

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE ZOOTECNIA



**DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES
Y ENERGÍA DIGESTIBLE DE LA HARINA DE PESCADO EN
JUVENILES DE SÁBALO COLA ROJA (*Brycon erythropterum*)**

Presentado por:

DAVID RICARDO VILCAPOMA CAPCHA

Tesis para Optar el Título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

Lima- Perú

2021

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA
MOLINA**

FACULTAD DE ZOOTECNIA

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN

**“DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD DE
NUTRIENTES Y ENERGÍA DIGESTIBLE DE LA HARINA DE
PESCADO EN JUVENILES DE SÁBALO COLA ROJA (*Brycon
erythropterum*)”**

Presentado por:

DAVID RICARDO VILCAPOMA CAPCHA

Tesis para optar el título de

INGENIERO ZOOTECNISTA

Sustentado y Aprobado ante el siguiente Jurado:

Dr. Víctor Guevara Carrasco
Presidente

Dr. Carlos Vélchez Perales
Miembro

Ing. Jessie Vargas Cárdenas
Miembro

Ing. Víctor Vergara Rubín
Patrocinador

DEDICATORIA

A Dios porque permitió continuar con salud, fuerzas y empeño.

A mi familia por su apoyo, consejos y comprensión, a mis padres han sido base de mi formación, a mi esposa, hijo e hija que han sido la motivación más grande para concluir con éxito este objetivo.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Víctor Vergara por su orientación y apoyo en la elaboración de la presente investigación.

A INNÓVATE PERÚ, que mediante el Convenio N° 144-PNICP-PIAP-2015. “Determinación de los requerimientos de proteína y energía digestible del Paiche y Sábalo cola roja, a partir del valor nutricional de 4 ingredientes, bajo condiciones de cultivo en la selva central del Perú”, financió la ejecución de la presente investigación.

A la Estación Acuícola “Amazonic Aquaculture Service” (AAS) de Iquitos por apoyar la investigación. A los miembros del jurado por el aporte que me brindaron para la culminación de la presente investigación. A los responsables del área de investigación en acuicultura del LINAPC por su orientación y apoyo en la presente investigación.

A los profesores, amigos y compañeros con quienes aportaron a mejorar este trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Sábalo cola roja (<i>Brycon erythropterum</i>)	3
2.1.1 Aspectos generales	3
2.1.2 Condiciones ambientales del sábalo cola roja	4
2.1.3 Morfología digestiva y hábitos de alimentación del sábalo cola roja.....	5
2.1.4 Requerimientos nutricionales.	7
2.2 Harina de pescado.....	9
2.2.1 Aspectos generales	9
2.2.2 Obtención de la harina de pescado	9
2.2.3 Clasificación de la harina de pescado.....	12
2.2.4 Valor nutritivo de la harina de pescado.	13
2.3 Digestibilidad.....	17
2.3.1 Aspectos generales	17
2.3.2 Métodos para la determinación de la digestibilidad	17
2.3.3 Factores que influyen en la digestibilidad de nutrientes y energía en peces de agua dulce.....	18
2.4 Energía digestible	20
2.5 Evaluaciones de digestibilidad de nutrientes y energía digestible en peces de agua dulce.....	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1 Lugar y duración.....	22
3.2 Animales experimentales.....	22
3.3 Instalaciones, materiales y equipos.....	22

3.4	Ingrediente evaluado.....	24
3.5	Programa de alimentación	24
3.6	Dietas experimentales	24
3.7	Manejo experimental	28
3.7.1	Recolección de heces.....	28
3.8	Análisis de laboratorio.....	29
3.9	Cálculo de los coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes y energía de las dietas y de la harina de pescado.	29
3.11	Cálculo de la digestibilidad de los nutrientes de la harina de pescado.....	30
3.12	Cálculo de la energía digestible de la harina de pescado	31
3.13	Análisis estadístico.....	31
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1	Digestibilidad aparente de nutrientes.....	32
4.2	Energía digestible	35
V.	Conclusiones.....	37
VI.	Recomendaciones	38
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
VIII.	ANEXOS	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Clasificación de la harina de pescado según su calidad	12
Cuadro 2: valor nutritivo de la harina de pescado	16
Cuadro 3: Valores de los parámetros de calidad de agua.	23
Cuadro 4: Fórmula de la dieta referencial y dieta prueba, así como su valor nutritivo calculado.....	26
Cuadro 5: Fórmula de la premezcla de vitaminas y minerales.....	27
Cuadro 6: Análisis químico proximal de la harina de pescado	28
Cuadro 7: Contenido nutricional y coeficiente digestibilidad de la harina de pescado.....	33

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Valores de óxido de cromo en la dieta y heces	51
ANEXO 2: Coeficiente de digestibilidad aparente (base seca).....	52
ANEXO 3: Peso, incremento de peso, consumo de alimento, y conversión alimentaria de la prueba de digestibilidad.....	53
ANEXO 4: Análisis químico proximal de las dietas brindadas	54
ANEXO 5: Análisis químico proximal de las heces obtenidas.....	55
ANEXO 6: Equipos del LINAPC	56

RESUMEN

La investigación se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC) del departamento académico de Nutrición de la facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), la elaboración del alimento en la Planta de Alimentos Balanceados de la facultad de Zootecnia de la UNALM. El estudio tuvo por objetivo determinar la digestibilidad aparente de la materia seca, proteína bruta, lípidos, ceniza, extracto libre de nitrógeno y la energía digestible de la harina de pescado para Sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*) mediante la determinación del coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) usando el método indirecto. Se utilizaron 24 juveniles de sábalo cola roja, con un peso inicial de 120 ± 4.37 gramos y una talla inicial de 16.43 ± 0.16 cm., distribuidos en seis acuarios de digestibilidad tipo *Guelph*, con cuatro peces cada uno. La duración de la fase experimental fue de 30 días, entre agosto y septiembre del 2016, durante el cual se realizó colecciones diarias de heces. El coeficiente de digestibilidad aparente obtenido en base seca para la harina de pescado en juveniles de Sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*) fue 76.41 ± 0.32 por ciento para materia seca, 90.81 ± 0.49 para proteína, 95.65 ± 4.84 para lípidos, 67.42 ± 2.20 para ceniza, 37.01 ± 11.94 por ciento para extracto libre de nitrógeno y 78.90 ± 0.03 para energía bruta. La energía digestible (ED) de la harina de pescado en Sábalo cola roja fue 4.11 Mcal/kg en base seca y 3.87 Mcal/Kg en base fresca (94.25% de materia seca).

Palabra clave: sábalo cola roja, harina de pescado, digestibilidad, energía digestible, coeficiente de digestibilidad.

ABSTRACT

The research was carried out in the facilities of the Laboratory for Research in Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans (LINAPC) of the academic department of Nutrition of the Faculty of Zootechnics of the Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), the elaboration of the food in the Plant of Balanced Foods of the Faculty of Zootechnics of the UNALM. The objective of the study was to determine the apparent digestibility of dry matter, crude protein, lipids, ash, nitrogen-free extract and the digestible energy of fishmeal for Redtail Shad (*Brycon erythropterum*) by determining the apparent digestibility coefficient (CDA) using the indirect method. Twenty-four red-tailed shad juveniles were used, with an initial weight of 120 ± 4.37 grams and an initial size of 16.43 ± 0.16 cm., Distributed in six Guelph-type digestibility aquariums, with four fish each. The duration of the experimental phase was 30 days, between August and September 2016, during which daily stool collections were made. The apparent digestibility coefficient obtained on a dry basis for the fishmeal in juveniles of Redtail Shad (*Brycon erythropterum*) was 76.41 ± 0.32 percent for dry matter, 90.81 ± 0.49 for protein, 95.65 ± 4.84 for lipids, 67.42 ± 2.20 for ash, 37.01 ± 11.94 percent for nitrogen-free extract and 78.90 ± 0.03 for crude energy. The digestible energy (DE) of the fishmeal in Redtail Shad was 4.11 Mcal / kg on a dry basis and 3.87 Mcal / Kg on a fresh basis (94.25% of dry matter).

Keyword: redtail shad, fish meal, digestibility, digestible energy, digestibility coefficient.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura en nuestro país, referida a las especies de agua dulce en los ríos, lagos y piscigranjas; ha tenido un importante crecimiento en los últimos años, esto debido al incremento del consumo de la carne de estos peces con lo cual se ha incentivado a potenciar el desarrollo de la producción de las especies existentes o a la introducción de especies que tradicionalmente no se tenían en nuestro medio.

Uno de estos casos es la producción del género *Brycon sp*, la cual es una alternativa que ha venido adquiriendo mayor relevancia en nuestro país durante los últimos años. Esto no solo debido a la calidad de su filete; sino que, además, se tienen en nuestra Amazonia las condiciones necesarias para su explotación. La mayor cosecha de sábalo cola roja en nuestro país fue en el año 2010, alcanzando un total de 114 toneladas. En el 2015 se puede ver la disminución de la cosecha, que solo llega a 33 toneladas, siendo Loreto uno de los principales departamentos donde se cosecha esta especie (Produce 2015).

La búsqueda de mayores niveles productivos nos lleva a conseguir ingredientes que sean más adecuados, también se hace necesario evaluar su valor nutricional en la crianza animal. Uno de ellos en la industria pecuaria que tiene un alto nivel de uso es la harina de pescado; no solo debido a la mayor producción, sino, además, por su valor nutritivo que se manifiesta en su alto contenido de proteínas, aminoácidos, minerales y vitaminas; constituyentes indispensables para cubrir los requerimientos de nutrientes en las diversas especies animales.

El factor importante para la mejora del uso de un ingrediente es conocer la asimilación mediante la digestibilidad, el cual es un indicador que nos permite estimar el porcentaje de aprovechamiento, que tiene un organismo, de los alimentos que forman parte de la dieta de una especie en particular. Conocer la digestibilidad de un ingrediente en una determinada especie nos ofrece la posibilidad de formular con mayor precisión alimentos de esta especie acorde a sus requerimientos y medio ambiente, teniendo con ellos implicancias a nivel económico y ambiental. Sin embargo, no se han reportado estudios en sábalo cola roja sobre la digestibilidad de los nutrientes y el aporte de energía digestible de la harina de pescado

En este contexto, la presente investigación se realizó con el objetivo de conocer los coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes y la energía digestible de la harina de pescado evaluada en juveniles de sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*) mediante el método indirecto.

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*)

2.1.1 Aspectos generales

El sábalo cola roja o sabaleta de la cuenca del Amazonas se encuentra comprendido dentro del género *Brycon* el cual está compuesto por más de 40 especies que se distribuyen entre América del Sur y Central (Howes, 1982). Dentro de este género, la especie en mención, habita la región amazónica del Perú. Asimismo, *Brycon erythropterum* es una especie bastante similar a *Brycon cephalus* o Matrinxã, que es ampliamente cultivada en Brasil (Gery, 1977).

Filo: *Chordata*
Clase: *Actinopterygii*
Orden: *Characiformes*
Familia: *Characidae*
Subfamilia: *Bryconinae*
Género: *Brycon*
Especie: *Brycon erythropterum*

FAO (2010) y Fondepes (2017)

Es un pez reófilo que se caracteriza por poseer un cuerpo alargado y comprimido con cabeza pequeña y ancha, dentadura tricúspide en el maxilar superior, dientes de menor tamaño en la mandíbula, vientre y extremos de los lóbulos de la aleta caudal con tonalidad rojiza, al igual que la aleta adiposa y en menor medida las demás aletas y opérculo (Produce 2015). Presentan, asimismo, una coloración gris azulada en la parte dorsal y los lados de color blanquecino plateado (FAO, 2010).

El aumento de la demanda para el cultivo de esta especie en ambientes controlados responde a su adaptación al cautiverio y la aceptación de alimentos artificiales, por su valor comercial tanto de origen vegetal y animal, ha llevado al aumento especialmente en las granjas de acuicultura; aunque sea posiblemente sobre explotada en algunas partes de su área por ser requerida por su sabor de su carne (come semillas), no se encuentra amenazada. Por tanto, en una evaluación se ha clasificado de menor preocupación (Produce 2015).

Se cultiva en Brasil, Colombia y Venezuela, países en los que se efectúa la reproducción artificial; en el Perú se cultivan los alevinos que se extraen del medio natural, los departamentos donde se cultivan son Loreto, Ucayali, Madre de Dios y San Martín. Las zonas propicias para el cultivo: Amazonía peruana. (Produce 2015).

