

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN NUTRICIÓN**



**“NIVELES DE ENERGÍA Y RELACIÓN PROTEÍNA A ENERGÍA  
SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y COMPOSICIÓN  
CORPORAL DEL PACO (*Piaractus brachypomus*)”**

Presentada por:

**ADRIANO PAOLO SALINAS MONTOYA**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO  
MAGISTER SCIENTIAE EN NUTRICIÓN**

Lima - Perú  
2018

*A mis padres, César y Emma, por su constante amor, apoyo y confianza, por motivarme a mejorar día a día en cada aspecto de mi vida.*

*A mis abuelos, Jesús y Rosina, por el apoyo brindado desde el inicio de mi vida académica.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ing. Víctor Vergara, por la confianza depositada en mí desde un inicio y el apoyo brindado para la ejecución exitosa de la presente investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC), por el financiamiento del presente trabajo de investigación.

A los miembros del jurado, por los valiosos aportes brindados para el desarrollo y culminación de esta tesis.

A la Planta de Alimentos Balanceados La Molina, por la elaboración del alimento para el presente estudio.

A mis amigos Daniel, Keyla, Brian, Norah y David y Jorge, con quienes tuve la oportunidad de compartir gratos momentos en el LINAPC y por su importante colaboración durante la parte experimental de la investigación. De igual manera, a mis amigos Ernesto, Mayra, Cristian y Andrea, por el gran apoyo y valiosos consejos brindados durante la realización de la tesis y a lo largo de toda la maestría. A la Ing. Andrea Marchán, quién me ayudo en más de una ocasión a lo largo de este proceso.

A todas aquellas personas que de algún modo me apoyaron durante esta etapa de mi vida académica, les estoy infinitamente agradecido.

# ÍNDICE GENERAL

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>2</b>
2.1	Paco ( <i>Piaractus brachypomus</i> ).....	2
2.1.1	Características biológicas .....	2
2.1.2	Alimentación del paco .....	3
2.1.3	Requerimientos nutricionales .....	4
a.	Proteínas .....	4
b.	Lípidos .....	5
c.	Carbohidratos.....	7
d.	Energía.....	7
2.1.4	Requerimientos medioambientales.....	8
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
3.1	Lugar y duración de la evaluación .....	11
3.2	Instalaciones y quipos .....	11
3.3	Animales experimentales .....	11
3.4	Tratamientos .....	12
3.5	Dietas experimentales .....	12
3.6	Manejo experimental .....	12
3.7	Análisis de laboratorio .....	14
3.8	Evaluación de la calidad de agua .....	14
3.8.1	Temperatura del agua .....	14
3.8.2	pH del agua.....	14
3.8.3	Oxígeno disuelto.....	15
3.8.4	Dureza.....	15
3.8.5	Nitrógeno amoniacal.....	15
3.8.6	Nitritos .....	15
3.9	Parámetros productivos.....	15
3.9.1	Peso (P) y Longitud (L) .....	15
3.9.2	Ganancia de peso (GP) .....	16
3.9.3	Consumo de alimento (C).....	16
3.9.4	Conversión alimenticia (CA).....	16

3.9.5	Tasa de crecimiento específico (TCE).....	16
3.9.6	Factor de condición (K).....	16
3.9.7	Sobrevivencia (S) .....	17
3.10	Parámetros de eficiencia productiva .....	17
3.10.1	Relación de eficiencia proteica (PER).....	17
3.10.2	Índice hepatosomático (IHS) .....	17
3.10.3	Valor productivo de la proteína (VPP) .....	17
3.10.4	Valor productivo de la energía (VPE) .....	17
3.11	Composición corporal.....	18
3.12	Evaluación económica .....	18
3.12.1	Tasa de eficiencia económica (TEE) .....	18
3.13	Diseño experimental .....	18
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>19</b>
4.1	Parámetros productivos.....	20
4.1.1	Peso y ganancia de peso .....	20
4.1.2	Consumo de alimento .....	20
4.1.3	Conversión alimenticia.....	22
4.1.4	Tasa de crecimiento específico.....	23
4.1.5	Factor de condición .....	24
4.1.6	Sobrevivencia .....	24
4.2	Parámetros de eficiencia productiva .....	25
4.2.1	Relación de eficiencia proteica.....	25
4.2.2	Índice hepatosomático .....	25
4.2.3	Valor productivo de la proteína .....	27
4.2.4	Valor productivo de la energía .....	27
4.3	Composición corporal.....	28
4.4	Evaluación económica .....	28
4.4.1	Tasa de eficiencia económica.....	28
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>30</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>31</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>32</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>40</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1	Fórmula y valor nutricional de las dietas experimental (tal como ofrecido)	13
2	Efecto de los niveles de energía y las relaciones proteína a energía sobre los parámetros productivos del paco	21
3	Efecto de los niveles de energía y las relaciones proteína a energía sobre la eficiencia productiva del paco	26
4	Efecto de los niveles de energía y las relaciones proteína a energía sobre la composición corporal del paco	29

