

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA



**“DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES Y ENERGÍA DIGESTIBLE
DEL MAÍZ (*Zea mays*) EN JUVENILES DE PAICHE (*Arapaima gigas*)”**

Presentada por:

DAVID TRINIDAD OCHOA ORIHUELA

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

Lima – Perú

2020

La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE ZOOTECNIA

**“DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES Y ENERGÍA DIGESTIBLE
DEL MAÍZ (*Zea mays*) EN JUVENILES DE PAICHE (*Arapaima gigas*)”**

Presentada por:

DAVID TRINIDAD OCHOA ORIHUELA

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Víctor Guevarra Carrasco
Presidente

Dr. Mariano Echevarría Rojas
Miembro

Ing. Gloria Palacios Pinto
Miembro

Ing. Víctor Vergara Rubín
Asesor

DEDICATORIA

A mi madre Máxima, por todo su apoyo incondicional

A mi hermana Yamine por siempre estar ahí.

AGRADECIMIENTOS

Al Mg. Sc. Víctor Vergara Rubín, por su asesoría, enseñanzas y consejos para poder llevar a cabo esta investigación.

A Víctor Alvarado, Soraya Salazar, Mario Arjona, Claudia Reyes, Estanislao Márquez y Alejandro Huamán por su amistad y consejos.

A mis amigos y compañeros de la Facultad de Zootecnia, Maestría en Nutrición, Producción Animal y Doctorado en Ciencia Animal por siempre dar ánimos, palabras de aliento e inspiración.

Y demás amigos, conocidos y extraños que con una palabra de aliento recargaban mi energía para siempre perseverar.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. Paiche (Arapaima gigas)	2
2.1.1. Aspectos generales	2
2.1.2. Condiciones medioambientales	2
2.1.3. Morfología y fisiología digestiva	3
2.1.4. Hábitos alimenticios y requerimientos nutricionales	4
2.2. Digestibilidad	4
2.2.1. Coeficiente de digestibilidad	5
2.3. Maíz.....	6
2.4. Evaluaciones de digestibilidad y energía digestible en peces amazónicos	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1. Lugar y duración de la fase experimental	10
3.2. Instalaciones y equipos	10
3.3. Animales experimentales	11
3.4. Ingrediente evaluado	11
3.5. Dietas experimentales	12
3.6. Procedimiento experimental:	15
3.6.1. Adaptación a las dietas	15
3.6.2. Suministro de alimento.....	15
3.6.3. Colección y manejo de heces	15
3.6.4. Análisis de laboratorio.....	16
3.6.5. Calidad de agua	16
3.7. Cálculos del coeficiente de digestibilidad aparente de los nutrientes y energía de las dietas y el maíz.	18
3.8. Cálculo de la digestibilidad de nutrientes y energía digestible del maíz	19
3.9. Parámetros estadísticos	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1. Coeficientes de digestibilidad aparente del maíz	20
4.2. Energía digestible del maíz	26
V. CONCLUSIONES	28

VI. RECOMENDACIONES	29
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	30
VIII. ANEXOS	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Rangos adecuados y óptimos de calidad de agua para el manejo de paiches	3
Tabla 2: Composición química del maíz	7
Tabla 3: Parámetros de evaluación de la calidad de agua	11
Tabla 4: Formula y valor nutricional de la dieta de referencia.....	13
Tabla 5: Formula de la premezcla de vitaminas, minerales y aditivos.....	14
Tabla 6: Análisis químico de las dietas y heces (base seca).....	17
Tabla 7: Contenido nutricional y digestibilidad del maíz (base seca).....	21

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Instalaciones y equipos del LINAPC.....	36
Anexo 2: Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC).....	37
Anexo 3: Composición química del maíz (base fresca).....	38
Anexo 4: Contenido de materia seca, proteína, extracto etéreo y energía de la dieta de referencia y dieta prueba (base fresca).....	38
Anexo 5: Contenido de materia seca, proteína, extracto etéreo y energía de la dieta de referencia y dieta prueba (base seca).....	38
Anexo 6: Contenido de materia seca, proteína, extracto etéreo y energía de las heces obtenidas de la dieta de referencia y dieta prueba (base parcialmente seca).....	39
Anexo 7: Contenido de materia seca, proteína, extracto etéreo y energía de las las heces obtenidas de la dieta de referencia y dieta prueba (base seca).....	39
Anexo 8: Porcentaje de óxido crómico en las dietas y las heces.....	40
Anexo 9: Cantidad de heces colectadas de los acuarios con la dieta de referencia.....	41
Anexo 10: Cantidad de heces colectadas de los acuarios con la dieta prueba.....	42
Anexo 11: Coeficientes de digestibilidad aparente de la dieta de referencia y dieta prueba (base seca).....	43
Anexo 12: Coeficientes de digestibilidad aparente del maíz (base seca).....	43
Anexo 13: Digestibilidad aparente de nutrientes y energía digestible del maíz (base seca).....	44

RESUMEN

El presente estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio en Investigación en Nutrición y Alimentación en Peces y Crustáceos, Departamento Académico de Nutrición, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina. El objetivo fue determinar la digestibilidad aparente de la materia seca, proteína y extracto etéreo y la determinación de la energía digestible del maíz (*Zea mays*) en juveniles de paiche (*Arapaima gigas*), usando el método indirecto con el marcador óxido de cromo (Cr_2O_3), con el fin de obtener la información necesaria para formular dietas más eficientes y reducir la excreción de nutrientes. Se utilizaron 18 juveniles de paiche con 180g peso promedio, que fueron adquiridos de la estación piscícola “Fundo Palmeiras”, distrito Rio Negro, provincia de Satipo de la región Junín. Los peces fueron recepcionados en dos acuarios de adaptación, donde permanecieron por tres días. Posteriormente fueron distribuidos aleatoriamente en seis acuarios de digestibilidad tipo Guelph, en número de tres peces por acuario. La duración de la fase experimental fue de 21 días, durante la cual se realizó las colecciones diarias de heces. Los resultados de coeficientes de digestibilidad aparente del maíz son para materia seca 71.00 por ciento, para proteína 89.12 por ciento, para extracto etéreo 93.78 por ciento y para la energía bruta 76.97 por ciento. La energía digestible obtenida para el paiche fue de 3.43 Mcal/kg en base seca.

Palabras clave: paiche, *Arapaima gigas*, *Zea mays*, energía digestible, digestibilidad.

ABSTRACT

Apparent digestibility coefficients (ADCs) of corn was determined for paiche (*Arapaima gigas*), a Neotropical fish species with great aquaculture potential in the Amazon. ADCs of dry matter, crude protein, crude lipid y gross energy were determined by feces sedimentation in conical-bottom aquarium. Experimental diets were composed of 595 g kg⁻¹ of the reference diet, 5 g kg⁻¹ of chromic oxide and 400 g kg⁻¹ of corn. The ADCs for dry matter, crude protein, crude lipid and gross energy were 71.00 percent, 89.12, 93.78 and 76.97 respectively, resulted in high ADCs for pirarucu, indicating that this ingredient may be potential energy sources in feed formulations for paiche. The digestible energy obtained was 3.43 Mcal kg⁻¹.

Keywords: paiche, *Arapaima gigas*, *Zea mays*, digestible energy, digestibility.

I. INTRODUCCIÓN

El paiche (*Arapaima gigas*) es una de las principales especies en la acuicultura amazónica peruana, teniendo una producción nacional de 294.7 Tn según el anuario estadístico del Ministerio de la producción del año 2018: El cultivo del paiche ha experimentado un incremento en su cultivo en los últimos años, debido a su gran acogida en el mercado nacional e internacional, lo cual incrementa la demanda de alimento balanceado, sin embargo, presenta poca literatura referida a los valores nutricionales de ingredientes en la formulación de alimentos para esta especie, de los cuales los ingredientes energéticos son los de mayor precio en el mercado.

El maíz es el principal ingrediente energético en nuestro país y en la mayoría de países del mundo, usado ampliamente en dietas de especies terrestres como aves y cerdos, y por lo tanto de fácil acceso, por lo cual puede ser considerado como un ingrediente para dietas de paiche; sin embargo se debe tener en cuenta que el aporte nutricional depende de la digestibilidad de nutrientes y el contenido de energía digestible (ED), entre otros indicadores biológicos que varían de acuerdo a la especie, que es información necesaria para la elaboración de alimento balanceado que nos otorguen una respuesta productiva óptima.

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la digestibilidad aparente de nutrientes y energía digestible del maíz en juveniles de paiche.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Paiche (*Arapaima gigas*)

2.1.1. Aspectos generales

El paiche (*Arapaima gigas*) o también conocido en Brasil como pirarucu es un pez de agua dulce perteneciente de la familia de los Arapaimidae y al super orden Osteoglossomorpha (Campos 2001, Franco y Peláez, 2007). El paiche se distribuye en la cuenca del Amazonas, en Brasil, Perú y Colombia, así como en los ríos de la Guyana; en el Perú se encuentra en las cuencas bajas de los ríos Ucayali, Marañón Putumayo, Napo, Pastaza y Yaravi (IIAP, 2017).

El paiche es el segundo pez escamado más grande que habita en aguas dulces, después del pez lagarto norteamericano, puede alcanzar los 3 metros de longitud y pesar 250 Kg (Campos 2001). Presenta respiración acuática y aérea, obligándolo a subir a la superficie del agua en intervalos reglares para captar aire atmosférico (IIAP, 2017). Presenta una cabeza pequeña con relación al cuerpo, mientras que su cuerpo es alargado, circular y elipsoidal en sección, revestido de grandes y gruesas escamas cicloideas, las aletas pectorales están separadas de las ventrales, en tanto que las dorsales y anales se encuentran cerca de la aleta caudal (TCA, 1999), su coloración es ceniza oscura con el borde de las escamas amarillas o color rojizo (Campos, 2001).