Las larvas de *Brycon sp.* se encuentran principalmente en el río Amazonas, y posiblemente en otros afluentes con alto contenido de nutrientes. Las fases juveniles viven en la zona de inundación adyacente, en su mayoría bajo las macrófitas flotantes (flotante o sumergido plantas acuáticas). Los adultos se distribuyen a lo largo de las llanuras de inundación, incluyendo los bosques inundables de los ríos de aguas blancas y negras (Reis y Lima, 2009).

La migración de esta especie es compleja. Cerca de Manaus (Brasil) se une a la migración de múltiples especies aguas abajo del río Negro para desovar en el río Amazonas en diciembre y enero, ya que los niveles de agua no comienzan a elevarse. Los embriones y larvas se desarrollan a la deriva del río Amazonas. Después del desove (febrero-marzo) los peces adultos de retorno a los afluentes del río Negro. En el siguiente año (mayo a agosto) estos peces se mueven aguas abajo de nuevo desde el río Negro a otros afluentes pobres en nutrientes en los ríos Amazonas o Madeira, donde permanecen hasta el final de la temporada de lluvias en septiembre. En este momento, se desplazan aguas arriba en los afluentes pobres de nutrientes y en los arroyos del bosque, donde pasan la estación seca antes de la próxima migración de desove (Araujo-Lima y Ruffino 2004).

El estadio larval se da 23 horas después de la fertilización, es esta etapa se observará la disminución del saco vitelino por lo que después de 30 horas de fertilización comenzará la nutrición exógena, donde se puede observar el canibalismo. El *Brycon cephalus* llega al estadio juvenil 48 horas después de la fertilización, se podrá ver entonces que los alevinos presentan estructuras similares a los especímenes adultos, el cuerpo totalmente pigmentado, escamas plateadas y aletas caudales y pectorales bien formadas. (Vergara et al. 2008).

2.1.2 Condiciones ambientales del sábalo cola roja

El sábalo cola roja es una especie que pertenece a los peces de agua dulce, su hábitat comprende las cuencas Amazónicas del Perú y Brasil. Las condiciones óptimas para su desarrollo están determinadas por la calidad del agua; debe poseer características adecuadas lo cual implica la interrelación de factores físicos (temperatura, turbidez, transparencia)

(PRODUCE 2006). La transparencia o claridad del agua permite mayor o menor penetración de la luz, factor indispensable para el desarrollo de los microorganismos, que no se pueden ver a simple vista. Por otro lado la turbidez afecta la habilidad de los peces para encontrar y alcanzar el alimento, perdiéndose en el fondo e incrementando a la vez el material orgánico, que en algún momento puede contaminar el agua (Fondepes 2018).

Otro factor determinante para el crecimiento, reproducción y vida de los peces, es un adecuado rango de temperaturas que van desde los 20°C a 32°C; sin embargo, la temperatura óptima para el cultivo de sábalo, gamitana, paco y otros peces amazónicos es de 26 a 30 °C, excepcionalmente estos peces pueden soportar hasta 36 °C pero por poco tiempo, siendo la ideal para sábalo de 28 °C con una media de 26 °C (Palacios y Ceballos 2012).

Según señala Uchôa et al. (2004) los parámetros de calidad de agua monitoreados durante un estudio experimental mostraron las siguientes variaciones: la transparencia de 85 a 100 cm; temperatura de temperatura entre 27.5 a 29.7 °C, pH 5.5 a 6.3 y oxígeno disuelto 3.6 a 6.1 mg/L (Izel et al, 2004). Estas características fueron favorables para que los peces realicen todas sus actividades metabólicas.

Asimismo, de acuerdo con Fondepes (2017) en investigaciones realizadas en *Brycon amazonicus* se han registrado las condiciones ambientales y características físico-químicas en las cuales se logra su óptimo desarrollo (Tabla 1).

Tabla 1: características físico-químicas del agua de cultivo de sábalo (*Brycon amazonicus*)

Parámetros	Unidad	Rango
Temperatura del agua	°C	26 - 31
Pluviosidad	mm	>250
Transparencia	cm	30 - 60
Oxígeno disuelto	mg/l	>3.0
pH	Unidades	6.0 – 8.0
Amonio	mg/l	< 0.02

Fuente: Fondepes (2017)

2.1.3 Morfología digestiva y hábitos de alimentación del sábalo cola roja.

El tracto digestivo de los peces es muy variado y depende básicamente del tipo de alimentación y del medio donde habita.

El Género *Brycon* posee la boca en la parte terminal, tomando como ejemplos al *Brycon hilarii* (Oliveira et al. 2012), *Brycon siebenthalae* y *Brycon orbignyanus* (Maciel et al. 2010), una característica común en los peces carnívoros, probablemente la boca en esa posición facilite la captura de la presa. Los dientes están dispuestos en una serie de tres, son gruesos y multicuspidados, las hendiduras branquiales son más gruesas, más separadas entre sí y en menor número. Aun siendo una especie omnívora, la dentición oral está bien desarrollada, este tipo de dentición probablemente sirve para la preparación pre-digestiva de alimentos de origen vegetal y para capturar de alimentos de origen animal (Silva 2007).

El *Brycon sp.* “Cristalino”, tiene la cavidad peritoneal larga y ancha, presentándose ovalada en la sección transversal craneal y ligeramente comprimida en la parte caudal, donde la mayoría de los órganos tienden a estirarse hacia atrás, similar a lo que ocurre en el *Brycon lundii* (Silva 2007). El tracto digestivo se puede dividir en dos segmentos: intestino anterior (esófago y estomago), y el intestino medio, siendo este último subdividido en, bolsa intestinal en la región proximal, tubo rectilíneo con pliegues transversales en la región media y el intestino estrecho en la región distal, con pliegues longitudinales paralelos en el segmento rectal, además de la presencia de ciegos pilóricos (Freitas 2010).

El sábalo cola roja tiene hábito alimenticio omnívoro con preferencia por lo vegetal, se alimenta de abundantes frutos y semillas que captura con sus dientes tricúspides a quincúspides. Posee además dientes faríngeos para triturar las semillas, que serán dispersadas en el bosque inundado, ayudando a la reforestación natural. En estadios juveniles es carnívoro, alimentándose de insectos, peces, crustáceos, entre otros (Berra 2001).

El pez sábalo almacena en su estómago poco alimento, posee células secretoras de mucus, ácido clorhídrico y pepsina que mantienen el PH entre 2 y 5. Estos peces son llamados sustrato dependientes, ya que tienen la capacidad de alterar la estructura y las propiedades de absorción de su sistema digestivo, en respuesta a los cambios en su alimentación (Rotta 2003).

Su dieta es rica en frutos, semillas, restos vegetales, insectos crustáceos y peces. A edades tempranas son propensos al canibalismo, es por ello que en un estanque de cultivo deben ser ubicados con peces de tamaño similar, así mismo se ha determinado que en estas condiciones hacen una buena conversión de los alimentos secos que les son suministrados (Santamaria 2014)

En un estanque de cultivo, el primer alimento externo de algunas especies del género *Brycon* como por ejemplo la dorada (*Brycon sinuensis*), el yamú (*Brycon amazonicus*) y la piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) es el zooplancton, compuesto principalmente por: protozoarios, rotíferos, cladóceros, copépodos, entre otros organismos. Durante su transformación de larva a alevino el bocachico muestra preferencia por grupos de zooplancton como los protozoarios/rotíferos (Lamadrid & Arroyo 2005); mientras que la Dorada prefiere cladóceros, juveniles y adultos de copépodos y ostrácodos (Ramos y Trujillo 2006).

2.1.4 Requerimientos nutricionales.

El contenido de proteína en las dietas de peces comerciales es generalmente más alta que para la mayoría de los animales domésticos, que van desde 30% a más del 50% de proteína cruda por peso seco (Kikuchi, 1999). El nivel óptimo de proteína promueve el crecimiento eficiente y recambio de proteínas (Refstie et al., 2000). Algunos autores consideran que los peces utilizan carbohidratos de la dieta deficiente cuando se utilizan fuentes de proteína y grasa para abastecer la demanda de energía (Peragón et al. 1999).

Borba et al. (2006) presentaron un estudio donde evaluaron los efectos de cinco concentraciones de energía y dos relaciones entre carbohidratos y lípidos, en el rendimiento y composición corporal del piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). Encontraron que 3.16 Mcal es la concentración de energía más adecuada para 30% de proteína cruda en dietas de piracanjuba cuando se crían en cautiverio, ya que permite una alta ganancia de peso, así como la utilización satisfactoria del alimento y deposición de grasa corporal. Vergara et al. (2016), encontraron un valor mayor al evaluar cinco niveles de energía digestible en dietas isoproteicas en sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*), estableciendo como requerimiento 3.49 Mcal de ED/Kg de alimento.

Aguirre y Muñoz (2015) realizaron un estudio con el objeto de evaluar dos niveles de proteína en juveniles de sabaleta (*Brycon henni*), utilizando dos dietas semipurificadas con niveles de proteína de 24 y 26 por ciento, obteniéndose que el tratamiento con proteína del 24 por ciento mostró mejores resultados en las características de ganancia de peso porcentual, la tasa de eficiencia proteica y los factores de conversión alimenticia. Por otro lado el alimento con nivel de proteína del 26 por ciento presentó mejores valores en referencia a la tasa específica de crecimiento, índice hepatosomático, índice viscerosomático, consumo

diario de alimento y consumo diario de proteína/pez. No obstante, estos resultados no arrojaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para ninguna de las variables estudiadas .

Por su parte los resultados obtenidos por Uchoa et al. (2004) provando cinco niveles de proteína cruda (16, 19, 22, 25 y 28 por ciento) en las dietas hipocalóricas (EB = 390 kcal / 100 g) en respuestas metabólicas de matrinxá (*Brycon cephalus*), muestran que la dieta que contenía el nivel de proteína bruta de 28 por ciento promovió la mayor ganancia de peso, una mejor conversión del alimento y un mayor crecimiento corporal entre los niveles evaluado. Indicando así, que este nivel de proteína reunió de manera satisfactoria las necesidades de proteínas de esta especie en las condiciones de este experimento.

Lopez et al. (2004) utilizando dietas semipurificadas en un esquema factorial AxB siendo el factor A = 17, 21 y 25 por ciento de Proteína y el factor B= 2.6, 2.9 y 3.2 kcal ED/ g en *Brycon siebenthalae*, tuvo como resultado, que el mayor crecimiento fue el correspondiente a la combinación de 21 por ciento de proteína con 3.2 kcal/g, con puntos de inflexión para la energía de 2.9 kcal/ g y para la proteína dependiente del nivel energético. El consumo fue inversamente proporcional al nivel proteico sin efecto de la energía en su comportamiento. La eficiencia proteica y su retención en tejidos fue superior en las dietas con el 17 por ciento de proteína y 3.2 kcal/g. Todos los índices mostraron tendencia a mejorar su comportamiento con los niveles energéticos más altos.

En alevines de *Brycon orbignyanus* los resultado que reportan Sá & Fracalossi (2002) sobre la evaluación de distintos niveles de proteína bruta comprendidos entre 24-42% de este nutriente, muestran que las dietas con 29 por ciento incrementaron el peso de los alevines, y que el desempeño (crecimiento y supervivencia) de los alevinos no se alteró cuando los niveles de proteína bruta subieron hasta 42%, además determinaron que la relación ideal de fue 10.4 kcal EM/g PB. Por otro lado, el *B. orbignyanus* gana más peso cuando es alimentado con dietas que contienen 9 por ciento de fibra bruta, a pesar de este porcentaje es superior al convencionalmente empleado (cerca de 3 por ciento), con esta dieta se obtuvo bajos niveles de grasa en la carne, sin perjuicios en el desempeño zootécnico (García et al. 1999).

De Borba et al. (2003), realizaron una investigación sobre el crecimiento y composición corporal de Piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) alimentados con dietas preparadas combinando dos niveles de proteína (30% y 32%) y tres niveles de lípidos (5.5%, 8.8% y 12.1%). Encontrándose que, un aumento de 5,5% a 12,1% de los lípidos en la dieta, a una

concentración de proteína de la dieta de 30% o 32%, favorece la acumulación de grasa corporal en alevines piracanjuba con ninguna mejora en el crecimiento, lo que sugiere que el requisito de lípidos para esta especie debería ser 5% o menos, cuando son criados para fines comerciales.

