used in the formulation of diets for the feeding of juvenile *Piaractus brachypomus*. Bromatological analyzes were carried out to determine the proximal chemical composition of by-products, such as: banana leaves (*Manihot esculenta*), banana leaves (*Musa paradisiaca*), forage peanuts (*Arachis pintoy*), Monte apple (*Bellucia pentámera*), guava (*Psidium guajava*), and sachá inchi (*Plukenetia volubilis*), which were processed into flours. Three experimental diets were formulated: control treatment (TC) referring to a commercial diet, treatment one (T1) with 20% and treatment two (T2) with 40% inclusion of the processed byproducts. For their evaluation, juvenile cachama fish of 3g of average weight were selected, distributed randomly in groups of 15 individuals per experimental unit for the three treatments and their three repetitions. The nine aquariums, they were maintained in conditions of fluctuation of temperature between 21 to 23 ° C, pH 6.5 and oxygen saturated to 100%. The food was supplied ad libitum to satiety three times a day for 20 days. The faeces generated were immediately collected, and were stored in refrigeration, then dried in an oven at 65 ° C, estimating the apparent digestibility of: crude protein (PB), fat (EE), Crude Fiber (FB) and energy (EB). The by-products used have a high energy content exceeding 4,200 kcal.kg⁻¹. The cassava leaves and the fodder peanut had a good protein content with 17.5% and 12.25% respectively. Sachá inchi (62.01%) and Monte apple (10.82%) mitred a good lipid content. The flour of the guava fruit was high in fiber (42.25%). Regarding weight gain during the experimental period, statistical difference was obtained ($P < 0.05$) where the TC was more efficient with a weight gain of 2.34 ± 0.40 g, unlike T1 and T2 with values of 0.82 ± 0.41 g and 0.70 ± 0.15 g respectively. The nutritional conversion rate (TCA) of TC was 0.84 ± 0.11 and followed by T1 with 1.74 ± 0.33 and T2 with 2.05 ± 0.42 . The Apparent Digestibility Coefficients of BP in the TC was 96.33%; and, as the inclusion of the by-products is increased, they are significantly affected ($p < 0.05$ of χ^2) in the digestibility of PB, EE, FB and EB in the T1 and T2 diets. The statistical differences between treatments and repetitions, are attributable to the small temperature variations in the experimental aquariums that presumably affected the rate of animal intake (IT) with consequences on growth. The inclusion of 20 and 40% by-products of the farm affects the digestibility of nutrients.

Key words: kichwa's farm by-products, apparent digestibility, *Piaractus brachypomus*.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPITULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.4 OBJETIVOS	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
CAPITULO II.....	4
2.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	4
2.1. BASES TEÓRICAS	4
2.1.1. Cachama blanca.....	4
2.1.2. Taxonomía.....	4
2.1.3. Manejo de cachama blanca.....	5
2.1.4. Parámetros físicos y químicos del agua.....	5
2.2. Estructura y función general del tracto digestivo	5
2.2.1. Boca.....	5
2.2.2. Branquiespinas.....	5
2.2.3. Esófago	6
2.2.4. Estómago	6
2.2.5. Intestino	6
2.3. Requerimientos Nutricionales	6
2.4. Requerimiento de <i>Piaractus brachypomus</i>	7
2.5. Alimentación y nutrición	7
2.6. Dietas	7
2.7. Proteína y aminoácidos.....	8
2.8. Grasas o lípidos	8
2.9. Carbohidratos.....	9
2.10. Digestibilidad Aparente (DA)	9
2.11. Método directo.....	9
2.12. Criterios de inclusión.....	10

CAPITULO III	11
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	11
3.1. Localización.....	11
3.2. Tipo de investigación.....	11
3.3. Métodos de investigación	11
3.3.1. Materiales y equipos	11
3.2. Diseño de investigación.....	11
3.3. Manejo del experimento	12
3.3.1. Colecta de materias primas.....	12
3.3.2. Elaboración de harinas.....	12
3.3.3. Análisis bromatológicos en laboratorio	12
3.3.4. Formulación de raciones.....	12
3.3.5. Elaboración de pellets.....	14
3.3.6. Manejo de instalaciones y animales	14
3.4. Condiciones de manejo.....	14
3.4.1. Parámetros de calidad de agua.....	14
3.4.2. Determinación de nitritos y nitratos	14
3.5. Suministro de dietas.....	14
3.6. Periodo de adaptación de dietas.....	15
3.7. Recolección de heces.....	15
3.7.1 Método directo.....	15
3.8. Conservación de heces.....	15
3.9. Análisis Bromatológicos de heces	15
3.10. Análisis Estadístico.....	15
3.10.1. Modelo matemático	16
3.11. Factores de estudio	16
3.11.1 Variables dependientes.....	16
3.11.2 Variables independientes	16
CAPITULO IV.....	17
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1. Composición nutricional proximal de seis subproductos de la chacra kichwa. ...	17
4.2. Parámetros zootécnicos obtenidos con tratamientos aplicados	19
4.3. Coeficientes de digestibilidad aparente	21

CAPITULO V	24
CONCLUSIONES	24
RECOMENDACIONES	25
5. BIBLIOGRAFÍA	26

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos de <i>Piaractus brachypomus</i>	7
Tabla 2. Por ciento de composición de dietas.	8
Tabla 3. Criterios de inclusión de alimentos comerciales y subproductos de la chacra.	10
Tabla 4. Materiales utilizados para el experimento	11
Tabla 5. Formulación de raciones.....	13

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Parámetros zootécnicos.	20
Gráfico 2. CDA de la materia seca, proteína, lípidos, fibra, energía y cenizas.	22

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

La diversidad biológica de América Latina es una de las más ricas del planeta, incluyendo su ictiofauna de agua dulce, ya que en varios países han pasado a ser cultivadas aproximadamente 70 especies, una de mayor representación en producción acuícola es la cachama blanca *Piaractus brachymopis* Cuvier 1818, lo que demuestra la demanda y popularidad de cultivar peces nativos.

P. brachypomus, es un carácido neotropical originario de las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco conocido también como “cachama blanca” o “paco”. Es nativa de países de América del sur como Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, posteriormente fue introducida en países asiáticos, africanos y norteamericanos (Mendoza, Comas y Romero, 2013).

En los últimos años la producción de *P. brachypomus* ha aumentado significativamente en Sudamérica, de acuerdo a las estadísticas realizadas por la FAO hasta el 2009, indican que el país que lidera la producción es Colombia, registrando en el 2008 una cantidad de 2 200 toneladas que representan el 96% de la producción total, Perú reporta 71 toneladas, Brasil 19 toneladas y Bolivia 30 toneladas respectivamente; en la Amazonía ecuatoriana, según el censo del Centro de Investigaciones y Servicios Agropecuarios Centro de Investigaciones y Servicios Agropecuarios (CISAS) del Gobierno Provincial de Sucumbíos, el consumo de cachama blanca supera las 50 toneladas mensuales desde hace cinco años (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, 2010).

La excesiva captura de este carácido, sin reposición en el medio natural, disminuyó drásticamente el número de individuos en las zonas de pesca, convirtiendo a la acuicultura en una buena alternativa comercial (Pineda, Olivera, Urcuqui, Trujillo y Builes, 2005).

Los acuicultores de recursos limitados, alimentan sus peces buscando estrategias para mejorar su producción, suministrando de forma artesanal subproductos propios de sus fincas (Gutiérrez y Murillo, 2016). En el caso de los productores Kichwas, la chacra

constituye una fuente de provisionamiento para la alimentación de la cachama blanca utilizando: sachá inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo), plátano (*Musa paradisiaca* Linneo), maní forrajero (*Arachis pintoi* Krapovickas y Gregory), yuca (*Manihot sculenta* Crantz), guayaba (*Psidium guajava* Linneo), manzana de monte o pomarrosa (*Bellucia pentámera* Naudin), utilizadas de forma empírica en los estanques.

