

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**



**“DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES Y ENERGÍA DIGESTIBLE DE  
LA TORTA DE SOYA (*Glycine max*) EN JUVENILES DE PAICHE  
(*Arapaima gigas*)”**

**Presentada por:**

**RENZO ENRIQUE BARBARAN MIRANDA**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE  
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**LIMA – PERÚ**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**

**“DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES Y ENERGÍA DIGESTIBLE DE  
LA TORTA DE SOYA (*Glycine max*) EN JUVENILES DE PAICHE  
(*Arapaima gigas*)”**

**Presentada por:**

**RENZO ENRIQUE BARBARAN MIRANDA**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE  
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente Jurado:**

Dr. Carlos Vílchez Perales  
Presidente

Ing. Jessie Vargas Cárdenas  
Miembro

Dr. Víctor Guevara Carrasco  
Miembro

Ing. Víctor Vergara Rubín  
Patrocinador

A Dios que me permitió lograr  
uno de mis objetivos trazados  
en mi vida.

A toda mi familia y amigos que  
me apoyaron en todo momento  
para lograr una de mis metas  
profesionales en la vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Al ing. Víctor Vergara Rubín por su apoyo y asesoría incondicional para el desarrollo de esta investigación.

A INNOVATE PERU que mediante el convenio N° 144-PNICP-PIAP-2015. “Determinación de los requerimientos de proteína y energía digestible del paiche, a partir del valor nutricional de la torta de soya, financio la ejecución del presente trabajo de investigación.

Al Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos (PIPSA).

Al Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación en Peces y Crustáceos (LINACP).

A mis excompañeros de trabajo y amigos de la universidad quienes me apoyaron, aconsejaron y acompañaron durante toda la etapa de investigación hasta la culminación.

## INDICE GENERAL

RESUMEN .....	i
ABSTRACT .....	ii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. Paiche ( <i>Arapaima gigas</i> ).....	2
2.1.1. Aspectos generales .....	2
2.1.2. Hábitos alimenticios .....	3
2.1.3. Condiciones medioambientales.....	3
2.1.4. Aparato digestivo.....	5
2.1.5. Requerimientos nutricionales .....	6
2.2. Digestibilidad.....	7
2.2.1. Definición de coeficiente de digestibilidad.....	7
2.2.2. Métodos para determinar la digestibilidad.....	8
2.2.3. Factores que influyen en la digestibilidad.....	9
2.3. Energía digestible.....	10
2.4. Torta de soya.....	11
2.4.1. Aspectos generales .....	11
2.4.2. Obtención de la Torta de Soya .....	12
2.4.3. Valor nutritivo de la Torta de Soya .....	14
2.4.4. Factores antinutricionales .....	16
2.5. La torta de soya en la alimentación de peces .....	17
III. MATERIALES Y METODOS .....	19
3.1. Lugar y duración de la fase experimental .....	19
3.2. Instalaciones, equipos y materiales.....	19
3.3. Evaluación de la calidad de agua .....	20
3.4. Animales experimentales .....	20
3.5. Ingrediente evaluado.....	20
3.6. Dietas experimentales .....	22
3.7. Preparación de las dietas .....	22
3.8. Manejo experimental .....	24
3.8.1. Suministro de alimento .....	24

3.8.2.	Recolección de heces.....	25
3.8.3.	Análisis de laboratorio .....	25
3.9.	Determinación de la digestibilidad .....	26
3.9.1.	Cálculo de coeficiente de digestibilidad aparente de los nutrientes y energía de las dietas y de la torta de soya .....	26
3.9.2.	Cálculo de la digestibilidad de nutrientes de la torta de soya .....	27
3.9.3.	Cálculo de la energía digestible .....	27
3.9.4.	Análisis Estadístico .....	27
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	28
4.1.	Calidad del agua.....	28
4.2.	Coficiente de digestibilidad aparente de la torta de soya .....	29
4.3.	Energía digestible de la torta de soya .....	33
V.	CONCLUSIONES .....	34
VI.	RECOMENDACIONES .....	35
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
VIII.	ANEXOS.....	45

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Etapas de crecimiento y desarrollo del paiche .....	2
Tabla 2: Contenido nutricional de la torta de soya.....	15
Tabla 3: Metodología de control de parámetros ambientales.....	21
Tabla 4: Fórmula de la dieta estándar y el valor nutritivo calculado .....	23
Tabla 5: Composición y aporte nutricional de la premezcla de vitaminas y minerales .....	24
Tabla 6: Parámetros de calidad del agua .....	29
Tabla 7: Análisis químico de las dietas y heces .....	31
Tabla 8: Contenido nutricional y digestibilidad de la torta de soya .....	32

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Flujograma del proceso de obtención de la torta de soya .....	13
---	----



## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Instalaciones y equipos del LINAPC .....	45
Anexo 2: Laboratorio de investigación y alimentación de peces y crustáceos (LINAPC) .	46
Anexo 3: Parámetros de Calidad de agua .....	47
Anexo 4: Coeficientes de digestibilidad aparente de la torta de soya .....	48
Anexo 5: Nutrientes digestibles y Energía digestible de la torta de soya.....	49
Anexo 6: Análisis químico proximal de las dietas brindadas.....	50
Anexo 7: Análisis químico proximal de las heces obtenidas .....	51
Anexo 8: Valores de óxido crómico determinado en las dietas y heces.....	52
Anexo 9: Cantidad total de heces colectadas en base a las dietas .....	53
Anexo 10: Coeficientes de digestibilidad aparente de las dietas.....	54
Anexo 11: Peso (gr), incremento de peso (gr), consumo de alimento (gr) y conversión alimenticia de la prueba de digestibilidad .....	55
Anexo 12: Consumo de alimento durante la evaluación .....	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 fue 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 cruda, extracto etéreo, energía bruta y la energía digestible de la torta de soya (*Glycine max*) para paiche (*Arapaima gigas*) mediante la determinación del coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) usando el método indirecto. Se utilizaron 12 juveniles de paiche, con un peso inicial de  $279.22 \pm 37.25$  g y una talla de  $33.48 \pm 1.24$  cm, distribuidos en seis acuarios de digestibilidad tipo Guelph, con dos peces cada uno. La duración de la fase experimental fue de 30 días, entre Noviembre y Diciembre del 2016, durante el cual se realizó colecciones diarias de heces. El coeficiente de digestibilidad aparente obtenido en base seca para la torta de soya en juveniles de paiche (*Arapaima gigas*) fue  $61.40 \pm 4.87$  por ciento para materia seca,  $80.97 \pm 2.44$  por ciento para proteína cruda,  $93.76 \pm 1.53$  por ciento para extracto etéreo y  $71.31 \pm 3.34$  por ciento para la energía bruta. La energía digestible (ED) de la torta de soya en paiche fue 3.37 Mcal/Kg en base seca y 3.02 Mcal/Kg en tal como ofrecido (89.60 por ciento de materia seca).

**Palabras clave:** paiche, torta de soya, digestibilidad, energía digestible, coeficiente de digestibilidad.

## ABSTRACT

The research was conducted at the premises of the Laboratory for Research in Nutrition and Feeding of Fish and Shellfish (LINAPC) of the Academic Department of Nutrition, Faculty of Animal Science at the University Nacional Agraria La Molina (UNALM), the preparation of the food was in the Balanced Food plant of the Faculty of Zootechnics of the UNALM. The study aimed to determine the apparent digestibility of dry matter, crude protein, ethereal extract, raw energy and digestible energy of soybean cake (*Glycine max*) for paiche (*Arapaima gigas*) by determining the apparent digestibility coefficient (CDA) using the indirect method. 12 juveniles of paiche were used, with an initial weight of  $279.22 \pm 37.25$  g and a size of  $33.48 \pm 1.24$  cm, distributed in six Guelph digestibility aquariums, with two fish each. The duration of the experimental phase was 30 days, between November and December 2016, during which daily stool collections were made. The apparent digestibility coefficient obtained on a dry basis for the soybean cake in paiche juveniles (*Arapaima gigas*) was  $61.40 \pm 4.87$  percent for dry matter,  $80.97 \pm 2.44$  percent for raw protein,  $93.76 \pm 1.53$  percent for ethereal extract and  $71.31 \pm 3.34$  percent for gross energy. The digestible energy (ED) of the soybean cake in paiche was 3.37 Mcal/Kg on a dry basis and 3.02 Mcal/Kg on the basis as offered (89.60 percent dry matter).

**Key words:** paiche, soy cake, digestibility, digestible energy, digestibility coefficient.

## I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, la pesca se concentra aproximadamente en 20 especies en la Amazonia Peruana. Esta orientación genera mayor presión de pesca sobre especies de alta demanda en el mercado, ocasionando sobreexplotación de los recursos, a límites que hacen peligrar su propia sobrevivencia. La producción de paiche representa aun una cantidad marginal en la acuicultura peruana. Con 135 Toneladas cultivadas en granjas acuícolas en 2016, representa el 0.24 por ciento de la producción nacional de acuicultura continental de peces. La producción acuícola de carne de paiche ha empezado a aumentar solo a partir del año 2010, tanto la producción como la exportación. Las principales áreas de producción de paiche son los departamentos de Loreto, Ucayali y San Martín (PRODUCE, 2016).

El Paiche (*Arapaima gigas*) es un recurso pesquero y acuícola aprovechado comercialmente, el cual contribuye al desarrollo socioeconómico. Para poder incrementar la producción comercial de esta especie es necesario contar con una alimentación de óptima calidad que cubra los requerimientos nutricionales de dicha especie. Debido a que el alimento es uno de los factores que influyen directamente en el desarrollo del animal, es necesario conocer el aporte nutricional y la digestibilidad de los ingredientes utilizados en la formulación de alimentos balanceados para el paiche.

La Torta de Soya es un ingrediente importante debido a su contenido proteico que puede llegar a 47 por ciento y de aminoácidos que aportan a los alimentos balanceados diseñados para peces, sin embargo no se han realizado estudios con dietas comerciales o estándares para el paiche que es una especie carnívora.

Por lo antes mencionado, la presente investigación tiene por objetivo determinar los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de la materia seca, proteína, extracto etéreo, cenizas, extracto libre de nitrógeno y la energía digestible de la Torta de Soya en juveniles de paiche, aplicando el método indirecto usando como marcador el óxido de cromo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Paiche (*Arapaima gigas*)

#### 2.1.1. Aspectos generales

Según Imbiriba (1994), es una especie del orden Osteoglossiformes, sub orden Osteoglossoidei, sub familia Osteoglossoidae, familia Osteoglossidae, género Arapaima, especie *Arapaima gigas*.

El Paiche, es uno de los peces de agua dulce más grandes del mundo. La distribución original de las especies es limitada a la Cuenca amazónica de Sudamérica, principalmente Perú, Brasil, Colombia y Guyana (ONU, 2007). Pueden alcanzar los 2.75 metros de largo y pesar hasta 200 kilogramos y alcanza la madurez sexual después de los 4 a 5 años de edad (BPP, 2016). En la Tabla 1 se detallan las etapas de esta especie.

**Tabla 1: Etapas de crecimiento y desarrollo del paiche**

<b>Etapa</b>	<b>Edad</b>	<b>Talla</b>
Larva	0 - 4 días	12 mm
Post - Larva	5 - 15 días	menor a 4 cm
Alevino	15 días - 3 meses	4 - 20 cm
Juvenil	3 meses - 3 años	menor a 1.5 m
Reproductor	4 - 5 años	mayor a 1.7 m

FUENTE: IIAP (2007).

En el Perú el paiche se encuentra entre las cuencas bajas de los ríos Napo, Putumayo, Marañón, Pastaza y Ucayali, con abundancia en la reserva nacional Pacaya – Samiria. Para proteger a la especie se establecen vedas que abarcan desde el mes de octubre hasta febrero. También está prohibida la captura de paiches por debajo de 1.7 m. Además del hombre, los paiches juveniles tienen como predadores a algunas aves, mientras que en los peces el que se ubica en primer lugar es la piraña (IIAP, 2002).

Durante los años 1992 y 2002 la captura o producción de paiche decreció a una tasa anual de 35,7 por ciento, explicada por la drástica contracción de su población desde 1994 ante su indiscriminada pesca en años anteriores. Solamente en el periodo 1995 – 2002 su captura se retrajo en 13,6 por ciento. En el 2002 se extrajo 155 TM de paiche cayendo 24,3 por ciento respecto al año anterior. Este volumen extraído representó el 0,6 por ciento del total extraído de especies amazónicas (Produce, 2012).

Los peces representan cerca de la mitad de todos los vertebrados que existen. El 58 por ciento son marinos y 41 por ciento de aguas continentales y 1 por ciento migra de agua dulce a agua salada. De las 20,800 especies de peces que existen en la tierra los del orden Osteoglossiformes constituyen 6 de las 409 familias, 26 de los 3867 géneros y 206 de todas las especies (Campos, 2001).

### **2.1.2. Hábitos alimenticios**

El pirarucú como se le conoce en Brasil, es un pez carnívoro que se alimenta básicamente de pequeños peces en proporción de 8 a 10 por ciento de su peso vivo, cuando joven, y de 6 por ciento cuando es adulto. Puede alcanzar hasta 10 kg durante el primer año de vida, suele comer peces de los géneros Prochilodus, Tetragonopterus, Leporinus, prefiriendo claramente las carachamas (Loricariidos), el paiche captura su presa mediante una fuerte succión con la boca, produciendo un chasquido y brusco movimiento de la cabeza, acompañando muchas veces de un coletazo. Como la gran mayoría de peces de agua dulce, procura alimentarse en el atardecer o amanecer; durante el día cuando el calor es intenso, se mete debajo de la vegetación acuática en busca de cualquier sombra para huir de los fuertes rayos solares, manteniéndose quieto en el fondo del agua, emergiendo algunas veces para tomar aire, mientras que en cautiverio acepta peces vivos o muertos, enteros o en trozos, vísceras de pescado, embriones de pollo, que mueren durante el periodo de incubación artificial y también ensilado biológico de peces (Carazo, 1999).