Por otra parte, los efectos del aumento de proteína en la dieta estudiados en matrinxã, (*Brycon cephalus*), donde cuatro dietas hipocalóricas fueron formuladas para contener 20, 27, 34 y 41 por ciento de proteína cruda (PC). Se encontró como resultando que los niveles de glucosa en plasma aumentaron significativamente, mientras que los triglicéridos se redujeron significativamente en el tratamiento con 41 por ciento de PC. Los ácidos grasos libres se redujeron significativamente en cada nivel de aumento de PC, los aminoácidos del plasma y amonio aumentaron con el contenido de PC de la dieta, se redujeron los ácidos de glucógeno hepático y amino; la glucosa en el hígado y el lactato fueron constantes, y amonio aumentaron con el PC en las dietas.

1.2 Harina de pescado.

1.2.1 Aspectos generales

El Perú destaca por su producción de harina de pescado, de acuerdo con (PRODUCE, 2015), nuestro país aporta el 30% de la producción total a nivel del mundo. Este insumo está elaborado principalmente en base a anchoveta y sardina enteras, asimismo, en la elaboración de harina de pescado de menor valor económico se utilizan los subproductos de la industria del enlatado y congelado (Kleeberg y Rojas 2012).

Zaldivar (1994) por su parte, acota que el producto final para ser considerado aceptable dentro de los estándares de calidad y rendimiento, es influenciado, en gran medida, por las características que presenta la materia prima utilizada; la cual influye; en el proceso productivo y el rendimiento de la producción; siendo esta una de las principales razones para la realización de pruebas que evalúen la composición (humedad, proteínas, grasas y cenizas), el grado de frescura y la acidez libre de la especie o especies a utilizar.

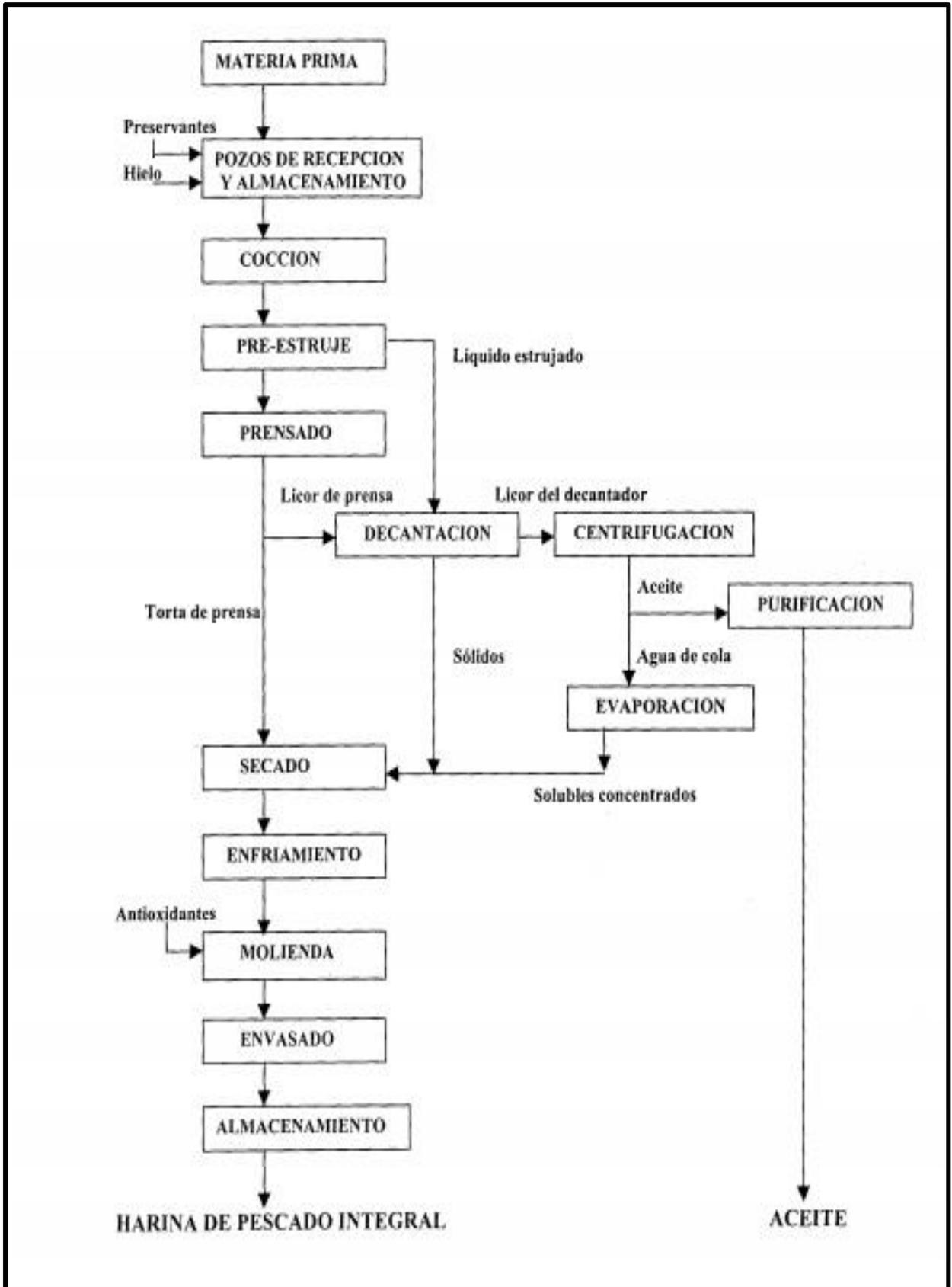
1.2.2 Obtención de la harina de pescado

Su obtención se realiza por medio de un proceso que implica el cocimiento de la materia prima, deshidratación y desintegración (Luchini y Wicki 2014); de esta forma; dependiendo

de los parámetros tenidos en cuenta en este proceso, del tipo de insumo utilizado(s) en su preparación y de los aditivos adicionales como ácidos orgánicos e inorgánicos para mantener la inocuidad y evitar la rancidez; se determina la calidad del producto final.

Su procesamiento o elaboración (figura 1) consta, en términos generales, de una secuencia de procedimientos entre los que destacan la cocción, para la coagulación de las proteínas; la liberación del aceite contenido; la esterilización de la materia prima; el prensado, en la que se separa el agua y el aceite de los sólidos; y finalmente los procesos de secado, molido y empaque (Vásquez-Torres et al. 2010).

Figura 1: Diagrama de flujo de la elaboración de la harina de pescado



Fuente: Silva (2003)

1.2.3 Clasificación de la harina de pescado.

La harina de pescado puede clasificarse de acuerdo a la calidad y al proceso de elaboración; harina estándar común y corriente, es la harina de pescado graso que se ha incorporado el total de solubles provenientes de esa materia prima (ININTEC, 1982). Una manera bastante usual de esta clasificación se da en función a su calidad nutricional, especialmente a su contenido proteico. Asimismo, son considerados para su clasificación criterios tales como la materia prima utilizada, el lugar de procedencia, el contenido de lípidos o el tratamiento térmico empleado (Sandbol 2014).

La industria pesquera en nuestro país, así como en los países de Dinamarca, Chile, entre otros, clasifica a la harina de pescado en tres categorías de acuerdo al su valor biológico. Esta clasificación según la FAO (1998) corresponde a la calidad estándar, prime y súper prime (Cuadro 1, FAO 1998); las cuales se diferencian principalmente en su composición proteica y contenido de histaminas. Así mismo, el costo de cada una de estas calidades es variable, entendiéndose que aquellas harinas con menor contenido de histaminas y mayor nivel de proteínas son las más apreciadas (Kleeberg y Rojas 2012).

Cuadro 1: Clasificación de la harina de pescado según su calidad

Nutriente	SUPERPRIME	PRIME	ESTANDAR
PROTEINA	68% min	67% min	65% min
GRASA	10% máx.	10% máx.	12% máx.
HUMEDAD	10% máx.	10% máx.	10% máx.
SAL Y ARENA	4% máx.	4% máx.	5% máx.
CENIZA	16% máx.	16% máx.	18% máx.
HISTAMINA	500 ppm máx.	1000 ppm máx.	5000 ppm máx.

Fuente: FAO (1998)

Las harinas prime y superprime se caracterizan por tener mayores niveles de digestibilidad frente a otras calidades de este insumo y en general frente a otros insumos sustitutos. Este tipo de harinas, asimismo, se caracterizan también por la ausencia de patógenos como *Salmonella*, *Shigella* y hongos, esto a su vez, genera un producto libre de contaminantes producidos por estos microorganismos. (Sandbol 2014).

El costo entre las calidades mencionadas también está influenciado por los procesos de la producción, al igual que por el tipo de maquinaria utilizada, dado que para elaborar el tipo de harinas de mayor calidad se requiere de optimizar operaciones a nivel de la cocción, prensado, secado y almacenamiento. Asimismo, las harinas prime y superprime son menores en contenido de nitrógenos básicos volátiles, aminos biogénicos e histaminas en relación a la harina estándar (Alberecht y Salas 2001).

1.2.4 Valor nutritivo de la harina de pescado.

La producción de la harina de pescado tiene múltiples insumos que pueden ser usados en su elaboración, los mismos que serán determinantes para la composición del producto final. Las harinas obtenidas según las variedades de pescado, tienen en su composición un alto contenido en grasa y gran variación en el contenido de cenizas y proteínas (Sandbol 2014).

El valor nutricional de la harina está influenciado por el tipo de pez que se emplee en su producción. Es así que, la harina de Arenque tiene en promedio 72% de proteínas y 10% en cenizas; frente a un 65% en proteínas y 20% - 16% en cenizas pertenecientes a los pescados blancos y de origen sudamericano. De otro modo se afirma que determinadas condiciones en la elaboración del producto y adecuado almacenamiento influyen de manera directa en la composición del mismo (FEDNA 2013).

El componente más importante en la composición de la harina de pescado es la proteína, esta tiene aminoácidos esenciales que son altamente digestibles y una reducida antigenicidad, ideales para la dieta de animales jóvenes. Otro de los componentes que son una buena fuente de energía son las grasas las cuales deben encontrarse en un rango de 10-12%, valores más altos podrían causar problemas de fluidez. En lo referente al contenido de cenizas de acuerdo con Miles y Chapman (2015), presenta valores que oscilan entre 17 a 25 por ciento, y de esta, aproximadamente el 45 por ciento lo constituyen el calcio y fósforo altamente disponible, a su vez aporta microminerales importantes como Se, Zn, Cu, Fe y Zn, que actúan como elementos coadyuvantes (cooperadores) en los procesos enzimáticos (Sandbol 2014).

El contenido de vitaminas es muy variable y en cuanto a las liposolubles es relativamente bajo debido a su eliminación durante la extracción del aceite, pero es una fuente rica en vitaminas del complejo B (especialmente colina, biotina, riboflavina, ácido pantoténico y

B12), además es la única fuente que contiene cantidades importantes de vitamina D (FEDNA 2013).

La harina de pescado contiene entre 49.4 y 61.1 mg/100g de betaína en el musculo fresco (de 0.18 a 0.22 g. en harina de pescado con 8 por ciento de humedad), 8 g/100g de ácido glutámico y 5 g/100g de glicina (USDA, 2004).

La grasa de pescado es fuente rica de fosfolípidos, esfingolípidos y precursores de la vitamina D; presenta un perfil de ácidos grasos formados por una mayor proporción de la serie no saturada a razón de 1.36:1 de insaturados a saturados. Contiene ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (omega-3) tales como el ácido eicosapentanoico EPA (20:5 ω -3) docosahexaenoico DHA (22:6 ω -3) linolénico (18:3 ω -3). Las harinas del pescado y de los crustáceos, son particularmente atractantes para las peces y camarones y no existiría en la actualidad problemas de palatabilidad para estos alimentos (Fenucci et al. 1980 y Guillaume et al. 2004). Por el contrario, su inclusión como atacantes dentro de la formulación de los alimentos implica ciertos problemas debido a la variabilidad del producto, en cuanto a su composición y capacidad de atractabilidad, determinada por la especie utilizada, la posición geográfica de pesca, el estado fisiológico en la captura, el manejo postcaptura y el tipo de procesamiento, entre otros aspectos (Galindo, 2007).