2.1.2. Condiciones medioambientales

El paiche es considerado un pez de clima ecuatorial con temperatura ambiental elevada todo el año, con un promedio de 26 °C y más de 2000 mm de precipitación anual (Franco y Peláez, 2007), habita en ríos de corriente suaves, lagunas poco profundas con abundante vegetación flotante (IIAP, 2017). Las branquias están reducidas en tamaño y han perdido casi completamente afinidad por el oxígeno; sus funciones principales son las excreciones de amoniaco, carbonatos y dióxido de carbono, por otro lado, su vejiga natatoria, altamente vascularizada, trabaja como un órgano respiratorio accesorio (Carvajal-Vallejos et al., 2011). En cultivos de paiche los estanques deben mantenerse en rangos que permitan un adecuado

ecosistema acuático para los peces garanticen un ambiente propicio para la reproducción y sean ideales para la búsqueda de alimento por parte de las crías (IIAP, 2017). Las características de calidad de agua se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Rangos adecuados y óptimos de calidad de agua para el manejo de paiches

Parámetro	Unidades	Rango adecuado	Rango óptimo
Temperatura	°C	25 - 31	27 - 29
Oxígeno disuelto	mg/L	4 - 7	>5
Profundidad columna de agua	m	0.8 - 1.8	1.2 - 1.5
Transparencia	cm	30 - 60	40 - 45
Amonio	mg/L	<0.05	<0.02
nitritos	mg/L	<0.05	Ausente
Conductividad eléctrica	μS/cm*	10 - 60	25 - 40
pH		5 - 8	6 - 7

μS/cm*: microSiemens/cm

FUENTE: IIAP (2017).

2.1.3. Morfología y fisiología digestiva

La boca es superior, grande y oblicua, provista de muchos dientes relativamente pequeños (TCA, 1999), la lengua es una porción ósea de 25 cm de longitud y 5 cm de ancho, tiene dientes filiformes (Campos, 2001). En la boca se observan dos placas óseas laterales que funcionan como verdaderos dientes, los cuales detienen la presa matándola por aplastamiento antes de la deglución. El tubo digestivo es corto como en todos los peces carnívoros (Franco, 2005). El estómago es musculoso y distensibles, por lo cual es capaz de almacenar grandes volúmenes de alimento, en ella se distinguen dos porciones, una porción aplastada y de coloración rosada (estomago enzimático) y una porción más musculosa y lisa de coloración ligeramente amarillenta (estomago mecánico), el intestino es relativamente corto, característica común a las especies carnívoras, teniendo su área de absorción de

nutrientes complementada por la presencia de dos cecos pilóricos luego en la porción inicial del intestino, subsiguiente al esfínter pilórico (EMBRAPA, 2015).

2.1.4. Hábitos alimenticios y requerimientos nutricionales

El paiche es un pez carnívoro, que se alimenta de pequeños peces en relación del 8 al 10 por ciento de su peso vivo cuando es joven y 6 por ciento cuando es adulto (Franco y Pelaez, 2007), en su habitat consume diversas especies de peces como: carachamas, boquichicos, yahuarachi, yulillas, mojaras, lisas y sardinas, mientras que ambientes controlados acepta peces vivos y muertos (IIAP, 2017).

Pereira-Filho (2002) indica que el requerimiento de proteína para paiches con menos de un kilogramo de peso vivo es de 50 por ciento, mientras que paiches con pesos mayores al kilogramo requieren de 40 a 45 por ciento de proteína. En cuanto al nivel de energía, Salinas (2017) utilizó 3.90 Mcal/Kg en su dieta estándar para pruebas de digestibilidad, mientras que López (2017), uso niveles de 4.00 y 4.40 Mcal/kg en sus dietas en evaluación, y Pereira-Filho (2002) en sus evaluaciones utilizaron un nivel de energía de 3.40 Mcal/Kg de alimento.

De Souza (2005) al evaluar la respuesta productiva de 4 niveles de relación de energía-proteína de 11, 10, 9 y 8 Kcal/g proteína en dietas para paiche, concluyeron que la relación energía-proteína de 9 Kcal/g proteína (3.86 Mcal y 48% Proteína) presentó una mejor respuesta en los parámetros de ganancia de peso, conversión alimenticia y tasa de crecimiento específica; de igual forma, López (2017) llega a la misma respuesta, al evaluar dos niveles de energía digestible (4.0 y 4.4. Mcal ED/Kg) con dos niveles de proteína (40 y 44% de proteína), encuentra que la relación energía digestible-proteína de 9 (4 Mcal de energía digestible y 44% de proteína) es la que tiene una mejor respuesta productiva con respecto a los demás tratamientos.

2.2. Digestibilidad

La digestibilidad de los alimentos puede definirse, con cierto grado de precisión, como la cantidad que no se excreta en las heces y que, por tanto, se considera absorbida por el animal (McDonald, et al., 2006). Puesto que las heces contienen una cierta cantidad de nutrientes perdidos por el intestino como un resultado de la descamación del epitelio intestinal, estos valores son restados de la producción fecal para obtener una medida más precisa denominada “digestibilidad verdadera”. Debido a que es difícil determinar estas pérdidas con algún nivel de precisión usando métodos empíricos, la mayoría de los nutricionistas de organismos

acuáticos determinan la “digestibilidad aparente”. Aunque no es una medida verdadera de la digestibilidad, todavía proporciona una estimación útil de la digestibilidad del ingrediente o del alimento (Fox y Lawrence, 2008).

2.2.1. Coeficiente de digestibilidad

Los coeficientes de digestibilidad permiten cuantificar la digestibilidad de los nutrientes absorbidos a partir de los nutrientes ingeridos (Sanz, 2009). Los estudios de la digestibilidad tienen un triple propósito: tener un mayor conocimiento de la utilización potencial de los nutrientes, mejorar la calidad de los alimentos para peces y disminuir los desechos de origen alimentario de modo que se pueda preservar la calidad del medio ambiente en general (Guillaume et al., 2004).

Para un mismo ingrediente se puede calcular los coeficientes de digestibilidad aparente y digestibilidad verdadera (Sanz, 2009). En especies terrestres la determinación de los coeficientes de digestibilidad aparente de un ingrediente es usual la recolección de las heces del animal, ya que es un procedimiento económico y relativamente sencillo, pero en peces se dificulta debido a la existencia de un medio acuático (Clavijo, 2011).

La determinación del coeficiente de digestibilidad aparente en peces se puede realizar por dos métodos: el método directo que consiste en conocer la cantidad de alimento ingerido y heces producida durante el experimento, para lo cual se usan cámaras metabólicas adaptadas que permiten separar la excreción de agallas, urinaria y fecal, y el método indirecto que consiste en usar marcadores inertes no digestibles y no absorbibles incluidos en la dieta (Guillaume et al., 2004), los indicadores externos más usados son el óxido crómico, el Itrio, óxido de titanio, radioisótopos, carbonato de bario así como también se usan marcadores internos como son la ceniza ácido insoluble y la lignina (Sanz, 2009).

Los peces digieren la proteína con un coeficiente de digestibilidad aparente superior al 90 por ciento, siendo más digestibles las proteínas de origen animal que las de origen vegetal. La digestibilidad de la proteína de una fuente dada no varía mucho de una especie a otra, además de ser independiente del nivel de ingestión y de la temperatura, y no es afectada por el nivel de lípidos en la dieta incluso en niveles elevados (Guillaume et al., 2004).

2.3. Maíz

El nombre científico del maíz es *Zea mays* perteneciente a la familia de las Gramineae, es una planta anual de 1.5 a 3m de altura, de tallos gruesos y macizos y con hojas anchas, es originaria de América tropical (UNPA, 2019), donde era el alimento básico de las culturas americanas siglos antes de que los europeos llegaran a América (Izquierdo, 2012).

El maíz es el tercer cereal más cultivado del mundo, solamente por detrás del trigo y el arroz, se puede desarrollar en una gran variedad de climas, que van desde el trópico hasta los climas templados; y alturas, desde el nivel de mar hasta los 300 m.s.n.m. (Izquierdo, 2012).

El maíz es uno de los principales ingredientes utilizados en la formulación de dietas para animales a nivel mundial, esto es debido a que es un grano con alto valor energético por el alto contenido de almidón, grasa y bajo nivel de fibra, es palatable, de escasa variabilidad en su composición química y bajo contenido de factores antinutricionales. (FEDNA, 2019). En la tabla 2 se muestra la composición química del maíz.

El maíz está conformado por las siguientes partes:

- Pericarpio: es la parte externa del grano, siendo el 5 por ciento del total del peso del grano, está dividido en cuatro capas delgadas que son: epicarpio, mesocarpio, células cruzadas y células tubulares (UNAM, 2019)
- Endospermo: representa aproximadamente del 80 al 82 por ciento del total del peso del grano seco y es la fuente de almidón y proteínas, está compuesta por tres tipos de células, capa de aleurona, endospermo corneo y endospermo harinoso (UNAM, 2019).
- Germen: también llamado embrión: representa entre el 8 al 12 por ciento del peso del grano, está conformado por el escutelo y el eje embrionario (UNAM, 2019).

El maíz se cosecha con alrededor de un 28 por ciento de humedad, para el almacenamiento del maíz sin riesgos, la humedad crítica debe disminuir a medida que aumenta la temperatura (16% a 0°C y 13% a 30°C). Las principales toxinas fúngicas son la zearalenona y la aflatoxina (FEDNA, 2019).