### **2.1.3. Condiciones medioambientales**

La calidad del agua en el cultivo de peces es un aspecto de suma importancia, que pocas veces se tiene en cuenta (Pereyra, 2013). A continuación se explican algunas condiciones del agua.

- a. **Temperatura:** La temperatura del agua de los ambientes naturales donde se desarrolla la especie varía entre 25 y 32 °C (Carazo, 1999).
- b. **Oxígeno disuelto:** El contenido del oxígeno disuelto en el agua de los estanques es sin duda alguna el más crítico entre los factores de calidad del agua; si no se mantiene en niveles apropiados en forma constante, los peces se afectan, no comen mientras las condiciones de baja concentración de oxígeno persisten y aun recuperando el nivel apropiado este comportamiento se prolonga por algún tiempo más, haciendo a los peces susceptibles a las enfermedades (Pereyra, 2013).
- c. **Dureza:** La dureza es la concentración total de iones metálicos bivalentes en el agua, principal mente iones de calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) y de magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), también expresada como mg/litro de carbonato de calcio (Meyer, 2004).
- d. **pH:** El pH es una medida de la concentración de iones de hidrogeno y sirve para indicar la capacidad de reacción ácido o básica del agua. Los valores del pH varían de 0 a 14. El punto medio tiene un valor de 7 (neutro). Cuando los valores son menores de 7 se dice que el pH del agua es ácido y cuando son mayores de 7 se dice que es básico (Carazo, 1999).
- e. **Conductividad:** La conductividad es una de las mejores medidas de la riqueza del agua y está dada por los iones disueltos en ella; se expresa en microhom/cm y se mide mediante el "conductivímetro" (Pereyra, 2013).
- f. **Nitrito:** La presencia del nitrito en los estanques se debe a la infiltración, en la que el amonio derivado de la excreción y de la descomposición de la materia orgánica es oxidada a nitrito (Carazo, 1999).
- g. **Amonio:** El amoniaco o el amonio no-ionizado ( $\text{NH}_3$ ) es el producto principal del metabolismo de proteína en peces, crustáceos y otros organismos acuáticos (Meyer, 2004).

#### 2.1.4. Aparato digestivo

El aparato digestivo del paiche, posee una boca superior, grande y oblicua, provista de muchos dientes relativamente pequeños y más o menos iguales entre sí, la lengua está bien desarrollada y tiene la notoria particularidad de poseer un hueso interno achatado y ligeramente arqueado llamado hioides, cuya longitud oscila entre 10 y 20 cm; está recubierta por una infinidad de pequeños conos esmaltados, muy resistentes. La boca posee dos placas óseas laterales que funcionan como verdaderos dientes y un tubo digestivo corto (Alcántara *et al.* 2006).

Los zoólogos intentan clasificar sus observaciones en función de dos criterios principales: la evolución de las especies y la adaptación a la dieta, Guillaume *et al.* (2004), nos detalla en forma general lo siguiente:

- a. **Boca:** La boca asegura al mismo tiempo la aspiración del agua para la respiración y la ingestión de alimentos. Su funcionamiento es complejo debido al propio medio acuoso (no comprensible) y a la presencia de branquias. Existe, por tanto, una coordinación entre las mandíbulas, la lengua, el velo del paladar, los arcos branquiales y los opérculos. La boca no posee glándulas salivares.
- b. **Esófago:** El esófago de los peces es casi siempre corto y ancho. La mayor particularidad del esófago de los peces reside en la naturaleza de su musculatura que está formada en todo o en parte de fibras estriadas de contracción voluntaria.
- c. **Estómago:** El estómago está ausente en las larvas y se empieza a formar durante la metamorfosis. La forma es muy diversa, yendo desde un simple abultamiento que se transforma en una bolsa alargada al llenarse, hasta un saco bien diferenciado, todos los estómagos tienen una estructura histológica relativamente homogénea.
- d. **Intestino:** La terminología empleada por los anatomistas para describir el intestino de los peces es extremadamente confusa y las distintas partes descritas como intestino anterior, medio, posterior, duodeno, yeyuno, íleon tienen diferentes acepciones de un autor a otro. La parte proximal del intestino de los peces con estómago suele tener



divertículos ciegos: los ciegos pilóricos. El número de estos órganos varía de cero a varias decenas e incluso centenas, llegando casi al millar.

- e. **Glándulas anexas:** El hígado siempre está bien desarrollado en los peces. Su anatomía se encuentra extremadamente diversificada según los taxones y su histología es diferente a la de los mamíferos ya que los lóbulos están ausentes. El páncreas no forma una glándula individualizada, salvo en algunos peces.

### **2.1.5. Requerimientos nutricionales**

Vergara *et al.* (2016), determinaron y recomiendan valores para energía digestible de 4.84 Mcal/Kg y 53.74 por ciento para proteína, como requerimientos para alevines de paiche con un peso promedio de 169.8 g.

En trabajos realizados por Ituassu *et al.* (2001), determinó requerimientos de proteína y energía para paiches con un peso de 120.7 gr, valores obtenidos de 48.6 por ciento y 5645 Kcal/Kg de energía, para dietas peletizadas, de forma similar en alimentos peletizados, Pereira – Filho, (2003), determino requerimientos de proteína y energía para paiches con un peso de 133.0 gr, encontrando valores de 40 por ciento para proteína y 3400 Kcal/Kg para energía.

Otras investigaciones realizadas por Ono *et al.* (2008), determinaron 44 por ciento para proteína y 3965 Kcal/Kg para energía en paiches con un peso de 96.8 gr, usando alimento extruido, así mismo Del Risco *et al.* (2008), encontró valores de proteína y energía para paiches con un peso de 87.0 gr, obteniendo 40 por ciento en proteína y 3200 Kcal/Kg en energía, utilizando dietas extruidas.

En base a las etapas de crianza del paiche, se recomiendan niveles de proteína de 55, 40 a 45 y 35 por ciento para paiches en etapas de alevino, juveniles y reproductores respectivamente (IIAP, 2007).

## 2.2. Digestibilidad

La digestibilidad es la medida global de los procesos que preparan los alimentos para la absorción intestinal de los nutrientes. La digestibilidad de una dieta y de sus nutrientes son el objeto de estudio necesario para conocer mejor el uso potencial de los nutrientes de una dieta para la especie en cuestión, obtener calidades del alimento y del producto mejoradas y conseguir una menor producción de desechos (Castello, 2014).

La digestibilidad varía de acuerdo con factores propios del alimento y por efecto de los animales que lo consumen. La utilización de los alimentos puede ser manipulada mediante procesos como el molido, el peletizado y el hojuelado, que en general aumentan la velocidad a la que pasa el alimento por el tracto gastrointestinal y aunque dicho efecto disminuye ligeramente la digestibilidad, esto se compensa con un mayor consumo de alimento que a su vez se refleja en una mejor respuesta animal. La especie animal es el otro factor importante que hace variar la digestibilidad (Mora, 1991).

En acuicultura, los estudios de digestibilidad tienen un objetivo triple los cuales son: un mejor conocimiento de la utilización potencial de los nutrientes, una mejora en la calidad del alimento para peces y una disminución de los desechos de origen alimenticio, para preservar la calidad del medio ambiente en general y el agua (Guillaume *et al.*, 2004).

### 2.2.1. Definición de coeficiente de digestibilidad

El coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) de un nutriente en el alimento se calcula mediante la concentración del marcador óxido crómico en el alimento y en las heces usando la siguiente ecuación:

$$CDA (d) = 1 - \left[ \left( \frac{Cr2O3 \text{ en el alimento}}{Cr2O3 \text{ en heces}} \right) \right]$$

Las heces están compuestas por componentes del alimento no absorbidos y residuos no absorbidos de origen corporal, como por ejemplo: células de la mucosa, enzimas, mucoproteínas y otras secreciones liberadas en el tracto digestivo, conjuntamente con los residuos de la microflora que habitan el tracto digestivo. Las pérdidas fecales originadas por el mismo animal son denominadas pérdidas endógenas. El término coeficiente de

digestibilidad aparente es usado para remarcar que el valor obtenido no está corregido por pérdidas endógenas (NRC, 2011).

$$CDA (d) = 1 - \left[ \left( \frac{Cr2O3 \text{ en alimento}}{Cr2O3 \text{ en heces}} \right) \times \left( \frac{\text{contenido de nutriente en heces}}{\text{contenido de nutriente en el alimento}} \right) \right]$$

### 2.2.2. Métodos para determinar la digestibilidad

La medida de la digestibilidad requiere conocer la ingesta, la emisión fecal y determinar la fracción endógena. Dada la dificultad que conlleva el conocimiento de la fracción endógena en los peces, y que la diferencia entre el CDA y el CDV tiene poco impacto en la acuicultura, normalmente el coeficiente que se utiliza es el CDA (Sanz, 2009). Dichas medidas pueden realizarse de forma directa o indirecta:

- a. **Método directo:** Requiere el conocer todo el alimento ingerido y el total de las heces producidas durante una o más comidas. Para determinar dichas cantidades se pueden utilizar cámaras metabólicas adaptadas, que permiten separar la fracción cuantitativa de la excreción de las agallas, urinaria y fecal, según (Smith *et al.*, 1995).

Este procedimiento es utilizado cuando el alimento a evaluar es un solo ingrediente (que no puede ser dado como único alimento) teniendo como base una dieta compleja se utiliza el método llamado digestibilidad por diferencia; determinándose en primer lugar la digestibilidad de la dieta compleja y acto seguido la digestibilidad conjuntamente con el ingrediente a evaluar, y realizando luego los cálculos necesarios para obtener la digestibilidad (Bondi, 1989).

- b. **Método indirecto:** Usa una sustancia de referencia o indicador en la dieta totalmente inocuo. Los indicadores más empleados son óxido crómico, materia orgánica o cenizas resistentes a la hidrólisis, fibra cruda, etc. La ventaja de este método es que no necesita cuantificar la ingesta ni la excreción (Castello, 1993).

El indicador más empleado para mezclar con los alimentos es el cromo, en forma de óxido de cromo, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. El óxido de cromo es muy poco soluble, por consiguiente, indigestible; además, es poco probable que el cromo se encuentre como componente natural de los alimentos en cantidades apreciables (Mc Donald *et al.*, 2006).

### 2.2.3. Factores que influyen en la digestibilidad

- a. **Especie:** La digestibilidad podría verse afectada por la biología de la especie, ya sea por sexualidad, madurez, apareamiento y competencia (Campo, 2001).
- b. **Edad del pez:** La edad es otro factor importante, en los primeros días de edad, posteriores a la reabsorción del saco vitelino, se debe administrar a las larvas y post larvas alimento vivo, con el fin de entrenarlos a comer dietas balanceadas y se adapten más rápido cuando sean juveniles (IIAP, 2007).
- c. **Nivel de ingesta:** El nivel de ingesta dependerá del manejo y la cantidad de alimento a suministrar está en relación al tamaño y peso del pez y se relaciona con la biomasa o peso vivo (Pereyra, 2013).
- d. **Composición de la dieta:** Este factor, provee de nutrientes a los peces, los cuales son proteínas, aceites, vitaminas, minerales y su función es aportar energía para el funcionamiento celular de los peces y logren realizar diversas actividades (Pereyra, 2013).
- e. **Procesamiento del alimento:** El procesamiento más utilizado en dietas para peces es la extrusión, mientras que el peletizado es un procesamiento menos frecuente en la manufactura del alimento para peces y sus principales diferencias con la extrusión son los valores inferiores de humedad de la mezcla durante el acondicionamiento 15 por ciento a 18 por ciento y las menores temperaturas en el procesamiento 75 °C a 80 °C (Lovell, 1998).
- f. **Condiciones medioambientales:** El agua es de buena calidad cuando presenta condiciones de temperatura, transparencia, oxígeno disuelto, pH y otros parámetros en niveles adecuados para el normal desarrollo de los peces (Pereyra, 2013).

### 2.3. Energía digestible

La energía se define físicamente como la capacidad de realizar trabajo, dicho de otra manera es el producto de una fuerza dada que actúa a lo largo de una distancia determinada, sin embargo una definición amplia como esta no es aplicable de modo directo a los animales, pues por lo común se tiene un mayor interés en la utilización de la energía química. La energía es posible medirla solo cuando se transforma de una forma en otra. Para los usos propios del campo de la nutrición, la energía química se mide de manera característica en términos del calor que se produce en la oxidación y se expresa como calorías. Una caloría (cal) se define como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 gramo de agua de 16.5 a 17.5 °C. Varios países han adoptado el joule como la unidad estándar de expresión, pero la unidad de expresión resulta de poca importancia ya que varias unidades pueden interconvertirse con facilidad. La caloría se define con respecto al joule como 1 cal = 4.184 joules. Para el uso práctico, la caloría resulta tan pequeña que son de uso más común la Kilocaloría (Kcal), que equivale a 1000 cal, y la megacaloría (Mcal), equivalente a 1000 Kcal o  $10^6$  cal (Pond *et al.*, 2002).