Los compuestos químicos dotados de poder atractante se agrupan en tres grupos principales: los aminoácidos de la serie L, la betaína (en crustáceos y calamares) y finalmente los nucleótidos (en la harina de pescado). Los atractantes al estar en contacto con las papilas gustativas de la boca y la lengua de los peces, envían señales de origen externo al hipotálamo, esta reacción incita al consumo del alimento y posteriormente estimula el prolongado consumo del mismo (Guillaume et al. 2004). Investigaciones recientes han determinado que los L-aminoácidos, la betaína y las sustancias purificadas de extractos marinos de peso molecular inferior a 700 Da, son los mayores efectores del comportamiento alimenticio y en menor grado, los nucleótidos, nucleósidos, ácidos grasos, compuestos lipídicos y algunos azúcares y en general los moluscos presentan la mayor atractabilidad en comparación a otros insumos de origen marino (Cuenca y García, 1987; Carr et al. 1996 y Galindo, 2007).

La atractabilidad de los aminoácidos, de los nucleótidos y nucleósidos es específica para cada especie. Aunque es difícil generalizar sobre la base de la evidencia disponible, el ácido glutámico es eficaz en peces herbívoros, mientras que la prolina y glicina, además, la inosina monofosfato,

adenosina difosfato, monofosfato de guanina y uridina monofosfato, son altamente eficaces en peces carnívoros (Yahida y Suresh, 2003).

La betaína es la forma oxidada de la vitamina colina (Kasper et al. 2000), ha sido clasificada como una amina cuaternaria, puede ser encontrada en un gran número de organismos, especialmente en especies marinas y en algunas plantas, además es considerada como un componente importante del sabor de carne de peces y crustáceos (Guerín, 2000) y juega un papel importante en el metabolismo celular, contiene tres grupos metilo, los cuales puede donar, particularmente en la metilación de la homocisteína para la síntesis de metionina, carnitina, fosfatidil colina y creatina, sustancias que son claves en el metabolismo de proteínas y energía (Polat y Beklevik, 1999 y Guerín, 2000).

De acuerdo con Luchini y Wicki (2014), la harina de pescado constituye la fuente proteica de mayor beneficio para los organismos acuáticos debido a su alto contenido de este nutriente (62 a 70%), su contenido de los aminoácidos esenciales acorde a las necesidades del pez y su contenido de otros elementos como Zinc, Hierro, Selenio y Cobre; asimismo, su digestibilidad en estos organismos es superior a la de otros insumos proteicos. En el Cuadro 2 se muestra el valor nutritivo de la harina de pescado (NRC, 2011).

Cuadro 2: valor nutritivo de la harina de pescado

Análisis proximal (%)	
Humedad	7.0
Cenizas	14.3
Proteína cruda	65.4
Extracto etéreo	9.5
Materia seca	92
Grasa cruda	7.6
Grasa verd. (%EE)	84
Fibra bruta	1.0
FND	0.8
FAD	0.5
LAD	0.1
Almidón	0.0
Azúcares	0.0
Minerales (%)	
Calcio	3.73
Fosforo	2.43
sodio	1.10
Potasio	0.90
Magnesio	0.24
Azufre	0.54
Cobre	9.03
Hierro	220.0
Manganeso	9.50
Selenio	1.36
Zinc	103.0
Cloro	1.0
Aminoácidos (%)	
Arginina	3.68
Histidina	1.56
Isoleucina	3.06
Leucina	5.00
Lisina	5.11
Metionina	1.95
Cisteína	0.66
Fenilalanina	2.66
Tirosina	2.15
Treonina	2.82
Triptófano	0.76
Valina	3.51
Vitaminas (mg/kg)	
Biotina	0.23
Colina	4.408
Folacina	0.20
Niacina	100.0
Ácido pantoténico	15.0
Vitamina B ₆	4.64
Riboflavina	7.1
Tiamina	0.10
Vitamina A	-
Vitamina D	-
Vitamina B ₁₂	352.0
Vitamina E	5.0
Vitamina K	2.20

Fuente: NRC (2011)

1.3 Digestibilidad

1.3.1 Aspectos generales

La digestibilidad es uno de los factores más importantes a tener en cuenta a la hora de suministrar un alimento a una determinada especie. Se define como un parámetro que mide la cantidad o porcentaje de un nutrimento que es digerido en su paso por el tubo gastrointestinal. Su determinación se hace posible en base a diferentes técnicas, sin embargo, básicamente consiste en suministrar a un animal una determinada cantidad de alimento, de la cual se conoce su composición, y posteriormente analizar las heces del animal (Shimada, 2009).

De manera similar, Manriquez (1994) define a la digestibilidad como una medida del aprovechamiento de un insumo, en la medida en que este es transformado en compuestos útiles para el mantenimiento y desarrollo del individuo que lo consume, haciéndose determinante este factor a la hora de formular los alimentos para las diferentes especies de producción animal. Constituye por tanto una adecuada medida de la calidad tanto para los nuevos insumos que van a incorporarse a las dietas de producción, así como para evaluar los insumos tradicionales en especies que se vienen incorporando a su producción en cautiverio (Au Díaz, 1996).

1.3.2 Métodos para la determinación de la digestibilidad

El principio de medida implica el conocimiento de la ingestión y de la emisión fecal. Existen varios métodos para la determinación de la digestibilidad, sin embargo, los métodos que más se ajustan a los peces son los siguientes:

a) Método directo: implica la medición de la totalidad del alimento ingerido y de las heces emitidas, correspondientes a una o varias comidas. Se puede utilizar para ello una cámara metabólica en la que el principio utilizado es el mismo que para los animales terrestres. No obstante, también es adecuado cualquier otro método para recoger las heces siempre que permita una cuantificación total de las materias fecales de la ración alimenticia distribuida a los peces (Guillaume et al. 2004).

Una de sus ventajas es que puede ser usado para evaluar dietas vivas, cuantificando los nutrientes aportados por la dieta y excretados en las heces, y por diferencia obtener el

porcentaje de nutrientes asimilado por el organismo. La mayor desventaja de este método, es la necesidad de recolectar la totalidad de la materia fecal excretado por los peces, lo que en la realidad es muy difícil de lograr, además que se presenta el inconveniente que no todos los elementos excretados corresponde a los incorporados por la ración diaria de alimento (Guillaume et al. 2004).

b) Método indirecto: no implica la medición de la totalidad de la ingestión alimenticia ni de la emisión fecal. Su originalidad reside en la utilización de un marcador inerte no digestible y no absorbible incluido en los alimentos o incorporado a la dieta. Por sus particulares propiedades, esta sustancia después de haber transitado en el bolo alimenticio se recupera totalmente en las heces (alimento ingerido x contenido de marcador en el alimento = heces excretadas x contenido de marcador en las heces). El aumento de la concentración del marcador, en comparación con la de los nutrientes, permite cuantificar la desaparición de estos nutrientes y esta desaparición se equipará a la absorción. El marcador más frecuentemente usado es el óxido crómico que es incorporado al alimento y luego analizado en él y en las heces (Gutierrez et al. 2009).

La principal ventaja del método con indicador es la no necesidad de una recolección total, sino que basta una muestra tomada al azar que contenga el indicador. Una de las desventajas este método es la lixiviación que sufren las heces al estar en contacto con agua circulante. Al respecto es necesario ser muy uniforme en la realización de todos los procedimientos de manera que todas las muestras sufran el mismo grado de lixiviación y los resultados continúan siendo válidos, porque son comparativos (Fox y Lawrence 2008).

1.3.3 Factores que influyen en la digestibilidad de nutrientes y energía en peces de agua dulce.

La digestión depende de tres factores principales: a) el alimento ingerido y el grado al cual es susceptible a los efectos de las enzimas digestiva, b) la actividad de las enzimas digestivas, c) el tiempo que está expuesto a dichas enzimas. Cada una de estos factores principales es influido por una multitud de factores secundarios algunos de los cuales se relacionan con el pez en si, como especie, edad, tamaño, y estado fisiológico; otros están asociados a las condiciones medioambientales, como temperatura del agua, y otros más se relacionan con el alimento, como composición, tamaño de partícula y cantidad ingerida. Los más importantes

de estos factores y efectos sobre la digestibilidad merecen un análisis más detallado (Guillaume et al. 2004).

El coeficiente de digestibilidad puede variar entre especies debido tanto a las diferencias en el aparato digestivo y sus enzimas. Según NRC (1993) las variaciones entre especies de peces en la digestibilidad de proteínas y de lípidos son pequeñas, pero son mucho más pronunciadas las variaciones en la digestibilidad de carbohidratos, en especial el almidón, ya que los peces carnívoros digieren esta sustancia en mucho menor medida que los peces omnívoros y herbívoros.

La actividad enzimática puede variar con la edad del pez, las actividad proteolítica y amilolítica de la trucha son más bajas en las primeras fases del desarrollo que en las fases posteriores. Esto puede afectar los coeficientes de digestibilidad (Hepher 1988).

Los peces cuyo equilibrio fisiológico se encuentren alterados debido a manipulación excesiva o enfermedad, pueden presentar trastornos digestivos. La inanición por lo general reduce la capacidad hidrolítica del intestino al disminuir la actividad de las enzimas digestivas. Paralelamente con las variaciones estacionales, la actividad de la enzima digestiva, puede presentar variaciones en la capacidad digestiva de los peces.

Un aumento en la temperatura puede incrementar tanto la secreción y la actividad de las enzimas e influye en la rapidez de absorción de los nutrientes digeridos, a través de la pared intestinal. Sin embargo, mientras mayor sea la temperatura más rápido será el transporte del alimento y más corto el tiempo de exposición a las enzimas digestivas. Cho (2001) demostraron que el coeficiente de digestibilidad de un alimento prueba, para truchas arco iris no variaba a un intervalo de temperatura de 9°C a 15 °C, pero aumentaba ligeramente cuando la temperatura se elevaba a 18 °C.

Cañas (1998) observó que la digestibilidad de la materia seca, energía y la proteína para la trucha arco iris disminuía linealmente al aumentar la salinidad del agua. Podría ser un efecto directo del contenido de sal o un efecto indirecto de la alteración del equilibrio fisiológico del pez.

Los alimentos de origen vegetal son digeridos en menor grado que los de origen animal, ya que las células vegetales poseen una pared celular que les da gran resistencia y dificulta la penetración de las enzimas digestivas. Además, la digestibilidad también puede ser afectada

por la forma del alimento y como se le procese. Es así, que demostraron que las algas secadas al sol son menos digeribles que las desecadas en un tambor de vapor. Ya que al parecer en el tambor de vapor se rompe la pared celular del alga y expone el contenido de las células a la acción de las enzimas, mientras que la deshidratación lenta al sol puede causar el engrosamiento y endurecimiento de dichas paredes. Lo cual protege el contenido celular contra las enzimas (Hepher 1988).

Nose (1978) demostró que la digestibilidad de los lípidos depende de la composición y el nivel de saturación de estos, disminuye al aumentar el número de átomos de carbono en la cadena de ácido graso y se incrementa con el número de dobles enlaces.

1.4 Energía digestible

Bernuy (1999) define la energía digestible como aquella energía aprovechada por el animal, el estudio de esta es de vital importancia para el aprovechamiento de las dietas a tratar, ya que parte de la energía se pierde en las porciones no digeridas del alimento. Se calcula restando la energía bruta (EB) menos la energía contenida en las heces, dicha diferencia nos permite hallar la energía digestible (ED).

Cañas (1998) por su parte señala que una porción de esta energía tiene su origen en la energía bruta de un alimento, la cual está conformada por el producto de sus constituyentes químicos, básicamente carbohidratos, lípidos y proteínas, que además al no ser reabsorbidos por los fluidos intestinales y células descarnadas de la mucosa intestinal, dan lugar a la denominada energía metabólica fecal (EMF). De este modo la energía digestible real está dada por la diferencia entre la energía digestible aparente y EMF, la misma que representa lo que ocurre con el alimento después del proceso de la digestión, la energía metabólica fecal es parte del requerimiento energético del animal, por lo que se usa preferentemente el valor de ED aparente.