Tabla 2: Composición química del maíz

	Unidades	FEDNA ¹	ROSTAGNO et al. ²
Materia seca	%	86.20	92.60
Proteína cruda	%	7.90	8.80
Extracto etéreo	%	3.50	4.08
Fibra cruda	%	2.30	1.48
Almidón	%	62.00	66.10
Calcio total	%	0.02	0.02
Fosforo total	%	0.27	0.19
Fosforo fítico	%	0.19	0.15
Potasio	%	0.35	0.32
Sodio	%	0.01	0.01
Cloro	%	0.05	0.09
Azufre	%	0.13	0.08
Magnesio	%	0.05	0.11
Manganeso	ppm	7.00	5.30
hierro	ppm	28.00	23.50
Cobre	ppm	4.00	2.10
Zinc	ppm	24.00	21.50

FUENTE: 1. FEDNA. 2019. Composición química del maíz americano.

2. ROSTAGNO et al. 2017. Composición química del maíz con 8.8% PC.

En Brasil el maíz es clasificado por calidad con los tipos 1, 2 y 3 de acuerdo al grado de impurezas, granos rotos, pasados o con moho, según las especificaciones para la estandarización de dicho país, sin embargo, la clasificación conforme las características físicas, la composición química puede ser variable, siendo necesario la clasificación en base a sus atributos nutricionales (Silva, 2006; citado por Rodrigues, 2013).

2.4. Evaluaciones de digestibilidad y energía digestible en peces amazónicos

Salinas (2017) determinó la digestibilidad aparente y energía digestible de la torta de sacha inchi para alevines de paiche. Los coeficientes de digestibilidad para la materia seca (MS), proteína cruda (PC), lípido crudo (LC) y energía bruta (EB) fueron 83.01%, 86.42%, 81.49% y 84.90%, respectivamente; la energía digestible fue de 4.24 Mcal/kg en base seca.

Espinoza (2018) determinó la digestibilidad aparente y energía digestible de la torta de soya para juveniles de sábalo cola roja (*Brycon erythropterus*). Los coeficientes de digestibilidad para la materia seca (MS), proteína cruda (PC), lípido crudo (LC), extracto libre de nitrógeno (ELN) y energía bruta (EB) fueron 60.29%, 82.73%, 96.16%, 54.26% y 78.17%, respectivamente; la energía digestible fue de 3.70 Mcal/kg en base seca y 3.32 Mcal/Kg en base fresca.

Gutierrez et al. (2009) determinaron el coeficiente de digestibilidad aparente para el maíz amarillo duro y a harina de pescado peruana en *Colossoma macropomum*. Los coeficientes de digestibilidad de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), lípido crudo (LC) y energía bruta (EB) de la harina de pescado peruana fueron de 88.06%, 87.08%, 85.87% y 87.29%, respectivamente. Los coeficientes de digestibilidad de la MS, PC, LC y EB del maíz amarillo fueron de 82.38%, 75.46%, 76.17% y 75.04%, respectivamente. La energía digestible fue de 3.95 Mcal/Kg para la harina de pescado y 2.83 Mcal/Kg para el maíz amarillo duro.

Timpone et al. (2008) determinaron la digestibilidad de la cascarilla de torta de soya y de la pulpa de cítrico en *Piaractus mesopotamicus* (paco) con dos indicadores: el indicador óxido crómico y la ceniza ácido insoluble (1%). Con el óxido crómico el coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína fue de 75.7 por ciento y 73.2 por ciento para la pulpa cítrica y la cascarilla de soya, respectivamente, la digestibilidad de la energía bruta fue de 73.3 por ciento y 52.9 por ciento para la pulpa cítrica y la cascarilla de soya, respectivamente, y la energía digestible fue de 3.166 Mcal/Kg y 2.205 Mcal/Kg para la pulpa cítrica y cascarilla de soya, respectivamente. Con la ceniza ácido insoluble el coeficiente de

digestibilidad aparente de la proteína fue de 80.0 por ciento y 68.3 por ciento para la pulpa cítrica y la cascarilla de soya, respectivamente, la digestibilidad de la energía bruta fue de 69.4 por ciento y 41.7 por ciento para la pulpa cítrica y la cascarilla de soya, respectivamente, y la energía digestible fue de 2.998 Mcal/Kg y 1.738 Mcal/Kg para la pulpa cítrica y cascarilla de soya, respectivamente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y duración de la fase experimental

El presente trabajo de investigación se ejecutó durante 21 días en las instalaciones del Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC), Departamento Académico de Nutrición, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina. La elaboración del alimento balanceado se realizó en la Planta de alimentos Balanceados del Programa de Investigación y Proyección Social de Alimentos (PIPSA). La determinación de la materia seca, proteína cruda, extracto etéreo y la determinación de la energía bruta se realizaron en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) y la determinación del contenido de óxido crómico en el Laboratorio de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF).

3.2. Instalaciones y equipos

Las instalaciones el LINAPC trabajan con un sistema de recirculación de agua, el cual permite la oxigenación del agua y la filtración de contaminantes físicos y biológicos y mantener el control de los estándares de calidad de agua para la especie en estudio. El laboratorio cuenta con dos acuarios de adaptación, 18 acuarios para pruebas de crecimiento y nueve acuarios de digestibilidad. Para el experimento se utilizó seis acuarios de digestibilidad tipo *Ghelp* de fibra de vidrio con una capacidad de 54L, de 55 cm de alto, 45 cm de ancho y 45 cm de profundidad, color blanco, liso por dentro y por fuera, con base en plano inclinado para realizar la colección de heces (pendiente de 13°) y frontis de vidrio de 6 mm incorporado (Anexo II).

Durante el manejo de los juveniles de paiche se utilizaron placas Petri, mallas metálicas de 100 µm, una balanza de precisión (4500 g de capacidad y 0.01 g de precisión) utilizada para el pesaje del alimento suministrado y heces recolectadas, así como envases de plástico, estufa para secado de las heces colectadas y un refrigerador para su posterior almacenamiento, además se utilizaron instrumentos (ver tabla 3) para medir la calidad de agua, midiendo la temperatura, oxígeno disuelto, pH, dureza y nitrógeno amoniacal.

Tabla 3: Parámetros de evaluación de la calidad de agua

Parámetro	Unidad	Equipo	Periodicidad	Lugar de muestreo	Promedio
Temperatura	°C	Termómetro Sper Scientific	2 veces por semana	Acuarios de digestibilidad	27.2
Oxígeno disuelto	mg/L	Oxímetro Pinpoint II <i>American Marine Inc</i>	2 veces por semana	Acuarios de digestibilidad	7.5
pH		pHmetro <i>OAKTON</i>	2 veces por semana	Acuarios de digestibilidad	6.8
Dureza	ppm	Kit colorimétrico <i>La Motte</i>	2 veces por semana	Tanque sumidero	165.3
Nitrógeno amoniacal	mg/L	Kit colorimétrico <i>Sera</i>	2 veces por semana	Tanque sumidero	0.2

3.3. Animales experimentales

Se utilizaron 18 juveniles de paiche con un peso promedio de 180 g y una talla de 28cm, provenientes de la estación piscícola del Fundo Palmeiras de la empresa Silver Corporation S. A. C. en el distrito de Rio Negro, provincia de Satipo, región Junín. Los peces fueron recepcionados en dos acuarios de adaptación donde permanecieron por tres días. Luego fueron distribuidos aleatoriamente en seis acuarios de digestibilidad, con tres juveniles por acuario, cada acuario representa una unidad experimental.

3.4. Ingrediente evaluado

El ingrediente evaluado fue el maíz, ingrediente energético, con 87.15 por ciento de materia seca, 10.88 por ciento de proteína cruda, 4.05 por ciento de extracto etéreo y energía bruta

de 3.88 Mcal/Kg (ver Anexo III), el ingrediente fue molido con un molino de disco a un tamaño de partícula de 100 micras para la presente prueba.

3.5. Dietas experimentales

Se prepararon dos dietas experimentales a partir de una dieta de referencia para paiche, las cuales se detallan a continuación:

- Dieta de referencia: 99.5 por ciento de dieta de referencia y 0.5 por ciento del indicador óxido crómico (Cr_2O_3).
- Dieta prueba: 59.50 por ciento de dieta de referencia, 40.00 por ciento de maíz y 0.50 por ciento del óxido crómico (Cr_2O_3).

La tabla 4 muestra la formula y el valor nutricional estimado de la dieta de referencia y la tabla 5 el aporte nutricional de la premezcla de vitaminas y minerales para acuicultura utilizado en la preparación de las dietas.

La dieta de referencia se obtuvo utilizando la formulación a mínimo costo por programación lineal. La elaboración dietas se realizó en la planta de alimentos del PIPSA, se realizó la mezcla de 20 Kg de dieta de referencia para paiche y se dividió en dos partes, cada una de 10 Kg. Para obtener la dieta prueba se reemplazó el 0.5 por ciento de la dieta de referencia por óxido crómico en el mismo porcentaje. Para obtener la dieta prueba se reemplazó el 40.5 por ciento de la dieta de referencia por 0.5 por ciento de óxido crómico y 40 por ciento de maíz. A ambas dietas se les agregó humedad con agua caliente, lográndose una mezcla húmeda que se hizo pasar de forma directa por la prensa de la peletizadora con molde 3 mm. Obtenidos los pellets, se secaron en una estufa eléctrica a 60° C durante 30 minutos. Una vez secos los pellets, se tamizaron con una malla de 2.5 mm para eliminar el polvillo y los pellets quebrados, obteniéndose pellets de 3 mm de diámetro y 5 mm de longitud. Los pellets se colocaron en frascos debidamente rotulados y se almacenaron a temperatura de ambiente hasta su posterior uso.