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>		<b>Página</b>
I	Distribución de unidades experimentales	40
II	Instalaciones y equipos del LINAPC	41
III	Laboratorio de investigación en nutrición y alimentación de peces y crustáceos (LINAPC)	42
IV	Análisis proximal de las dietas	43
V	Registro de parámetros de calidad de agua	43
VI	Peso y ganancia de peso (g)	44
VII	Consumo de alimento acumulado (g)	45
VIII	Conversión alimenticia	46
IX	Tasa de crecimiento específico	47
X	Relación de eficiencia proteica	48
XI	Factor de condición	49
XII	Índice hepatosomático	50
XIII	Valor productivo de la proteína	51
XIV	Valor productivo de la energía	52
XV	Composición corporal	53
XVI	Tasa de eficiencia económica	54
XVII	Análisis de variancia del peso	55
XVIII	Análisis de variancia de la ganancia de peso	55
XIX	Análisis de variancia del consumo de alimento	55
XX	Análisis de variancia de la conversión alimenticia	56
XXI	Análisis de variancia de la tasa de crecimiento específico	56

XXII	Análisis de variancia de la relación de eficiencia proteica	56
XXIII	Análisis de variancia del factor de condición	57
XXIV	Análisis de variancia del índice hepatosomático	57
XXV	Análisis de variancia del valor productivo de la proteína	57
XXVI	Análisis de variancia del valor productivo de la energía	58
XXVII	Análisis de variancia de la composición corporal	58
XXVIII	Análisis de variancia de la tasa de eficiencia económica	59

## RESUMEN

Una de las mayores limitaciones en la producción de especies amazónicas es la falta de información acerca de sus requerimientos nutricionales, lo que conlleva al uso de dietas con deficiencia o exceso de determinados nutrientes. Es por esta razón que surge la necesidad de encontrar los niveles adecuados de inclusión tanto de proteína como de energía en las dietas, con el propósito de obtener una mayor eficiencia alimenticia, mayores ingresos económicos y un menor impacto sobre el medio en donde se realiza esta actividad. El **objetivo** de la presente investigación fue evaluar el efecto de dos niveles de energía y tres relaciones proteína a energía en dietas para pacos juveniles (*Piaractus brachypomus*) a través de la medición de los principales parámetros productivos, de composición corporal y económicos. Se utilizaron 54 pacos juveniles, adquiridos de la estación piscícola “Fundo Palmeiras. Se formularon 6 dietas experimentales con 2 niveles de energía (3.2 y 3.4 Mcal ED/kg) y 3 relaciones de proteína a energía (90, 100 y 110 g Pt/Mcal ED) utilizando programación lineal al mínimo costo. Los peces fueron alimentados con las dietas experimentales bajo un diseño factorial 2 x 3. El nivel de energía 3.4 Mcal/Kg presentó los mejores valores para los parámetros peso, ganancia de peso, conversión alimenticia, tasa de crecimiento específico y valor productivo de la energía. Numéricamente, la dieta con 3.4 Mcal ED/Kg y una relación de 100 g Pt/Mcal ED redujo en un 21% la conversión alimenticia y disminuyó en 13% el costo de alimentación por kilogramo de peso.

Palabras clave: *Piaractus brachypomus*, nutrición acuícola, efecto ahorrador de proteína, relación proteína a energía, requerimiento energético.

## **ABSTRACT**

The aim of the present study was to evaluate the effect of two energy levels and three protein to energy ratios in diets for juvenile paco (*Piaractus brachypomus*) through the measurement of the main productive, body composition and economic parameters. A total of 54 juvenile paco were used, obtained from "Fundo Palmeiras" fishing station, Satipo - Junín. Six experimental diets were formulated with 2 energy levels (3.2 and 3.4 Mcal ED/kg) and 3 protein to energy ratios (90, 100 and 110 g Pt/Mcal ED) using linear programming at minimum cost. The fish were fed the experimental diets under a 2 x 3 factorial design. The energy level 3.4 Mcal ED/Kg showed the best values for the parameters weight, weight gain, feed conversion ratio, specific growth rate and energy productive value. Numerically, the diet with 3.4 Mcal/Kg and a ratio of 100 g Pt/Mcal ED reduced the feed conversion ratio by 21% and decreased the cost of feeding per kilogram of weight by 13%.

**Key words:** *Piaractus brachypomus*, aquaculture nutrition, protein sparing effect, protein to energy ratio, energy requirement.

## I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico en nuestro país durante las últimas décadas viene de la mano de un incremento en la demanda de alimentos, con especial énfasis en alimentos proteicos, razón por la cual se requieren estrategias para consolidar la seguridad alimentaria de nuestra población. Sin embargo, no sólo es necesario que haya una mayor disponibilidad de alimentos de calidad sino que las estrategias para su obtención sean compatibles con el desarrollo sostenible.

En el Perú, la acuicultura es una actividad de gran importancia ya que, además de proveer de alimentos de calidad, constituye una de las principales fuentes de ingresos económicos en las poblaciones de la Amazonía. Entre las principales especies cultivadas se encuentra el paco (*Piaractus brachipomus*), el cual posee un gran potencial productivo y comercial debido a la calidad de su carne, rusticidad, docilidad, resistencia al manejo en cautiverio y a enfermedades. Según PRODUCE (2016), la producción de paco se ha incrementado en los últimos años, de 38 TM en el 2006 a 825 TM en el 2015, siendo los principales departamentos productores Madre de Dios, San Martín, Cuzco, Ucayali y Loreto.