1.2 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

En la región amazónica existen muchas especies nativas que han demostrado ser favorables para el cultivo en estanques como *Colossoma macropomum* Cuvier, *Piaractus brachypomus* Cuvier, *Prochilodus nigricans* Spix y Agassiz, entre otras, y así disminuir la introducción de especies exóticas.

Sin embargo, las investigaciones sobre la alimentación y nutrición de la cachama blanca *P.brachypomus* con subproductos de la chacra en la Amazonía son escasas, en la mayoría de los carácidos no se encuentra disponible una estimación específica de la digestibilidad de nutrientes, aspecto muy importante en la evaluación de la efectividad de absorción de nutrientes por parte del animal, por lo que se desconoce la composición química proximal y digestibilidad aparente de los subproductos de la chacra, siendo necesaria determinarla y con dicho propósito esta información servirá de referencia para proporcionar una formulación alimenticia óptima.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La determinación de la composición química proximal y digestibilidad aparente de los nutrientes de los subproductos de la chacra pudiese constituir una alternativa para su inclusión en la dieta de cachamas *Piaractus brachypomus* juveniles.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

- Determinar la composición nutricional proximal y digestibilidad aparente de seis subproductos de la chacra kichwa para la alimentación de *Piaractus brachypomus* juveniles.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la composición nutricional proximal de seis subproductos de la chacra kichwa.
- Evaluar la digestibilidad aparente de la materia seca (MS), proteína bruta (PB), grasa (EE), Fibra Bruta (FB) y energía (EB) de dietas adicionadas.

CAPITULO II

2.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. BASES TEÓRICAS

2.1.1. Cachama blanca

Piaractus brachypomus descrita por Cuvier en 1818, es un carácido neotropical distribuido por América del sur, nativa de las cuencas Amazónicas y del río Orinoco, destacándose como una de las especies con mayor potencial productivo por sus hábitos omnívoros y sus tendencias frugívoras; posee mandíbulas con dientes molariformes y disposición de músculos fuertes que le permiten triturar fácilmente diferentes alimentos duros como frutos, semillas y hojas verdes que caen al agua (Mendoza *et al.*, 2013).

La cachama blanca es estimada como la especie de mejor comportamiento productivo y comercial en la acuicultura extensiva, semi intensiva e intensiva de aguas cálidas de América tropical; tolera el manejo en cautiverio, presenta alta docilidad, rusticidad, sobre todo resistente a enfermedades y de fácil adaptación a condiciones limnológicas desfavorables por períodos no prolongados (Granda y Aguirre, 2007).

2.1.2. Taxonomía

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO, 2010) la cachama blanca tiene la siguiente clasificación:

Reino:	<i>Animalia</i>
Filo:	<i>Chordata</i>
Clase:	<i>Actinopterygii</i>
Orden:	<i>Characiformes</i>
Familia:	<i>Characidae</i>
Sub-familia:	<i>Serrasalminidae</i>
Género:	<i>Piaractus</i>
Especie:	<i>brachypomus</i> (Cuvier, 1818)
N.C.:	<i>Piaractus bracypomus</i>

2.1.3. Manejo de cachama blanca

De acuerdo al Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (PRONATA) y el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA, 2010) mencionan las siguientes características:

- Resistencia al manejo en cautiverio y a los cambios climáticos adversos.
- Son compatibles con otras especies, que se trabajan en policultivos.
- Aceptabilidad en el mercado local, regional o nacional.
- Tolerancia en las condiciones de calidad de agua.
- Buena conversión alimenticia antes de la maduración sexual.
- Adaptabilidad a la densidad de siembra.

2.1.4. Parámetros físicos y químicos del agua

La cachama blanca es una especie rústica que prefiere aguas ligeramente ácidas y ricas en nutrientes que se producen en su hábitat natural, con pH entre 4,5 y 6,8. En condiciones naturales crecen a temperaturas favorables de 23 a 28 °C, por lo cual se ha mencionado que la temperatura óptima para la reproducción y cultivo es entre 26 y 28,5 °C, además tolera una mayor variación térmica (Collazos, Gutiérrez y Restrepo, 2014).

2.2. Estructura y función general del tracto digestivo

2.2.1. Boca

En los carácidos debido a su distinción alimenticia omnívora y sus tendencias frugívoras, poseen dientes bien desarrollados, conformados por fuertes músculos, en la arcada superior (maxila) se observa una serie externa de tres dientes biselados y una interna de 4 molariformes, lo que les permite triturar los alimentos en pequeñas partículas y lo puedan digerir eficientemente (Tratado de Cooperación Amazónica, 2015).

2.2.2. Branquiespinas

Es fundamental mencionar que las branquiespinas no pertenecen al tracto digestivo, por lo que es importante recordarlas debido a la capacidad de retención de microorganismos, los omnívoros poseen branquiespinas mucho más definidas y más largas; la cachama blanca durante su etapa juvenil (con pesos de 40-50 gramos aproximadamente) posee entre 33 y 37 rastros branquiales (estructuras con la formación de hueso o cartílago), en el primer arco branquial logra filtrar y retener eficientemente pequeños organismos, sirviéndolos como una

fuelle de alimento durante el proceso de alimentación (Landines, Rodríguez y Rodríguez, 2011).

2.2.3. Esófago

El epitelio del esófago es ciliado (prolongaciones cilíndricas delgadas) y rico en células secretoras de mucus, que ayudan en el transporte del alimento ingerido.

2.2.4. Estómago

La cachama posee un estómago bien desarrollado en forma de “U”, ubicado en la parte anterior de la cavidad abdominal, se relaciona con el hígado, bazo y vejiga natatoria en la región dorsal, sus asas intestinales acoplados en la zona caudal, los ciegos pilóricos se localizan sobre la porción final de la región pilórica del estómago, al poseer un hábito alimenticio omnívoro su estómago tiene la capacidad de retener la cantidad necesaria de alimento que el animal digiere (Vásquez, 2004).

2.2.5. Intestino

En los peces con hábitos omnívoros no tienen un intestino muy largo, los individuos pueden ingerir gran cantidad de alimentos hasta llenar completamente su intestino efectuando la asimilación final de los nutrientes, allí las proteínas son desdobladas a aminoácidos, los carbohidratos a azúcares y los lípidos a ácidos grasos.

Posee vesícula biliar bien definida, las secreciones contribuyen en la emulsificación de las grasas y fomentan la digestión y absorción de material lipídico y de vitaminas liposolubles, además no manifiestan un intestino grueso bien definido (Landines *et al.*, 2011).

2.3. Requerimientos Nutricionales

Los estudios de requerimientos nutricionales específicamente para especies amazónicas son escasas, sin embargo, se aplican dietas nutricionalmente balanceadas con subproductos de la chacra, para su óptimo crecimiento y bienestar, esencialmente deben ser incluidos nutrientes como proteína y aminoácidos específicos, lípidos y ácidos grasos, carbohidratos, vitaminas, minerales, agua y energía (Gutiérrez y Murillo, 2016).

2.4. Requerimiento de *Piaractus brachypomus*

De acuerdo a Machado y Possebon, (2012) aportan estudios sobre los requerimientos de PB, EB y FB en “paco”:

Tabla 1. Requerimientos de *Piaractus brachypomus*

Nutrientes	Requerimiento	
	Min	Max
PB %	27,20	29,10
FB%	1	5
EB (kcal kg-1)	4.983,00	5.284,00

Fuente: Machado y Possebon, 2012 -Nutriaqua.

2.5. Alimentación y nutrición

De acuerdo a Vásquez (2004) los peces requieren de una nutrición adecuada para poder crecer y sobrevivir en su estado natural, el medio ofrece gran variedad de alimentos de origen vegetal, además de diversos nutrientes y iones esenciales disueltos en el agua que pueden ser absorbidos por sus branquias o ingeridos con el alimento hasta ser digeridos en el tracto gastrointestinal.