Tabla 4: Formula y valor nutricional de la dieta de referencia

Ingredientes (%)	Dieta de referencia
Harina de pescado prime, 66	30.00
Harina de trigo	37.47
Torta de soya, 47	26.00
Aceite crudo de soya	5.01
Sal	0.60
Premezcla vitaminas y minerales	0.50
Ligante	0.40
Antioxidante	0.02
Total	100.00
Contenido nutricional estimado	
Materia seca (%)	90.935
Proteína (%)	38.342
Fibra (%)	3.095
Grasa (%)	10.905
ED (Mcal/kg)	3.899
Lisina (%)	2.623
Metionina (%)	0.874
Cistina (%)	0.462
Arginina (%)	2.513
Histidina (%)	0.955
Isoleucina (%)	1.769
Leucina (%)	2.864

Tabla 5: Formula de la premezcla de vitaminas, minerales y aditivos

Nutriente	Cantidad	Unidad
Vitamina A	14 000 000	UI
Vitamina D3	2 800 000	UI
Vitamina E	140 000	UI
Tiamina (B1)	18.000	g
Riboflavina (B2)	20.000	g
Niacina	150.000	g
Ácido pantoténico	50.000	g
Piridoxina (B6)	15.000	g
Biotina	0.800	g
Ácido fólico	4.000	g
Ácido ascórbico	600.000	g
Vitamina B12	0.030	g
Cloruro de Colina	600.000	g
Manganeso	40.000	g
Hierro	20.000	g
Zinc	20.000	g
Cobre	1.500	g
Yodo	1.500	g
Selenio	0.300	g
Cobalto	0.150	g
Antioxidante	120.000	g
Excipientes c.s.p.	3000.000	g

3Kg de premezcla por 1Tn de alimento

FUENTE: DSM Nutritional Products Peru S.A. (2014)

3.6. Procedimiento experimental:

La determinación de los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de la materia seca, proteína y energía digestible del maíz, se realizó con el método de digestibilidad indirecta usando como marcador inerte al óxido crómico (Cr_2O_3) en la dieta de referencia y la dieta prueba. Cada uno de los acuarios de digestibilidad con 3 alevines de paiche se consideró una unidad experimental; de las seis unidades experimentales (UE), tres UE se les ofreció la dieta de referencia y las otras tres UE la dieta prueba.

3.6.1. Adaptación a las dietas

La adaptación de los peces a las dietas de referencia y prueba se realizó durante cuatro días, ofreciendo el alimento sin colección de heces, eliminando los residuos del alimento y heces sedimentadas del acuario, a partir del quinto día se inició la colección.

3.6.2. Suministro de alimento

Los juveniles de paiche recibieron alimento diariamente, el alimento fue ofrecido a los peces hasta punto de saciedad, dos veces al día, en la mañana 9:00 h y en la tarde a las 16:00 h. Para poder asegurar que todo el alimento ofrecido sea ingerido por los peces, se entregó el alimento grano a grano. La cantidad de alimento se fue juntando en el tiempo, aumentando conforme al crecimiento de los peces.

3.6.3. Colección y manejo de heces

La colección de heces se realizó a partir del quinto día de iniciado el ensayo. Una hora después de la última alimentación de cada acuario de digestibilidad fue limpiado a fin de eliminar del sistema los residuos de alimento y heces. Se eliminó un tercio del agua de los acuarios para asegurar que el proceso de limpieza sea completo. A las 9:00 h y 16:00 h del día siguiente; las heces sedimentadas fueron extraídas cuidadosamente del sistema de colección de heces del acuario, pasaron a través de una malla de 100 μm para eliminar el exceso de agua, luego se colocaron en placas Petri para el secado en una estufa a 60°C por seis horas para reducir la humedad e inmediatamente fueron congeladas y almacenadas hasta su análisis. Luego con la ayuda de un mortero se pulverizaron y se eliminaron las escamas y cuerpos extraños. Las heces libres de contaminación con partículas de alimento se consideran una muestra representativa de las producidas a lo largo de un periodo de ocho horas. Este procedimiento fue repetido por tres semanas para recolectar 8 gramos de heces secas por acuario aproximadamente.

3.6.4. Análisis de laboratorio

El análisis de laboratorio para las dietas, maíz y las heces se realizó empleando el método AOAC (2005), siendo para la humedad el método AOAC (2005) 950.46, la proteína cruda AOAC (2005) 984.13 y extracto etéreo AOAC (2005) 2003.05 en el en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos; para la determinación de energía bruta de las dietas, maíz y heces se realizó empleando el método de energía total por bomba calorimétrica en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos. La determinación de la concentración de óxido crómico en las dietas y heces realizó en el Laboratorio de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes empleando el método de espectrofotometría por absorción atómica por el método AOAC (1990). Los resultados de los análisis de laboratorio se pueden observar en la tabla 6 y los Anexos V y VII.

3.6.5. Calidad de agua

El agua utilizada para alimentar el sistema de recirculación viene de la red de agua potable pública del distrito de La Molina. Dos veces por semana, se procedió a la limpieza de los acuarios, filtros y recambio del 20 por ciento de agua del sistema. En la tabla 3 se presentan los parámetros de calidad de agua, así como los equipos y kits colorimétricos utilizados y el lugar de muestreo y la periodicidad con la que se realizaron las evaluaciones.

Tabla 6: Análisis químico de las dietas y heces (base seca)

	Nutriente	Referencia	Maiz
Dieta	Materia Seca (%)	100.00	100.00
	Proteína (%)	42.53	34.93
	Extracto etéreo (%)	10.60	7.52
	Energía Bruta Mcal/Kg	4.81	4.80
Heces	Materia Seca (%)	100.00	100.00
	Proteína (%)	13.19 ± 0.49	11.63 ± 1.28
	Extracto etéreo (%)	2.21 ± 0.04	1.58 ± 0.01
	Energía Bruta Mcal/Kg	4.18 ± 0.06	4.05 ± 0.07
% Cromo alimento	0.58	0.57	
% Cromo heces	1.55 ± 0.06	1.67 ± 0.03	

3.7. Cálculos del coeficiente de digestibilidad aparente de los nutrientes y energía de las dietas y el maíz.

Las estimaciones del porcentaje de digestibilidad aparente se realizaron sobre la base de la cantidad de heces en cada una de las réplicas colectadas durante tres semanas. Con los resultados obtenidos de las dietas y heces colectadas se determinaron los CDA para materia seca, proteína cruda, extracto etéreo y energía bruta. Las ecuaciones utilizadas fueron las siguientes:

- a. Ecuación para determinar el Coeficiente de Digestibilidad Aparente (CDA) de nutrientes y energía digestible de las dietas (Cho et al. 1982) Cr_2O_3

$$CDA (d) = 100 - 100 \left(\frac{\%Cr2O3(d)}{\%Cr2O3(h)} \times \frac{\%N(h)}{\%N(d)} \right)$$

Donde:

CDA (d): Coeficiente de digestibilidades aparente de los nutrientes o energía digestible de la dieta de referencia y prueba.

Cr2O3(d): Porcentaje de óxido crómico en la dieta.

Cr2O3(h): Porcentaje de óxido crómico en las heces.

N(d): Porcentaje de nutriente o energía digestible en la dieta.

N(h): Porcentaje de nutriente o energía digestible en las heces.

- b. Ecuación para determinar el coeficiente de digestibilidad de nutrientes y energía digestible del ingrediente (Pezzato et al. 2004)

$$CDA (ing) = \frac{CDA(dp) - b * CDA(dr)}{a}$$

Donde:

CDA (ing): Coeficiente de digestibilidad aparente de los nutrientes o energía digestible del ingrediente de prueba.

CDA (dp): Coeficiente de digestibilidad aparente de los nutrientes o energía digestible de la dieta prueba.

CDA (dr): Coeficiente de digestibilidad aparente de los nutrientes o energía digestible de la dieta de referencia.

a: Porcentaje del ingrediente de prueba.

b: Porcentaje de la dieta de referencia.

3.8. Cálculo de la digestibilidad de nutrientes y energía digestible del maíz

En base a los resultados obtenidos del análisis proximal del maíz, se determinó el coeficiente de digestibilidad de los nutrientes (%). Esto resulta del producto entre la concentración en % del nutriente en el ingrediente y su coeficiente de digestibilidad aparente, previamente calculado. Con la siguiente fórmula se encontró la digestibilidad aparente de la materia seca, proteína, extracto etéreo (EE) y extracto libre de nitrógeno (ELN), fibra cruda, ceniza y energía digestible.

$$Dig(Nut/ED Ing) = (\%Nut/ED) * (CDA Ing)$$

Donde:

Dig(Nut/ED Ing): Valor obtenido de la energía digestible o digestibilidad de la proteína, extracto etéreo o materia seca del maíz.

%Nut/ED: Contenido de energía o porcentaje de proteína, extracto etéreo o materia seca del maíz.

CDA Ing: Coeficiente de digestibilidad aparente de la energía o nutrientes obtenidos en la prueba de digestibilidad.