Sin embargo, una de las mayores limitaciones en la producción de esta especie, así como de otras especies amazónicas, es la falta de información acerca de sus requerimientos nutricionales, lo que conlleva al uso de dietas con deficiencia o exceso de determinados nutrientes. Es por esta razón que surge la necesidad de encontrar los niveles adecuados de inclusión tanto de proteína como de energía en esta especie, con el propósito de obtener una mayor eficiencia alimenticia, mayores ingresos económicos y un menor impacto sobre el medio en donde se realiza esta actividad.

Por ello, el **objetivo** de la presente investigación fue evaluar el efecto de dos niveles de energía y tres relaciones proteína a energía en dietas para pacos juveniles a través de la medición de los principales parámetros productivos, de eficiencia productiva, composición corporal y parámetros económicos.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Paco (*Piaractus brachypomus*)

El paco es una especie originaria de las cuencas de los ríos Orinoco y del Amazonas (González 2001), habitando en países como Brasil, Colombia, Perú y Venezuela. Se le conoce también como pacú, cachama blanca, pirapitinga y morocoto, con apariencia similar a la gamitana, aunque de menor tamaño. El paco pertenece a la infraclase Teleostei, orden Characiformes, familia Characidae. Es una especie muy valorada por su alto potencial productivo y comercial, resistencia al manejo en cautiverio, alta docilidad y rusticidad y excelente calidad de carne, razones por las que constituye una importante alternativa para la seguridad alimentaria de la región (Mesa-Granda y Botero-Aguirre 2007). El tiempo de crianza para alcanzar un peso comercial de 500 g es de aproximadamente 6 meses (González 2001), con una densidad de siembra recomendada de 5000 peces/ha (Deza *et al.* 2002).

#### 2.1.1. Características biológicas

Esta especie puede alcanzar hasta 20 kg de peso en su estado adulto y es considerado el tercer pez de escamas de mayor tamaño en la Amazonía (Kubitza 2004; Oba 2014), después del paiche y la gamitana. Se caracteriza por una pigmentación gris oscura en el dorso y un abdomen blanquecino, con ligeras manchas anaranjadas (Zarei y Rajabi-Maham 2017; Clavijo 2011). Presenta una aleta adiposa carnosa; los juveniles poseen un color más claro con tonalidades de rojo intenso en la parte anterior del abdomen y en las aletas anal y caudal. Posee una baja capacidad de filtración a causa de su reducido número de branquiespinas (González 2001).

Su reproducción depende de estímulos externos y en la naturaleza el desove se da únicamente una vez al año, en la época de lluvias. Las áreas inundadas son aprovechadas por las larvas y alevinos para su desarrollo, gracias a la gran productividad que en éstas se encuentra. Los juveniles se encuentran en las corrientes secundarias y, posteriormente los adultos de 4 a 5 años migran masivamente para realizar la reproducción (González 2001).

### 2.1.2. Alimentación del paco

El paco es una especie de hábito omnívoro, con tendencia al consumo de frutas, semillas y hojas (Mesa-Granda y Botero-Aguirre 2007; Valladao *et al.* 2016) e insectos, lo cual se ve favorecido por la presencia de fuertes dientes molariformes (Clavijo 2011). Correa *et al.* (2014) caracterizaron el contenido estomacal de especímenes de paco provenientes de la cuenca amazónica y de ejemplares introducidos en el río Sepik (Papua Nueva Guinea). A diferencia de las poblaciones nativas, cuyo contenido estomacal fue principalmente de frutas, semillas, plantas e invertebrados terrestres, la dieta de los ejemplares introducidos estuvo compuesta principalmente de restos de peces y plantas acuáticas, lo cual demuestra que esta especie puede modificar su dieta al ser introducida en una nueva área geográfica. Se ha reportado que el contenido estomacal del pacú (*Piaractus mesopotamicus*), perteneciente al mismo género, está compuesto principalmente de hojas, residuos de plantas, peces (Abimorad y Carneiro 2007), mejillones y cangrejos (Correa *et al.* 2014), demostrando su hábito omnívoro.

Dado que las especies omnívoras pueden aprovechar de mejor manera alimentos de origen vegetal, diversos autores han evaluado su inclusión en remplazo de ingredientes de origen animal. Fernandes *et al.* (2000) evaluaron la sustitución de harina de pescado por torta de soya en alevines de pacú (*Piaractus mesopotamicus*), demostrando que la harina de pescado puede ser sustituida parcial o totalmente sin afectar la ganancia de peso, la conversión alimenticia ni la relación de eficiencia proteica de los alevines. De igual manera, Fernandes *et al.* (2001) obtuvieron los mismos resultados al remplazar este insumo por torta de soya en pacú juveniles. Estudios realizados por Palacios *et al.* (2006) mostraron que la suplementación con harina de maca en dietas semipurificadas para paco tiene efectos positivos en los parámetros productivos. Es recomendable la utilización de un alimento concentrado peletizado o extruido, con el fin de obtener mejoras en la conversión alimenticia, disminución de residuos nitrogenados y mejor aprovechamiento en forma general por parte del pez (González 2001).