La energía química contenida en los alimentos es la principal fuente de energía de que disponen los animales para mantener su temperatura corporal, realizar sus funciones vitales y de producción. La energía que proporciona un alimento depende de su contenido en principios nutritivos totales: las proteínas y los hidratos de carbono contribuyen de forma parecida con respecto a su peso, pero las grasas producen 2,25 veces más energía que los hidratos de carbono a igualdad de peso; ocupan menos y por eso constituyen la forma más económica de almacenamiento de la energía en el cuerpo y la más utilizada por los seres vivos para tal fin. No toda la energía total o bruta (EB) que contienen los alimentos resulta realmente útil para los peces (Ayans, 2006). Por eso, suelen diferenciarse las siguientes formas de la energía:

\* Energía Bruta (EB); energía total que proporciona un alimento.

\* Energía Digestible (ED); energía total (EB) menos la energía contenida en las heces.

De manera general, las exigencias de energía de los peces son expresadas en términos de Energía Digestible (ED) que corresponde a la fracción de energía, del total contenido en el alimento Energía Bruta (EB), que es absorbida por el organismo; la energía restante es excretada. Debido a las diferencias en la eficiencia de digestión de los peces y a la diversidad

de alimentos e ingredientes usados en la fabricación de raciones, los valores de energía digestible de los ingredientes, expresados en kcal/kg, varían de acuerdo con la especie de pez (Vásquez, 2001).

## **2.4. Torta de soya**

### **2.4.1. Aspectos generales**

Dentro de los ingredientes vegetales utilizados, la soya (*Glycine max*) es un ingrediente cada vez más común, debido a su composición química, perfil de aminoácidos más favorable y alta disponibilidad en la mayoría de los mercados mundiales a un costo generalmente más bajo que otros ingredientes proteicos. En la actualidad es la proteína de origen vegetal más utilizada en la acuicultura (Akiyama, 1992).

La producción mundial de soya, registró un crecimiento del 45 por ciento entre la campaña agrícola 2005/2006 y la 2014/2015, alcanzando la mayor producción global anual. Es decir, el mundo produce casi 99 millones de toneladas más que hace 10 años. Esto evidenció un notable aumento de la producción de soya, en los países de Argentina y Brasil, 66 por ciento y 50 por ciento respectivamente, mientras que China presentó una disminución del 24 por ciento (IBCE, 2015).

La producción nacional de soya en Perú es mínima, teniendo una disminución del 28 por ciento con 1371 TM en el año 2016 en comparación al año 2015 con 1911 TM. Dicho producto agrícola es importado y los principales países de procedencia son Argentina, Bolivia y Paraguay. Los departamentos de mayor producción en Perú son: Piura 543 TM y Amazonas 525 TM (MINAGRI, 2016).

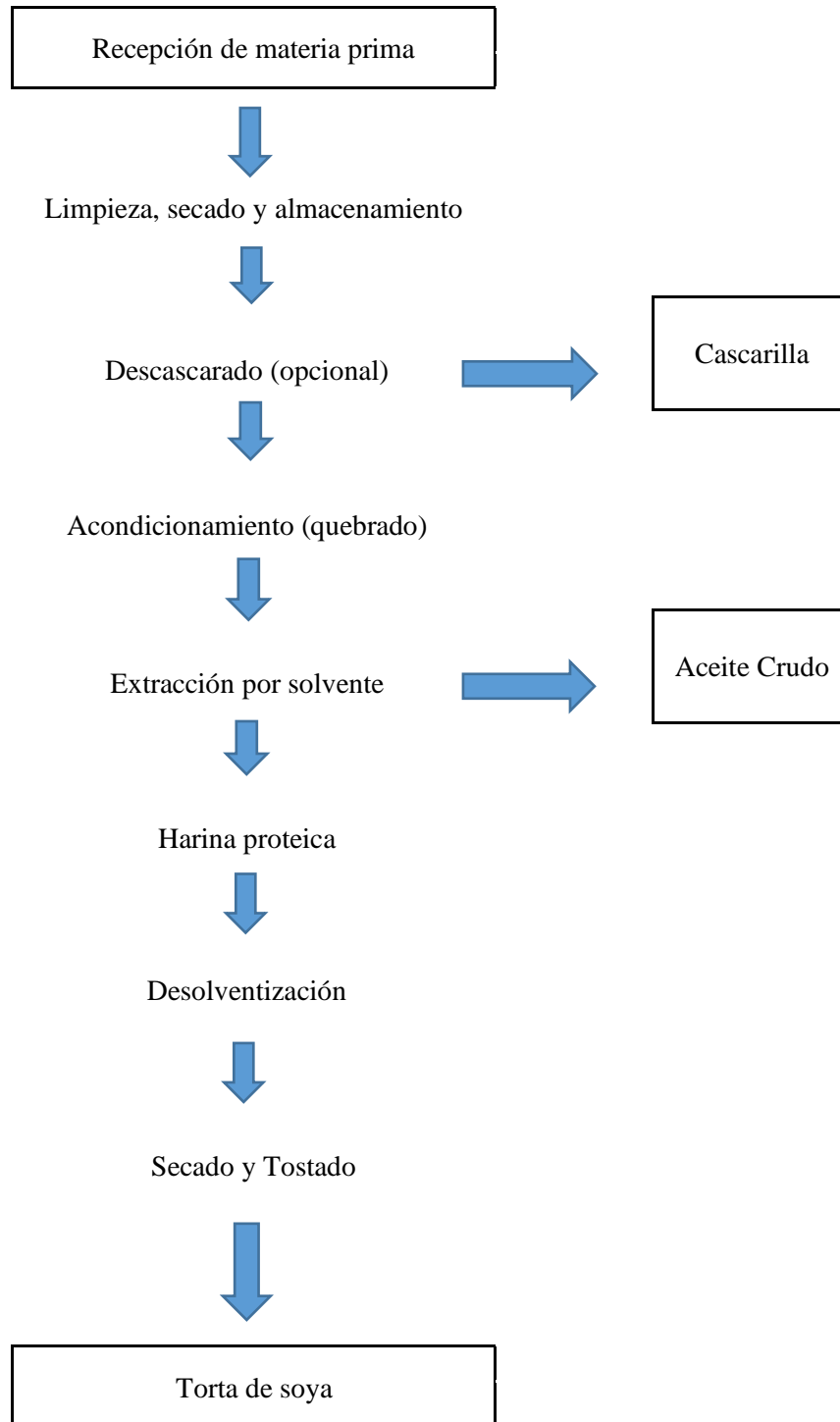
La Torta de soya se produce en grandes cantidades en Estados Unidos y otros lugares, y es un ingrediente alimentario muy favorecido por su aceptabilidad, porque es muy digerible, tiene un alto valor energético y produce un excelente rendimiento cuando se utiliza en diferentes especies animales, sin embargo, la presencia de inhibidores de tripsina inhibe la digestibilidad de la proteína. No obstante, estos inhibidores y otros factores se inactivan mediante un adecuado tratamiento con calor durante la elaboración (Pond *et al.*, 2002).

#### 2.4.2. Obtención de la Torta de Soya

Existen varios procesos para tratar los frijoles de soya. El más común consiste en remover la vaina, los frijoles se muelen a hojuelas que son desgrasadas con un solvente. Posteriormente la harina resultante es tostada para eliminar los factores antitripticos obteniéndose la torta de soya, un producto con un alto contenido de carbohidratos, bajo en lípidos y que contiene alrededor de 48% de proteína cruda. Este producto puede ser molido (Forster *et al.*, 2002). De forma general y esquemática se muestra en la Figura 1, el proceso que se realiza para la obtención de la torta de soya. Gutman (2013), menciona que para obtener la Torta de Soya, se sigue el siguiente proceso:

- a. **Limpieza:** Una vez ingresado, el grano se almacena en condiciones de humedad adecuadas (alrededor de 14 °C) y luego se realizan las tareas de limpieza. El propósito es eliminar suciedades, arena y pedazos de metal. Existen 3 métodos de limpieza: 1) separación por tamaño o tamizado, 2) separación por densidad y 3) separación magnética (para capturar y retirar partículas de metal). El descascarado, en la soja, esta una etapa optativa.
  
- b. **Acondicionamiento:** En esta etapa se procede al quebrado de los granos, a su laminado y al extrusado. Para la soja, se realiza el quebrantamiento del grano para reducir el tamaño práctico del mismo, en molinos de rodillos donde el poroto de soja es partido en varios trozos. Luego se procede al calentado hasta 66/68 °C (proceso llamado de acondicionado), para reducir la viscosidad del aceite y ajustar el contenido de humedad.
  
- c. **Extracción del aceite:** La molienda o *crushing* de las semillas oleaginosas da como resultado por una parte aceites crudos y por la otra, harinas proteicas (soja). Se utilizan 2 procesos técnicos principales para la extracción del aceite: 1) Por prensas y 2) Por solventes (hexano) para la molienda de los granos de soja. La relación solvente/semilla es 1:1. De este proceso se obtiene una miscela que es posteriormente destilada para separar el aceite y recuperar el solvente. La extracción por solvente consiste en una secuencia de 4 operaciones: 1) extracción del aceite de la semilla, 2) extracción del solvente de la harina resultante, 3) destilación, para extraer el solvente del aceite, 4) recuperación del solvente para ser reutilizado.

- d. Obtención de la Torta de Soya:** La harina obtenida del proceso de extracción pasa por un proceso de extracción del solvente, en el que es secada y tostada, para eliminar dicho solvente obteniéndose el producto final.



**Figura 1: Flujograma del proceso de obtención de la torta de soya**

FUENTE: Gutman (2013).



### 2.4.3. Valor nutritivo de la Torta de Soya

La torta de soya procesada en forma adecuada, contiene proteína y nutrientes de excelente calidad nutritiva (Salunkhe, 1992). La soja es una importante fuente de proteínas y aceite y, por lo tanto, un alimento con alto valor nutricional. La composición del grano es, en promedio, 36,5 por ciento de proteínas; 20 por ciento de lípidos; 30 por ciento de hidratos; 9 por ciento de fibra alimentaria; 8.5 por ciento de agua; y 5 por ciento de cenizas. Posee proteínas de alta calidad, en comparación con otros alimentos de origen vegetal (Ridner *et al.*, 2006). El contenido nutricional se muestra en la Tabla 2. El interés inicial de la soya en la industria se orientó hacia la utilización del aceite como sustituto de las grasas animales. La proteína de la soya se incluyó inicialmente en la alimentación animal a través de la torta de soya, que es el subproducto resultante después de la extracción del aceite, mediante calor o métodos de cocción, para eliminar los factores antinutricionales, que interfieren en la absorción de micronutrientes (Caracas, 2007).

- a. Proteína:** La soya es una excelente fuente de proteínas. Dicho contenido promedio varía entre 44 a 48 por ciento aproximadamente. Existe una relación inversa entre el contenido de proteína y el contenido de aceite (Salunkhe, 1992). La concentración proteica de la soja es la mayor de todas las legumbres. Pero no sólo es importante por la cantidad, sino que también lo es por su calidad (Ridner *et al.*, 2006). Para evaluar la calidad de la proteína de los alimentos se utilizan diferentes métodos, que podemos dividir en:
- Valor biológico (VB).
  - Utilización proteica neta (NPU).
  - Relación de eficacia proteica (PER).
  - Score de aminoácidos corregido por la digestibilidad proteica (PDCAAS).
- b. Aminoácidos:** Por lo general, las proteínas provenientes de los alimentos de origen vegetal tienen un bajo contenido de aminoácidos sulfurados (metionina y cisteína). La soja, en cambio, contiene estos aminoácidos en cantidad suficiente para satisfacer los requerimientos nutricionales (Ridner *et al.*, 2006). El alto contenido de lisina en la proteína de soya la hacen útil para suplementos de proteína en cereales, los cuales son bajos en lisina. La metionina es el primer aminoácido limitante de la proteína de soya y su deficiencia debe ser considerada cuando las proteínas son usadas para

propósitos nutricionales (Salunkhe, 1992).

**Tabla 2: Contenido nutricional de la torta de soya.**

<b>Nutrientes (%)</b>	
Materia Seca	88.00
Humedad	12.00
Proteína Cruda	47.00
Extracto Etéreo	2.00
Cenizas	8.00
Fibra Cruda	3.50
ELN	27.50
<b>Aminoácidos (g/16gN)</b>	
Arginina	7.19
Cisteína	1.30
Histidina	2.51
Isoleucina	4.51
Leucina	7.81
Lisina	5.40
Metionina	1.30
Fenilalanina	4.89
Treonina	3.89
Triptófano	1.30
Tirosina	3.11
Valina	4.81
<b>Macrominerales (%)</b>	
Ca	0.29
P	0.64
K	2.20
Cl	0.04
Mg	0.27
Na	0.02
S	0.47
<b>Microminerales y Vitaminas (ppm)</b>	
Cu	13.00
Fe	120.00
Mn	33.00
Se	0.10
Zn	48.00
Biotina	0.32
Colina	2740.00
Ácido fólico	0.60
Niacina	28.00
Ácido pantoténico	16.30
Piridoxina	6.00
Riboflavina	2.90
Tiamina	6.00
Vitamina E	3.70

FUENTE: NRC (2011) y FEDNA (2016).