3.9. Parámetros estadísticos

Se utilizó la estadística descriptiva, empleando valores como promedio, desviación estándar y coeficiente de variabilidad (Calzada, 1982).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Coeficientes de digestibilidad aparente del maíz

Los resultados de los Coeficientes de Digestibilidad Aparente (CDA) de nutrientes y energía bruta del maíz en base seca para el paiche (*Arapaima gigas*) se muestran en la tabla 7 y el Anexo XII. El CDA de la materia seca del maíz que se obtuvo fue de 71.00 por ciento, que es superior al CDA del salvado de arroz y salvado de trigo con 46.23 por ciento y 45.13 por ciento, respectivamente (Cipriano et al., 2015) en pruebas de digestibilidad en paiche. Esto puede deberse a que el paiche ser un pez carnívoro tiene una baja digestibilidad de fibra cruda por lo que a mayor nivel de fibra cruda el CDA de materia seca será menor, por lo que el maíz al tener un nivel de fibra cruda (2.3%) menor comparado a la fibra cruda del salvado de arroz (7.7%) y salvado de trigo (9.8%), según las tablas de composición de alimentos del FEDNA (2019), su CDA de materia seca será mayor. Probablemente un ingrediente como el trigo que tiene un alto porcentaje de almidón y bajo porcentaje de fibra tenga CDA de materia seca similar al mostrado en el presente estudio en paiches.

Comparando el CDA de materia seca del maíz con ingredientes proteicos de origen vegetal determinados en el paiche como la torta de soya con CDA de materia seca de 79 por ciento (Rodrigues et al., 2019) y torta de sachá inchi con CDA de 83 por ciento (Salinas, 2017) el CDA de materia seca del maíz del presente estudio es inferior, esto puede ser debido a que el paiche tienen altos niveles de proteasa y lipasa que benefician la digestibilidad en los ingredientes proteicos (Cipriano et al., 2016) por lo que el CDA de materia seca del maíz será menor.

El CDA de materia seca del maíz del presente estudio es inferior al CDA de materia seca del maíz para la gamitana (*Colossoma macropomum*) siendo de 88.06 por ciento encontrado por Gutierrez et al. (2009). De igual forma, los CDA de materia seca del maíz y arroz partido (77.80% y 83.80%, respectivamente) para la gamitana son superiores a los encontrados en el presente estudio, esto puede ser debido a que la gamitana al ser un pez omnívoro con tendencia herbívora puede digerir eficientemente la fibra cruda del maíz y el arroz partido,

Tabla 7: Contenido nutricional y digestibilidad del maíz (base seca)

Contenido nutricional y Energía Bruta	
Materia Seca (%)	100.00
Proteína (%)	12.48
Extracto etéreo (%)	4.65
Energía Bruta Mcal/Kg	4.45
Coeficientes de digestibilidad aparente	
Materia Seca (%)	71.00
Proteína (%)	89.12
Extracto etéreo (%)	93.78
Energía Bruta (%)	76.97
Nutrientes digestibles por 100g MS*	
Materia Seca (g)	71.00
Proteína (g)	11.12
Extracto etéreo (g)	4.36
Energía Digestible (Mcal/Kg) en base seca	3.43

MS*: materia seca del maíz

Guimarães et al. (2014) afirma que la presencia de lípidos probablemente podría influir en la digestibilidad de la fibra y por ende incrementar la digestibilidad de materia seca. Por otro lado, la harinilla de trigo (62.60%) y sorgo (61.60%) tienen un CDA de materia seca inferiores al del maíz del presente estudio (Guimarães et al., 2014), esto puede deberse a que la harinilla de trigo tiene un nivel considerable de fibra de 7.5 por ciento lo cual disminuye la digestibilidad de nutrientes y el sorgo contiene taninos que son un factor antitriptico que disminuyen la utilización digestiva de los aminoácidos en animales monogástricos terrestres y en especies acuólicas.

Los valores de CDA de la materia seca del arroz partido y polvillo de arroz (69.00% y 63.77%, respectivamente) para el paco (*Piaractus brachypomus*) (Miranda, 2018) y del germen de maíz, harina de trigo de tercera, harina de trigo duro, harina de arroz, y maíz (55.3%, 48.5%, 53.5%, 59.8% y 59.9%, respectivamente) en paco (Torres et al., 2013) son inferiores al CDA de materia seca de maíz del presente estudio. Según Torres et al. (2013) indican que el bajo CDA de materia seca puede deberse a la baja calidad de la harina utilizada en su trabajo experimental. Sin embargo, el paco al ser un pez omnívoro debería presentar CDA en materia seca superiores con respecto al paiche debido a que los ingredientes evaluados tienen porcentajes de fibra bajos con excepción de polvillo de arroz con 7.45% (FEDNA, 2019).

El CDA de materia seca del maíz hallado en el presente estudio es superior al CDA de materia seca del salvado de trigo (66.05%), salvado de arroz (59.29%) y sorgo (23.44%) hallado por Pezzato et al. (2002) para tilapias (*Oreochromis niloticus*). De igual forma, los CDA de la materia seca de la harina de trigo de tercera, harina de trigo duro y harina de arroz (59.0%; 66.0% y 57.0%, respectivamente) para tilapias (Torres et al., 2010), esto podría ser debido a que la tilapia a pesar de tener un hábito alimenticio omnívoro con tendencia herbívora no podría digerir de forma eficiente el salvado de trigo por el alto nivel de fibra que contiene (9.8%) lo cual disminuye la digestibilidad de nutrientes, mientras que el sorgo que contiene taninos (factor antitriptico) disminuyen la utilización digestiva de los aminoácidos en animales monogástricos terrestres y en especies acuólicas.

Para sábalo cola roja (*Brycon erythropterus*) el CDA de la materia seca del maíz es de 68.07 por ciento (Marchan 2019) que es similar al CDA de materia seca del maíz del presente estudio, esto puede deberse a que el sábalo cola roja es carnívoro en estadios juveniles, los cuales fueron usados para la determinación del CDA del maíz por lo que el sábalo cola roja tiene menor eficiencia en la digestión del almidón del maíz. Por otro lado, el CDA de materia seca de la harinilla de trigo (52.27%) es menor al menor al CDA de maíz hallado en el presente estudio, eso podría deberse a que la harinilla de trigo tiene una mayor cantidad de polisacáridos no amiláceos con respecto al maíz (Cipriano et al. 2015).

El CDA de la proteína del maíz que se obtuvo fue de 89.12 por ciento, siendo superior a los valores de CDA de proteína del salvado de arroz (68.23%) y salvado de trigo (68.58%) hallados por Cipriano et al. (2015) en digestibilidad en paiches. El mayor CDA de la proteína del maíz es debido al menor porcentaje de fibra y una menor cantidad de polisacáridos no amiláceos con respecto a ingredientes derivados del arroz y el trigo (Cipriano et al., 2015), Por otro lado, el CDA de proteína del maíz es similar a la torta de soya con 92.40 por ciento (Rodrigues et al., 2019) y la torta de sacha inchi con 86.42 por ciento (Salinas, 2017), esto puede deberse a que los peces carnívoros como el paiche tienen altos niveles de proteasa que benefician la digestibilidad en los ingredientes (Cipriano et al., 2016), por lo que el CDA de la proteína es similar al de las especies omnívoras como la tilapia.

El CDA de la proteína del maíz es ligeramente superior a los CDA de la proteína del maíz, salvado de trigo, harina de arroz y sorgo (86.35%, 85.13% 85.08% y 87.08%, respectivamente) hallados por Fedrizi (2009) para tilapias. De igual forma, el CDA de proteína del maíz del presente estudio es superior al CDA de proteína de la harina de trigo de tercera, harina de trigo duro, harina de arroz y harina de maíz amarillo (85.4%, 83.5%, 79.3% y 84.7%, respectivamente) en tilapias (Torres et al., 2010). Y similar al CDA de proteína del salvado de trigo (91.13%) y el salvado de arroz (94.86%) para tilapia hallado por Pezzato et al. (2002).

Gutierrez et al. (2009) obtuvo un porcentaje similar al encontrado en el presente estudio, al hallar el CDA de la proteína del maíz (87.08%) para la gamitana. Por otro lado, los valores de CDA de proteína para la gamitana del maíz, harinilla de trigo, sorgo y arroz partido fueron los siguientes: 87.50%, 84.40%, 71.04% y 72.80%, respectivamente, siendo valores inferiores a los encontrados en el presente estudio (Guimarães et al., 2014).

De igual forma, los valores de CDA de proteína para paco del arroz partido (66.82%) y el polvillo de arroz (68.96%) tienen valores inferiores a los del presente estudio (Miranda, 2018), asimismo, los CDA de proteína del germen de maíz, harina de trigo de tercera, harina de trigo duro, harina de arroz, y maíz amarillo americano (81.5%, 57.6%, 86.4%, 75.0% y 69.0%, respectivamente) en paco son inferiores a los reportados en el presente estudio (Torres et al., 2013).

En sábalo cola roja el CDA de la proteína de maíz es de 73.9 por ciento (Marchan, 2019) similar al CDA de proteína en especies omnívoras, sin embargo es inferior al CDA de proteína del maíz, mientras que la harinilla de trigo tiene un CDA de proteína de 88.70 por ciento. Esto puede deberse a que los peces carnívoros como el paiche tienen altos niveles de lipasa y proteasa a diferencia de los peces omnívoros como la gamitana y el paco que no cuentan con altos niveles de proteasa.

El CDA del extracto etéreo del maíz que se obtuvo fue de 93.78 por ciento que es superior al CDA del extracto etéreo de la torta de sacha inchi con 81.49 por ciento determinado por Salinas (2017). De igual forma, es superior con respecto a CDA de extracto etéreo de ingredientes energéticos como el maíz, salvado de trigo, harina de arroz y sorgo (84.74%, 84.52%, 82.47% y 78.07%, respectivamente) en tilapias (Fedrizi, 2009). Igualmente, es superior a los CDA de extracto etéreo para el salvado de trigo, salvado de arroz y sorgo (67.37%, 57.47% y 38.61%, respectivamente) en tilapias (Pezzato et al., 2002). Cipriano et al. (2016) afirman que esto puede deberse a que especies carnívoras tienen altos niveles de lipasa a diferencia de especies omnívoras como la tilapia.