Riaño *et al.* (2011) evaluaron el efecto de la restricción alimenticia y posterior realimentación sobre la composición del músculo blanco en paco. Los resultados mostraron que la restricción alimenticia no tuvo efectos significativos sobre el porcentaje de proteína en la carne, sin embargo, si hubo efecto sobre los porcentajes de grasa, ceniza y energía. Esto

confirma que los animales movilizan parte de las reservas de lípidos del músculo en respuesta a la falta de alimento para cubrir con sus requerimientos energéticos. No obstante, terminado el periodo de realimentación, los niveles de nutrientes fueron restablecidos. Tal como afirman Lakshmi *et al.* (2015), en peces, la variación de la composición química corporal tienen una estrecha relación con el consumo alimenticio. Del mismo modo, Gómez *et al.* (2016) afirman que esta especie puede ser sometida a ayuno por cortos periodos sin afectar parámetros productivos ni nutricionales, siempre y cuando los peces puedan incrementar su consumo al final de éste. Este efecto de crecimiento acelerado después de una privación de alimento se conoce como crecimiento compensatorio y puede ser influenciado por la composición de la dieta, el sexo y estado de madurez del animal, la severidad del ayuno, la temperatura y la salinidad.

### **2.1.3. Requerimientos nutricionales**

#### **a. Proteínas**

Las investigaciones en nutrición con especies amazónicas son muy limitadas y dispersas. Debido al alto costo de la proteína en los alimentos para peces, es importante la determinación de los requerimientos mínimos de este nutriente para obtener un máximo desempeño (Ribeiro *et al.* 2017). Los estudios del nivel mínimo de proteína en la dieta para obtener una ganancia de peso óptima fueron realizados por primera vez en salmón (De Long *et al.* 1958). Diferentes factores pueden influir en los requerimientos de proteína, tales como el tamaño del pez, el uso de ingredientes purificados, el contenido de lípidos de la dieta, y el perfil de aminoácidos de la misma (Souto *et al.* 2013). Del mismo modo, los requerimientos pueden ser afectados por la relación entre la energía y la proteína de la dieta. Así, los peces alimentados con relaciones altas de proteína a energía utilizan la proteína como fuente energética, incrementando el consumo de alimento para cubrir los requerimientos energéticos y en consecuencia, aumentando la conversión alimenticia. Además, las dietas con altos niveles de proteína son más costosas y contribuyen a un mayor impacto ambiental producto de la excreción de desechos nitrogenados (Crovatto *et al.* 2010). Esto ocurre también con el uso de proteína de baja calidad (Sampaio *et al.* 2000).

De forma general, los peces requieren relativamente mayores niveles de proteína en su dieta en comparación a los animales terrestres, variando entre 31 y 56 % y disminuyendo

conforme el animal crece. Asimismo, los requerimientos entre especies dependen de factores tales como temperatura del agua, tamaño, estado de desarrollo fisiológico, condiciones de cultivo y hábitos alimenticios (Vásquez-Torres *et al.* 2011; Velazco-Santamaría y Corredor-Santamaría 2011); los peces herbívoros y omnívoros tienen un menor requerimiento de proteína en comparación a los carnívoros y estos requerimientos aumentan si son criados a altas densidades (Craig y Hefrich 2009). En las primeras etapas de desarrollo de los peces, las proteínas representan el principal sustrato del metabolismo energético (Crovatto *et al.* 2010). El mayor requerimiento en las etapas larvarias puede ser explicado por mayor crecimiento en un corto período de tiempo así como por características fisiológicas que no permiten una eficiente utilización de la proteína (Fiogbé y Kestemont 1995). Según González (2001), el paco tiene un requerimiento de 45% de proteína durante los primeros días de cultivo, disminuyendo hasta 38% al día 21, 32% al día 64 y 24% a partir del día 98.

Según Vásquez-Torres *et al.* (2011), quienes evaluaron seis niveles de proteína cruda en de pacos juveniles, el requerimiento de este nutriente es de 31.6 por ciento. Asimismo, estos autores indican que si los peces son alimentados con niveles de proteína óptimos, ésta se retiene en mayor cantidad en el cuerpo, disminuyendo los costos de producción y contaminación. Del mismo modo, Vergara *et al.* (2011) evaluaron cuatro dietas isoenergéticas con diferente nivel de proteína en alevines de paco, determinando un requerimiento de proteína de 30.5%. Asimismo, Briones (2018) determinó un requerimiento proteico para juveniles de esta especie superior a 34.0%. Por otro lado, Bicudo *et al.* (2010) trabajaron con ejemplares de paco (*Piaractus mesopotamicus*), obteniendo requerimientos de proteína de 27%. González *et al.* (2009), determinaron contenidos de proteína en la carne de paco (*Piaractus brachypomus*) de 19.80%. Este valor fue superior al de las demás especies evaluadas (*Pygocentrus cariba*, *Prochilodus mariae*, *Plagioscion squamosissimus*, e *Hypostomus plecostomus*), lo cual se explica por su tendencia al consumo de insectos acuáticos e invertebrados, alimentos ricos en proteína, durante la época de sequía. Los contenidos de proteína corporal pueden variar por la alimentación, así como también como periodos de migración y desove.

## **b. Lípidos**

Los ácidos grasos libres derivados de los triglicéridos representan la principal fuente de combustible para el metabolismo energético del músculo del pez, proviniendo

principalmente de las reservas hepáticas y viscerales (Riaño *et al.* 2011), además de ser fuente importante de ácidos grasos esenciales y PUFAs. La utilización de lípidos como fuente de energía puede dirigir el uso de la proteína hacia el crecimiento, proceso conocido como efecto ahorrador de proteína (*protein sparing effect*) (Crovatto *et al.* 2010). Por otro lado, un aumento en el contenido de lípidos de la dieta pueden disminuir el consumo de alimento y el crecimiento del pez, así como también aumentar la deposición de grasa corporal, afectando la calidad y el valor nutritivo de la carne (Vásquez-Torres *et al.* 2012).