- c. Carbohidratos:** Los carbohidratos constituyen una porción importante, incluyen almidón, azúcares, fibra cruda y otros carbohidratos menores, están divididos en dos fracciones una insoluble y otra soluble. Los carbohidratos insolubles son hemicelulosa, celulosa, lignina, pectinas insolubles y otros polisacáridos no digeribles, por lo que constituyen la fibra dietaria insoluble de la soja (Ridner *et al.*, 2006). La soja carece de almidón, sin embargo, los carbohidratos solubles predominantes en la soja son rafinosa, estaquiosa y verbascosa (Salunkhe, 1992).
- d. Lípidos:** Aproximadamente el 1,5 al 2,5 por ciento de los lípidos presentes en la soja, se encuentra en forma de lecitina. Ésta tiene una función de emulsionante al incorporarse a formulaciones de alimentos. Otro compuesto de interés en la fracción lipídica de la soja son los tocoferoles, los cuales actúan como antioxidantes naturales y tienen funciones de vitamina E (Ridner *et al.*, 2006).
- e. Vitaminas:** La semilla de soja es una buena fuente de vitaminas solubles. Las vitaminas que componen la soja son, fundamentalmente: Tiamina (B1), Riboflavina (B2), Piridoxina (B6), Niacina, Ácido Pantoténico, Biotina, Ácido Fólico,  $\beta$ -caroteno (provit-A), Inositol, Colina y Ácido ascórbico (vit-C) (Ridner *et al.*, 2006).
- f. Minerales:** El contenido de calcio en la soja está en el rango de 160 a 470 mg/100g. La disponibilidad de calcio proveniente de la soja es muy baja, la disponibilidad de otros minerales en la soja está influenciado por proteínas, ácido fitico y polifenoles (Salunkhe, 1992). La soja contiene una amplia gama de minerales (Calcio, Hierro, Cobre, Fósforo y Zinc) que se refleja, a su vez, en un alto valor de cenizas (5 al 6 por ciento). Sin embargo, la biodisponibilidad de estos micronutrientes se ve disminuida por la presencia de fitatos que actúan como antinutrientes (Ridner *et al.*, 2006).

#### **2.4.4. Factores antinutricionales**

La soja contiene factores antinutricionales que afectan su valor nutricional y reducen la palatabilidad de los alimentos cuando se preparan con niveles altos de torta de soja (Tacon *et al.*, 1983). Posee factores antitripticos, antiquimotripticos y antivitaminas además de ácido fólico, lectina y factores goitrógenos. El tratamiento con calor destruye la mayor parte

de estos antinutrientes (Liener, 1994).

## 2.5. La torta de soya en la alimentación de peces

Gutiérrez y Vásquez (2008), determinaron coeficientes de digestibilidad aparente de proteína (CDAp) y energía (CDAe) de la soya *Glicine max*, utilizada en la formulación de dietas para la cachama (*Piaractus brachyomus*). Los CDAp obtenidos fueron 75.6 por ciento para Soya Integral Cruda (SIC), 81.1 por ciento para Soya Integral Tostada (SIT) y 83.2 por ciento para Torta de Soya (TS). La digestibilidad de la SIC fue significativamente menor ( $p < 0.05$ ) que la de las otras dos presentaciones de la soya. Para la energía, este coeficiente no mostro diferencia significativa entre tratamientos ( $p > 0.05$ ), 65.7 por ciento para SIC, 59.1 por ciento para SIT y 59.9 por ciento para TS.

Barboza (2016), menciona los coeficientes de digestibilidad aparente de la torta de soya, usada en la alimentación de gamitanas (*Collossoma macropomun*). Se obtuvieron para materia seca 61.16 por ciento, proteína cruda 82.76 por ciento, extracto etéreo 72.42 por ciento, extracto libre de nitrógeno 36.91 por ciento y energía bruta 67.31 por ciento. La energía digestible de 2.97 Mcal/Kg (tal como ofrecido).

Stech *et al.* (2010), determinaron los coeficientes de digestibilidad de la proteína, en dietas para paco (*Piaractus mesopotamicus*), usando la torta de soya, soya extruida, soya tostada, soya cruda y soya macerada; cuyos valores fueron  $93.88 \pm 0.36$ ,  $95.23 \pm 0.23$ ,  $94.99 \pm 0.65$ ,  $80.06 \pm 1.76$ ,  $82.80 \pm 1.42$  por ciento respectivamente, , además determinaron la proteína digestible en base seca cuyos valores expresados en porcentaje fueron  $41.98 \pm 1.33$  en torta de soya,  $40.49 \pm 0.08$  soya extruida,  $37.61 \pm 0.90$  en soya tostada,  $33.67 \pm 2.50$  en soya cruda y  $34.77 \pm 0.65$  en soya macerada.

Dallagnol *et al.* (2010), determinaron los coeficientes de digestibilidad aparente de derivados de soya en juveniles de tilapia de Nilo, los valores obtenidos de coeficientes de digestibilidad aparente (%) de la energía bruta y proteína cruda fueron los siguientes: harina de soya blanca, 77.77 y 95.15, aislado proteico de soya 84.33 y 96.42, harina de soya extruida y prensada 76.93 y 91.83 y harina de soya convencional 72.92 y 92.78 respectivamente. Con respecto a la energía digestible (Kcal/Kg) y proteína digestible (%) los valores hallados fueron los

siguientes: harina de soya blanca, 3306 y 47.97; aislado proteico de soya 4139 y 79.11; harina de soya extruida y prensada 3614 y 39.55; y harina de soya convencional 3070 y 46.59 respectivamente.

Vásquez-Torres *et al.* (2010) realizaron pruebas de digestibilidad en tilapia roja híbrida para el CDA (%) de diferentes ingredientes, como la torta de soya, encontrando un CDA de  $90.7 \pm 1.0$  para materia seca,  $92.4 \pm 0.2$  para proteína y  $73.9 \pm 1.7$  para energía.

Viraes (2008) obtuvo coeficientes de digestibilidad aparente de la torta de soya en (*Pterophyllum scalare*), pez ornamental, obteniendo los siguientes valores 76.57 por ciento para materia seca, 97.10 por ciento para proteína cruda y 78.26 por ciento para energía bruta, estos valores se presentan en base seca, además se calculó la anergia digestible en base seca cuyo valor fue de 3.829 Mcal/Kg.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. Lugar y duración de la fase experimental**

La investigación se realizó en el Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación en Peces y Crustáceos (LINAPC) del Departamento Académico de Nutrición, de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Agraria La Molina. La elaboración del alimento balanceado se realizó en la Planta de Alimentos del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos de la Facultad de Zootecnia. El análisis químico proximal de las dietas y heces se realizó en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) de la Facultad de Zootecnia, el análisis de Energía bruta en el Instituto de Investigación Nutricional (IIN) y el análisis de óxido de cromo en el Laboratorio de Suelos, Plantas, aguas y fertilizantes (LASPAF) del departamento de Suelos de la Facultad de Agronomía, Universidad Agraria La Molina. La duración de la fase experimental fue de 30 días y correspondió entre los meses de Noviembre y Diciembre de 2016.

#### **3.2. Instalaciones, equipos y materiales**

Las instalaciones del LINAPC, cuenta con un moderno sistema de recirculación, el cual permite el control de la calidad de agua, óptimo para la especie en estudio. El laboratorio cuenta con dos acuarios de adaptación (120 litros de capacidad), 18 acuarios para pruebas de crecimiento y 9 acuarios para pruebas de digestibilidad.

Para el experimento se utilizaron 6 acuarios de digestibilidad tipo Guelph de fibra de vidrio, de color blanco, liso por dentro y afuera, y frontis de vidrio de 6 mm de grosor con capacidad de 54 litros, con medidas de 45 cm. de ancho, 45 cm. de profundidad, 50 cm. de altura y pendiente de 13°. Para el manejo de los animales se utilizaron mallas SERA para capturarlos, recipientes de plástico para el control biométrico, una balanza analógica marca SORES, modelo PS-R1, con capacidad para 5000g y precisión de 0.01g., para pesar el alimento suministrado y obtener el peso individual de cada animal y una cinta métrica para medir la talla de los peces.

### **3.3. Evaluación de la calidad de agua**

El agua utilizada para alimentar el sistema de recirculación provenía de la red de agua potable pública del distrito de La Molina. Los parámetros de calidad del agua se midieron en tres acuarios indistintamente.

El oxígeno disuelto, dureza, pH, nitrógeno amoniacal y nitrito se midieron 3 veces por semana (lunes, miércoles y viernes) a cualquier hora del día, mientras que la temperatura del acuario y temperatura ambiental, se midió en tres momentos del día (8:00am; 12:00m y 4:00pm). Tres veces por semana (lunes, miércoles y viernes), se procedió a la limpieza de los acuarios, filtros y recambio del 20 por ciento de agua del sistema.

En la Tabla 3 se detalla la metodología de control de parámetros ambientales.

### **3.4. Animales experimentales**

Se utilizaron un total de 24 juveniles de Paiche (*Arapaima gigas*), adquiridos de la Estación Piscícola Fundo Palmeras de Silver Corporation SAC; ubicado en el Centro Poblado Villa Capiri, distrito de Río Negro, Provincia de Satipo, departamento de Junín. Al llegar los peces al laboratorio LINAPC, se mantuvieron 5 días en 2 acuarios especiales de adaptación de 120 litros de capacidad cada uno. El primer día no se le suministró alimento, después se les brindó el alimento comercial “La Molina” para paiches en crecimiento, con un nivel de proteína de 57 por ciento, preparado en la Planta de Alimentos Balanceados de la UNALM, dos veces al día a punto de saciedad, durante 4 días. De la población de 24 juveniles de paiche (*Arapaima gigas*) se seleccionaron al azar 12 peces y se distribuyeron aleatoriamente en 6 acuarios de digestibilidad, correspondiendo a una unidad experimental, un acuario con 2 peces, cuyo peso promedio fue de 279.22 g con desviación estándar de  $\pm 37.25$ .

### **3.5. Ingrediente evaluado**

El ingrediente a evaluar será la Torta de soya, procedente de Bolivia, la cual tenía 10.4 por ciento de humedad, 47.7 por ciento de proteína cruda, 1.9 por ciento de extracto etéreo, 4.0 por ciento de fibra cruda, 6.9 por ciento de cenizas, 29.1 por ciento de extracto libre de nitrógeno (LENA, 2016). La energía bruta fue de 4242.8 Kcal/Kg (IIN, 2016).

**Tabla 3: Metodología de control de parámetros ambientales**

<b>Parámetros</b>	<b>Metodología</b>
Temperatura en el acuario °C	La temperatura de los acuarios se midió con termómetros digitales con un rango de medición de 0.0 - 60.0 °C, precisión de 0.01 °C.
Temperatura ambiental °C	La temperatura ambiental se midió con un termómetro ambiental de mercurio con un rango de medición de -50.0 - 50.0 °C, precisión de 1 °C. Ambos de la marca Sper Scientific.
Oxígeno disuelto (mg/Lt)	Se utilizó un oxímetro Pin Point II, que mide el oxígeno disuelto mediante electrodos. Rango de medición de 0.0 - 20.0 mg/Lt y con una precisión de 0.01 mg/Lt.
Potencial de hidrogeno (pH)	La medida de pH se realizó con el phmetro lápiz Phestr 10, con un rango de medición de 0.0 - 14.0 y una precisión de 0.1.
Conductividad eléctrica (mS)	Se utilizó el conductímetro de la marca Hanna Instruments, el cual mide la conductividad eléctrica con una sensibilidad de 0.01 mS.
Nitrógeno amoniacal (mg/Lt)	Se utilizó, el kit colorimétrico para nitrógeno amoniacal Ammonia nitrogen Test kit de la marca La Motte, el cual utiliza el valorador de lectura directa de la marca Hanna Instruments, con un rango de 0 - 3 mg/Lt y sensibilidad de 0.01 mg/Lt de nitrógeno amoniacal.
Nitrito (mg/Lt)	Se utilizó el kit colorimétrico para nitritos Nitrit - Test (NO <sub>2</sub> ) de la marca Sera el cual tendrá 5 niveles de coloración, que indicaran 5 valores de nitritos (NO <sub>2</sub> ) respectivamente; 0.3 mg/Lt, 0.9 mg/Lt, 1.6 mg/Lt, 3.3 mg/Lt y 16.5 mg/Lt.
Dureza (ppm)	Se utilizó, el kit colorimétrico para dureza Hardness Liquid Vers marca La Motte el cual usa el valorador de lectura directa, que nos proporciona una exactitud de 0 - 200 ppm, sensibilidad de 4 ppm de (CaCO <sub>3</sub> ).



### 3.6. Dietas experimentales

Las dietas experimentales se prepararon a partir de una dieta estándar para paiche (*Arapaima gigas*) en crecimiento, formulada al mínimo costo, utilizando programación lineal, utilizando las recomendaciones nutricionales de Vergara *et al.* (2016). En la Tabla 4 se muestra la fórmula de la dieta estándar, con su respectivo valor nutritivo calculado y en la Tabla 5 se muestra el aporte nutricional de la pre mezcla de vitaminas y minerales. Se utilizaron dos dietas experimentales, con tres repeticiones cada una, las cuales se detallan a continuación:

**Dieta 1:** Dieta referencial; con 99.5 por ciento de dieta estándar y 0.5 por ciento de óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ).

**Dieta 2:** Dieta prueba; con, 69.5 por ciento de dieta estándar, 0.5 por ciento de óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) y 30 por ciento de torta de soya.