El CDA del extracto etéreo del maíz del presente estudio es superior al CDA del extracto etéreo de maíz para gamitana determinado por Gutiérrez et al. (2009) siendo de 76.17 por ciento. De igual forma, el CDA del extracto etéreo del maíz del presente estudio es superior al CDA del extracto etéreo para el arroz partido y polvillo de arroz (88.90% y 77.97%, respectivamente) para pacos (Miranda, 2018). También es superior al CDA de extracto etéreo del maíz (73.90%) y la harinilla de trigo (88.70%) para sábalo (Marchan, 2019). Cipriano et al. (2016) afirmó que el nivel alto de producción de lipasa en el paiche favorece la digestibilidad de la parte lipídica del maíz a diferencia de las especies omnívoras como la gamitana y el paco. Los valores de CDA de extracto etéreo de están dentro del rango 80 al 95 por ciento en peces propuesto por Koprucu et al. (2005) citado por Miranda (2018).

El CDA de la energía bruta maíz que se obtuvo fue de 76.97 por ciento, superior a lo encontrado por Cipriano et al. (2015) para el salvado de arroz y salvado de trigo (42.23% y 47.37%) en paiche. Estas diferencias podrían deberse al nivel de fibra que tiene cada ingrediente siendo del maíz (2.3%) menor con respecto al salvado de arroz (7.7%) y salvado de trigo (9.8%) (FEDNA, 2019) y por ende tener una mayor digestibilidad de la energía bruta.

Los valores de CDA en la energía bruta para tilapia de la harina de trigo de tercera (59.2%), harina de trigo duro (61.4%), harina de arroz (68.4%) y harina de maíz (59.7%) son inferiores al CDA de energía bruta del maíz del presente estudio (Torres et al., 2010). Esto puede deberse al nivel de fibra de harina de trigo de tercera y harina de trigo duro que disminuye la digestibilidad de la energía bruta en la tilapia y al parecer el Paiche es más eficiente en la digestión de la energía bruta del maíz en comparación a la tilapia en la digestión de la harina de arroz y el maíz.

El CDA de la energía bruta maíz del presente estudio tiene un valor similar al CDA de energía bruta del maíz (75.04%) para gamitana (Gutierrez et al., 2009), de igual forma, tiene un valor similar para el CDA de energía bruta del maíz (76.40%) y superior al de la harinilla de trigo y sorgo (68.2% y 57.2%, respectivamente), esto puede deberse a que el maíz es un ingrediente altamente digestible para peces carnívoros como el paiche como para especies omnívoras como la gamitana a diferencia de ingredientes con mayor contenido de fibra cruda y factores antinutricionales disminuyen la digestibilidad de energía bruta. Por otro lado, el CDA de energía bruta del maíz es inferior al CDA del arroz partido (80.7%) hallado para gamitana (Guimarães et al., 2014). Esto puede deberse a que el arroz tiene un menor porcentaje de fibra cruda a comparación del maíz y es utilizado por la gamitana que es un pez omnívoro con tendencia herbívora.

El CDA de la energía bruta del arroz partido (66.11%) y polvillo de arroz (64.95% en paco (Miranda, 2018) son bajos con respecto al CDA de energía bruta del maíz hallado en el presente estudio. Torres et al. (2013) obtuvo valores de CDA de energía bruta inferiores al presente estudio al determinar el CDA de la energía bruta del germen de maíz, harina de trigo de tercera, harina de trigo duro, harina de arroz, y maíz (53.3%, 32.9%, 67.1%, 66.0% y 57.6%, respectivamente) en paco. Esto puede deberse a que los ingredientes evaluados tienen un mayor porcentaje de fibra con respecto al maíz y al parecer el paiche tiene mejor digestibilidad de energía bruta.

Marchan (2019) al determinar el CDA de la energía bruta para sábalo cola roja obtuvo 68.92 por ciento para el maíz y 53.29 por ciento para la harinilla de trigo que son valores inferiores a los encontrados en el presente estudio. Cipriano et al. (2016) afirma que los peces pueden modificar su producción de enzimas a lo largo del tiempo. Además, Lundstedt et al. (2004) al evaluar la respuesta del perfil enzimático de la doncella (*P. corrisicans*) que recibieron diferentes alimentos encontraron una mayor producción de amilasa, en dietas con niveles altos de carbohidratos; esto puede explicar la alta digestibilidad de energía bruta en el paiche.

4.2. Energía digestible del maíz

La energía digestible (ED) del maíz para paiche se muestra en la tabla 7 y Anexo XII. El valor obtenido en la presente investigación fue de 3.43 Mcal/Kg en base seca. Este resultado es superior al salvado de arroz (2.35 Mcal/Kg) y al salvado de trigo (2.30 Mcal/Kg), determinado por Cipriano et al. (2015) en paiches, esto podría deberse a que el nivel de fibra es menor con respecto al salvado de arroz y salvado de trigo. Por otro lado, tiene valores de ED similares a la torta de soya (4.09 Mcal/Kg) determinado por Rodrigues et al. (2019) y de la torta de sachá inchi (4.24 Mcal/Kg) determinado por Salinas (2017).

Este resultado es similar al determinado por Gutierrez et al. (2009) quien reportó un valor de 3.31 Mcal/Kg en el maíz para gamitana. De igual forma con el nivel de energía del maíz (3.47 Mcal/Kg) y arroz partido (3.33 Mcal/Kg) pero superior a la harinilla de trigo (2.98 Mcal/Kg) y el sorgo (2.51 Mcal/Kg) determinados por Guimarães et al. (2014) en gamitana. Esto puede deberse a que los CDA de proteína y del extracto etéreo del maíz en el paiche son altos, por ende, la energía digestible también será alta debido a que el paiche tiene como fuente principal de obtención de energía las proteínas y lípidos.

La ED del maíz hallado en el presente estudio es superior a la ED arroz partido (2.72 Mcal/Kg) y el polvillo de arroz (3.20 Mcal/Kg) en pacos (Miranda, 2018). De similar forma es superior a la ED hallada para el germen de maíz (3.03 Mcal/Kg), harina de trigo de tercera (1.68 Mcal/Kg), harina de trigo duro (3.18 Mcal/Kg) y maíz (3.00 Mcal/Kg) por Torres et al. (2013) en pacos. Sin embargo, el paco al ser un pez omnívoro debería presentar valores de energía digestibles de los ingredientes evaluados similares o superiores al paiche debido a que los ingredientes evaluados tienen porcentajes de fibra bajos con excepción de los subproductos de trigo y arroz lo que permite una mejor digestibilidad y energía digestible.

Los valores de ED del maíz en el presente estudio son similares a la ED del salvado de trigo y arroz partido (3.13 Mcal/Kg y 3.58 Mcal/Kg, respectivamente) hallados en tilapias (Pezzato et al., 2002) y superior a la ED del maíz (3.18 Mcal/Kg) y harinilla de trigo (2.12 Mcal/Kg) hallados en sábalo cola roja (Marchan, 2019). Como se mencionó anteriormente podría deberse los altos niveles de los CDA de la proteína y extracto etéreo del maíz en el paiche y por ende los niveles de ED del presente estudio son tan altos como la ED de ingredientes energéticos usados para especies omnívoras como la tilapia y el sábalo cola roja.

V. CONCLUSIONES

Bajo condiciones en que se desarrolló el presente trabajo de investigación y en función de los resultados obtenidos, puede establecerse las siguientes conclusiones:

1. El coeficiente de digestibilidad aparente obtenido para el maíz en juveniles paiche fue de 71.00 por ciento para la materia seca, 89.12 por ciento para la proteína cruda, 93.78 por ciento para el extracto etéreo y 76.97 por ciento para energía bruta.
2. La energía digestible (ED) del maíz en paiche fue de 3.43 Mcal/kg (base seca).

VI. RECOMENDACIONES

A partir del presente trabajo de investigación se recomienda lo siguiente:

1. Se recomienda utilizar los valores de digestibilidad de nutrientes obtenidos del maíz en la formulación de alimentos balanceados para juveniles de paiche.
2. Se recomienda utilizar el nivel de energía digestible de 2.99 Mcal ED/Kg de maíz en base fresca referido a 87.15 por ciento de materia seca en la formulación de alimentos balanceados para juveniles de paiche.
3. Se recomienda realizar pruebas para determinar los valores óptimos de inclusión del maíz en dietas comerciales para paiche.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists). (1990). Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. 15^{ta} edición. Washington, DC. EEUU.
2. A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists) (2005). Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. 18^{va} edición.
3. Calzada, J. (1982). Métodos estadísticos para la investigación. Lima-Perú: Milagros.
4. Campos, L. (2001). Historia Biológica del Paiche o Pirarucu *Arapaima gigas* (Cuvier) y Bases para su Cultivo en la Amazonia. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana Programa de Biodiversidad. Iquitos-Perú. 27 p.
5. Carvajal-Vallejos, F., Van, P., Córdova, L. & Coca, C. (2011). La introducción de *Arapaima gigas* (Paiche) en la Amazonia boliviana. In VAN, P., Carvajal-Vallejos, F. & Molina, J. Los peces y delfines de la amazonia boliviana: hábitats, potencialidades y amenazas. Edit. INIA, Cochabamba-Bolivia. 490 p.
6. Cho, C., Slinger, S. & Bayley, H. (1982). Bioenergetic of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. *Comparative Biochemistry and Physiology* 73B: 25-41.
7. Cipriano, F., De Lima, K., Passinato, E., De Jesus, R., De Magalhães Junior, F., Tonini, W. & Braga, L. (2015). Apparent digestibility of energetic ingredients by pirarucu juveniles, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 43(4): 786-791.
8. Cipriano, F., De Lima, K., De Souza, R., Tonini, W., Passinato, E. & Braga, L. (2016). Digestibility of animal and vegetable protein ingredients by pirarucu juveniles, *Arapaima gigas*. *R. Bras. Zootec.*, 45(10):581-586.