Viraes (2008) expresa el valor de la energía digestible aparente, mediante la siguiente fórmula:

$$ED = CDA E^{\circ} \times EB$$

Para lo cual:

ED = Energía digestible del ingrediente o dieta.

EB = Energía bruta del ingrediente o dieta (determinada por bomba calorimétrica).

CDA E = Coeficiente de digestibilidad aparente de la energía del ingrediente o dieta.

1.5 Evaluaciones de digestibilidad de nutrientes y energía digestible en peces de agua dulce.

En el campo de la acuicultura se han hecho diversos estudios sobre la calidad de este parámetro, tanto en su aprovechamiento por el animal, así como en la respuesta productiva que ha generado su empleo (Cruz Suárez et al. 2008).

Así, entre la revisión de literatura que evalúa esta variable, se tiene los resultados de Vásquez-Torres et al. (2013), en la cual se reportan valores para el CDA de 76.2; 85 y 84 por ciento para la materia seca, proteína y energía digestible, respectivamente, en la harina de pescado evaluada en la cachama.

Por su parte Vásquez-Torres et al. (2010) Reportan resultados similares en otra especie de agua dulce como la tilapia, en la que las evaluaciones de determinación de los CDA de la harina de pescado muestran resultados similares al estudio anterior para el caso de la proteína, la cual fue de 84.2 por ciento, sin embargo, los coeficientes obtenidos para la materia seca y energía digestible fueron menores, 59.4 y 77.8 por ciento, respectivamente.

Asimismo, en estudios evaluando harina de pescado peruana en especies como la gamitana (*Colossoma macropomum*) se han encontrado valores del coeficiente de digestibilidad aparente de 88.06, 87.08, 85,87 y 87,29 por ciento para materia seca, proteica cruda, lípidos crudos y energía bruta, respectivamente. Cabe a su vez indicar que estos valores fueron superiores los reportados en el mismo estudio para el maíz amarillo duro (Gutierrez et al. 2009).

En sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*) se han realizado estudios sobre la digestibilidad de la torta de soya (Espinoza 2017) encontrándose valores de 60.29, 82.73 y 78.17 para la materia seca, proteínas y energía digestible, respectivamente. Por su parte, al realizar un estudio de digestibilidad aparente de la harina de pescado en la alimentación de *Brycon cephalus* encontró valores 54.49, 88.75 y 67.73 por ciento para materia seca, proteínas y extracto etéreo, respectivamente.

MATERIALES Y MÉTODOS

1.6 Lugar y duración

El trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Investigación de Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC), del departamento de Nutrición de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Agraria La Molina, ubicado en el distrito de La Molina, Departamento de Lima, Perú. El ensayo se realizó en un periodo de 30 días, entre los meses de agosto y septiembre en el año 2016.

La elaboración del alimento balanceado se realizó en la Planta de Alimentos Balanceados del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos. El análisis químico proximal de las dietas y heces se determinaron en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) de la Facultad de Zootecnia. La determinación del óxido de cromo, se realizó en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) del Departamento de Suelos de la Facultad de Agronomía. El calor de combustión, energía bruta, se determinó mediante bomba calorimétrica en el Instituto de Investigación Nutricional (IIN). El periodo experimental duró 30 días, del 15 de agosto al 14 septiembre del 2016.

1.7 Animales experimentales

Se emplearon 24 peces sábalos cola roja (*Brycon erythropterum*) en estadio juvenil, de un peso promedio de 120 ± 4.37 gramos y una talla inicial de 16.43 ± 0.16 cm. procedentes de la Piscigranja Amazonian Aquaculture Service E.I.R.L. de Iquitos. Estos animales fueron distribuidos aleatoriamente en dos tratamientos con tres repeticiones cada uno teniendo así seis unidades experimentales de cuatro animales cada uno.

1.8 Instalaciones, materiales y equipos

Los peces fueron distribuidos en grupos de cuatro dentro de seis acuarios de digestibilidad tipo Guelph, fabricados de fibra de vidrio con capacidad para 54 L de agua.

Las medidas de estos acuarios fueron de 0.47 x 0.47 x 0.50 m, paredes rectas y aristas curvadas $r=6\text{cm}$. El tipo del material es 450 g/m² anhidra, con un espesor hasta 6mm frontis de vidrio translucido de 6mm con medidas de 43 cm. x 55 cm., con base en plano inclinado a 13° para realizar la colección de heces. (Anexo 8). Para el manejo de los sábalos se utilizó mallas SERA para capturarlos, una balanza analógica marca SORES modelo PS 4500.R1 con 0.01g de precisión y capacidad de 4500g, para pesar el alimento suministrado, peso individual de cada sábalo y peso de las heces, también se usó un ictiometro, para medir la longitud de los peces al inicio y final del periodo experimental. En el tratamiento de las heces se utilizó placas petri, mallas metálicas de 100 μm para colectar las heces, estufa y refrigerador.

Cuadro 3: Valores de los parámetros de calidad de agua.

Denominación	Unidades	Valores de calidad
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0.36
Nitritos	mg/L	0.79
Dureza	ppm	155.69
Conductividad eléctrica	mS	3.16
Oxígeno disuelto	Mg/L	5.34
Ph	Unidades de pH	7.39
Temperatura del acuario	°C	28.26
Temperatura ambiental	°C	22.54

Fuente: elaboración propia (2018).

Además, se mantuvo en una buena condición a los ejemplares muestreados, sin lesiones o características que indiquen problemas asociados a patologías. Los registros de calidad de agua se mantuvieron estables durante el periodo de cultivo, los parámetros evaluados estuvieron comprendidos por la temperatura, oxígeno disuelto, pH, dureza, nitritos, nitrógeno amoniacal y conductividad eléctrica (Cuadro 3). Para el presente experimento la temperatura del agua se mantuvo en 28 °C, el pH promedio fue de 7.30, mientras que el nitrógeno amoniacal y los nitritos presentaron el valor promedio de 0.36 mg/L y 0.79 mg/L, respectivamente. Finalmente, la dureza y el oxígeno disuelto fueron de 155.69 ppm y 5.34 mg/L.

1.9 Ingrediente evaluado.

El ingrediente evaluado es la harina de pescado, el cual es un producto obtenido por molturación y desecación de pescados enteros, de partes de éstos o de residuos de la industria de conservas a los que se puede haber extraído parte del aceite. El análisis químico proximal de la harina de pescado, utilizado en el presente estudio biológico tuvo los valores de: materia seca 94.25 %, extracto etéreo 12%, proteína 66% y energía bruta (Mcal/Kg) 4.73. Determinación realizada en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos LENA (2016).

1.10 Programa de alimentación

Los peces fueron divididos en dos grupos, tres acuarios consumieron la dieta referencial y tres acuarios consumieron la dieta prueba, ofrecidas entre las 8.00 am y 6.00 pm, cada acuario fue alimentado a punto de saciedad pellet a pellet, con el fin de asegurar que todo el alimento ofrecido sea ingerido por los peces.

1.11 Dietas experimentales

Se tuvieron dos dietas experimentales con tres repeticiones cada una. En el cuadro 4 se muestran la fórmula de la dieta referencial y la dieta de prueba.

Las dietas a evaluar fueron:

- Dieta referencial (DR): 99.5 por ciento de dieta estándar y 0.5 por ciento de óxido de cromo (Cr_2O_3).
- Dieta de prueba (DP): 30 por ciento de harina de pescado, 70 por ciento de dieta estándar y 0.5 por ciento de óxido de cromo (Cr_2O_3).

La dieta prueba fue preparada a partir de un alimento estándar para Sábalo cola roja, dicha dieta se obtuvo utilizando la formulación al mínimo costo por programación Lineal. En la elaboración se utilizaron insumos comerciales, aditivos tales como carbonato de calcio, premezcla de vitaminas y minerales, inhibidor de hongos y antioxidante. La fórmula de la dieta referencial, así como el valor nutritivo calculado, y la fórmula de la premezcla de vitaminas y minerales se muestran en los cuadros 4 y 5 respectivamente. El óxido de cromo (Cr_2O_3) fue usado como un indicador inerte a una concentración de 0.5 %.

Las dietas se prepararon en la Planta de Alimentos Balanceados del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos de la Facultad de Zootecnia. Ambas dietas se prepararon según los porcentajes descritos a partir de la dieta estándar. Las dietas se fabricaron con una peletizadora Bühler, con un tamaño de partícula de 3.5 mm de diámetro y 5 a 6 mm de longitud, a estas dietas se les agregó humedad con vapor, lográndose una mezcla húmeda para pasar de forma directa por la prensa de la peletizadora. Luego pasaron a una estufa eléctrica a 60° C durante 30 minutos para después ser tamizado con la finalidad de reducir el porcentaje de finos. Los pellets se colocaron en frascos debidamente rotulados y se almacenaron a temperatura ambiente.

Cuadro 4: Fórmula de la dieta referencial y dieta prueba, así como su valor nutritivo calculado.

Ingredientes (%)	Dieta Referencial	Dieta Prueba Hna. Pescado
Torta de soya	36.02	25.16
Maíz	22.89	15.99
Harina de Pescado	19.90	43.90
Harinilla de trigo	16.45	11.48
Aceite de soya	3.30	2.31
Aceite a evaluar	0.00	0.00
Sal	0.40	0.28
Premezcla vitaminas y minerales	0.20	0.14
Cloruro de colina	0.10	0.07
Antifúngico	0.05	0.03
Antioxidante	0.20	0.14
Oxido de Cromo	0.50	0.50
TOTAL	100.00	100.00
Valor Nutricional Estimado		
Mat. Seca %	89.03	89.74
Proteína %	34.83	38.42
Fibra %	2.63	2.93
Grasa %	7.95	5.91
ED Sábalo (Mcal/Kg)	3.43	3.43
Lisina %	2.31	2.58
Metionina %	0.73	0.76
Cistina %	0.44	0.58
Arginina %	2.37	2.80
Treonina %	1.40	1.60
Triptófano %	0.45	0.57
Met. + Cist. %	1.21	1.33
Fen. + Tir %	2.89	3.32
Ac. Gs. N-3 %	1.02	0.76
Ac. Gs. N-6 %	2.20	1.59
Fosf. Total %	0.94	0.90
Calcio %	0.87	0.73
Sodio %	0.40	0.33
Colina (ppm)	2743.91	2744.32
Prot. Dig.	28.74	30.62

Fuente: DSM Nutritional Products Perú S.A. (2016)

Cuadro 5: Fórmula de la premezcla de vitaminas y minerales

Nutriente	Cantidad	Unidad
Vitamina A	9333.3	UI
Vitamina D3	1866.7	UI
Vitamina E	93.3	UI
Vitamina K3	5.3	UI
Vitamina K3	5.3	UI
Tiamina b1	12.0	g
Riboflavina (B2)	13.3	g
Niacina	100.0	g
Ácido Pantoténico	33.3	g
Piridoxina (B6)	10.0	g
Biotina	0.5	g
Ácido fólico	2.7	g
Ácido ascórbico	400.0	g
Vitamina B12	0.0	g
Cloruro de colina	400.0	g
Manganeso	26.7	g
Hierro	13.3	g
Zinc	13.3	g
Cobre	1.0	g
Yodo	1.0	g
Selenio	0.2	g
Cobalto	0.1	g
Antioxidante	80.0	g
Excipientes c.s.p	2000	g

Fuente: DSM Nutritional Products Perú S.A. (2016)

*Composición por 2 Kg. de premezcla.

Cuadro 6: Análisis químico proximal de la harina de pescado

ANÁLISIS	RESULTADOS
Materia seca	94.25
Proteína total (N x 6.25) %	66.00
Grasa (%)	12.0
Ceniza (%)	14.10
ELN (%)	2.60

Fuente: Informe de ensayo LENA – UNALM (2016)

1.12 Manejo experimental

Los juveniles de Sábalo cola roja, a su llegada de Iquitos recibieron un proceso de adaptación en un periodo de tres semanas en acuarios que llevan el mismo nombre, los cuales eran cubiertos para evitar el ingreso de luz, en ese periodo recibieron dos comidas diarias de la dieta estándar y se realizaba con las luces apagadas, con ese manejo se disminuía el estrés de la adaptación.