### 3.7. Preparación de las dietas

Los ingredientes fueron molidos hasta obtener un tamaño de partícula de 300 a 400  $\mu\text{m}$  promedio con el fin de disminuir la disgregación al mezclarlo con el óxido de cromo. Se preparó la premezcla utilizando como vehículo la torta de soya, la mezcla de los ingredientes se realizó por 5 – 7 minutos.

Se realizó la mezcla de 20 kg de dieta comercial de paiches en crecimiento y se dividió en dos partes, cada una de 10 kg. Para obtener la dieta referencial se reemplazó el 0.5 por ciento de la mezcla comercial por óxido de cromo en el mismo porcentaje. Para obtener la dieta experimental se reemplazó el 30.5 por ciento de la mezcla comercial por 0.5 por ciento del óxido de cromo y 30 por ciento de torta de soya. A ambas dietas se les agregó humedad con agua caliente, lográndose una mezcla húmeda que se hizo pasar de forma directa por la prensa de la peletizadora con molde de 2 mm. Obtenidos los pellets se llevaron a secar en una estufa eléctrica a 60 °C durante 30 minutos.

Una vez secos los pellets, se tamizaron para eliminar el polvillo y los pellets quebrados, obteniendo pellets de 2 mm de diámetro y 3 a 4 mm de longitud. Los pellets se colocaron en frascos debidamente rotulados y se almacenaron en un ambiente adecuado, hasta su posterior uso.

**Tabla 4: Fórmula de la dieta estándar y el valor nutritivo calculado**

<b>Ingrediente (%)</b>	<b>Dieta estándar</b>
Hna. Pescado 67	72.23
Torta de soya 47	19.54
Aceite crudo de soya	6.83
Aglutinante	0.80
Premezcla acuicultura	0.23
Cloruro de colina	0.10
Probiotico	0.27
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>
<b>Contenido nutricional estimado (%)</b>	
Materia seca	91.44
Proteína total	57.01
Fibra total	1.41
Grasa total	16.42
ED Paiche (Mcal/Kg)	4.48
Lisina total	4.29
Metionina total	1.58
Cistina total	0.59
Arginina total	3.52
Isoleucina total	2.73
Leucina total	4.39
Met+Cis total	2.16
Fen+Tir total	4.47
Acido Graso $\omega$ -3	3.35
Ácido Graso $\omega$ -6	3.61

**Tabla 5: Composición y aporte nutricional de la premezcla de vitaminas y minerales**

<b>Nutriente</b>	<b>Cantidad</b>
Vitamina A , UI	4666.67
Vitamina D3, UI	933.33
Vitamina E, UI	46.67
Vitamina K3, g	2.67
Tiamina b1, g	6.00
Riboflavina (B2), g	6.67
Niacina, g	50.00
Ácido Pantoténico, g	16.67
Piridoxina (B6), g	5.00
Biotina, g	0.27
Ácido fólico, g	1.33
Ácido ascórbico, g	200.00
Vitamina B12, g	0.01
Cloruro de colina, g	200.00
Manganeso, g	13.33
Hierro, g	6.67
Zinc, g	6.67
Cobre, g	0.50
Yodo, g	0.50
Selenio, g	0.10
Cobalto, g	0.05
Antioxidante, g	40.00
Excipientes c.s.p	1000.00

Composición por 1 Kg de premezcla

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

### **3.8. Manejo experimental**

#### **3.8.1. Suministro de alimento**

El primer día del experimento los peces fueron alimentados con las dietas a evaluar solo en la tarde ya que en la mañana se realizó el traslado de los peces del acuario de adaptación a los acuarios de digestibilidad. En adelante los peces recibieron dos raciones diarias, ofrecidas a las 8:30 am y 4:30 pm, cada acuario fue alimentado pellet a pellet, con el fin de asegurar que todo el alimento ofrecido sea ingerido por los peces (alimentación ad libitum).

### 3.8.2. Recolección de heces

El experimento se realizó en base a una modificación del método propuesto por Cho y Slinger (1979). Al inicio del ensayo los peces fueron alimentados con las dietas a evaluar durante tres días sin realizar la recolección de las heces. 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 vació un tercio del agua de los acuarios para asegurar que el proceso de limpieza sea completo. A las 8:00 am y 4:00 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 100  $\mu\text{m}$  para luego ser colocadas en placa petri, eliminando las partículas residuales que se pudieran encontrar, posteriormente serán secadas en una estufa a 65 °C por seis horas, para reducir la humedad e inmediatamente congeladas a - 15 °C y almacenadas para su uso. Estas heces recolectadas bajo este procedimiento se consideran una muestra representativa de las producidas a lo largo de un período de ocho horas. Después de la última alimentación del día cada acuario de digestibilidad fue sifoneado a fin de eliminar del sistema los residuos de alimentos y heces. Se retiró un tercio del agua de los acuarios para asegurar que el proceso de limpieza sea completo. Este procedimiento se repitió durante 30 días, consiguiéndose aproximadamente 15 gramos de heces secas por cada acuario de digestibilidad para los análisis químicos.

### 3.8.3. Análisis de laboratorio

Se determinó el porcentaje de humedad en el LINAPC empleando el método AOAC (2005), 950.46; para determinar la Materia seca (Estufa a 105 °C por 24 horas), Proteína cruda (Método semi microkjeldhal), lípido (Extractor de grasa de Soxhlet), Ceniza (Mufla a 600°C por 24 horas), Fibra cruda (doble digestión ácida y alcalina) y el Extracto libre de nitrógeno por diferencia, la determinación de la energía bruta, será cuantificada utilizando la bomba calorimétrica empleando el método ASTM D-2015-66 (1972), el cual se realizó en el (IIN). Se realizó análisis químico para obtener la concentración del óxido de cromo de las dietas y heces de cada unidad experimental, los cuales se realizaron en el (LASPAF) del departamento de suelos empleando el método de espectrofotometría por absorción atómica por el método AOAC (1990).

$$CDA_{(ing)} = CDA_{(dp)} + (CDA_{(dp)} - CDA_{(dr)}) \times \left( \frac{0.7 \times D_{(ref)}}{0.3 \times D_{(ing)}} \right)$$

### 3.9. Determinación de la digestibilidad

#### 3.9.1. Cálculo de coeficiente de digestibilidad aparente de los nutrientes y energía de las dietas y de la torta de soya

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. Con los resultados de laboratorio obtenidos de las dietas y heces colectadas se determinaron los Coeficientes de Digestibilidad Aparente (CDA) de las dietas para materia seca, proteína cruda, extracto etéreo y energía bruta, posteriormente se utilizaron estos CDA de las dietas para determinar CDA de la torta de soya. Las ecuaciones utilizadas fueron las siguientes:

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

$$CDA (d) = 1 - \left[ \left( \frac{\%Cr2O3d}{\%Cr2O3h} \right) \times \left( \frac{\%Nh}{\%Nd} \right) \right]$$

Donde:

CDA (d) = Coeficiente de digestibilidad aparente de la dieta.

Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>d = Contenido de óxido de cromo en las dietas expresado en porcentaje.

Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>h = Contenido de óxido de cromo en las heces expresado en porcentaje.

Nh = contenido de nutriente en heces expresado en porcentaje.

Nd = contenido de nutriente en la dieta expresado en porcentaje.

Fórmula de la determinación del CDA de nutrientes en el ingrediente (NRC, 2011).

Donde:

CDA (ing) = Coeficiente de digestibilidad aparente del ingrediente prueba.

CDA (dp) = Coeficiente de digestibilidad aparente de la dieta prueba.

CDA (dr) = Coeficiente de digestibilidad aparente de la dieta referencial.

D (ref) = porcentaje de nutriente o Kcal/Kg de energía bruta de la dieta referencial.

D (ing) = porcentaje de nutriente o Kcal/Kg de energía bruta del ingrediente.

### **3.9.2. Cálculo de la digestibilidad de nutrientes de la torta de soya**

Los datos obtenidos del análisis químico proximal (AQP) de la torta de soya y los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) determinados para cada nutriente, serán multiplicados obteniéndose la digestibilidad aparente de la materia seca, proteína cruda y extracto etéreo. Estos valores se obtendrán con la siguiente fórmula (Viraes, 2008).

$$\text{DIG. ingr (\%)} = \text{Nutr. ingr (\%)} * (\text{CDA nutr. ingr})$$

Donde:

DIG. ingr: Digestibilidad de un nutriente en la torta de soya.

Nutr. ingr: Porcentaje (%) de un nutriente en la torta de soya (hallado por AQP).

CDA nutr. ingr: Coeficiente de digestibilidad aparente de un nutriente en la torta de soya.

### **3.9.3. Cálculo de la energía digestible**

La energía digestible se determinará hallando previamente la energía bruta de la torta de soya mediante bomba calorimétrica; posteriormente se multiplicará por su coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) para la energía. El producto obtenido será la energía digestible de la torta de soya. Este valor se obtendrá con la siguiente fórmula (Viraes, 2008).

$$\text{ED} = \text{EB} * \text{CDA Ener}$$

Donde:

ED: Energía digestible de la torta de soya.

EB: Energía bruta de la torta de soya (determinada por bomba calorimétrica).

CDA Ener: Coeficiente de digestibilidad aparente de la energía en la torta de soya.

### **3.9.4. Análisis estadístico**

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

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Calidad del agua

Los parámetros de calidad de agua como temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad, nitrógeno amoniacal, nitrito y dureza que se presenta en la Tabla 6 y Anexo 3 muestran que se mantuvieron los parámetros óptimos de calidad de agua para el desarrollo de los paiches. La temperatura del agua en los acuarios durante la fase experimental fue en promedio de 27 °C, estando dentro del rango recomendado por Franco (2007), quien menciona que la temperatura óptima para el manejo de paiches está entre 26 a 28 °C, Alcántara y Guerra (1992) indica una temperatura promedio de 28.4 °C para cultivo de paiche en estanques. La temperatura para organismos acuáticos, principalmente en los peces es muy importante, debido a que esta condiciona la maduración gonadal, tiempo de incubación de las ovas, desarrollo larval, actividad metabólica y ritmo de crecimiento de larvas, alevinos y adultos de los peces, además influye indirectamente en la respiración, al condicionar la concentración de oxígeno disuelto en el agua y el ritmo respiratorio de los peces, según Argumedo (2005).

El nivel de oxígeno disuelto promedio fue de 5.39 mg/Lt, dicho valor se encuentra dentro del rango de 4.5 a 10.6 mg/Lt, según Alcántara y Guerra (1992).

En la medida del potencial de hidrogeno (pH) el valor promedio mantenido en la presente evaluación fue 6.90, el cual se encuentra dentro del rango mencionado por Franco (2007), quien recomienda un pH entre 6.5 a 8.0 unidades para el manejo del Pirarucú. Para FAO (1999) los niveles óptimos de pH varían entre 6,5 y 9 valores fuera de estos niveles son inadecuados para los peces, trayendo como consecuencia un bajo desarrollo y crecimiento.

En la medida del nitrógeno amoniacal, se mantuvo el valor promedio de 0.38 mg/Lt, el cual es un valor inferior y que esta fuera del rango de 0.6 a 2.0 mg/Lt, indicado por Carazo (1999), quien nos dice que el nitrógeno amoniacal en el agua se encuentra en forma no ionizada como amoniaco ( $\text{NH}_3$ ), o en forma ionizada como amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), en la forma no ionizada es toxico y los peces solo pueden soportar pequeñas cantidades.

Los valores de conductividad, nitrito y dureza promedio obtenidos fueron de 3.31 mS, 0.91 mg/Lt y 176.67 ppm respectivamente, dichos valores se mantuvieron constantes durante todo el experimento, por lo cual se puede decir que dichos resultados, fueron parámetros adecuados para la evaluación.

**Tabla 6: Parámetros de calidad del agua**

Parámetros		Promedio	
Temperatura en el acuario ° C	08:00 a.m.	27.24	
	12:00 p.m.	27.05	27.00
	04:00 p.m.	26.73	
Temperatura ambiental ° C	08:00 a.m.	21.56	
	12:00 p.m.	22.75	22.62
	04:00 p.m.	23.56	
Oxígeno disuelto (mg/Lt)	5.39	5.39	
pH	6.90	6.90	
Conductividad (mS)	3.31	3.31	
Nitrógeno amoniacal (mg/Lt)	0.38	0.38	
Nitrito (mg/Lt)	0.91	0.91	
Dureza (ppm)	176.67	176.67	

#### 4.2. Coeficiente de digestibilidad aparente de la torta de soya

En la Tabla 7 se presentan el promedio de los resultados de los análisis químicos de las dietas y heces de cada grupo experimental, con los cuales se determinaron los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de la torta de soya. Los resultados se muestran en la Tabla 8 y Anexo 4, cuyos valores fueron de  $61.40 \pm 4.87$  y  $71.31 \pm 3.34$  por ciento de CDA para la materia seca y energía digestible respectivamente. Los cuales son resultados comparables al de Barboza (2016), quien obtuvo  $61.16 \pm 1.98$  y  $67.31 \pm 1.68$  por ciento de CDA para la materia seca y energía bruta respectivamente, de la torta de soya en juveniles de gamitana



(*Colossoma macropomum*), especie amazónica al igual que el paiche (*Arapaima gigas*), el valor obtenido en materia seca es similar, sin embargo para la energía bruta hay que resaltar que el resultado obtenido es mayor en comparación al de Barboza (2016).