Existen especies neotropicales como los peces redondos que en condiciones naturales tiene una preferencia alimenticia omnívora por naturaleza, principalmente planctófaga en sus primeros estadios de vida, tendiendo a alimentarse de frutos, hojas y semillas en estadios posteriores; esta especie en condiciones de cautiverio aceptan muy bien los concentrados porque la exigencia nutricional ante algún ingrediente de origen animal es baja.

2.6. Dietas

Según Craig y Helfrich (2002), los peces para un óptimo crecimiento y una buena salud requieren de dietas completas a base de ingredientes como: proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales. En el sector rural la mayoría de los acuicultores suministran dietas completas, generalmente estas dietas están típicamente compuestas por compuestos orgánicos y su rango porcentual:

Tabla 2. Porciento de composición de dietas.

Compuestos orgánicos	Porcentaje
Proteínas	18-50
Lípidos	10-25
Carbohidratos	15-20
Ceniza	<8.5
Fósforo	<1.5
Agua	<10

Fuente: Craig y Helfrich, 2002.

2.7. Proteína y aminoácidos

La proteína y sus aminoácidos se utilizan continuamente para el mantenimiento, crecimiento y reproducción en todos los organismos vivos, por lo cual es necesario garantizar un adecuado consumo. Investigaciones sobre el requerimiento óptimo de proteína realizada con dietas han dado como resultado que estas especies requieren entre 17 al 36 % de proteína cruda para obtener un buen desempeño en crecimiento y resultados en producción como en el caso de *P. brachypomus* (Landines *et al.*, 2011).

Vásquez, Pereira y Arias (2011) mencionan, los aportes mínimos de proteína que pueden ser suministradas en las dietas para cachamas en su estado juvenil es del 29,8%, por lo que demostraron favorablemente que el 31,6% de proteína bruta (PB) fomenta un máximo crecimiento para esta especie, por lo tanto si el suministro de dietas con niveles de proteína excede el 31,6%, disminuye la ganancia de peso, la tasa de crecimiento, tasa de retención de proteína y la conversión alimenticia, además la proteína en exceso puede utilizarse como energía por parte del pez. Dietas comerciales para cachama contienen el 28% de PB en Ecuador, al ser la proteína uno de los compuestos orgánicos más caros de los alimentos para peces es fundamental determinar con exactitud los requerimientos para cada especie y etapa de vida, generalmente los requerimientos de proteína son más altos para etapas iniciales. A medida que los peces crecen, los requerimientos disminuyen.

2.8. Grasas o lípidos

De acuerdo al Tratado de Cooperación Amazónica (2015), los peces tropicales de agua dulce como la cachama blanca, se desarrollan favorablemente cuando son alimentados con dietas que contienen una mezcla de ácidos grasos linolénico y linoleico, estos ácidos grasos

insaturados son esenciales y se encuentran en frutos nativos como: sachá inchi, chonta duro, pasta de soya, entre otros, por lo que es recomendable incorporar mínimo el 1% al alimento para el máximo crecimiento.

Esto se puede conseguir con la adición del 3 al 5% de aceite de pescado o 10% de aceite de soya. Se ha demostrado que los peces son capaces de hacer un mejor uso de esta grasa que de las de origen vegetal. Los niveles de grasa requeridos para los peces tropicales dependen de factores tales como edad del pez, niveles de proteína en los alimentos y la naturaleza de los lípidos suplementarios. Los alevines y juveniles requieren niveles altos de grasa y proteína que en comparación a los adultos.

2.9. Carbohidratos

La cachama al ser un pez oportunista se alimenta de un verdadero banco de nutrientes y energía al ingerir frutos y semillas para balancear su dieta que el medio natural. En cautiverio esta especie aprovecha como fuente de energía proteína, lípidos y carbohidratos cuando hay un exceso en su dieta. El uso de carbohidratos puede afectar la calidad de la carne, por lo que recomiendan para dietas de peces juveniles con peso de 168 gramos la inclusión del 28% de proteína y 40% de carbohidratos para prevenir grasa corporal (Machado y Possebon, 2012).

2.10. Digestibilidad Aparente (DA)

Es evaluada a partir de la digesta ileal y/o heces. Con este método no se conoce la proporción de la proteína que proviene de la dieta o de la secreción de nitrógeno endógeno (NE), y solo permite asumir que cantidad del alimento fue asimilado por el animal (Parra y Gómez, 2008).

Los coeficientes de digestibilidad, permiten cuantificar el aprovechamiento de los nutrientes, esto es, la cantidad de nutrientes absorbidos por el animal a partir de los nutrientes ingeridos; el CDA depende principalmente del estado fisiológico del animal y de la tasa de ingesta, por lo que permite conocer la capacidad del pez para aprovechar el alimento (Sanz, 2009).

2.11. Método directo

De acuerdo con Sanz (2009) este método requiere conocer toda la cantidad de alimento ingerido por el animal y todas las heces producidas, en el que los peces pueden consumir la dieta voluntariamente, cualquier método empleado en la recolección de heces se lo debe realizar rápidamente con el fin de prevenir la pérdida de los nutrientes solubles pertenecientes en las heces, debido a que parte del nitrógeno que se excreta en las heces se encuentra en estado líquido y podría lixivarse en contacto con el agua.

2.12. Criterios de inclusión

Tabla 3. Criterios de inclusión de alimentos comerciales y subproductos de la chacra.

Ingredientes		Criterio de inclusión		
		Min	Max	Referencias
Harina de pescado	de	5	60	Recomiendan el 20% por su palatabilidad y aporte de aminoácidos esenciales (FAO,1989)
Harina de maíz		10	35	Aportes energéticos (FAO,1989)
Salvado de trigo		10	35	En peces omnívoros se puede adicionar cantidades máximas de 35% de subproductos de trigo. Gibello, Gaiotto, Silva y Pinto, (2012).
Harina de soya		10	40	Se puede utilizar sin mayor restricción, mayor aprovechamiento en <i>P. brachypomus</i> Gutiérrez-Espinosa y Vásquez-Torres, (2008).
Aceite de pescado		0	5	Palatabilidad y PUFA's, rico en ácidos grasos omega 3. Gibello, Gaiotto, Silva y Pinto. (2012).
Premix		0,4	0,5	
Harina Hojas de yuca		0	20	Recomiendan hasta un 20% por su contenido proteico Ng y Leong (1989).
Harina Hojas de plátano		1	5	Niveles altos de fibra
Harina Hojas de maní forrajero		1	5	Alto contenido de proteína y bajo en fibra
Harina Frutos de guayaba				La harina de guayaba aporta Vit-C (168,33 mg/100 g) Se desconoce los niveles de inclusión. (Pedraza y Torres, 2015)
Harina frutos de manzana de monte				Mencionan que el fruto de <i>Bellucia pentámera</i> contiene 3,550 mg / 100 g de vitamina C, se desconoce la inclusión de Vit C. Marisa, Salni, Fitryanda y Oktariansyah, (2017)
Pasta de sachá inchi				Rico en ácidos linolénicos (50.8%) y linoleicos (33.4%), con bajos niveles de ácido oleico (9.1%). Los ácidos grasos linolénico y linoleico son esenciales para peces aptos para su crecimiento. (Gutiérrez, Rosada y Jiménez, 2011) Tratado de Cooperación Amazónica (2015)

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

El presente proyecto de investigación se desarrolló en la Universidad Estatal Amazónica, en el laboratorio de Química, ubicado en el cantón y provincia Pastaza en el kilómetro 2½, vía Puyo – Tena en las coordenadas 1° 28' 2" S, 77° 59' 50" W, el manejo del experimento se efectuó en un sistema de acuarios a pequeña escala a unos 500 metros de distancia de la Universidad estatal Amazónica.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación es experimental porque se determinó la composición nutricional proximal y la digestibilidad aparente de nutrientes de seis subproductos de la chacra kichwa en la alimentación de juveniles *Piaractus brachypomus* en condiciones de laboratorio y sistemas controlados conformado por acuarios.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Materiales y equipos

Tabla 4. Materiales utilizados para el experimento.