9. Clavijo, L. (2011). Desarrollo de metodología para la determinación de la digestibilidad de materias primas no convencionales en cachama blanca *Piaractus brachypomus* (Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia sede Palmira). Pag 76.
10. De Souza, R., De Oliveira, S., De Sousa Junior, E., Ono, E., Roubach, R. & Affonso, E. (2005). Avaliação do desempenho produtivo do pirarucu, *Arapaima gigas*, alimentado com diferentes dietas em sistema intensivo de tanques-rede. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/225422055/Avalia-o-Do-Desempenho-Produtivo-Do-Pirarucu-Arapaima-Gigas-Alimentado-Com-Diferentes-Dietas-Em-Sistema-Intensivo-de-Ta-146953184>
11. DMS (Nutritional Products Peru S.A.). (2014). Premezcla de vitaminas y minerales para suplementar (microficha). Lima – Perú. 10.5 x 18.5 cm
12. EMBRAPA (Empresa Brasileira De Pesquisa Afropecuária). (2015). Alimentação e nutrição do pirarucu (*Arapaima gigas*). Palmas-Brasil. 24p.
13. Espinoza, A. (2017). Digestibilidad de nutrientes y energía digestible de torta de soya (*Glycine max*) en juveniles de sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*). Tesis para optar el título de ingeniero. UNALM. Lima-Peru. 79p
14. FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal). (2019). Maíz USA (rev. Nov. 2016) (en línea). España. Consultado el 27 de Julio de 2019. <http://www.fundacionfedna.org/node/372>.
15. Fedrizi, L. (2009). Digestibilidade de nutrientes, crescimento e variáveis metabólicas em Tilápias Do Nilo alimentadas com fontes de carboidratos peletizadas, extrusadas ou cruas. Universidade Estadual Paulista. Estado de São Paulo – Brasil. 166p
16. Franco-Rojas, H. & Peláez-Rodríguez, M. (2007). Cría y producción de pirarucu en cautiverio. Experiencias en el Piedemonte Cataqueño. Primera edición. Caquetá-Colombia. Digital Editores. 50 p.
17. Fox, J. & Lawrence, A. (2008). Revisión de la Metodología Utilizada para Determinar la Digestibilidad Aparente de Nutrientes en Camarones Peneidos Marinos. Manual de Metodologías de Digestibilidad *in vivo* e *in vitro* para Ingredientes y Dietas para Camarón. Universidad Autónoma de Nuevo León, Mty. N.L., México.

18. Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P. & Métailler. (2004). Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Primera edición. México. Ediciones Mundi-Prensa. Pag. 475.
19. Guimarães, I., Miranda, E. & Araújo, J. (2014). Coefficients of total tract apparent digestibility of some feedstuffs for Tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Animal Feed Science and Technology* 188:150-155.
20. Gutierrez, F., Zaldivar, 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):111-116.
21. IIAP (Instituto De Investigaciones De La Amazonia Peruana). (2017). El cultivo del Paiche. Biología, procesos productivos, tecnologías y estadísticas. Primera edición. Iquitos-Perú. 110 p.
22. Izquierdo. R. (2012). Evaluación del cultivo del maíz (*Zea mays*), como complemento a la alimentación de bovino de leche en épocas de escasez de alimento. Cayambe-Ecuador. 103p.
23. López, T. (2017). Evaluación de dos niveles de proteína y energía digestible de dieta peletizadas para alevines de Paiche (*arapaima gigas*). UNALM. Lima-Peru. 75p
24. Lundstedt, L., Melo, J. & Moraes, G. (2004). Digestive enzymes and metabolic profile of *Pseudoplatystoma corruscans* (Teleostei: Siluriformes) in response to diet composition. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* 137:331-339.
25. Marchan, A. (2019). Energía digestible de ingredientes y determinación del requerimiento de energía del Sábalo Cola Roja (*Brycon erythropterum*). (Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina). Lima-Perú. 86 p.
26. McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J. & Morgan, C. (2006). Nutrición Animal. Sexta edición. España. 587 p.
27. Miranda. J. (2018). Digestibilidad de nutrientes y determinación del requerimiento energético de juveniles de Paco (*Piaractus brachypomus*). (Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina). Lima-Perú. 75 p.

28. Pezzato, L., Miranda, E., Barros, M., Pinto, L., Furuya, W. & Pezzato, A. (2002). Digestibilidad Aparente de Ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). R. Bra. Zootec., 31(4) : 1595-1604.
29. Pezzato, L., De Miranda, E., Barros, M., Furuya, M. & Quintero, L. (2004). Digestibilidad aparente da matéria seca e proteína bruta e a energia digestível de alguns alimentos alternativos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Acta Scientiarum. Animal Sciences; 26(3): 329-337.
30. Rodrigues, S. (2013). Calidad del maíz para Avicultura. IV Congreso Argentino de Nutrición Animal CAENA 2013.
31. Rodrigues, A., Moro, G., dos Santos, V., de Freitas, L. & Fracalossi, D. (2019). Apparent digestibility coefficients of selected protein ingredients for pirarucu *Arapaima gigas* (Teleostei: Osteoglossidae). Latin American Journal of Aquatic Research, 47(2): 310-317.
32. Rostagno. H., Albino, L., Hannas, M., Donzele, J., Sakomura, N., Perazzo, F., Saraiva, A.,... Brito, C. (2017). Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos: Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales. 4 Ed. Universidad Federal de Viçosa. Brasil. 488p.
33. Salinas, A. (2017). Determinación de la digestibilidad y energía digestible de la torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) cruda en Paiche (*Arapaima gigas*). Tesis para optar el título de ingeniero. UNALM. Lima-Perú. 72p
34. Sanz, F. (2009). La nutrición y alimentación en piscicultura Volumen I. España. Publicaciones Científicas y Tecnológicas de la Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Pág. 406.
35. Torres, W., Yossa, M. & Espinosa, M. (2013). Digestibilidad aparente de ingredientes de origen vegetal y animal en la cachama. Pesq. agropec. bras., Brasília, 48(8):920-927.
36. Torres, W., Yossa, M., Hernandez, G. & Espinosa, M. (2010). Digestibilidad aparente de ingredientes de uso común en la fabricación de raciones balanceadas para tilapia roja híbrida (*Oreochromis sp.*). Rev Colomb Cienc Pecu 2010; 23 : 207-216
37. Tratado De Cooperacion Amazonica-TCA. (1999). Manual de Piscicultura del Paiche (*Arapaima gigas*). Caracas-Venezuela.

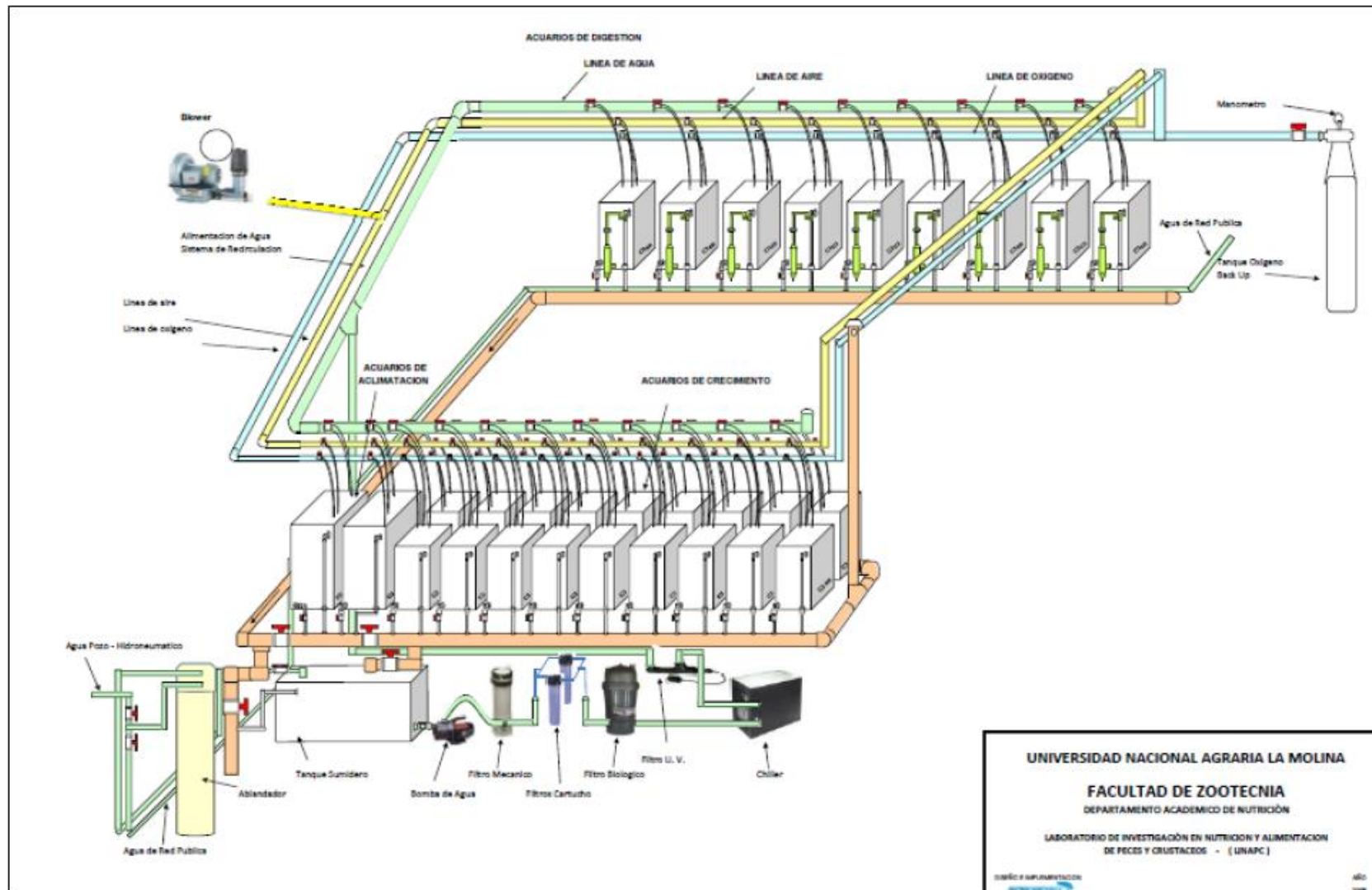
38. UNAM (Universidad Nacional de México). (2013). Maíz (*Zea mays*) Recuperado de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php?option=com_content&view=article&id=24&Itemid=25.
39. UNPA (Universidad Pública de Navarra). (2019). Flora Pratense y Forrajera Cultivada de la Península Ibérica: Maíz (en línea). España. Recuperado de https://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Zea_mays_p.htm.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Instalaciones y equipos del LINAPC