De forma general, la mayoría de peces requieren de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs), aunque esto varía entre especies (Velazco-Santamaría y Corredor-Santamaría 2011). La capacidad de bioconversión de los AG C18 en PUFAs permite distinguir dos categorías: por una parte peces de agua dulce que tienen capacidades bastante comparables con las de los mamíferos y en los que los únicos AG realmente necesarios para el animal son los dos AG de C18 (linoleico y linolénico) (Izquierdo 2005; Watters *et al.* 2012) y, por otra parte, los peces marinos. En estos últimos, las capacidades de bioconversión son reducidas, y los AG realmente importantes son los PUFA como el ácido eicosapentaenoico (EPA), ácido docosahexaenoico (DHA) Y ácido araquidónico (ARA) (Guillaume *et al.* 2004; Watters *et al.* 2012). Asimismo, los peces herbívoros y omnívoros tienen las enzimas para la producción endógena de AG n-3 de cadena larga, pero estas enzimas están ausentes en peces carnívoros, los cuales deben obtener estos nutrientes de sus presas. Tueros (2018) evaluó diferentes relaciones de ácidos grasos esenciales omega 3 y 6 (n-6:n-3), encontrando los mejores resultados con relaciones de 5.40:1 para ganancia de peso y tasa de crecimiento específico y 7.63:1 para conversión alimenticia.

Los requerimientos de lípidos son menores para peces omnívoros, debido a su mayor capacidad de utilizar carbohidratos como fuente de energía. De acuerdo a los estudios realizados por Vasquez-Torres *et al.* (2012) en pacos juveniles, valores de lípidos superiores en la dieta a 40 g kg<sup>-1</sup> tienen efectos negativos sobre el crecimiento y la utilización de nutrientes. En cuanto al contenido corporal, González *et al.* 2009 determinaron en esta especie valores de lípidos de 1.55%. Al igual que con la proteína, los valores de lípidos corporales varían con la alimentación y procesos biológicos. Asimismo, indican que especies tropicales de agua dulce generalmente tienen contenidos de grasa inferiores a 5%.

### **c. Carbohidratos**

Los carbohidratos constituyen una fuente de energía económica en comparación a las proteínas y los lípidos, además de cumplir con funciones aglutinantes en el alimento, razón por la cual su inclusión en dietas ha sido estudiada en diversas especies (Venou *et al.* 2003). Los azúcares simples como la glucosa o sacarosa tienen una digestibilidad mayor que el almidón crudo (Guillaume *et al.* 2004), sin embargo, los peces tienen limitada capacidad de regulación de niveles plasmáticos de glucosa (Venou *et al.* 2003) y por tanto en la práctica se prefiere el uso de carbohidratos complejos. El tratamiento térmico previo suele mejorar la digestibilidad de los carbohidratos al gelatinizar su estructura y hacerlos más accesibles a la acción de enzimas digestivas. Además, la adición de calor contribuye a la disminución de factores anti nutricionales y en consecuencia mejora la digestibilidad de nutrientes, lo cual se refleja en mejores rendimientos productivos (Booth *et al.* 2000). Además, el valor energético de los carbohidratos varía de acuerdo a la especie (NRC 1993) y los hábitos alimenticios; así, los peces herbívoros y omnívoros utilizan mejor los carbohidratos, comparados con los peces carnívoros (FONDEPES 2004) y pueden aceptar niveles de hasta 40% en sus dietas (Vásquez-Torres *et al.* 2012).

### **d. Energía**

Los peces tienen relativamente un menor requerimiento energético que los animales homeotermos (Gummadi y Reigh 2003); siendo esta energía destinada primordialmente a los procesos vitales y luego al crecimiento y otras funciones (Kim *et al.* 2004). Esto se debe principalmente a tres procesos característicos de los peces. Primero, los peces en su gran mayoría son ectotermos, es decir, su temperatura corporal es similar a la del medio en el que habitan y por tanto no necesitan gastar energía para mantenerla constante como ocurre con los animales homeotermos; para poder regular su temperatura se movilizan a áreas en donde ésta sea la adecuada. Segundo, los peces teleósteos son amoniotélicos, excretando el nitrógeno en forma de amonio directamente por las branquias y en menor proporción por la orina. Este es un proceso menos costoso energéticamente a comparación a la síntesis y excreción de urea y ácido úrico de vertebrados terrestres. Por último, la flotación permite a los peces un ahorro de energía en comparación a animales terrestres que requieren mantenerse de pie. Este gasto se ve incrementado con la natación rápida. (Guillaume *et al.* 2004; Ward *et al.* 2010).

Cuando los peces son alimentados a saciedad, son capaces de ajustar su consumo en función de la densidad energética del alimento con el fin de lograr un máximo crecimiento, lo cual puede ser limitado por el llenado del estómago cuando el alimento es muy pobre en energía (Guillaume *et al.* 2004). Es importante ajustar la proteína dietaria a los niveles de energía para formular alimentos comerciales (Bicudo *et al.* 2010), ya que los peces comen para cubrir su requerimiento energético; por lo tanto, niveles deficientes de energía en la dieta puede conducir a un aumento en el consumo de alimento y al uso de la proteína como fuente de energía (Craig y Helfrich 2009), mientras que un exceso de energía puede resultar en una reducción del consumo, limitando la ingesta de nutrientes. Además, el exceso de energía está relacionado a un aumento de la deposición de grasa corporal (NRC 1993; Sampaio *et al.* 2000), lo cual es indeseable ya que se reduce el rendimiento de la carcasa, la calidad de carne y vida en anaquel del producto final (Crovatto *et al.* 2010).