Material Biológico	Materias Primas	Equipo de instalaciones	Equipo de Laboratorio	Materiales	Reactivos
peces (cachama blanca)	Hojas de yuca,	Acuarios	Estufas	Libreta,	Éter de
	Hojas de plátano	Filtros	Balanzas de	esfero,	petróleo
	Hojas de maní	Aireadores	precisión	lápiz,	Hidróxido
	forrajero	Molino	Extractor	marcador.	de sodio
	Frutos de guayaba	tritador	soxhlet		
	Frutos de manzana de monte, Semillas de sachá inchi				

3.2. Diseño de investigación

El diseño experimental propuesto es un diseño completamente aleatorizado con 3 repeticiones; considerando un peso estándar general para todos los animales del experimento.

3.3. Manejo del experimento

3.3.1. Colecta de materias primas

Las materias primas se colectaron manualmente en las chacras de la comunidad San José del cantón Archidona, conformado por hojas y frutos, recolectando hojas de yuca 10 kg, hojas de plátano 10 kg, frutos de guayaba 10 kg, manzana de monte 6 kg y semillas de sachá inchi 5kg.

3.3.2. Elaboración de harinas

Se realizó un secado de las materias primas en estufa a 65 °C por 72 horas, se molió en un molino triturador Thomas-Wiley, con (2 mm de diámetro) y se almacenó en fundas plásticas hasta su uso.

3.3.3. Análisis bromatológicos en laboratorio

Se determinó los componentes químicos de los subproductos de la chacra procesados en forma de harinas: hojas de plátano, hojas de yuca, hojas de maní forrajero, harina de frutos de guayaba, harina de frutos manzana de monte y pasta de semillas de sachá inchi. La proteína de las harinas, se analizó por el método Kjeldahl; los lípidos por el método Soxhlet; las cenizas, se incineró en la mufla a 600 °C durante 2 horas (AOAC, 2012).

3.3.4. Formulación de raciones

Se determinó la digestibilidad aparente de los subproductos de la chacra kichwa y se formuló dietas experimentales por el cálculo del método del tanteo, conformadas por una dieta control (TC), y dos formulaciones con el 20 y 40% de inclusión con 6 subproductos disponibles en la chacra los mismos que se detallan en la tabla 4.

Tabla 5. Formulación de raciones

INGREDIENTES	TC	T1 20%	T2 40%	Min	Max
Harina de pescado	20,0	20,0	20,0	5,00	60,00
Harina de maíz	28,5	20,0	10,0	10,00	35,00
Salvado de trigo	28,0	19,0	10,0	10,00	30,00
Harina de soya	22,0	19,5	18,5	10,00	40,00
Aceite de pescado	1,0	1,0	1,0	0,5	1,00
Premix	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Harina hojas de yuca	-	7,0	14,0	-	20,00
Harina hojas de plátano	-	1,0	4,0	1,00	5,00
Harina hojas de maní forrajero	-	1,0	4,0	1,00	5,00
Harina frutos de guayaba	-	2,0	2,0		
Harina frutos de manzana de monte	-	5,0	10,0		
Pasta de sachá inchi	-	4,0	6,0		
Composición total	100	100	100		
Nutrientes	TC ¹%	T1 20%	T2 40%	Min	Max
PB %	28,94	28,56	28,81		
FB %	2,74	5,32	7,83		
EB (kcal Kg ⁻¹)	4.552,33	4.744,10	4.872,06		
EE %	5,02	8,79	11,48		
ELN %	56,32	50,04	42,93		
Cenizas %	6,48	6,79	7,40		
Ca %	0,60	3,11	5,48		
P %	0,60	0,59	0,58		
Vit C (mg kg ⁻¹)	-	1.810,00	3.585,00	800	

TC¹ Dieta comercial de referencia

3.3.5. Elaboración de pellets

Los diferentes ingredientes para la elaboración de las dietas fueron mezclados, estos se molieron en un molino manual por compresión para formar pellets de 5-6 mm, posteriormente se secaron en estufa a 60 °C, y se almacenaron en fundas plásticas.

3.3.6. Manejo de instalaciones y animales

Se utilizaron 9 unidades experimentales (acuarios), edificados con vidrio de 10 mm de grosor, con dimensiones de 0,46 m de ancho x 1,17 m de largo y 0.50 m de profundidad con una capacidad de 0,269 m³ de agua por acuario.

Se seleccionaron 135 juveniles de *P. brachypomus* de 25 días de edad, y un peso de 3 gramos, procedente de la estación de reproducción peces tropicales, ubicado en Lago Agrio Provincia de Sucumbíos y se trasladado en fundas plásticas con suficiente oxígeno para proporcionar el medio más adecuado para su sobrevivencia, en cada acuario se trasladó 15 juveniles a cada unidad experimental con pesos estándar, los peces permanecieron una semana en período de adaptación a las condiciones del acuario y dietas experimentales.

3.4. Condiciones de manejo

3.4.1. Parámetros de calidad de agua

Se manejó oxigenadores para mantener un nivel de oxígeno disuelto constante y filtros para eliminar impurezas en cada acuario; la temperatura se midió con un termómetro, y el pH con un (pH-metro) de cintas de colores.

3.4.2. Determinación de nitritos y nitratos

Se determinó los niveles de NO₂ y NO₃ mediante un test de colores con el fin de evitar toxicidad en los acuarios.

3.5. Suministro de dietas

El consumo de alimento está influenciado por la temperatura y los niveles de oxígeno presentes en el agua, las dietas se distribuyeron por raciones una vez que los peces se alimenten activamente con el fin de evitar pérdidas, la ración que se suministro fue tres veces por día 07:30 am, 13:00 pm y 16:00 pm por lo que se calculó el porcentaje de la biomasa en base al peso vivo.

3.6. Periodo de adaptación de dietas

Los peces permanecieron una semana en período de adaptación a la dieta con la finalidad de establecer el consumo, posterior al periodo de adaptación se recolectó las heces durante 5 días mediante colecta total.

3.7. Recolección de heces

3.7.1 Método directo

Se realizó la colecta total de heces por el sistema de Guelph modificado, por lo que el material fecal es colectado en una columna de sedimentación.

El sistema Guelph permitió que los peces se alimenten normalmente, no es necesario un manejo del pez, esto permitió tener determinaciones repetidas en el tiempo y evaluar la digestibilidad aparente de diferentes (Sanz, 2009).

3.8. Conservación de heces

Las heces se colectaron rápidamente para evitar pérdidas de nutrientes solubles por lo que puede lixiviarse en contacto con el agua, luego se almacenaron en refrigeración a 5 °C de temperatura, posterior se secó en una estufa, se tomó el peso de las heces y fueron molidas para determinar la concentración de nutrientes.

3.9. Análisis Bromatológicos de heces

Se determinó la composición de los nutrientes en las heces del animal. La proteína, se analizó por el método Kjeldalh, los lípidos por el método soxleth, las cenizas por incineración en mufla a 600 °C durante 2 horas (AOAC, 2012).

3.10. Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza ANOVA en un diseño completamente aleatorizado, con análisis de medias sobre la base del estadístico de Tukey ($P < 0,05$); los análisis de la composición proximal de los subproductos se realizaron en el software Infostat versión 1.0 para Windows, se utilizó la prueba estadística Kruskal-Wallis tanto en los tratamientos ($\chi^2(3,54) = 15,637$; $p \leq 0,05$) como en los CDA de nutrientes ($\chi^2(6,54) = 26,976$; $p \leq 0,05$) cuando no hay distribución normal de los datos.