Los 24 Sábalo cola roja se distribuyeron aleatoriamente en seis acuarios de digestibilidad tipo Guelph, cada uno representa una repetición, por lo que la dieta referencial y la dieta prueba tuvieron tres repeticiones cada una, se llevó a cabo el proceso de adaptación a las dietas experimentales durante tres días, periodo en el cual no se realizó colección de heces.

El alimento fue ofrecido dos veces al día, en la mañana 8:00 am. y en la tarde a las 6:00pm. Para poder asegurar que todo el alimento ofrecido sea ingerido por los peces, se ofreció el alimento pellet a pellet.

3.7.1 Recolección de heces

Al inicio del ensayo, los peces fueron alimentados con las dietas a evaluar durante tres días sin realizar la colección de heces, con la intención de limpiar el tracto digestivo. A partir del cuarto día, una hora después de la última alimentación cada acuario de digestibilidad fue limpiado a fin de eliminar del sistema los residuos de alimentos y heces. Se evacuaba un tercio del agua de los acuarios para asegurar que el proceso de limpieza sea completo.

A las 7:30 am y 5:30 pm del día siguiente, las heces sedimentadas fueron cuidadosa y suavemente extraídas del sistema de colección de heces y pasadas a través de una malla de

100µm para luego ser colocadas en placas petri, eliminando las escamas, para reducir la humedad fueron secadas en una estufa a 60°C por seis horas, e inmediatamente congeladas y almacenadas en sistema de refrigeración. Las heces libres de contaminantes (alimento) se consideraron una muestra representativa de las producidas a lo largo de un período de ocho horas. Este procedimiento fue repetido durante 30 días para recolectar 15 gramos de heces secas por acuario aproximadamente.

1.13 Análisis de laboratorio

Se realizó el análisis químico proximal (AOAC, 2005) para determinar los contenidos de humedad, proteína, lípidos, fibra, ceniza y extracto libre de nitrógeno y la determinación de la energía bruta se cuantificó utilizando la bomba calorimétrica, por el método de ASTM METHOD D-2015-66 (1972) en el Instituto de Investigación Nutricional (IIN). Así mismo las concentraciones de óxido de cromo en las dietas y heces se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica, previa digestión vía seca la cual se realizó por calcinación a 450°C/8h y la disolución en ácido clorhídrico (AOAC, 1990).

1.14 Cálculo de los coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes y energía de las dietas y de la harina de pescado.

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 30 días. Los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) para materia seca, proteína cruda, lípido crudo y energía bruta, fueron determinados utilizando las siguientes fórmulas:

Fórmulas para determinar digestibilidad de las dietas (NRC, 2011).

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

Dónde:

CDA_(d) = es el coeficiente de digestibilidad aparente de la dieta

Cr₂O_{3d} = % de óxido de cromo en la dieta

Cr₂O_{3h} = % de óxido de cromo en las heces

Nd = nutrientes en la dieta

Nh = nutrientes en las heces

Fórmulas para determinar digestibilidad del ingrediente (NRC, 2011).

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

Dónde:

CDA (ing) = coeficiente de digestibilidad aparente del ingrediente

CDA (dp) = coeficiente de digestibilidad aparente de la dieta prueba

CDA (db) = coeficiente de digestibilidad aparente de la dieta basal

a = porcentaje del ingrediente prueba

b = porcentaje de la dieta basal

3.11 Cálculo de la digestibilidad de los nutrientes de la harina de pescado.

Las estimaciones del porcentaje de digestibilidad aparente fueron realizadas sobre la base de la cantidad de heces en cada una de las réplicas colectadas durante 30 días.

En base a los resultados que se obtuvo del análisis proximal de la harina de pescado, se determinó el porcentaje de digestibilidad de los nutrientes. Esto resultó del producto entre la concentración (%) del nutriente en el ingrediente y su coeficiente de digestibilidad aparente, previamente calculado y que se describió anteriormente. Con la siguiente fórmula se obtuvo la digestibilidad aparente de la materia seca, proteína, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno (ELN).

$$DIG. Ingr. (\%) = (Nutr. Ingrid.) * (CDAingr)$$

Dónde:

DIG. Ingr: Digestibilidad de un nutriente en el ingrediente prueba

Nutr. Ingrid: Concentración (%) de un nutriente en el ingrediente prueba (hallado por análisis proximal).

CDAingr: coeficiente de digestibilidad aparente de un nutriente en el ingrediente prueba.

3.12 Cálculo de la energía digestible de la harina de pescado

La energía digestible se determinó hallando previamente la energía bruta de la harina de pescado mediante bomba calorimétrica; posteriormente se multiplicó esta energía bruta obtenida con su coeficiente de digestibilidad aparente, previamente calculado y que se describió anteriormente. El producto obtenido será la energía digestible de la harina de pescado.

$$ED = EB * CDAener.$$

Donde:

ED: Energía digestible del ingrediente prueba

EB: Energía bruta del ingrediente prueba (determinada por bomba calorimétrica).

CDA E°: coeficiente de digestibilidad aparente de la energía en el ingrediente prueba.

3.13 Análisis estadístico.

La información recolectada, se trasladó a una computadora para que pueda realizarse los tratamientos textuales y estadísticos necesarios, se utilizó la estadística descriptiva, empleando valores como promedio, desviación estándar y coeficiente de variabilidad (Calzada, 1982). Utilizando el programa *Ms Excel* 2013 para el procesamiento de los datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.15 Digestibilidad aparente de nutrientes

Los coeficientes de digestibilidad aparente de materia seca, proteína, lípidos, ceniza y extracto libre de nitrógeno de la harina de pescado determinados en el ensayo biológico fueron de 76.41 ± 0.32 ; 90.81 ± 0.49 ; 95.65 ± 4.84 ; 67.42 ± 2.20 y 37.01 ± 11.94 por ciento, respectivamente (Cuadro 7).

Para la materia seca los resultados se muestran superiores a los reportados por Sallum et al. (2002) en *Brycon cephalus*, quienes obtuvieron el valor de 54.49% para el CDA en la harina de pescado. Así mismo en estudios realizados con este mismo insumo en la tilapia roja híbrida (*Oreochromis sp*), Vásquez-Torres et al., (2010), reportaron valores de 59.4 % para la materia seca, mientras que, por su parte, Gutiérrez et al. (2009) y Pezzato et al. (2002) trabajando con juveniles de *Colossoma macropomum* y tilapia del Nilo, obtuvieron valores de 88.06 y 57.46 por ciento, respectivamente.

Con respecto al CDA de la proteína obtenido en el presente estudio se observa que este valor es mayor al reportado por Sallum et al. (2002) y Vásquez-Torres et al. (2010) quienes obtuvieron los valores de 88.75 y 84.2 %, respectivamente, para este nutriente en la harina de pescado. Valores similares en este insumo fueron reportados por Gutiérrez-Espinosa et al. (2011), trabajando con tilapias nilóticas obtuvieron el valor de 90.9 % para el CDA de la proteína cuando utilizaron un 30% de este insumo y el valor de 88.1% al utilizar el 10%. Estudios con la harina de pescado en otras especies de hábitos omnívoros como la cachama (*Piaractus brachipomus*) muestran valores de 85 % para el CDA de la proteína. (Vásquez-Torres et al, 2013).

Para el CDA del extracto etéreo en la harina de pescado la presente investigación reporta mayores valores al obtenidos por Gutiérrez et al (2009), quien trabajando con harina de pescado en *Colossoma macropomum* encontró la cifra 85.87% para el CDA de este nutriente.

Cuadro 7: Contenido nutricional y coeficiente digestibilidad de la harina de pescado.

Contenido nutricional	Base seca
Materia seca (%)	100.00
Proteínas (%)	71.54
Lípidos (%)	9.49
Fibra (%)	0.33
Ceniza (%)	15.74
ELN (%)	2.09
Energía bruta (Mcal/kg)	5.21
Coeficiente de digestibilidad aparente (%)	
Materia seca	76.41 ± 0.32
Proteínas	90.81 ± 0.49
Lípidos	95.65 ± 4.84
Ceniza	67.42 ± 2.20
ELN	37.01 ± 11.94
Energía	78.90 ± 0.03
Nutrientes digestibles	
Materia seca (g)	76.41
Proteínas (g)	64.96
Lípidos (g)	9.07
Fibra (g)	0.02
Ceniza (g)	10.61
ELN (g)	1.07
Energía digestible (Mcal/kg)	4.11

Fuente: elaboración propia (2018).

Por su parte Pezzato et al. (1988), Gaylord y Gatlin (1996) trabajando con alevines de tilapia del Nilo y corvina roja encontraron en la harina de pescado los CDA para extracto etéreo de 96.39 y 67.6 %, respectivamente. En alevines de *Brycon cephalus* se ha reportado el valor de 67.73 % para el CDA del extracto etéreo del insumo mencionado (Sallum et al., 2002).

Así mismo en otros estudios de digestibilidad para el género *Brycon sp*, haciendo uso de otros insumos se determinaron valores para el CDA de materia seca y proteínas respectivamente, de 52.27 y 70.82 % en el maíz; 53.96 y 83.85 % en el salvado de trigo (Sallum et al., 2002). Mientras que en sábalo cola roja haciendo uso de la torta de soya se encontraron los valores de 60.29; 82.73 y 96.16 % para CDA de la materia seca, proteína y extracto etéreo, respectivamente (Espinoza, 2017). Por otro lado, Marchán (2017) evaluó maíz y harinilla de trigo, y obtuvo un valor para CDA de materia seca en maíz de 75.66 por ciento, menor al obtenido en la presente investigación; mientras que para harinilla de trigo el valor de CDA en materia seca fue 52.29 por ciento, menor a lo obtenido en la harina de pescado para esta especie. Esto tiene relación con los niveles de fibra en base seca; harina de pescado, 0.33; maíz 1.68; torta de soya, 4.46 y harinilla de trigo 8.72 por ciento; ya que las altas concentraciones de fibra y ceniza reducen la digestión de materia seca (Gutiérrez et al., 2009).

Evaluaciones realizadas por Vergara et al. (2011) Con torta de soya en Paco (*Piaractus brachyomus*), obtuvieron un CDA 81.84 por ciento para proteína, menor a los resultados de esta prueba para Sábalo cola roja, esto tiene relación con el porcentaje de proteína y carbohidratos de las dietas prueba, ya que las dietas de esta investigación tuvieron mayor porcentaje de proteína y menor de carbohidratos en comparación con las usadas por Vergara et al. (2011), puesto que la digestibilidad de la proteína disminuye a medida que la concentración de carbohidratos en la dieta aumenta (NRC, 1993). El valor obtenido de CDA de la proteína bruta para torta de soya (Espinoza, 2017) fue 82.73 ± 2.72 por ciento, menor al hallado por Sallum et al. (2002) quien obtuvo un valor de 90.53 por ciento en sábalo (*Brycon cephalus*). Valor cercano a lo obtenido en esta evaluación, por el contrario, Barboza (2016) determinó digestibilidad de los nutrientes de la torta de soya (*Glycine max*) en juveniles de Gamitana (*Colossoma macropomum*) y obtuvo para proteína 82.76 ± 0.79 por ciento, menor a lo hallado para Sábalo cola roja.

La diferencia del CDA de los nutrientes de la harina de pescado en los diferentes estudios realizados puede deberse a la diferencia de la estructura y función digestiva de las diferentes especies de peces en las que se determinaron esos coeficientes. Asimismo, la diferencia entre

los CDA de las diferentes investigaciones citadas utilizando la harina de pescado en el sábalo cola roja se deben a la calidad y origen de este, tal es el caso de la harina de pescado, cuya composición nutricional se ve afectada por procesos de oxidación debido a largos periodos de almacenamiento o por sobrecalentamiento (Masumoto et al., 1996). A su vez los diversos resultados que puedan presentarse entre un mismo insumo en la misma especie también pueden deberse al uso de distintas metodologías experimentales (Allan *et al.* 2000). Según Fernandes et al. (2004) los diversos resultados que puedan presentarse entre un mismo insumo en la misma especie también pueden deberse al uso de distintas metodologías experimentales, la frecuencia y tiempo de la colecta de excretas, diferencias en el procesamiento de las materias primas, nivel de uso, dieta de referencia empleada, la ecuación utilizada para el cálculo de los CDA entre otros.