El valor obtenido fue inferior al obtenido por Vásquez *et al.* (2013), se determinaron coeficientes de digestibilidad de torta de soya y soya integral, utilizados en raciones para cachama (*Piaractus brachypomus*), especie de tipo omnívora, para la torta de soya se obtuvieron CDA de materia seca y energía bruta de  $62.5 \pm 0.6$  y  $79.3 \pm 3.0$  por ciento respectivamente, sin embargo es superior a los valores obtenidos para soya integral, con CDA de la materia seca y energía bruta de  $44.2 \pm 1.8$  y  $54.6 \pm 2.5$  por ciento respectivamente. El resultado de CDA de la materia seca es inferior comparado al de estudios realizados con truchas, realizados por Cho *et al.* (1982), quienes determinaron coeficientes de digestibilidad para la torta de soya, donde se obtuvo un CDA de la materia seca de 78 por ciento. También es inferior al valor obtenido para torta de soya, en dietas para sargo rayado (*Archosargus rhomboidalis*), especie de tipo omnívora, con un CDA de la materia seca de  $79.9 \pm 1.1$  por ciento (Hernández y Millan, 1998).

El CDA de la proteína cruda de la torta de soya, cuyo valor fue de  $80.97 \pm 2.44$  por ciento, es inferior a los valores obtenidos por Vásquez *et al.* (2013), quienes hallaron un CDA de la proteína de torta de soya y soya integral obteniendo,  $92.1 \pm 0.7$  y  $84.8 \pm 1.4$  por ciento respectivamente, para dietas de cachama. Del mismo modo este valor es inferior al obtenido por Barboza (2015), quien determinó un CDA de la proteína para torta de soya en gamitana, obteniendo  $82.76 \pm 0.97$  por ciento. El valor obtenido es superior al obtenido por Smith *et al.* (1995), quien halló un CDA de 74.7 por ciento de proteína para torta de soya en trucha. Además, Campagnoli y Machado (2006) nos describen que habrá mejores digestibilidades en especies carnívoras para ingredientes proteicos con niveles bajos de fibra.

**Tabla 7: Análisis químico de las dietas y heces**

Grupo experimental	MS (%)		Proteína (%)		Extracto etéreo (%)		EB (Mcal/kg)*		Óxido de cromo (%)	
	Dieta	Heces	Dieta	Heces	Dieta	Heces	Dieta	Heces	Dieta	Heces
<b>Referencial</b>	91.30	92.71	59.20	29.72	12.50	1.09	3.77	3.03	0.45	3.47
<b>Prueba</b>	92.50	91.34	53.00	25.89	12.80	1.62	4.57	3.45	0.43	2.05

Los datos reportados muestran promedios en tal como ofrecido

MS = Materia seca

EB = Energía bruta

\*Determinación de la energía bruta realizados en el Instituto de Investigación Nutricional (IIN)

\*\*Análisis de óxido de cromo realizados en el laboratorio de análisis de suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF)

**Tabla 8: Contenido nutricional y digestibilidad de la torta de soya**

<b>Contenido nutricional</b>	<b>Base fresca</b>	<b>Base seca</b>
Materia seca (%)	89.60	100.00
Proteína cruda (%)	47.70	53.24
Extracto etéreo (%)	4.00	2.12
Energía bruta (EB) (Mcal/Kg)	4.24	4.73

<b>Coefficientes de digestibilidad aparente</b>	
Materia seca (%)	61.40 ± 4.87
Proteína cruda (%)	80.97 ± 2.44
Extracto etéreo (%)	93.76 ± 1.53
Energía bruta (%)	71.31 ± 3.34

<b>Nutrientes digestibles</b>	<b>Base fresca</b>	<b>Base seca</b>
Materia seca (%)	55.01 ± 4.36	61.40 ± 4.87
Proteína cruda (%)	38.62 ± 1.16	43.10 ± 1.30
Extracto etéreo (%)	1.78 ± 0.03	1.99 ± 0.03
Energía digestible (ED) (Mcal/kg)	3.02 ± 0.14	3.37 ± 0.16

El valor obtenido de CDA del extracto etéreo de la torta de soya fue de  $93.76 \pm 1.53$  por ciento, este valor fue superior al encontrado por Barboza (2015), quien determinó un valor de  $72.74 \pm 1.52$  por ciento para torta de soya en gamitana. Del mismo modo, este valor es superior al obtenido por Hernández y Millan (1998), quienes determinaron un CDA de  $83.7 \pm 1.0$  por ciento para torta de soya en raciones para Sargo rayado (*Diplodus sargus sargus*). De igual manera el valor hallado por Koprucu *et al.* (2005) es menor, quienes encontraron el valor de 92.1 por ciento para torta de soya en Tilapia (*Oreochromis spp*), además nos señalan y recomiendan un rango de 85 a 95 por ciento para CDA de extracto etéreo en peces.

De acuerdo a los resultados obtenidos, concuerda con el valor encontrado en el presente estudio.

Vergara *et al.* (2011), realizaron estudios de la torta de soya en Paco (*Piaractus brachypomus*), obteniendo valores de CDA para la materia seca y proteína cruda de 63.19 y 81.84 por ciento respectivamente. Estos valores son superiores a los obtenidos en la presente investigación. Por otro lado, los valores obtenidos de CDA para el extracto etéreo y energía bruta fueron de 70.10 y 69.94 por ciento respectivamente, los cuales son resultados inferiores a los obtenidos en la presente investigación.

#### **4.3. Energía digestible de la torta de soya**

La energía digestible (ED) de la torta de soya se muestra en la Tabla 8 y Anexo 5, obteniéndose un valor de 3.37 Mcal/Kg  $\pm$  0.16 en base seca. Este resultado es superior al determinado por Vergara *et al.*, (2011) en dietas para Paco (*Piaractus brachypomus*), quien obtuvo para la torta de soya una ED de 3.09 Mcal/Kg. De igual forma es superior al obtenido por Barboza (2016), quien obtuvo una ED de 2.97 Mcal/Kg en tal como ofrecido para la torta de soya, en juveniles de gamitana.

En trabajos realizados por Vásquez *et al.* (2013) para torta de soya y soya integral, en cachama, obtuvieron una ED de 3.65 y 3.14 Mcal/Kg respectivamente, en comparación de la torta de soya el valor obtenido es mayor al resultado hallado en esta prueba, sin embargo, comparado con la soya integral este valor es inferior al obtenido en el presente trabajo.

## V. CONCLUSIONES

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

1. Los coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca, proteína cruda, extracto etéreo obtenidos para la torta de soya en juveniles de paiche fueron de 61.40, 80.97, 93.76 y 71.31 por ciento, respectivamente.
2. La energía digestible (ED) de la torta de soya en juveniles de paiche fue 3.37 Mcal/kg en base seca y 3.02 Mcal/Kg en tal como ofrecido (89.60 por ciento de materia seca).

## **VI. RECOMENDACIONES**

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

1. Utilizar el valor de 3.02 Mcal de energía digestible por kilogramo, para la torta de soya en base fresca (89.60 por ciento de materia seca) en la formulación estándar de alimentos balanceados para juveniles de paiches.
2. Realizar evaluaciones para determinar los valores adecuados de inclusión en dietas comerciales para paiche.
3. Replicar experimentos en dietas estándares sin acción de aditivos.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara, B. & Guerra, H. (1992). Cultivo de paiche, *Arapaima gigas*, utilizando bujurqui, *Cichlassoma bimaculatum*, como presa. *Rev. Folia Amazonica*. Vol. 4. pp 129 – 139.
- Alcántara, F.B.; Wust, W.H.; Tello, S.; Rebaza, M. & Del Castillo, D. (2006). *Paiche, el gigante del Amazonas*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Ediciones Wust. Iquitos. 69 pp.
- Akiyama, D.M.; Dominy, W.G. & Lawrence, A.L. (1991). Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry: revised. Proceedings of the aquaculture feed processing and Nutrition Workshop. Thailand and Indonesia. September 19-25. Edited by Dean M. Akiyama and Ronnie K.H. Tan. American Soybean Association. pp. 80-98.
- AOAC. (1990). Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. (15th edition).
- Argumedo, E. (2005). ARAWANAS Manual para la cría comercial en cautiverio; Asociación de Acuicultores del Caquetá (ACUICA). Florencia- Colombia. 105 pp.
- AYANS. (2006). Fundamentos de Alimentación y Nutrición del Ganado. E.T.S. Ingenieros de Montes. Univ. Politécnica de Madrid. (en línea). Recuperado de [http://www2.montes.upm.es/Dptos/Dsrn/SanMiguel/APUNTES\\_PRESENTACIONE S/PASCICULTURA%20Y%20SAF/Nutrici%C3%B3n%20animal%20texto%202012.pdf](http://www2.montes.upm.es/Dptos/Dsrn/SanMiguel/APUNTES_PRESENTACIONE%20S/PASCICULTURA%20Y%20SAF/Nutrici%C3%B3n%20animal%20texto%202012.pdf)

- Barboza, A. (2016). Determinación de la Digestibilidad de nutrientes y la energía digestible de la torta de soya (*Glycine Max*) en juveniles de Gamitana (*Colossoma Macropomum*). Laboratorio de Investigación den Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC). Departamento de nutrición. Facultad de Zootecnia. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
  
- Bondi, A. (1988). *Nutrición Animal*. España. Editorial Acribia, S.A. 572 pp.
  
- BPP (Manual de buenas prácticas para piscicultura). (2016). Subsecretaria de Acuicultura. Dirección de políticas y ordenamiento acuícola. (en línea). Recuperado de <http://balcon.magap.gob.ec/mag01/magapaldia/rdc2016/Fase2/OTRAS%20EOD/VE RIFICABLES/SUB.%20ACUACULTURA/Manual de Buenas Pra%CC%81cticas de Piscicultura.pdf>
  
- Calzada, J. (1984). *Métodos Estadísticos para la Investigación*. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 527 pp.
  
- Campagnoli, P. & Machado, D. (2006). Coeficientes de digestibilidad aparente de ingredientes para juvenis de jundia. *R. Bras. Zootec.* 35(4): 1581-1587.
  
- Campos, L. (2001). Historia biológica del paiche o pirarucus *Arapaima gigas* (Cuvier) y Bases para su cultivo en la Amazonia Iquitos – Perú. Instituto de investigaciones de la Amazonia. [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/ArapaimaGigasHist.pdf>
  
- Caracas. (2007). La Soya. Gobierno Bolivariano de Venezuela. Instituto Nacional de Nutrición. [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <http://www.inn.gob.ve/pdf/docinves/lasoya.pdf>
  
- Carazo, V. (1999). Manual de Piscicultura del Paiche. Tratado de cooperación Amazónica. [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-ak492s.pdf>
  
- Castello, F. (1993). Acuicultura marina: Fundamentos biológicos y tecnológicos de la producción. Barcelona, España: Universidad de Barcelona. [Versión Dx. Reader].



Recuperado de  
<https://books.google.com.pe/books?id=hjwMNMgh1cQC&pg=PA181&dq=metodo%20indirecto%20para%20determinar%20la%20digestibilidad%20en%20peces&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiUubPc8ojQAhVDLmMKHbkzBjkQ6AEIGjAA#v=onepage&q=metodo%20indirecto%20para%20determinar%20la%20digestibilidad%20en%20peces&f=false>

- Castello, F. (2014). *Piscicultura Marina en Latino América. Bases Científicas y Técnicas para su desarrollo*. Barcelona, España: Ediciones de la Universidad de Barcelona. [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=QTCtBAAAQBAJ&pg=PA61&dq=digestibilidad%20en%20peces&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjNyMW4wojQAhUG0WMKHVyzAlMQ6AEIJTAC#v=onepage&q=digestibilidad%20en%20peces&f=false>
- Consejo Nacional de Investigaciones. (2011). *Requerimientos nutricionales de los peces*. Washington, DC: National Academy Press. 114p.
- Cho, C.Y. & Slinger, S.J. (1979). Apparent digestibility measurements in feedstuffs for rainbow trout. p. 239–247. In JE Halver & K Tiews (Eds.). *Finfish nutrition and fishfeed technology, II*. Heenemann Verlagsgesellschaft, Berlin.
- Cho, C.Y.; Slinger, S.J.; Bayley, HS. (1982). Bioenergetic of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. *Comparative Biochemistry and Physiology* 73B:25-41.
- Dallagnol, J.; Lui, T.; Losch, J.; Dieterich, F.; Feiden, A.; Boscolo, W. (30 de agosto a 03 de setembre de 2010). Digestibilidad aparente de derivados da soja (*Glycime max*) en juvenis de tilapia do nilo (*Oreochromis niloticus*). II Simposio Nacional de Engenharia de Pesca e XII Semana Academica de Engenharia de Pesca.
- Del Risco, O.; Velásquez, L.; Mori, L.; Padilla, P.; Chu Koo, F.; Sandoval, M. (2008), influencia del alimento extruido con tres niveles de proteína en el crecimiento de alevinos de paiche *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829). Recuperado de [www.iiap.org.pe/Upload/Conferencia/CONF46](http://www.iiap.org.pe/Upload/Conferencia/CONF46)