Un adecuado balance de proteína cruda y energía digestible mejora las tasas de crecimiento, la eficiencia alimenticia y utilización proteica, minimiza la acumulación excesiva de lípidos y glucógeno en los tejidos somáticos y el hígado; y minimiza la excreción de desechos nitrogenados mejorando por lo tanto la calidad del agua (Bicudo *et al.* 2009).

Según Gutiérrez *et al.* (1996), quienes evaluaron seis dietas con dos niveles de proteína (27.4% y 29.8%) y tres niveles de energía digestible (2700, 2900 y 3100 kcal/kg de alimento) en pacos juveniles, el requerimiento para una adecuada ganancia de peso y una eficiente retención de proteína requiere niveles mínimos de 29.8% de proteína y 2700 kcal de energía digestible/kg de alimento, con una relación PT:ED de 110.0 g Pt/Mcal ED. Vergara *et al.* (2011) evaluaron 4 niveles de energía en dietas isoproteicas para alevines de paco, encontrando un requerimiento de 3.3 Mcal ED/Kg. Del mismo modo, Miranda (2018) encontró un requerimiento energético de 3.41 Mcal ED/Kg en juveniles de esta especie.

#### **2.1.4. Requerimientos medioambientales**

La temperatura del agua juega un papel muy importante en la biología de los organismos acuáticos, principalmente en los peces, influyendo en su desarrollo por ser organismos poiquilotermos. La temperatura condiciona la maduración gonadal, el tiempo de incubación de las ovas, el desarrollo larval, la actividad metabólica y el ritmo de crecimiento de larvas, alevinos y peces adultos. Además, este parámetro influye indirectamente en la respiración, al condicionar la concentración de oxígeno disuelto en el agua y el ritmo respiratorio de los

peces (Franco 2005), así como en el consumo de alimento. La temperatura del agua recomendada para peces tropicales como el paco es de 28 a 30 °C (Gomes 2009).

Entre los gases presentes en el agua, el oxígeno disuelto es el más importante para determinar la existencia de la vida acuática y su deficiencia ha sido considerada responsable de más del 60% de las pérdidas en acuicultura (Sastre *et al.* 2004). Según Clavijo (2011), los niveles óptimos de oxígeno disuelto para el desarrollo de esta especie se encuentran en el rango de 4 a 12 ppm. Sastre *et al.* (2004) encontraron una relación inversa entre el consumo de oxígeno y el peso corporal del pez, lo que sugiere que peces con mayores pesos corporales podrían tolerar por más tiempo exposiciones a ambientes con bajos niveles de oxígeno disuelto. Del mismo modo, estos autores encontraron una relación directamente proporcional entre el consumo de oxígeno y la temperatura del agua, debido a que esta última aumenta el metabolismo de los peces y en consecuencia sus requerimientos de oxígeno, así como también, disminuye la solubilidad de los gases en el agua. Los valores óptimos de pH del agua para la crianza de esta especie se encuentran entre 6.5 y 9.0 (Gomes 2009). El cultivo en aguas con excesiva acidez o alcalinidad conlleva a reducciones del nivel de glucosa y proteínas en la sangre; dicho estado de estrés puede afectar la ganancia de peso de los peces. García *et al.* (2014) encontraron que el aumento del nivel de proteína en dietas para pacos juveniles retrasa los efectos de la exposición a pH extremos (3.5 y 10). De acuerdo a Clavijo (2011), niveles de dureza entre 50 y 350 ppm son recomendables para un óptimo desarrollo de la especie.

La presencia de nitritos en los estanques se debe a la nitrificación, en la que el amonio derivado de la excreción y de la descomposición de la materia orgánica es oxidado a nitrito. Cuando el nitrito es absorbido por los peces, reacciona con la hemoglobina formando metahemoglobina, y hace que la sangre pierda su capacidad de transportar oxígeno para los procesos biológicos (IIAP 2007). Da Costa *et al.* (2004) reportaron valores de  $1.82 \pm 0.98$  mg/L de nitritos como tóxicos para gamitanas juveniles (*Colossoma macropomum*), indicando una alta sensibilidad de la especie a este compuesto. Los procesos de nitrificación del amonio en nitritos pueden verse incrementados por las altas temperaturas características del cultivo de estas especies.