El CDA del extracto etéreo para la harina de pescado fue 95.65 ± 4.84 por ciento, superior al hallado para los estudios realizados en torta de soya, según Sallum et al. (2002) quien obtuvo un valor de 47.08 por ciento en sábalo (*Brycon cephalus*), Barboza (2016) en Gamitana (*Colossoma macropomum*) con un CDA 72.42 ± 1.52 por ciento y Vergara et al. (2011) en Paco (*Piaractus brachyomus*) obtuvieron un CDA de 70.10 por ciento. La concentración de lípidos en la dieta prueba de esta investigación fue menor que las usadas por Barboza (2016) y Vergara et al. (2011), esto podría explicar, al realizar el cálculo de la digestibilidad de las grasas frecuentemente varía cuando la concentración de las grasas es baja (Smith et al; citado por NRC, 1993).

1.16 Energía digestible

El CDA de energía de la harina de pescado encontrado en la presente investigación fue de 78.90 ± 0.03 % determinando con ello el valor de 4.11 Mcal/kg para la energía digestible del ingrediente analizado (Cuadro 7).

Este resultado del CDA de la energía es superior al que obtuvieron Vásquez-Torres *et al.* (2010) cuyo valor fue de 77.8 % al evaluar la harina de pescado en tilapia roja híbrida (*Oreochromis sp*), mientras que la evaluación de este parámetro en la tilapia del Nilo para este mismo insumo resultó en el valor de 75.4 % (Gomes *et al.*, 2012).

En otras especies como la cachama (*Piaractus brachyomus*) se han encontrado valores más elevados para el CDA de energía de 84 % (Vásquez-Torres *et al.*, 2013) y 87% en la gamitana (*Colossoma macropomum*) para la harina de pescado (Gutiérrez *et al.*, 2009). Por

su parte Valbuena-Villareal et al. (2012) encontraron el valor de 96.5 % en capaz (*Pimelodus grosskopfii*). Estos valores resultan mayores al que se encontró en el presente estudio. De acuerdo con Oliveira Filho y Fracalossi, (2006) las diferentes especies difieren en cuanto a la habilidad de digerir este ingrediente, que además puede variar en calidad por ser fabricado con residuos del fileteado o provenir del cuerpo entero del pez. Cuando la harina de pescado es fabricada con el cuerpo entero, los valores de digestibilidad son altos (>80%), tanto para peces omnívoros como para carnívoro.

Según estudios realizados sobre el valor del CDA de la energía en la harina de pescado, se ha determinado que el valor de este coeficiente es variable de acuerdo al nivel de su inclusión en la dieta, Gutiérrez-Espinosa et al. (2011) al evaluar niveles de 10; 20 y 30 % de harina de pescado encontraron valores de 63.9; 53 y 88.5 %, respectivamente, para el CDA de la energía. Así mismo, haciendo uso del 30 % de la harina de pescado en tilapia nilótica se encontró 89.5% para el CDA de la energía (Meurer et al., 2003).

En estudios para determinar el CDA de energía en *Brycon erythropterum* haciendo uso de otros insumos como la torta de soya se han encontrado el valor de 78.17 % para este parámetro (Espinoza, 2017); asimismo trabajando con esta misma especie, Marchan (2017) determinó los valores de 68.92 y 53.29 % para el CDA de la energía bruta en maíz y harinilla de trigo, respectivamente.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de la investigación, se establecen las siguientes conclusiones:

1. La digestibilidad aparente de la harina de pescado, en el sábalo cola roja, para materia seca, proteínas, lípidos, fibra, ceniza y ELN fue de 76.41 ± 0.32 ; 90.81 ± 0.49 ; 95.65 ± 4.84 ; 67.42 ± 2.20 y 37.01 ± 11.94 por ciento, respectivamente.
2. La energía digestible de la harina de pescado, en el sábalo cola roja, fue de 4.11 Mcal/kg en base seca.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la inclusión de harina de pescado en 30 por ciento en la dieta de juveniles de sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*).
2. Se recomienda realizar estudios sobre la digestibilidad aparente y la energía digestible con otros niveles de inclusión de harina de pescado en la dieta de juveniles de sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.O.A.C. 2005. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. .

Aguirre, M; Muñoz, L. 2015. Evaluación de dos niveles de proteína en dietas para juveniles de Sabaleta Brycon Henni. Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales 2:61-68.

Alberecht, M; Salas, A. 2001. El pescado y la histamina (escombrotóxina). Infopesca internacional 8:20-26.

Allan GL, Parkinson S, Booth Ma, Stone DAJ, Rowland SJ, Frances J, and Warner-Smith R. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. Aquaculture 2000;186:293-310.

Araujo-Lima, C; Ruffino, M. 2004. Migratory Fishes of the Brazilian Amazon. .

Au Díaz, N. 1996. Elaboración de harina de pescado de alta calidad. Concepción, CL, s.e. p. 36.

Barboza, C. 2016. Determinación de la digestibilidad de nutrientes y la energía digestible de la torta de soya (*Glycine max*) en juveniles de gamitana (*Colossoma macropomum*). Tesis ing. Zoot. Lima. PE. UNALM. Sin publicar.

Bernuy, H. 1999. Determinación de la energía metabolizable y digestible del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo en cuyes (*Cavia porcellus*).

Berra, T. 2001. Freshwater Fish Distribution. Academic Press, San Diego, California. .

BORBA, M. R., FRACALOSI, D. M. y PEZZATO, L. E. 2006. Dietary energy requirement of piracanjuba fingerlings, *Brycon orbignyanus*, and relative utilization of dietary carbohydrate and lipid. Aquaculture Nutrition, 12(3), 183-191.

Cañas, R. 1998. Alimentación y Nutrición Animal. .

Cho CY, and Bureau DP. A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. *Aquaculture research* 2001;32:349-360.

Cruz Suárez, LE; Villarreal Colmenares, H; Tapia Salazar, M; Nieto López, MG; Villarreal Cavazos, D a.; Ricque Marie, D. 2008. *Manual de Metodologías de Digestibilidad in vivo e in vitro para Ingredientes y Dietas para Camarón*. s.l., s.e. 1-17 p.

Cuenca, EM; García, M. 1987. *Nutrición en Acuicultura II: ingesta y conducta alimentaria*. Eds. J Espinosa; U Labarta. Industrias gráficas España. Madrid, ES. 28-33p.

DO CARMO E SÁ, M.; FRACALOSSI, D. 2002. exigência proteica e relação energia/proteína parr alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignyianus*). *R. Bras. Zootec* 31(1):110. DSM

Espinoza, A. 2017. Digestibilidad de nutrientes y energía digestible de la torta de soya en juveniles de sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*). :77.

FAO. 1998. *Composición química de harina de pescado 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 (en línea)*. s.l., s.e., vol.1. 200 p. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/014/i1773s/i1773s.pdf>.

FAO (Food and Agriculture Organization, IT). 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 (en línea)*.

FEDNA. 2013. *Harina de pescado (en línea, sitio web)*. Consultado 15 agot 2018. Disponible en http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/harina-de-pescado-70913.

Fenucci, JL; Zein-Eldin, ZP; Lawrence, AL. 1980. The nutritional response of two penaeid species to various levels of squid meal in a prepared feed. *Proc. World maricul. Soc.* 11:403-409

Fernandes, J; Lochmann, R; Bocanegra, F. 2004. Apparent digestible energy and nutrient digestibility coefficients of diet ingredients for pacu *Piaractus brachyomus*. *World Aquaculture Society* 35.

Fondepes. 2017. *Protocolo de reproducción del sábalo cola roja* Protocolo de reproducción

del sábalo cola roja. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero 1:36.

Fondepes, F nacional de DP. 2018. Manual de cultivo de Gamitana (en línea, sitio web). Consultado 10 jun. 2018. Disponible en <https://www.fondepes.gob.pe/>.

Fox, J; Lawrence. 2008. Revisión de la metodología utiliza 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 el camarón. .

Galindo, J. 2007. Manual de Ingredientes Proteicos y aditivos empleados en la formulación de Alimentos balanceados para camarones peneidos: atrayentes. Mar del Plata, AR. Eds. T García; H Villarreal; JL Fenucci. Editorial Universitaria Mar del Plata. 205-208p

García, J; Pezzato, L; Zaniboni-Filho, E; Vicentini, C. 1999. Utilização da fibra bruta na nutrição da piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). Acta Scientiarum 21(3):725-731.

GERY, J., 1977.- Characoids of the world. T. F. H. Publ. Neptune City. 672 pp.

Guérin, M. 2000. Uso de betaina en alimentos acuícolas: atrayentes, osmoreguladores o metabolitos lipotropicos. En: Avances en nutrición acuícola IV. Memorias del IV simposium internacional de nutrición acuícola. Eds. R Civera; CJ Pérez; D Ricque; LE Cruz. La Paz, MX.

Guillaume, J; Kaushik, S; Bergot, P; Métailler, R. 2004. Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Mundi-Prensa :475.

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) Apparent Digestibility Coefficients of Peruvian Fish Meal and Yellow Corn. Rev. peru. biol. 15(2):111-115.

Hepher, B. 1988. Nutrición de peces comerciales en estanques. 1 ed. Mexico, Limusa S.A. grupo noriega editores.

Howes, G. 1982. Review of the genus *Brycon* (Teleostei: Characoidei) Bulletin of the British Museum (Natural History), Zool. (43):1-47.

ITINTEC (Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas). 1982.

Sistemas de Calificación de Fábricas de Productos Hidrobiológicos Envasados. Lima. 28 p.

Kasper, CS; White, MR; Brown, PB. 2000. Choline Is Required by Tilapia when Methionine Is Not in Excess. *Journal of nutrition* 130: 238-242

Kikuchi, K., 1999. Use of soybean meal as a substitute for fish meal in diets of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture* 179, 3-11.

Kleeberg, F; Rojas, M. 2012. *Pesquería y acuicultura en el Perú*. s.l., s.e. 285 p.

LAMADRID, J; A. ARROYO. 2005. Evaluación del régimen alimentario del Bocachico *Prochilodus magdalenae* (Steindachner, 1878) en el alevinaje. Trabajo de Pregrado, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.

Lopez, Y; Vasquez, W; Wills, A. 2004. Evaluación de diferentes proporciones de energía/proteína en dietas para juveniles de yamú, *Brycon siebenthalae*, (Eigenmann, 1912). *Orinoquia* 8(1):64-76.

Luchini, L; Wicki, G. 2014. Consideraciones sobre insumos utilizados en los alimentos para organismos acuáticos bajo cultivo. Información básica (en línea). Consultado 15 de jun 2018 :10. Disponible en http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/06_Publicaciones/_archivos/140213_Principales_insumos_utilizados_en_los_alimentos_para_organismos_acuaticos.pdf.

Manrriquez, J. 1994. La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos su aplicación en peces y en la conservación del medio ambiente. En *Control de calidad de insumos y dietas acuáticas*. FAO.

Marchán, A. 2017. Digestibilidad y energía digestible de ingredientes energéticos y determinación del requerimiento de energía del Sábalo cola roja (*Brycon erythropterus*). Tesis para optar el título de Tesis para optar el grado Mg. Sc. Nutrición Animal. UNALM. Lima. Sin publicar.

Masumoto T, Ruchimat T, Ito Y, Hosokawa H, and Shimeno S. Amino acid availability values for several protein sources for yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). *Aquaculture* 1996; 146:109-119.

Meurer F, Hayashi C, and boscolo WR. Digestibilidad aparente de algunos alimentos

proteicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Rev Bras Zootec 2003; 32:1801-1809.

Miles, R; Chapman, F. 2015. The benefits of fish meal in aquaculture diets. University of Florida IFAS extension (May 2006):1-6.

Nose, T. 1978. Determination of nutritive value of food protein in fish. III. Nutritive value of casein, white fish meal and soybean meal in rainbow trout fingerling. Bull. :21.

NRC, (National Research Council, U. 1993. Nutrient Requirements of Fish. :124.

NRC. 2011. Nutrient requirements of fish and shrimp. Washinton, D.C., the National Academy of Sciences.

OLIVEIRA FILHO, P.R.C.; FRACALOSSO, D.M. Coeficientes de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundá. Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, n.4, p. 1581-1587, 2006(supl.).

Oliveira, C. 2004. Genetic monitoring of the Amazonian fish matrinxã (*Brycon cephalus*) using RAPD markers: insights into supportive breeding and conservation programmes. .