3.10.1. Modelo matemático

$$Y_{ij} = \mu + t_i + E_{ij}$$

μ : media general

t_i : efecto del i-ésimo tratamiento

E_{ij} : error experimental en la unidad j del tratamiento i.

3.11. Factores de estudio

3.11.1 Variables dependientes

Digestibilidad aparente de la MS

Digestibilidad aparente de la PB

Digestibilidad aparente del EE

Digestibilidad aparente de la EB

3.11.2 Variables independientes

Dietas alimenticias

- Tratamiento Control (TC); dieta referencia balanceado comercial.
- Tratamiento 1 (T1); inclusión del 20% de 6 subproductos de la chacra Kichwa, harina de hojas de yuca (7%), harina de hojas de plátano (1%), harina de hojas de maní forrajero (1%), harina de fruto de guayaba (2%), harina de fruto de manzana de monte (5%) y pasta de sachá inchi (4%).
- Tratamiento 2 (T2), inclusión del 40% de 6 subproductos de la chacra Kichwa. (harina de hojas de yuca (14%), harina de hojas de plátano (4%), harina de hojas de maní forrajero (4%), harina de fruto de guayaba (2%), harina de fruto de manzana de monte (10%) y pasta de sachá inchi (6%).

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición nutricional proximal de seis subproductos de la chacra kichwa.

En esta investigación se seleccionó seis subproductos de la chacra kichwa utilizados en la elaboración de una dieta para *P. brachypomus*, donde se tomó en cuenta aspectos como, composición química, digestibilidad y el hábito alimenticio de la especie, permitiendo el uso adecuado de los componentes por su valor nutricional en la formulación de dietas (Glencross, Booth y Allan, 2007).

Los resultados obtenidos en cuanto a los análisis de composición nutricional proximal de los subproductos de la chacra constituidos como una alternativa de inclusión en las dietas para *P. brachypomus* se detallan a continuación en la tabla 5.

Tabla 6. Composición nutricional proximal en porcentaje de subproductos de la chacra investigadas en cuanto a proteína bruta (**PB**), fibra bruta (**FB**), extracto etéreo (**EE**), calcio (**Ca**), fósforo (**P**) y energía bruta (**EB**).

Subproductos	Nutrientes					
	PB%	FB%	EE %	Ca%	P%	EB (Kcal.Kg ⁻¹)
Harina de hojas plátano	5,25±1,24	22,85±1,78	8,38±3,17	7,19±0,00	0,11±0,00	4210,87±196,13
Harina de hojas de yuca	17,50±6,19	15,94±1,21	8,61±2,95	10,81±0,00	0,06±0,00	4568,16±262,06
Harina de forraje de maní forrajero	12,25±4,95	18,65±1,59	2,61±2,35	14,43±0,00	0,08±0,00	4224,54±132,28
Harina de frutos de guayaba	7,44±0,62	42,25±5,11	2,93±3,23	6,15±0,00	0,09±0,00	4269,25±170,92
Harina de frutos de manzana de monte	5,25±3,71	10,48±0,83	10,82±9,92	15,90±0,00	0,05±0,00	4702,83±614,29
Pasta de semilla de sachá inchi	9,19±0,62	5,25±0,13	62,01±0,1	8,85±0,00	0,22±0,00	10768,80±4434,05

Para el análisis individual de los subproductos de la chacra se procesaron en forma de harinas por medio de un secado en estufa a 65°C por 72 horas con la finalidad de disminuir el contenido de factores anti nutricionales y verificar que cumplan con las especificaciones o requerimientos establecidos durante la formulación.

Estos resultados fueron indispensables para la formulación de dietas con el 20 y 40% de inclusión de subproductos de la chacra kichwa, por el cálculo del método del tanteo utilizada como referencia para la elaboración, y a su vez, utilizando como guía los criterios de inclusión; dichas dietas se molieron de forma manual por compresión, formando pellets con una textura sólida y con una granulometría óptima.

Giraldo, Velasco y Aristizabal (2006), en su investigación obtuvieron un contenido proteico del 24% al recolectar las hojas de yuca a los 3 meses del ciclo del cultivo, y 26% de proteína a los 5 meses, en cuanto a los análisis realizados en esta investigación mostraron un limitado contenido proteico, con 17,50% PB en la harina de hoja de yuca, y 12,25% PB en la harina de maní forrajero que son predominantes, a pesar de los porcentajes obtenidos el contenido de PB en las harinas es reducido, porque no se seleccionó en un ciclo de cultivo determinado para el corte, y se procedió a la recolección de los subproductos en el ciclo del cultivo disponible en la chacra kichwa.

Los subproductos que mostraron un alto contenido fibroso son la harina de hoja de plátano con 22,85% FB, y la harina del fruto de guayaba con 42,25% de FB siendo necesario limitar la inclusión en las dietas debido a que es poco digestible.

Por otra parte, el subproducto que aportó un elevado contenido lipídico fue la pasta de sachá inchi con 62,011%, valor superior a los resultados obtenidos en los análisis bromatológicos de Ruiz, Díaz, Anaya y Rojas (2013), con un 49% de lípidos.

En relación al contenido de EB, la pasta de sachá inchi presentó el nivel más alto con 10768,80 kcal kg⁻¹.

Al evaluar la composición nutricional proximal de estos subproductos, demuestran una baja densidad nutricional, por lo cual, la inclusión para dietas debe ser limitada; a pesar de disponer de estos subproductos en nuestra región.

4.2. Parámetros zootécnicos obtenidos con tratamientos aplicados

La selección de peces en etapa juvenil es importante ya que ha culminado el proceso de formación corporal y tiene la capacidad de alimentarse. En esta investigación la temperatura de los acuarios osciló entre 21 y 23 °C, ya que se manejó un sistema cerrado controlado, encontrándose por debajo de los rangos de temperatura planteado por Poleo, Arambarrio, Mendoza y Romero (2011), donde las condiciones favorables para el cultivo de cachama en condiciones cerradas controladas son de 22,9 a 34,4 °C siendo un factor importante para la alimentación. En cuanto al pH promedio de este sistema fue de 6,55 manteniendo este rango a lo largo de este experimento. Permaneció en cada unidad experimental la biomasa inicial durante todo el experimento.

Peso inicial (g)

El peso promedio de los juveniles utilizados en el T1 con 20% de inclusión fue de 3,07 g, en T2 con 40% de inclusión con 2,76 g y el TC con 2,85 g respectivamente. Estudios realizados por Palacios, et al. (2006) en Perú manejaron al inicio del experimento peces juveniles de *Piaractus brachypomus* con pesos 2,04 g, a 27,5°C, en la inclusión de materias primas amazónicas.

Peso final (g)

Al concluir el experimento a los 20 días, se determinó un peso final promedio, en el TC con valores sobre los 5,20 g siendo este el mejor resultado, seguido de T1 que reporta 3,90 g, mientras que el T2 con valores de 3,46 g determinando, que obtuvo menor ganancia de peso durante la investigación como se observa en el gráfico 1.

Incremento de peso

Se realizó el manejo de los juveniles de *P. brachypomus* por 20 días suministrando las dietas con los siguientes valores de inclusión y porcentaje de proteína, el T1 (20% de inclusión de los subproductos de la chacra) aporta el 28,56% de PB, el T2 (40% de inclusión de los subproductos de la chacra), proporciona el 28,81% de PB, y el TC con un aporte de 28,94% de PB; obteniendo diferencias estadísticas significativas con el TC ya que sobresale numéricamente con una ganancia de peso 2,34 g siendo las más apreciada por lo peces a diferencia de T1 y T2 con valores de 0,82 g y 0,70 g respectivamente.