Por otro lado, el amonio se encuentra presente en los estanques como un producto del metabolismo de los organismos y como resultado de la descomposición de la materia orgánica por medio de las bacterias. En la forma no ionizada es tóxico y los peces sólo pueden soportar pequeñas cantidades, que varían con el tiempo de exposición (0,6 a 2,0

mg/l). Sin embargo, en la forma ionizada no es tóxico, salvo que se encuentre presente en grandes concentraciones. El pH y la temperatura interactúan con el nitrógeno amoniacal y, en cierta forma, regulan la presencia de uno u otro ion. (IIAP 2007) El nitrógeno amoniacal es la suma del ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y del amoniaco disuelto ( $\text{NH}_3$ ). Estas dos formas se encuentran en equilibrio químico de manera que la concentración relativa de cada una depende del pH del medio y la temperatura. Entre mayor es el pH y la temperatura, mayor es el porcentaje de  $\text{NH}_3$  y su efecto nocivo sobre los peces (Camacho 2012).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar y duración de la evaluación**

La evaluación se realizó durante 8 semanas en las instalaciones del Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación en Peces y Crustáceos (LINAPC), Departamento Académico de Nutrición, Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM). La elaboración del alimento balanceado en la Planta de Alimentos del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos (PIPSA). El análisis proximal de las dietas se realizó en La Molina Calidad Total Laboratorios, UNALM. La determinación de proteína y energía bruta se realizó en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA).

#### **3.2. Instalaciones y equipos**

Las instalaciones del LINAPC cuentan con un sistema de recirculación, el cual permite el control de los estándares de calidad de agua para la especie en estudio. Este laboratorio cuenta con dos acuarios de adaptación (120 litros de capacidad), 9 acuarios para pruebas de digestibilidad y 18 acuarios para pruebas de crecimiento (55 litros de capacidad, de 50 cm de alto, 47 cm de ancho y 47 cm de profundidad), de los cuales estos últimos fueron utilizados para el presente experimento. Durante el manejo de los juveniles se utilizó una balanza de 0.01g de precisión para el pesaje de los peces y el alimento, equipos de disección, mallas y envases de plástico. Además se utilizaron instrumentos para medir la calidad de agua, midiéndose temperatura, oxígeno disuelto, dureza, pH, nitritos y nitrógeno amoniacal.

#### **3.3. Animales experimentales**

Se utilizaron 54 pacos juveniles provenientes de la estación piscícola “Fundo Palmeiras” ubicado en Rio Negro – Satipo, Junín. Los juveniles tuvieron un peso inicial promedio de 156.25 g y una talla promedio de 18.38 cm. Los peces fueron recepcionados en dos acuarios de adaptación donde permanecieron hasta el inicio de la prueba. Luego fueron distribuidos aleatoriamente en 18 acuarios de crecimiento, con tres peces por acuario.

### **3.4. Tratamientos**

Se formularon 6 dietas experimentales con 2 niveles de energía (3.2 y 3.4 Mcal ED/kg) y 3 relaciones de proteína a energía (90, 100 y 110 g Pt/Mcal), obteniéndose 6 tratamientos:

Tratamiento 1: dieta con 3.2 Mcal ED/kg y 90 g Pt/Mcal ED (28.8% de proteína)

Tratamiento 2: dieta con 3.2 Mcal ED/kg y 100 g Pt/Mcal ED (32.0% de proteína)

Tratamiento 3: dieta con 3.2 Mcal ED/kg y 110 g Pt/Mcal ED (35.5% de proteína)

Tratamiento 4: dieta con 3.4 Mcal ED/kg y 90 g Pt/Mcal ED (30.6% de proteína)

Tratamiento 5: dieta con 3.4 Mcal ED/kg y 100 g Pt/Mcal ED (34.0% de proteína)

Tratamiento 6: dieta con 3.4 Mcal ED/kg y 110 g Pt/Mcal ED (37.0% de proteína)

### **3.5. Dietas experimentales**

Para la elaboración de las dietas se utilizó la formulación al mínimo costo, por programación lineal y la mezcla se realizó en la Planta de Alimentos Balanceados del PIPSA, UNALM. La molienda fue de un tamaño de partícula de 300 micras. El peletizado se realizó con molde de 3 mm de diámetro. La fórmula y valor nutritivo calculado de las dietas utilizadas se presenta en el Cuadro 1, mientras que en el Anexo IV se presenta el análisis químico proximal de éstas.

### **3.6. Manejo experimental**

Luego de la biometría inicial, los juveniles fueron uniformizados y distribuidos en 18 acuarios (unidades experimentales), con 3 juveniles por acuario. Las biometrías se realizaron cada 2 semanas, obteniéndose el peso y talla de cada pez. Al final de la evaluación, se procedió a sacrificar un pez de cada repetición para el pesado del hígado y determinación del índice hepatosomático. Posteriormente, los peces fueron congelados para su almacenamiento hasta realizar el análisis de proteína y energía bruta corporal.