- DSM Nutritional Products Perú S.A. (2016). Descripción de Productos y/o Servicios. Recuperado de <https://industriaalimentaria.org/directorioIA/usuario/DSM-NUTRITIONAL-PRODUCTS-PER%C3%9A-S.A.>
- FAO (Food and Agriculture Organization) EE.UU. (1999). *Manual de piscicultura del paiche (Arapaima gigas Cuvier)*. Caracas Venezuela. 84 pp.
- FEDNA (Fundación española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, ES). (2016). Ingredientes para piensos, aceites y oleos de origen vegetal. Recuperado de [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_pensos/aceites-y-ole%C3%ADnas-deorigen-vegetal](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_pensos/aceites-y-ole%C3%ADnas-deorigen-vegetal)
- Forster, I.P., Dominy, W., Tacon, A. G. (3 al 6 de Septiembre del 2002). The use of concentrates and other soy products in shrimp feeds. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola Cortés, M. G., Simoes, N. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Cancún, Quintana Roo, México. pp. 527-540.
- Franco, R. (2007). Cría y Producción de Pirarucú en Cautiverio, Colombia. [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <http://apps.udla.edu.co/documentos/docs/ViceRectoria%20de%20Investigaciones%20y%20Posgrados/Publicaciones/Libros/Manual%20pirarucu.pdf>
- Guillaume, J; Kaushik, S; Bergot, P; Métailler, R. (2004). Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Madrid, ES. Editorial Mundi-Prensa. 514 pp.
- Gutierrez, M; Vasquez, W. (2008). Digestibilidad de Glicine max L, soya, en juveniles de cachama blanca *Piaractus brachypomus* Cuvier 1818. Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos Meta, Colombia. [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/896/89612202.pdf>
- Gutman, G. (2013). Análisis Diagnostico Tecnológico Sectorial. [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <http://www.mincyt.gob.ar/adjuntos/archivos/000/043/0000043769.pdf>

- Hernandez, M; Millan, J. (1998). Coeficiente de digestibilidad aparente y energía metabolizable de ingredientes utilizados en la alimentación del sargo rayado, *Archosargus rhomboidalis* (L. 1758, PISCES: SPARIDAE). [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/480/48024101.pdf>
- IIAP (Instituto de la Amazonía Peruana). (2002). Historia Biológica del Paiche o Pirarucú (Arapaima Gigas) y Bases Para su Cultivo en la Amazonía. Iquitos, Perú. [Versión Dx. Reader]. Recuperado de [https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio\\_exterior/plan\\_exportador/publicaciones/Paiche.pdf](https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/plan_exportador/publicaciones/Paiche.pdf)
- IIAP (Instituto de la Amazonía Peruana). (2007). Aspectos de Manejo, Reproducción y Alimentación del Paiche (Arapaima Gigas) en la Amazonia Peruana. PE. Recuperado de <https://www.promamazonia.org.pe>
- INBIRIBA, E.P. (1994). Reproducción de larvas y alevines de pirarucu, *Arapaima gigas* (Cuvier). Recomendaciones básicas N° 26. Belem, Brasil. 21pp.
- Instituto Boliviano de Comercio Exterior. (2015). Soya: Producción y comercio mundial. [Versión Dx. Reader]. Recuperado de [http://ibce.org.bo/images/ibcecifras\\_documentos/CIFRAS-446-Soya-Produccion-Comercio-Mundial.pdf](http://ibce.org.bo/images/ibcecifras_documentos/CIFRAS-446-Soya-Produccion-Comercio-Mundial.pdf)
- Instituto de Investigación Nutricional. (2016). Análisis de Energía Bruta.
- Ituassú, DR.; Pereira-Filho, M.; Roubach, R.; Crescencio, R.; Cavero, B.; Gandra, A.L. (2001). Níveis de proteína bruta para juvenis de pirarucu. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(3):255-259.
- Koprucu, K. & Ozdemir, Y. (2005). Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Firat University, Fisheries Faculty. Turquia. Recuperado de [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

- LASPAF (Laboratório de Analisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes, PE). (2016). Determinación de concentración de Oxido de cromo. Lima, Perú.
- LENA (Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos, PE). (2016). Análisis químico proximal.
- Liener, I.E. (1994). Implications of Antinutritional Components in Soybean Foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 34:31-67.
- Lovell. T. (1998). *Nutrition and Feeding of Fish*. (2<sup>nd</sup>. edition). Kluwer Academic Publishers. 267 pp.
- McDonald, P; Edwards, R; Greenhalgh, J. y Morgan, C. (2006). *Nutrición Animal*. (6ta. Edición). España. 587 pp.
- Meyer, D. (2004). Introducción a la Acuicultura. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. [Versión Dx. Reader]. Recuperado de [http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/featured\\_titles/Introduccion%20Acuicultura.pdf](http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/featured_titles/Introduccion%20Acuicultura.pdf)
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). (2016). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola y Ganadera, Lima. [Versión Dx. Reader]. Recuperado de [http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario-agricola-ganadera2016\\_210917\\_0.pdf](http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario-agricola-ganadera2016_210917_0.pdf)
- Mora, I. (1991). *Nutrición Animal*. San José. Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia. 121 pp. [Versión Dx. Reader]. Recuperado de [https://books.google.com.pe/books?id=\\_K5VL2Z5aQwC&pg=PA13&dq=conceptos%20generales%20de%20digestibilidad%20en%20alimentacion%20animal&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiiiLzdyIjQAhVNyWMKHW2yAYQQ6AEIQjAI#v=onepage&q=conceptos%20generales%20de%20digestibilidad%20en%20alimentacion%20animal&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=_K5VL2Z5aQwC&pg=PA13&dq=conceptos%20generales%20de%20digestibilidad%20en%20alimentacion%20animal&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiiiLzdyIjQAhVNyWMKHW2yAYQQ6AEIQjAI#v=onepage&q=conceptos%20generales%20de%20digestibilidad%20en%20alimentacion%20animal&f=false)

- Ono, E.; Nunes, É.; Cedano, J.; Pereira Filho, M.; Roubach, R. (2008). Apparent digestibility coefficient of practical diets with different energy: protein ratios for pirarucu juveniles. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(2), 249-254.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas, EEUU). (2007). Comercio sostenible de *Arapaima gigas* en la región amazónica. Publicación Naciones Unidas. [Versión Dx. Reader]. Recuperado de [http://www.biotrade.org/MeetingsEvents/rio1/Paiche\\_Workshop\\_Report\\_FINAL\\_es.pdf](http://www.biotrade.org/MeetingsEvents/rio1/Paiche_Workshop_Report_FINAL_es.pdf)
- Pereira-Filho, M.; Cavero, B.; Roubach, R.; Ituassú, D., Gandra, A.; Crescêncio, R. (2003). Pirarucu (*Arapaima gigas*) husbandry in ponds. *Acta Amazon* 33(4):715-718.
- Pereyra, G. (2013). Piscicultura. [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/037-a-piscicultura.pdf>
- Pond, W.; Church, D.; Pond, K. (2002). *Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales*. México, D.F. Editorial Limusa, S.A. de C.V. 635 pp.
- PRODUCE (Misterio de la producción del Perú). Anuario estadístico pesquero y acuícola. 2012 [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-2012.pdf>
- PRODUCE (Ministerio de la Producción del Perú). Red Nacional de Información Acuícola - Estadísticas de Producción. 2016 [Versión Dx. Reader]. Recuperado de [https://isid.unido.org/files/Peru/PCP%20Per%C3%BA\\_Diagnostico\\_Cadena%20de%20Valor%20Acu%C3%ADcola\\_Informe%20Final.pdf](https://isid.unido.org/files/Peru/PCP%20Per%C3%BA_Diagnostico_Cadena%20de%20Valor%20Acu%C3%ADcola_Informe%20Final.pdf)
- Ridner, E. (2006). Soja, propiedades nutricionales y su importancia en la salud [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <http://www.sanutricion.org.ar/files/upload/files/soja.pdf>
- Salunkhe, D.K. (1992). *World Oilseeds – Chemistry, Technology, and Utilization*. Van Nostrand Reinhold. E.U.A.

- Sanz, F. (2009). La Nutrición y Alimentación en piscicultura. Fundación observatorio español de acuicultura consejo superior de investigaciones científicas ministerio de medio ambiente y medio rural y marino. Madrid. 803 p. [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=NEqkj2By-kEC&pg=PA43&dq=digestibilidad%20en%20peces&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjNyMW4wojQAUG0WMKHVyzAlMQ6AEIIDAB#v=onepage&q=digestibilidad%20en%20peces&f=false>
- Smith, R.R.; Winfree, R.A.; Rumsey, G.W.; Allred, A. & Peterson, M. (1995). Apparent digestion coefficients and metabolizable energy of feed ingredients for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *J. World Aquaculture Soc.*, 26(4): 432-437.
- Stech, M.; Carneiro, D.; Barbieri, D.E.; Carvalho, M. (2010). Fatores antinutricionais e coeficientes de digestibilidade aparente da proteína de produtos de soja para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/5819/5819>
- Tacon, A.G.J.; Haaster, J.V.; Featherstone, P.B.; Kett, K. & Jackson, A.J. (1983). Studies on the utilization of full-fat soybean and solvent extracted soybean meal in a complete diet for rainbow trout. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 49: 1437-1443.
- Vasquez, T. (2001). Nutrición y Alimentación de Peces. Bogotá Colombia. Recuperado de [http://digitool.gsl.com.mx:1801/webclient/StreamGate?folder\\_id=0&dvs=1508594655829](http://digitool.gsl.com.mx:1801/webclient/StreamGate?folder_id=0&dvs=1508594655829)
- Vasquez-Torres, W; Yossa, M; Hernandez, G; Gutierrez, M. (2010). Digestibilidad aparente de ingredientes de uso común en la fabricación de raciones balanceadas para tilapia roja híbrida (*Oreochromis sp.*) [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/2950/295023450010.pdf>

- Vasquez, W; Yossa, MI; Gutiérrez, MC. (2013). Digestibilidad aparente de ingredientes de origen vegetal y animal en la cachama. Rev. [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/pab/v48n8/v48n8a19.pdf>
- Vergara, R.; Lafeta, Y.; Camacho, R. (2011). Determinación de la digestibilidad de ingredientes y el requerimiento de proteína y energía digestible en Paco (*Piaractus brachypomus*). Recuperado de <http://docplayer.es/27619629-1-2-3-laboratorio-de-investigacion-en-nutricion-y-alimentacion-de-peces-y-crustaceos-departamento-academico-de-nutricion-facultad-de.html>
- Vergara, R.; Camacho, R.; Bustamante, P.; Ferrer, S. (2016). Determinación del Requerimiento De Energía Digestible Para El Paiche (*Arapaima gigas*). Conferencia Internacional LACQUA/SARA (WAS) 16. Lima, Perú.
- Vergara, R.; Camacho, R; Bustamante, P; Ferrer, S. Determinación Del Requerimiento De Proteína Cruda Para El Paiche (*Arapaima gigas*). Conferencia Internacional LACQUA/SARA (WAS) 16. Lima, Perú.
- Viraes, M. (2008). Digestibilidade aparente da proteína e energia e o tempo de passagem de alimentos para acara-bandeira (*Pterophyllum scalare*). (Tesis Magister). Universidad del Estado de Rio de Janeiro norte Darcy Brook. Brasil.