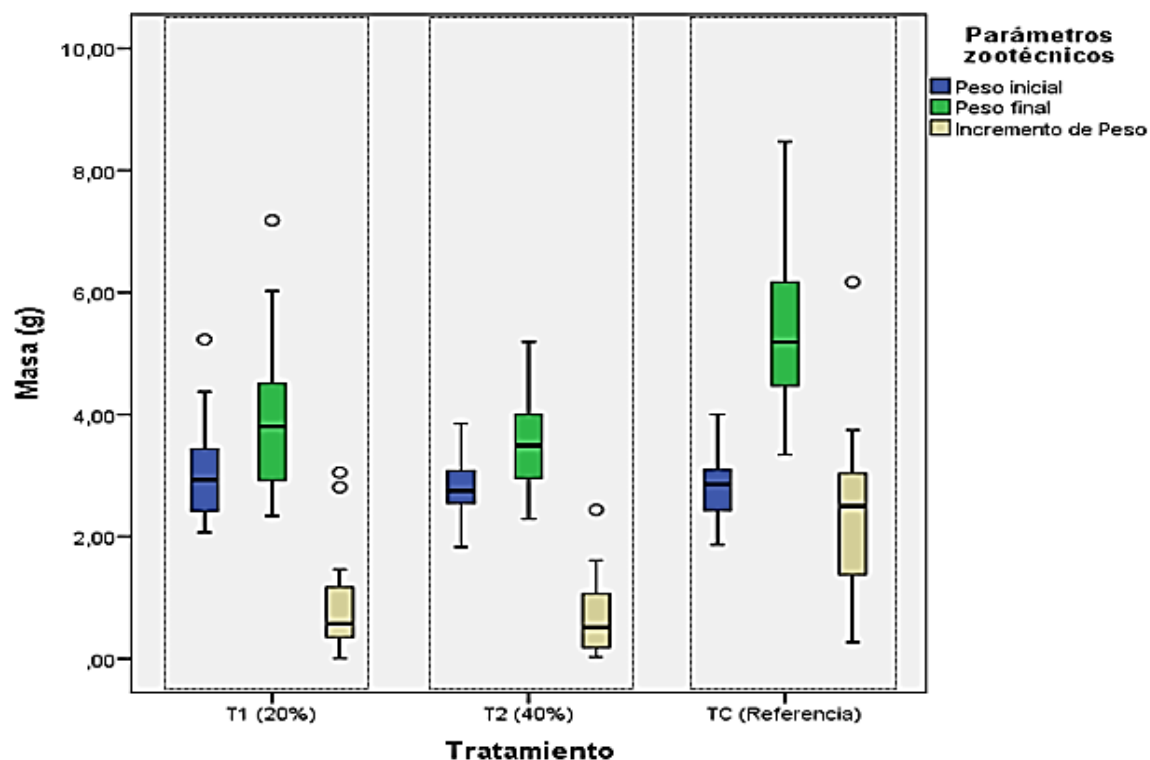


Gráfico 1. Parámetros zootécnicos.

Tasa de conversión alimenticia

La tasa de conversión alimenticia tiene diferencias significativas entre los tres tratamientos en el ANOVA ($F_{(8,9)}=11,2$; $p \leq 0,05$), teniendo un mejor comportamiento el TC con una TCA de 0,84, mientras que en los tratamientos T1 y T2 conformados con los subproductos de la chacra arrojaron TCA de 1,74 y 2,05 respectivamente, existiendo un menor desempeño con la inclusión de estas materias primas.

Estudios reportados por Palacios, *et al.* (2006) en Perú sobre la misma especie ($2,04g \pm 0,06g$), a $27,5^{\circ}C$, e inclusión de materias primas amazónicas han tenido resultados de TCA de $0,71 \pm 0,02$ en su tratamiento control; $1,41 \pm 0,06$ con *Myrciaria dubia* (camu camu) y $0,68 \pm 0,04$ con *Mauritia flexuosa* (morete), por lo que los resultados obtenidos están en el rango de respuesta fisiológica de la especie; considerando que se experimentó a más baja temperatura. Otros resultados comparables son los obtenidos por Lochmann *et al.*, (2009), con aproximadamente 1,6 de TCA evaluando dietas ricas en carbohidratos; Uzcátegui-Varela, *et al.*, (2014), con inclusiones de 20% al 28% proteína obteniendo TCA de $3,54 \pm 0,9$ y $2,10 \pm 0,01$ respectivamente; y, Poleo, *et al.*, (2011) obtuvo bajo diferentes sistemas de mantenimiento valores de TCA de $1,5 \pm 0,06$ en cero recambio y $1,6 \pm 0,07$ en recirculamiento.

de agua. Todas estas experiencias fueron realizadas por encima de los 25°C, destacándose que esta especie es muy versátil para su manejo.

Tabla 7. Análisis estadístico de indicadores de rendimiento de *P. brachypomus*

Factor de Medición	T1, 20 % inclusión (n=22)		T2, 40 % inclusión (n=20)		TC (n=30)	
	X ± sd	C.V	X ± sd	C.V	X ± sd	C.V
TCA	1,74 ± 0,33 ^b	19%	2,05 ± 0,42 ^{bc}	20%	0,84 ± 0,11 ^a	13%
TI (%peso vivo. día ⁻¹)	2,23 ± 0,16	7,13%	2,36 ± 0,26	10,95%	2,44 ± 0,03	1,43%

Nota: superíndices en cada uno de los factores de medición indican diferencia significativa estadística por análisis de varianza a dos vías de SPSS ® ($p < 0.05$); y, se realizó comparación de medias con el test de Tukey.

4.3. Coeficientes de digestibilidad aparente

Se observa que hay diferencias significativas según la prueba estadística Kruskal-Wallis tanto en los tratamientos ($\chi^2_{(3,54)} = 15,637$; $p \leq 0,05$) como en los CDA de nutrientes ($\chi^2_{(6,54)} = 26,976$; $p \leq 0,05$). Por tanto, hay diferencias significativas entre las dietas utilizadas en el experimento ($p \leq 0,05$), siendo TC el más eficiente en este estudio, considerando que al incrementar los porcentajes de inclusión de los subproductos de la chacra se ven afectados significativamente en el aprovechamiento de nutrientes al incrementar la fibra, como se presentan en el gráfico 2.