Palacios, P; Ceballos, L. 2012. Seguimiento del desarrollo post-larvario del sábalo amazónico (*Brycon melanopterus*) en un estanque excavado en la estación piscícola del Centro Experimental Amazónico de Corpoamazonía, Mocoa, Departamento del Putumayo, Colombia. :1-19.

Peragón, J; Barroso, J; García-Salguero, L; Leticia, B; De La Higuera, M. 1999. Carbohydrates affect protein- turnover rates, growth, and nucleic acid content in the white muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 179:425-437.

Pereyra, G. 2013. Guía técnica Piscicultura (en línea) (en línea, sitio web). Consultado 15 jun. 2018. Disponible en <http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/037-a-piscicultura.pdf>.

Pezzato, LE; DE Miranda, EC; Barros, MM; Furuya, M; Quintero, LG. 2004. Digestibilidade 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: 329-337.

Polat, A; Beklevik, G. 1999. The importance of betaine and some attractive substances as fish feed additives. Zaragoza, ES. Consultado 3 Ago. 2018. Disponible en <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/c37/99600018.pdf>

Produce, M de la P. 2015. Anuario estadístico y pesquero acuícola. .

_____.2006.Cultivando peces amazónicos Consultado 18 jun. 2018(en línea)

Disponible en <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/M006.pdf>.

Ramos, J; Trujillo, C. 2006. Evaluación del régimen alimentario de la dorada (*Brycon sinuensis* Dahl, 1955) en su fase de alevinaje en estanques en tierra. s.l., Universidad de Córdoba. .

Reis, R; Lima, F. 2009. *Brycon amazonicus*. 8235:26.

Refstie, S., Korsoen, J.O., Storebakken, T., Baeverfjord, G., Lein, I., Roem, A., 2000. Differing nutritional responses to dietary soybean meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 190,49-63.

Rotta, M. 2003. Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura. .

Sallum, W; Bertertechini, A; Cantelmo, O; Pezzato, L; Logato, P. 2002. Coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca, proteína cruda y extracto etéreo de los ingredientes para Matrincha (*Brycon cephalus*, GÜNTHER 1869) (Teleostei, Characidae). .

Sandbol, P. 2014. Nueva tecnología en la producción de harina de pescado para piensos: implicaciones sobre la evaluación de la calidad. Barcelona, ES, ResearchGate. p. 28. 2014. Nueva tecnología en la producción de harina de pescado para piensos: implicaciones sobre la evaluación de la calidad. 1 ed. Esbjerg, DI, ResearchGate. 28 p.

Santamaria, S. 2014. Nutrición y alimentación en peces nativos.

Shimada, A. 2009. Nutrición animal. 2 ed. s.l., Editorial Trillas S.A. 397 p.

Silva Ortiz, D. 2003. Elaboración de harina de pescado.132p.

Uchoa, A; Pereira-Filho, M; Antelmo, L; Vasconcelos, J. 2004. Avaliação de níveis

protéicos para a nutrição de juvenis de matrinxã (*Brycon cephalus*). *Acta Amazonica* 34(2):179-184. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672004000200005>.

USDA, United states department of agriculture, E. 2004. Database for the choline and betaine: content of common foods. .

Vásquez-Torres, W; Yossa, M; Hernández, G; Gutiérrez, M. 2010. Digestibilidad aparente de ingredientes de uso común en la fabricación de raciones balanceadas para tilapia roja híbrida (*Oreochromis* sp). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 11(7):207-216.

Vásquez-Torres, W; Yossa, MI; Gutiérrez-Espinosa, MC. 2013. Digestibilidad aparente de ingredientes de origen vegetal y animal en la cachama. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 48(8):920-927. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000800016>.

Vergara, V; Flores, M; Ferrer, S. 2007. Informe final del establecimiento de una tecnología apropiada para la reproducción y producción de semillas de «Doncella» *Pseudoplatyusoma fasciatum* y «Sábalo cola roja» *Brycon erythropterum*. *Concytec* (315).

Vergara,V; Lafeta, Y; Camacho, R. 2011. Determinación de la digestibilidad de ingredientes y el requerimiento de proteína y energía digestible en Paco (*Piaractus brachypomus*) (en línea). Consultado el 04 de ene. 2018. Disponible en: <http://acuicultura.pe/static/documents/presentations/v-vergara.pdf>

Viraes, M. 2008. Digestibilidade aparente da proteína e energia e o tempo de passagem de alimentos para acará-bandeira (*Pterophyllum scalare* Lichtenstein, 1823). s.l., Universidad del Estado de Río de Janeiro norte Darcy Brook. Brasil. ZANIBONI, . .

Yahida, S; Suresh, V. 2003. Attractans basic: compounds enhance identification, consumption of aquafeed. Chennai, IN. Consultado 11 set. 2017. Disponible en <http://pdf.gaalliance.org/pdf/GAA-Yacoob-Apr03.pdf>

Zaldivar, J. 1994. Nuevas tendencias a las harinas especiales. *Chile Pesquero* 82:52-58.

ANEXOS

ANEXO 1: Valores de óxido de cromo en la dieta y heces

Muestra	Repeticiones	Óxido de cromo	
		Base fresca	Base seca
Dieta referencial	-	0,43	0.47
Dieta prueba	-	0,41	0.45
Heces de la dieta referencial	R1	1.61	1.80
	R2	1.58	1.78
	R3	1.60	1.80
	Promedio	1.60 ± 0.02	1.80 ± 0.01
Heces de la dieta prueba	R1	1.53	1.75
	R2	1.56	1.77
	R3	1.54	1.76
	Promedio	1.54 ± 0.02	1.76 ± 0.01

ANEXO 2: Coeficiente de digestibilidad aparente (base seca).

Repetición (%)	Materia seca	Proteínas	Lípidos	Fibra	Ceniza	ELN	Energía
R1	68.17	81.80	81.35	-81.56	58.43	43.9	70.72
R2	68.75	80.93	90.02	89.66	62.37	22.49	70.67
R3	68.46	81.36	85.73	4.85	60.42	33.1	70.70
Promedio (%)	68.46	81.36	85.7	4.32	60.40	33.16	70.70
Desviación Estándar	0.29	0.44	4.34	85.61	1.97	10.70	0.02
Coef. De Variaba. (%)	0.42	0.54	5.06	1983.29	3.27	32.27	0.03

ANEXO 3: Peso, incremento de peso, consumo de alimento, y conversión alimentaria de la prueba de digestibilidad

Dietas	Rep.	Biomasa inicial (g)	Biomasa final (g)	Ganancia de biomasa (g)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Ganancia de peso (g)	Consumo de alimentos (g)	Conversión alimentaria
Referencia	R1	742.91	947.55	204.64	185.73	236.89	51.16	61.58	1.20
	R2	730.56	932.20	201.64	182.64	233.05	50.41	62.10	1.23
	R3	718.58	908.22	189.64	179.65	227.06	47.41	62.18	1.31
	Prom.	730.68±12.17	929.32±16.30	198.64±7.37	182.67±2.51	232.33±4.07	49.66±1.84	61.95±1.08	1.25±0.06
Prueba	R1	628.33	839.97	211.64	157.08	209.99	52.91	56.33	1.06
	R2	788.81	995.45	206.64	197.20	248.86	51.66	56.70	1.10
	R3	595.52	815.21	219.69	148.88	203.80	54.92	56.25	1.02
	Prom.	670.89±103.44	883.54±97.70	212.66±6.59	167.72±25.86	220.89±24.43	53.16±1.65	56.43±0.24	1.06±0.04

ANEXO 4: Análisis químico proximal de las dietas brindadas

Análisis química proximal de la dieta referencial

Nutrientes %	Base fresca	Base seca
Materia seca	92.80	100.00
Proteínas	36.30	39.12
Lípidos	7.30	7.87
Fibra	3.50	3.77
Ceniza	7.80	8.41
ELN	37.90	40.84
Energía	4.45	4.79

Análisis químico proximal de la dieta prueba

Nutrientes %	Base fresca	Base seca
Materia seca	92.00	100
Proteínas	44.30	48.15
Lípidos	7.30	7.93
Fibra	3.00	3.26
Ceniza	9.70	10.54
ELN	27.00	30.11
Energía	4.38	4.76

ANEXO 5: Análisis químico proximal de las heces obtenidas

Análisis químico proximal en la dieta referencial

Nutrientes	Base fresca			Base seca		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Materia seca	89.46	89.12	88.65	100.00	100.00	100.00
Proteínas	13.75	12.44	15.06	18.59	19.29	18.94
Lípidos	1.35	1.61	1.48	2.07	1.17	1.61
Fibra	19.11	15.98	17.55	19.57	12.31	15.92
Ceniza	9.26	8.86	9.79	13.73	13.29	13.51
ELN	45.99	50.23	44.78	46.04	54.95	50.52
Energía	3.75	3.68	3.75	4.17	4.20	4.19

Análisis químico proximal en la dieta prueba

Nutrientes	Base fresca			Base seca		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Materia seca	87.16	88.13	87.65	100.00	100.00	100.00
Proteínas	16.20	17.00	16.60	18.59	19.29	18.94
Lípidos	1.80	1.03	1.41	2.07	1.17	1.61
Fibra	17.06	10.85	13.96	19.57	12.31	15.92
Ceniza	11.97	11.71	11.84	13.73	13.29	13.51
ELN	40.13	48.43	44.28	46.04	54.95	50.52
Energía	3.63	3.70	3.67	4.17	4.20	4.19

ANEXO 6: 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	Consta de un ingreso para el agua proveniente del ablandador. 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 20µm.
Filtros mecánico Housing	2 unidades	Apoyan al filtro mecánico con la retención de partículas de 20µm
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 (5µm y 1µm), 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	Alberga a los peces durante la evaluación. Cada acuario de fibra de vidrio tiene capacidad de 55 litros, de color blanco, liso por dentro y fuera, con frontis de vidrio de 6mm y dimensiones de 0.47ancho x 0.47 profundidad x 0.50 altura m ³ y pendiente de 13°.

Anexo 7. Metodología de control de parámetros ambientales

Parámetro	Metodología
Dureza	Se utilizó el kit colorimétrico de dureza <i>Hardness Liquid Vers</i> marca <i>LaMotte</i> , el cual utiliza el valorador de lectura directa, que proporcionan una exactitud dentro de la gama habitual de 0-200 ppm, con una sensibilidad de 4 ppm de carbonato de calcio (CaCO ₃).
Nitritos	Se utilizó el kit colorimétrico de nitritos <i>Nitrit-Test (NO₂)</i> de la marca <i>Sera</i> el cual tendrá cinco niveles de coloración, que indicaran cinco valores de nitritos (NO ₂) respectivamente; 0.3 mg/L, 0.9 mg/L, 1.6 mg/L, 3.3 mg/L y 16.5 mg/L.
Nitrógeno Amoniacal	Se utilizó el kit colorimétrico de nitrógeno amoniacal <i>Ammonia Nitrogen Test Kit</i> marca <i>LaMotte</i> , el cual utiliza el valorador de lectura directa marca <i>Hanna Instruments</i> , que proporcionan una exactitud dentro de la gama habitual de 0 – 3 mg/L, con una sensibilidad de 0.01 mg/L de nitrógeno amoniacal.
Oxígeno disuelto	Se utilizó un monitor de oxígeno de la marca <i>PinPoint II</i> , el cual puede mostrar una lectura digital para el oxígeno disuelto. Su rango de medición es de 0.0 – 20.0 mg/L.
Potencial de hidrogeno (pH)	La medida del pH se realizó con un medidor de pH, <i>PHTestr10</i> , marca <i>Waterproof</i> con rango de medición de 1.0 – 10 pH, con 0.1 de precisión
Conductividad eléctrica	Se utilizó el conductímetro marca <i>Hanna Instruments</i> , el cual mide la conductividad eléctrica con una sensibilidad de 0.01 mS.
Temperatura del acuario	Se utilizó el conductímetro marca <i>Hanna Instruments</i> , el cual mide también la temperatura el acuario con una sensibilidad de 0.1 °C y rango 0- 40°.
Temperatura ambiental	Se midió con un termómetro electrónico de la marca <i>Sper Scientific</i> , este dispositivo permite configurar la T° min/max y emitir una alarma en caso varíe el rango de °T configurado. Su rango de medición es de 10 – 50 °C, con 1°C de precisión

ANEXO 8. Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC)