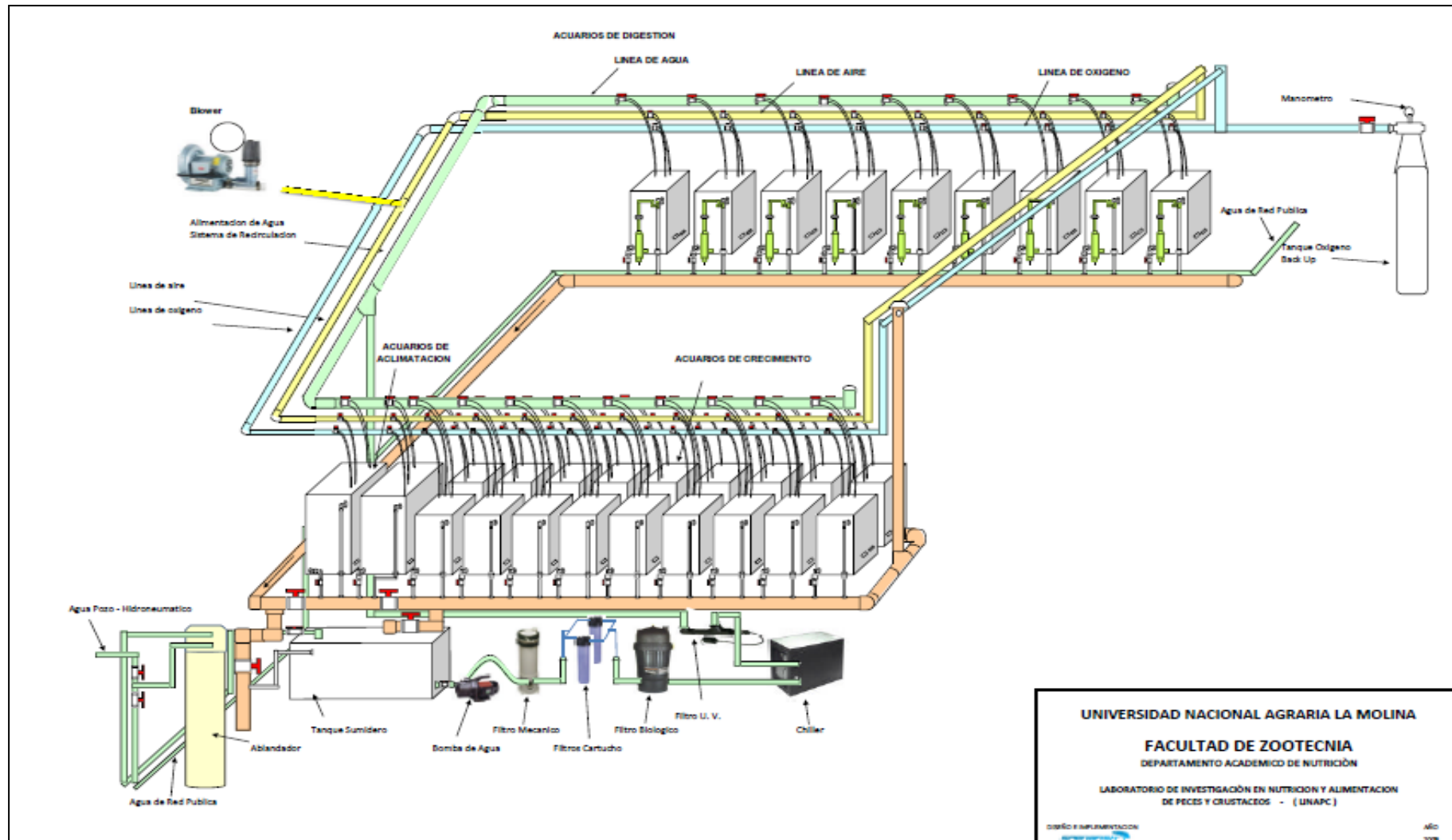
## VIII. ANEXOS

### Anexo 1: Instalaciones y equipos del LINAPC

EQUIPO	UNIDAD	FUNCION
Ablandador de agua	1 m <sup>3</sup>	Al poseer el agua de La Molina 1500 ppm (concentración de iones de Ca <sup>++</sup> y Mg <sup>++</sup> ), el ablandador cumple la función de disminuir la dureza hasta 16 ppm.
Tanque sumidero	Capacidad 360 Lt	Recepciona directamente el agua del ablandador. Consta de un desagüe por rebose y una salida hacia la bomba de agua.
Bomba de agua	1 HP de potencia	Permite el movimiento del agua desde el tanque sumidero a través de todos los filtros hacia todos los acuarios.
Filtro mecánico (Reemy)	1 unidad	Tiene la capacidad para retener partículas de hasta un mínimo de 20 µm.
Filtros Housing	2 unidades	Apoyan al filtro mecánico con la retención de partículas de 20 µm.
Enfriador/calentador de agua	2 HP de potencia	Enfriar o calienta el agua entre un rango de 13 – 32 °C.
Esterilizador UV	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	Cada acuario de fibra de vidrio, tiene una capacidad de 55 Lt, de color blanco, liso por dentro y fuera, con frontis de vidrio de 6 mm y dimensiones de 0.47 ancho x 0.47 profundidad x 0.50 altura (cm) y una pendiente de 13°.



## Anexo 2: Laboratorio de investigación y alimentación de peces y crustáceos (LINAPC)



**Anexo 3: Parámetros de Calidad de agua**

Parámetros		Semanas												Promedio
		1	2	3	4									
Temperatura en el acuario °C	08:00 a.m.	27.00	27.72	28.20	27.10	27.24	27.50	27.00	27.00	27.30	26.90	27.00	26.90	27.24
	12:00 p.m.	27.00	27.10	28.20	27.10	27.10	27.50	27.10	27.00	26.00	26.50	27.00	27.00	27.05
	04:00 p.m.	28.80	26.80	28.40	26.40	26.70	27.90	27.50	26.70	27.50	24.00	24.00	26.00	26.73
Temperatura ambiental °C	08:00 a.m.	22.00	21.20	21.00	24.00	21.50	21.00	22.00	21.50	22.00	20.50	21.00	21.00	21.56
	12:00 p.m.	22.50	23.00	21.00	21.00	22.00	24.00	25.00	23.50	22.00	22.00	23.50	23.50	22.75
	04:00 p.m.	24.00	23.50	22.00	21.00	23.50	21.00	26.00	23.70	24.00	24.00	24.00	26.00	23.56
Oxígeno disuelto (mg/Lt)		5.30	5.40	5.40	5.30	5.50	5.10	5.50	5.40	5.90	5.10	5.40	5.40	5.39
pH		6.90	7.00	6.70	6.90	6.90	6.80	7.00	6.80	7.00	7.00	6.80	7.00	6.90
Conductividad (mS)		3.67	3.42	3.76	3.39	3.26	3.32	3.32	3.25	3.26	2.89	3.09	3.11	3.31
Nitrógeno amoniacal (mg/Lt)		0.40	0.40	0.20	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.38
Nitrito (mg/Lt)		0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.91
Dureza (ppm)		160.00	176.00	180.00	188.00	176.00	172.00	176.00	180.00	188.00	176.00	180.00	168.00	176.67

#### Anexo 4: Coeficientes de digestibilidad aparente de la torta de soya

CDA de la torta de soya				
Repetición	Materia seca (%)	Energía bruta (%)	Proteína cruda (%)	Extracto etéreo (%)
R1	66.16	74.22	79.75	92.49
R2	61.61	72.03	83.77	95.46
R3	56.42	67.66	79.37	93.32
<b>Promedio (%)</b>	61.40	71.30	80.96	93.76
<b>Desviación estándar</b>	4.87	3.34	2.44	1.53
<b>Coef. de variabilidad (%)</b>	7.94	4.68	3.01	1.63

Los datos se presentan en base seca

**Anexo 5: Nutrientes digestibles y Energía digestible de la torta de soya**

<b>Repetición</b>	<b>Materia seca (%)</b>	<b>Proteína cruda (%)</b>	<b>Extracto etéreo (%)</b>	<b>Energía digestible (%)</b>
R1	66.16	42.46	1.96	3.51
R2	61.61	44.60	2.02	3.41
R3	56.42	42.26	1.98	3.20
<b>Promedio</b>	61.40	43.11	1.99	3.37
<b>Desviación estándar</b>	4.87	1.30	0.03	0.16
<b>Coef. de variabilidad (%)</b>	7.94	3.01	1.54	4.69

Los datos se presentan en base seca

**Anexo 6: Análisis químico proximal de las dietas brindadas**

<b>Base</b>	<b>Dietas</b>	<b>Nutrientes</b>						
		<b>Materia seca (%)</b>	<b>Proteína cruda (%)</b>	<b>Extracto etéreo (%)</b>	<b>Fibra cruda (%)</b>	<b>Ceniza (%)</b>	<b>Extracto libre de Nitrógeno (%)</b>	<b>Energía bruta (Mcal/Kg)</b>
<b>Fresca</b>	<b>Referencial</b>	91.30	59.20	12.50	2.00	12.80	4.80	3.77
	<b>Prueba</b>	92.50	53.00	12.80	2.40	10.80	13.50	4.57
<b>Seca</b>	<b>Referencial</b>	100.00	64.84	13.69	2.19	14.02	5.26	4.13
	<b>Prueba</b>	100.00	57.30	13.84	2.59	11.68	14.59	4.94

**Anexo 7: Análisis químico proximal de las heces obtenidas**

Heces	Repetición	Nutrientes						
		Materia seca (%)	Proteína cruda (%)	Extracto etéreo (%)	Fibra cruda (%)	Ceniza (%)	Extracto libre de Nitrógeno (%)	Energía bruta (Mcal/Kg)
<b>Dieta Referencial</b>	R1	92.78	29.40	1.06	11.05	30.99	20.28	3.03
	R2	92.73	29.66	1.02	11.42	31.63	19.00	3.01
	R3	92.62	30.09	1.19	12.65	30.73	17.96	3.06
	<b>Promedio (%)</b>	92.71	29.72	1.09	11.71	31.12	19.08	3.03
	<b>Desviación estándar</b>	0.082	0.348	0.089	0.838	0.463	1.162	0.025
	<b>Coef. de variabilidad (%)</b>	0.088	1.173	8.154	7.155	1.489	6.090	0.830
<b>Dieta Prueba</b>	R1	91.82	28.66	1.96	16.64	16.59	27.97	3.52
	R2	90.47	23.53	1.27	17.39	18.19	30.09	3.37
	R3	91.74	25.47	1.64	15.20	16.52	32.91	3.47
	<b>Promedio (%)</b>	91.34	25.89	1.62	16.41	17.10	30.32	3.45
	<b>Desviación estándar</b>	0.757	2.590	0.345	1.113	0.945	2.478	0.076
	<b>Coef. de variabilidad (%)</b>	0.829	10.006	21.271	6.782	5.524	8.173	2.212

**Anexo 8: Valores de óxido crómico determinado en las dietas y heces**

Muestra	Repeticiones	Óxido de cromo	
		Base fresca	Base seca
Dieta referencial	R1	0.45	0.49
	R2	0.45	0.49
	R3	0.45	0.49
	<b>Promedio</b>	<b>0.45</b>	<b>0.49</b>
Dieta prueba	R1	0.43	0.47
	R2	0.43	0.47
	R3	0.43	0.47
	<b>Promedio</b>	<b>0.43</b>	<b>0.47</b>
Heces de la dieta referencial	R1	3.30	3.56
	R2	3.51	3.79
	R3	3.60	3.89
	<b>Promedio</b>	<b>3.47</b>	<b>3.75</b>
Heces de la dieta prueba	R1	2.16	2.35
	R2	2.05	2.26
	R3	1.95	2.13
	<b>Promedio</b>	<b>2.05</b>	<b>2.25</b>

**Anexo 9: Cantidad total de heces colectadas en base a las dietas**

Dietas	Repetición	Total de heces		Promedio día (gr)		Materia seca (%)
		Húmedas	Secas	Húmedas	Secas	
Referencial	R1	192.63	20.63	4.94	0.53	10.71
	R2	203.08	22.68	5.21	0.58	11.17
	R3	215.02	22.64	5.51	0.58	10.53
	<b>Promedio</b>	<b>203.58</b>	<b>21.98</b>	<b>5.22</b>	<b>0.56</b>	<b>10.80</b>
Prueba	R1	212.24	18.70	5.44	0.48	8.81
	R2	200.69	18.02	5.15	0.46	8.98
	R3	183.24	16.57	4.70	0.42	9.04
	<b>Promedio</b>	<b>198.72</b>	<b>17.76</b>	<b>5.10</b>	<b>0.46</b>	<b>8.94</b>



**Anexo 10: Coeficientes de digestibilidad aparente de las dietas**

<b>CDA</b>					
<b>Dietas</b>	<b>Repetición</b>	<b>Materia Seca (%)</b>	<b>Proteína cruda (%)</b>	<b>Extracto etéreo (%)</b>	<b>Energía bruta (%)</b>
<b>Referencial</b>	R1	86.14	93.23	98.84	89.04
	R2	86.98	93.58	98.95	89.76
	R3	87.32	93.65	98.81	89.85
	<b>Promedio</b>	<b>86.81</b>	<b>93.49</b>	<b>98.87</b>	<b>89.55</b>
<b>Prueba</b>	R1	80.15	89.18	96.94	84.60
	R2	79.37	90.64	97.91	84.45
	R3	78.05	89.36	97.16	83.20
	<b>Promedio</b>	<b>79.19</b>	<b>89.73</b>	<b>97.34</b>	<b>84.08</b>

**Anexo 11: Peso (gr), incremento de peso (gr), consumo de alimento (gr) y conversión alimenticia de la prueba de digestibilidad**

<b>Dietas</b>	<b>Repetición</b>	<b>Biomasa inicial</b>	<b>Biomasa final</b>	<b>Ganancia de biomasa</b>	<b>Peso inicial</b>	<b>Peso final</b>	<b>Ganancia de peso</b>	<b>Consumo de alimento total</b>	<b>Conversión alimenticia</b>
<b>Referencial</b>	R1	531.88	1387.11	855.23	265.94	693.56	427.62	395.83	0.93
	R2	503.60	1648.05	1144.45	251.80	824.03	572.23	405.31	0.71
	R3	515.20	1681.70	1166.50	257.60	840.85	583.25	415.69	0.71
	<b>Promedio</b>	<b>516.89 ± 14.22</b>	<b>1572.29 ± 161.25</b>	<b>1055.39 ± 173.70</b>	<b>258.45 ± 7.11</b>	<b>786.14 ± 80.62</b>	<b>527.70 ± 86.85</b>	<b>405.61 ± 9.93</b>	<b>0.78 ± 0.12</b>
<b>Prueba</b>	R1	613.65	1489.08	875.43	306.83	744.54	437.72	455.71	1.04
	R2	585.84	1787.46	1201.62	292.92	893.73	600.81	462.10	0.77
	R3	606.44	1458.94	852.50	303.22	729.47	426.25	398.81	0.94
	<b>Promedio</b>	<b>601.98 ± 14.43</b>	<b>1578.49 ± 181.60</b>	<b>976.52 ± 195.28</b>	<b>300.99 ± 7.22</b>	<b>789.25 ± 90.80</b>	<b>488.26 ± 97.64</b>	<b>438.87 ± 34.84</b>	<b>0.92 ± 0.14</b>

## Anexo 12: Consumo de alimento durante la evaluación

Dietas	Repetición	Consumo por		
		Acuario	Pez	Pez por día
Referencial	R1	791.66	395.83	10.15
	R2	810.61	405.31	10.39
	R3	831.37	415.69	10.66
	<b>Promedio</b>	<b>811.21</b>	<b>405.61</b>	<b>10.40</b>
Prueba	R1	911.42	455.71	11.68
	R2	924.19	462.10	11.85
	R3	797.61	398.81	10.23
	<b>Promedio</b>	<b>877.74</b>	<b>438.87</b>	<b>11.25</b>