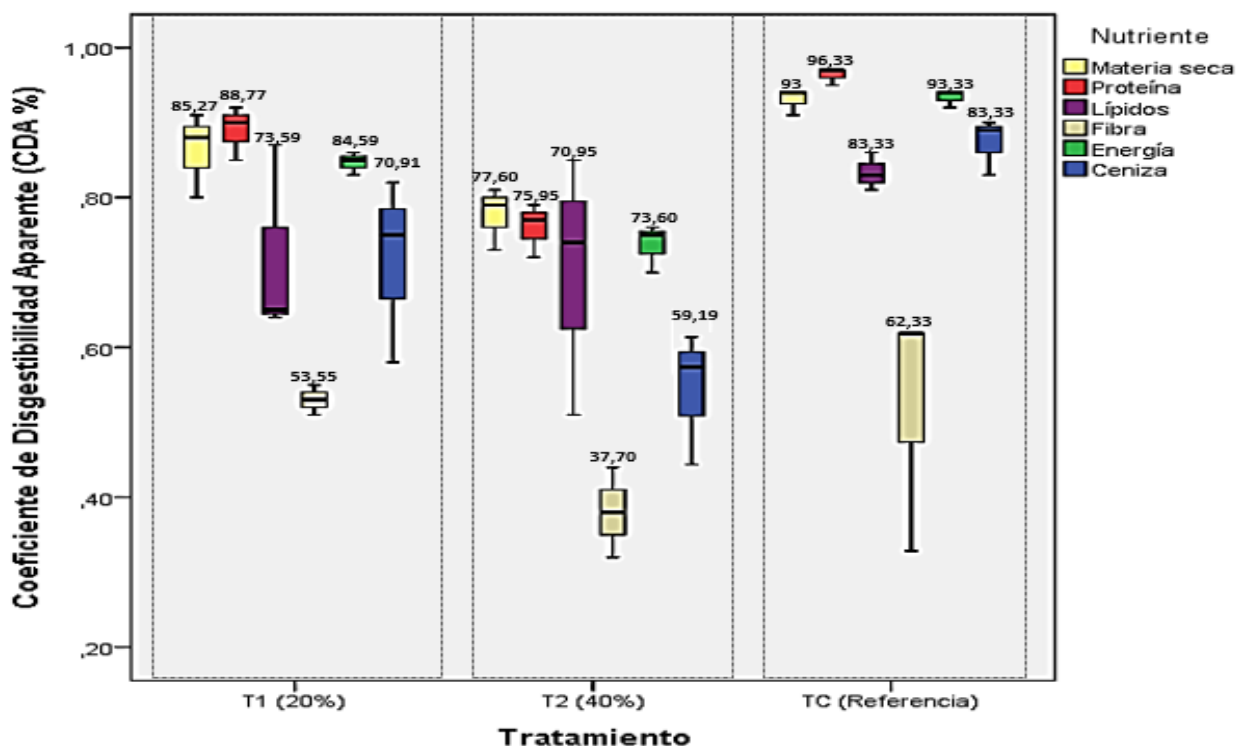


Gráfico 2. CDA de la materia seca, proteína, lípidos, fibra, energía y cenizas.

CDA Materia seca

Los valores observados en cuanto a los coeficientes de digestibilidad de materia seca con 93% para el TC, seguido T1 con 85,27% y 77,60% para T2, con inclusiones de subproductos de la chacra en dietas experimentales son mucho más altos que los reportados por Morales, Vásquez, y Gutiérrez (2014) obteniendo valores de 24,02% en *Gliricidia sepium*, 35,57% en *Tithonia diversifolia*; y, 5,42% en *Cratylia argentea*, mencionando que puede estar asociado por factores anti-nutricionales al no secarse las materias primas al sol en su totalidad. Asimismo, obtuvieron un bajo CDA de energía, por lo que la utilización de harina de hoja de *Cratylia argentea* no es recomendada para la alimentación para esta especie en el nivel de inclusión del 30%, debido a que la digestibilidad de nutrientes para MS, PB y EB está por debajo del 50%; estos bajos coeficientes de digestibilidad de materia seca observados limitarían su uso en raciones para la especie, debido a que aproximadamente un 50% de lo ingerido no podrá ser digerido.

CDA Proteína

CDA obtenido para la PB en el TC fue de 96,33%; y, a medida que se incrementa la inclusión de los subproductos evaluados, se ven afectados significativamente T1 y T2 ($p \leq 0,05$) en el aprovechamiento de PB, siendo en T1 88,77%, seguida de T2 con 75,95%.

En el estudio realizado por Vásquez, Yossa, y Gutiérrez (2013), al implementar una dieta referencia semi purificada (DRS) para juveniles de cachama con 220 g de peso promedio, compuesta por el 69,5% de DRS más la inclusión de 30% con ingredientes de origen vegetal, obtuvieron de 92,1 a 84,7% de CDA de proteína, donde T2 refleja valores inferiores con 75,95% de CDA a los reflejados en el experimento efectuado. En la investigación de Ortiz, Morales, Vásquez, y Gutiérrez (2014), aplicados a juveniles de *P.brachypomus* con pesos entre 100 y 150g obtuvieron porcentajes de 29,71 a 54,22% de CDA en proteína al incluir en dietas materias primas de origen vegetal como: *Tithonia diversifolia*, *Gliricidia sepium* y *Cratylia argentea*, reflejando valores inferiores a los obtenidos con respecto a los tratamientos de la presente investigación. Por tanto, la presente investigación ha generado valores de digestibilidad más eficientes.

CDA Energía

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación, el TC reflejo los mejores coeficientes de digestibilidad aparente con 93,33% para energía, en el T1 muestra un 84,59% de aprovechamiento como se observa en el gráfico 2. En una investigación conducida por Vásquez-Torres *et al.*, (2013) obtuvieron valores de CDA de Energía con 79,9% al utilizar la harina de yuca integral como fuente energética en dietas para *P.brachypomus*.

CDA Lípidos

Los estudios reportados por Gutiérrez, Zaldívar y Contreras (2009), obtuvieron CDA de los lípidos crudos con 85,87% al utilizar la harina de pescado peruana en peces *Colossoma macropomum* especie omnívora con pesos de 150 g, y para maíz amarillo un CDA de lípidos 76,17%, a 27 °C como condición térmica; mientras en la actual investigación el TC tuvo un CDA de lípidos de 83,33% a 21°C, por lo que puede sugerirse que esta disminución se debe a un efecto de la temperatura del experimento, debido al metabolismo poiquiloterma de los peces.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- En la composición nutricional proximal la harina de hoja de yuca presentó un contenido considerable de PB con el 17,5%, el sachá inchi con un contenido de 62,01% de lípidos, constituyendo una alternativa para inclusión en dietas, sin embargo, la harina del fruto de guayaba y de hoja de plátano mostró un alto contenido de FB con 42,25 y 22,85% respectivamente, en las cuales hay que limitar su inclusión.
- Los coeficientes de digestibilidad aparente mostraron ser más eficientes en el TC; y, a medida que se incluyen los subproductos de la chacra kichwa disminuyen la digestibilidad de la materia seca, proteína bruta, fibra bruta, lípidos, energía y cenizas.
- Al incrementar la inclusión de subproductos de la chacra en las dietas T1 y T2 para *P. brachypomus* y las condiciones de temperatura de 21 a 23 °C en los acuarios, se presentó una disminución del consumo de alimento, que sumado a la baja densidad nutricional y alto contenido de fibra, se observa un efecto directo y negativo en el aprovechamiento de los nutrientes.

RECOMENDACIONES

- La utilización de harina de hoja de plátano y el fruto integral de la guayaba no son recomendables en la alimentación de *Piaractus brachypomus* a niveles de inclusión del 40% debido a que existe una alta interacción del contenido de fibra, lo cual limitaría su inclusión en dietas para la acuicultura.
- Son necesarios experimentos de digestibilidad aparente de cada materia prima utilizada en las dietas, durante tiempos más largos, para evidenciar los cambios adaptativos a los ingredientes; además ampliar estudios de *Bellucia pentámera* por su contenido nutricional.

5. BIBLIOGRAFÍA

- AOAC, (2012). Official methods of analysis of AOAC International. 19th ed. Virginia: AOAC international.
- CampecheI DFB, Al'ves de MoraesI Valdívía S, LimaI T, PaulinoI RV. Composição bromatológica e digestibilidade aparente de alimentos encontrados na região semiárida brasileira para arraçoamento de tilapia rosa em cultivos. *Ciência Rural*. 2011; 41:343-348.
- Collazos, L., Gutiérrez, M., Restrepo, L. (2014). Cachama blanca larvae's survival, *Piaractus brachypomus* Cuvier 1818, in experimental temperature changes. *scielo.org*, Volumen 18.
- Craig, S., Helfrich, L. (2002). Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding, Virginia Cooperative Extension:1-18, pp.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (1989). Nutrición y Alimentación de peces y camarones cultivados-Niveles de Inclusión para peces omnívoros. Recuperado el 05 de noviembre 2018, de <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB492S/AB492S12.htm#tbl4>
- Gibello, S., Gaiotto, J., Silva, F., Pinto, A. (2012). Formulação de rações e boas práticas de fabricação-Nutriaqua. Tercera ed. Florianopolis-Brasil: s.n.
- Giraldo, A., Velasco, R., Aristizabal, J. (2006). Obtención de harina a partir de hojas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) para consumo humano. *Facultad de ciencias agropecuarias*, 4(1):34-42.
- Glencross, B., Booth, M., Allan, G. (2007). A feed is only as good as its ingredients- a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, 13(1): 17-34.
- Granda, M., Aguirre, M. (2007). La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), una especie potencial para el mejoramiento genético. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(2).
- Gutiérrez-Espinosa, M., Vásquez-Torres, W. (2008). Digestibilidad de *Glicine max* L, soya, en juveniles de cachama blanca *Piaractus brachypomus* Cuvier 1818. *Orinoquia*, 12(2):141-14.
- Gutiérrez, L., Rosada, L., Jiménez, A. (2011). Chemical composition of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction. *Grasas y Aceites*, 1(62):76-83.
- Gutiérrez, M., Murillo, R. (2016). Guía para la manufacturación artesanal de dietas alternativas de bajo costo para la producción de peces. Bogotá-Colombia: s.n.
- Gutierrez, W., Zaldibar, J., Contreras G (2009). Coeficientes de digestibilidad aparente de harina de pescado peruana y maíz amarillo duro para *Colossoma macropomum* (Actinopterygii, Characidae). *Revista peruana de biología*. 15(2): 111- 115.