EQUIPO	UNIDAD	FUNCIÓN
Ablandador de agua	1m ³	Al poseer el agua de La Molina 1500 ppm (concentración de iones de Ca ⁺⁺ y Mg ⁺⁺), el ablandador cumple la función de disminuir la dureza hasta 16 ppm.
Tanque sumidero	Capacidad 360 Lt	Recepciona directamente el agua del ablandador. Consta de un desagüe por rebose y una salida hacia la bomba de agua.
Bomba de agua	1 HP de potencia	Permite el movimiento del agua desde el tanque sumidero a través de todos los filtros hacia todos los acuarios.
Filtro mecánico (Reemy)	1 unidad	Tiene la capacidad para retener partículas de hasta un mínimo de 20 µm.
Filtros Housing	2 unidades	Apoyan al filtro mecánico con la retención de partículas de 20 µm
Enfriador/calentador de agua	2 HP de potencia	Enfriar o calienta el agua entre un rango de 13 – 32 °C.
Esterilizador U.V.	25 watts	Esteriliza el agua disminuyendo de esta forma la presencia de algas, bacterias y virus no deseada en los acuarios.
Filtros Cuno	4 unidades	Compuesto por dos pares de filtros (5 µm y 1 µm), permite que el agua llegue con mayor pureza a los acuarios.
Bomba de aire (Blower)	1/3 HP de potencia	Toma aire del ambiente y lo traslada a través de las líneas de aire hacia los acuarios, donde se encuentran las piedras difusoras de aire.
Acuarios para pruebas de digestibilidad	9 unidades	Cada acuario de fibra de vidrio tiene capacidad de 55 litros, de color blanco, liso por dentro y fuera, con frontis de vidrio de 6 mm y dimensiones de 0.45 ancho x 0.45 profundidad x 0.50 altura (cm) y pendiente de 13°.
Acuarios para pruebas de crecimiento	18 unidades	Cada acuario de fibra de vidrio tiene capacidad de 75 L de capacidad, liso por dentro y por fuera, y frontis de vidrio, dimensiones de 0.47 cm ancho x 0.47 cm profundidad x 0.50 cm altura.
Acuarios de adaptación	2 unidades	Cada acuario de 120 L de capacidad, liso por dentro y por fuera, y frontis de vidrio.

Anexo 2: Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC)



Anexo 3: Composición química del maíz (base fresca)

Contenido nutricional	
Materia seca, %	87.15
Proteína, %	10.88
Lípidos, %	4.05
EB (Mcal/Kg)	3.88

Anexo 4: Contenido de materia seca, proteína, extracto etéreo y energía de la dieta de referencia y dieta prueba (base fresca)

Nutriente	Dieta de referencia	Dieta prueba Maíz
Mat. Seca	88.90	87.85
Proteína	37.81	30.69
Extracto etéreo	9.42	6.61
Energía Bruta	4.27	4.22

Anexo 5: Contenido de materia seca, proteína, extracto etéreo y energía de la dieta de referencia y dieta prueba (base seca)

Nutriente	Dieta de referencia	Dieta prueba maíz
Mat. Seca	100.00	100.00
Proteína	42.53	34.93
Extracto etéreo	10.60	7.52
Energía Bruta	4.81	4.80

Anexo 6: Contenido de materia seca, proteína, extracto etéreo y energía de las heces obtenidas de la dieta de referencia y dieta prueba (base parcialmente seca)

Nutriente	Dieta de referencia			Dieta prueba maíz		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Materia Seca	92.25	92.50	92.38	92.00	93.00	92.50
Proteína	12.63	11.75	12.19	11.88	9.63	10.75
Extracto etéreo	2.07	2.01	2.04	1.45	1.48	1.47
Energía Bruta	3.91	3.81	3.86	3.79	3.71	3.75

Anexo 7: Contenido de materia seca, proteína, extracto etéreo y energía de las heces obtenidas de la dieta de referencia y dieta prueba (base seca)

Nutriente	Dieta de referencia			Dieta prueba maíz		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Materia Seca	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Proteína	13.69	12.70	13.19	12.91	10.35	11.62
Extracto etéreo	2.24	2.17	2.21	1.58	1.59	1.58
Energía Bruta	4.24	4.12	4.18	4.12	3.99	4.05

Anexo 8: Porcentaje de óxido crómico en las dietas y las heces

Muestra	Repeticiones	Óxido crómico (%)	
		Base fresca	Base seca
Dieta de referencia		0.51	0.58
Dieta prueba		0.50	0.57
Heces de la dieta de referencia	R1	1.38	1.49
	R2	1.49	1.61
	R3	1.43	1.55
Heces de la dieta prueba	R1	1.57	1.70
	R2	1.53	1.64
	R3	1.55	1.67

Anexo 9: Cantidad de heces colectadas de los acuarios con la dieta de referencia

		Acumulado		Promedio/día	
		Heces humedad (g)	Heces secas (g)	Heces humedad (g)	Heces secas (g)
Semana 1	R1	32.61	3.49	4.66	0.50
	R2	18.10	1.28	2.59	0.18
	R3	25.40	2.39	3.62	0.34
Semana 2	R1	33.63	3.09	4.80	0.44
	R2	33.56	2.89	4.79	0.41
	R3	33.60	2.99	4.80	0.43
Semana 3	R1	33.29	2.44	4.76	0.35
	R2	55.11	3.22	7.87	0.46
	R3	44.20	2.83	6.31	0.40

Dieta de referencia: 99.5% de dieta estándar + 0.5% de óxido crómico (Cr₂O₃)

Anexo 10: Cantidad de heces colectadas de los acuarios con la dieta prueba

		Acumulado		Promedio/día	
		Heces humedad (g)	Heces secas (g)	Heces humedad (g)	Heces secas (g)
Semana 1	R1	25.55	2.15	3.65	0.31
	R2	26.74	1.82	3.82	0.26
	R3	26.18	2.40	3.74	0.34
Semana 2	R1	26.74	1.85	3.82	0.26
	R2	40.32	2.33	5.76	0.33
	R3	35.07	2.19	5.01	0.31
Semana 3	R1	51.59	4.50	7.37	0.64
	R2	46.34	3.54	6.62	0.51
	R3	37.31	3.55	5.33	0.51

Dieta prueba: 59.5% de dieta estándar + 40% maíz + 0.5% de óxido crómico (Cr₂O₃)

Anexo 11: Coeficientes de digestibilidad aparente de la dieta de referencia y dieta prueba (base seca)

DIETA	Repetición	Materia seca (%)	Proteína cruda (%)	Extracto etéreo (%)	Energía bruta (%)
Estándar	Promedio	62.72	88.44	92.23	67.59
Maíz	R1	66.61	87.66	93.01	71.36
	R2	65.45	89.76	92.69	71.32
	R3	66.04	88.7	92.85	71.34
	Promedio	66.03	88.71	92.85	71.34

Anexo 12: Coeficientes de digestibilidad aparente del maíz (base seca)

Repetición	Materia seca (%)	Proteína cruda (%)	Extracto etéreo (%)	Energía bruta (%)
R1	72.44	86.5	94.17	77.02
R2	69.54	91.76	93.38	76.92
R3	71.01	89.1	93.78	76.97
Promedio	71.00	89.12	93.78	76.97
Desv. estándar	1.45	2.63	0.40	0.05
Coef. de variabilidad	2.04	2.95	0.42	0.06
Intervalo de confianza	1.64	2.98	0.45	0.06

Anexo 13: Digestibilidad aparente de nutrientes y energía digestible del maíz (base seca)

Repetición	Materia seca (g MS)	Proteína cruda (g PC)	Extracto etéreo (g EE)	Energía bruta (Mcal/Kg)
R1	72.44	10.80	4.38	3.43
R2	69.54	11.45	4.34	3.42
R3	71.01	11.12	4.36	3.43
Promedio	71.00	11.12	4.36	3.43
Desv. estándar	1.45	0.33	0.02	0.01
Coef. de variabilidad	2.04	2.92	0.46	0.17
Intervalo de confianza	1.64	0.37	0.02	0.01