- Landines, M., Rodríguez, L., Rodríguez, D. (2011). Estrategias de alimentación de cachama y yamú a partir de prácticas de restricción alimenticia. Bogotá-Colombia: Produmedios.
- Lochmann, R., Chen, R., C hu-Koo, F. W., Camargo, W. N., Kohler, C. C., Kasper, C. (2009). Effects of carbohydrate-rich alternative feedstuffs on growth, survival, body composition, hematology, and nonspecific immune response of black pacu, *Colossoma macropomum*, and red pacu, *Piaractus brachypomus*. Journal of the World Aquaculture Society. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2008.00232.x>
- Machado, D., Possebon, J. (2012). Nutriaqua - nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianopolis: s.n.
- Marisa, H., Salni., Fitryanda, S., Oktariansyah, Y. (2017). Estudio sobre *Bellucia pentamera*, los cambios en el estado de invasión se convierten en larvisida útil. Prosiding Seminar Nasional-Indonesia, Volumen 1: 44-52.
- Mendoza, M., Comas, J., Romero, C. (2013). Estudio histológico del sistema digestivo en diferentes estadios de desarrollo de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), Revista Médico Veterinario:21-38.
- Ng, A., Leong, K. (1989). El valor nutritivo de la harina de hoja de yuca en alimento granulado para tilapia del Nilo. Acuicultura, 83(1-2):45-58.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. (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. Macas, Ecuador: FAO.
- Ortíz-González, A. R., Morales-luna, K. A., Vásquez-Torres, W., & Gutiérrez-Espinosa, M. C. (2014). Digestibilidad aparente de *Tithonia diversifolia* , *Gliricidia sepium* y *Cratylia argentea* en juveniles de *Piaractus brachypomus* , Cuvier 1818. Orinoquia (Suplemento), 18(2), 214–219.
- Palacios, M., Dabrowski, K., Abiado, M., Lee, K., Kohler, C. (2006). Effect of diets formulated with native peruvian plants on growth and feeding efficiency of red pacu (*Piaractus brachypomus*) juveniles. Journal of the World Aquaculture Society, 37(3), 246–255. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2006.00035.x>
- Parra, J., Gómez, A. (2008). Importance of the use of diferent digestibility techniques in pig nutrition and food formulation. Unicordoba.
- Pedraza, S., Torres, E. (2015). Temperature and air velocity of flour of guayaba (*Psidium guajava*) with. 2(2):39-51.
- Pineda, H., Olivera, M., Urcuqui, S., Trujillo., Builes, J. (2005). Evaluación del polimorfismo por microsatélites en individuos de *Piaractus brachypomus* (*Characidae*, *Serrasalminae*) provenientes del río Meta, Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias.
- Poleo, G., Arambarrio, J., Mendoza, L., Romero, O. (2011). Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 46(4):429-437. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000400013>.

- PRONATA E INPA, (2010). Guía general de piscicultura y cultivo de cachama blanca, Arauca-Colombia: s.n.
- Ruiz, C.; Díaz, C., Anaya, J., Rojas, R. (2013). Análisis proximal, antinutrientes, perfil de ácidos grasos y de aminoácidos de semillas y tortas de 2 especies de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*). Revista de la Sociedad Química del Perú, 79(1).
- Sanz, F. (2009). La nutrición y alimentación en piscicultura. Primera ed. Madrid: Mundiprensa.
- Tratado de Cooperación Amazónica, (2015). Piscicultura amazónica con especies nativas. Primera ed. Lima-Perú: Guzlop.
- Uzcátegui-Varela, J. P., Méndez, X., Isea, F., Parra, R. (2014). Evaluation of diets with different protein content on the productive performance of fry of the hybrid cachamay (*Colossoma macropomum* ♂ x *Piaractus brachypomus* ♀) in captivity. Revista Científica de La Facultad de Ciencias Veterinarias de La Universidad Del Zulia.
- Vásquez-Torres, W., Yossa, M. I., Gutiérrez-Espinosa, M. C. (2013). Digestibilidad aparente de ingredientes de origen vegetal y animal en la cachama. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 48(8), 920–927. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000800016>.
- Vásquez, W. (2004). Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. Colombia.
- Vásquez, W., Pereira, M., Arias, J. (2011). Optimum dietary crude protein requirement for juvenile cachama *Piaractus brachypomus*. Ciência Rural, 41(12):2183-2189.

ANEXOS

Tabla 8. Análisis estadístico de factores de crecimiento de *P. brachypomus*

Factor de Medición	T1, 20 % inclusión (n=22)		T2, 40 % inclusión (n=20)		T. C (n=30)	
	X ± sd	C.V	X ± sd	C.V	X ± sd	C.V
Peso inicial (g)	3,07 ± 0,80 ^{ab}	26%	2,76 ± 0,46 ^a	16,6%	2,85 ± 0,56 ^a	19,6%
Peso final (g)	3,90 ± 1,25 ^{abc}	32%	3,46 ± 0,76 ^{bc}	14%	5,20 ± 1,18 ^{ab}	10%
Incremento de Peso (g)	0,82 ± 0,41 ^b	50%	0,70 ± 0,15 ^{bc}	21%	2,34 ± 0,40 ^a	17%
TCA	1,74 ± 0,33 ^b	19%	2,05 ± 0,42 ^{bc}	20%	0,84 ± 0,11 ^a	13%
TI (%peso vivo. día ⁻¹)	2,23 ± 0,16	7,13%	2,36 ± 0,26	10,95%	2,44 ± 0,03	1,43%

Nota: superíndices en cada uno de los factores de medición indican diferencia significativa estadística por análisis de varianza a dos vías de SPSS ® (p<0.05); y, se realizó comparación de medias con el test de Tukey.

Tabla 9. Digestibilidad aparente de la materia seca (MS), proteína bruta (PB), grasa (EE), Fibra Bruta (FB) y energía (EB) de dietas adicionadas.

Dietas	CDA						Significancia χ^2
	MS (%)	PB (%)	EE (%)	FB (%)	EB (%)	Cz (%)	
TC	93,00±1,44	96,33 ± 0,96	83,33 ± 2,09	62,33 ± 14,86	93,33 ± 0,96	83,33±3,14	**
T1 (20%)	85,27±4,62	88,77 ± 3,29	73,59 ±11,43	53,45 ± 1,50	84,59 ± 1,40	70,91±11,28	**
T2 (40%)	77,60±3,56	75,95 ± 3,09	70,95 ± 14,21	37,70 ± 4,95	73,60 ± 2,74	59,15±6,94	**

NOTA: ** significancia en la prueba de chi-cuadrado (χ^2)

Anexo1.Selección de materias primas



Anexo 2. Análisis Bromatológicos.



Anexo 2. Materias primas para la formulación de dieta del 20%



Anexo 3.

Elaboración del balanceado



Anexo 4. Selección de juveniles *Piaractus brachypomus*.



Anexo 5. Montaje del experimento.