**Cuadro 1. Fórmula y valor nutricional de las dietas experimentales (tal como ofrecido)**

<b>INGREDIENTES, %</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>
Torta de soya, 47	40.00	38.00	48.50	36.00	46.00	57.00
Harinilla de trigo	28.64	31.18	21.29	28.68	21.24	10.39
Hna. Pescado Prime, 66	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
Maíz amarillo	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Aceite Semir. Pesc.	6.00	5.50	5.00	8.80	8.00	7.60
Fosfato di cálcico	1.32	1.30	1.20	1.30	0.10	0.20
Ligante	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Sal	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Premezcla de vit. y min.	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Cloruro de Colina, 60	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Inhibidor de hongos	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
L-Lisina	0.10	0.05	0.02	0.06	0.00	0.00
DL-Metionina	0.02	0.05	0.07	0.04	0.00	0.09
Antioxidante	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Carbonato de calcio	0.00	0.00	0.00	1.20	0.74	0.80
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
<b>CONTENIDO NUTRICIONAL, %</b>						
Materia seca	90.25	90.29	90.34	90.60	90.62	90.68
Proteína	28.80	32.00	35.20	30.60	34.00	37.40
Fibra	4.20	3.86	3.54	3.72	3.43	3.00
Grasa	9.41	8.61	7.80	11.98	10.98	10.14
ED, Mcal/Kg	3.20	3.20	3.20	3.40	3.40	3.40
Lisina	1.87	2.08	2.30	1.99	2.21	2.47
Metionina	0.58	0.64	0.71	0.62	0.67	0.76
Cistina	0.41	0.48	0.52	0.44	0.51	0.55
Arginina	1.95	2.18	2.39	2.08	2.42	2.66
Histidina	0.73	0.81	0.90	0.78	0.87	0.96
Isoleucina	1.29	1.44	1.60	1.38	1.54	1.71
Leucina	2.14	2.43	2.64	2.32	2.61	2.79
Fenilalanina	1.62	1.87	2.06	1.80	2.00	1.90
Tirosina	1.02	1.40	1.54	1.35	1.50	1.65
Treonina	1.12	1.26	1.40	1.20	1.36	1.52
Triptófano	0.36	0.42	0.46	0.42	0.45	0.51
Valina	1.48	1.67	1.84	1.60	1.80	1.96
Met + Cis	1.00	1.12	1.23	1.07	1.18	1.31
Fen + Tir	2.26	2.62	2.80	2.49	2.85	3.00
Fósforo total	1.09	1.05	1.02	1.04	0.80	0.80
Calcio	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Sodio	0.41	0.41	0.41	0.40	0.40	0.40

### **3.7. Análisis de laboratorio**

El análisis químico proximal de las dietas fue realizado de acuerdo a los Métodos Oficiales de Análisis (AOAC 2016) en los laboratorios de La Molina - Calidad Total. El contenido de proteína corporal de los peces se calculó por el método Kjeldahl y la energía bruta corporal se obtuvo por combustión en bomba calorimétrica adiabática en el Laboratorio de Evaluación Nutricional en Alimentos (LENA).

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

Se utilizó agua potable para abastecer las instalaciones del laboratorio, la cual era almacenada en un tanque de 1000 l. Dos veces por semana, se procedió a la limpieza de los acuarios, filtros y recambio del 20 por ciento de agua del sistema.

De forma periódica se realizaron los siguientes análisis de calidad de agua:

#### **3.8.1. Temperatura del agua**

Se utilizaron termómetros electrónicos de la marca *Sper Scientific*. Se tomó lectura de la temperatura en °C, en las mañanas (9:00 am) y tardes (4:00 pm), 3 veces por semana. Durante la evaluación se registró una temperatura promedio de 26.75 °C (Anexo V), valor considerado adecuado para el cultivo de peces amazónicas.

#### **3.8.2. pH del agua**

La medida del pH se realizó diariamente utilizando un pHmetro *OAKTON*, con un rango de medición de 1 a 14 pH y 0.1 de precisión. La medición se realizó dos veces por semana, obteniéndose un valor promedio de 6.8 (Anexo V). Los valores de pH registrados fueron similares a los recomendados por Aride *et al.* (2004) para gamitana (*Colossoma macropomum*), quienes afirman que esta especie se desarrolla satisfactoriamente en un rango de pH de 6.0 a 7.0. El cultivo en aguas con excesiva acidez o alcalinidad conlleva a reducciones del nivel de glucosa y proteínas en la sangre; dicho estado de estrés puede afectar la ganancia de peso de los peces.

### **3.8.3. Oxígeno disuelto**

Se utilizó un oxímetro PINPOINT II, el cual midió el oxígeno disuelto mediante electrodos. Se registró un valor promedio de 7.1 mg/L (Anexo V), el cual fue considerado óptimo al ser superior al valor recomendado por Drawoski *et al.* (2003) para esta especie (mín 4.0 mg/L).

### **3.8.4. Dureza**

Se utilizó el kit colorimétrico de dureza marca *LaMotte*, el cual utiliza el valorador de lectura directa, que proporciona una exactitud dentro de la gama habitual de 0-200 ppm, con una sensibilidad de 4 ppm de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>). La medición de la dureza se realizó dos veces por semana. Los valores de dureza registrados (135.1 ppm, Anexo V) se encuentran dentro del rango recomendado por Castro *et al.* (2004), quienes sugieren valores entre 20 a 350 ppm de CaCO<sub>3</sub> para el cultivo de peces.

### **3.8.5. Nitrógeno amoniacal**

Fue medido mediante el kit colorimétrico de la marca *Sera*. El rango de medición para el amonio es de 0.5 – 10.0 mg/L. Se tomaron muestras de los acuarios dos veces al día, dos veces por semana, obteniéndose un valor promedio de 0.2 mg/L (Anexo V).

### **3.8.6. Nitritos**

Fue medido mediante el kit colorimétrico de tres reactivos de la marca *Sera*. El rango de medición es de 0.0 – 400.0 mg/L. Se tomaron muestras de los acuarios dos veces al día, dos veces por semana y se obtuvo un valor promedio de 0.03 mg/L (Anexo V).

## **3.9. Parámetros productivos**

Las variables estudiadas fueron medidas mediante los siguientes procedimientos:

### **3.9.1. Peso (P) y longitud (L)**

Al inicio del experimento y cada 2 semanas se registró el peso de cada pez, para lo cual se utilizó una balanza digital marca *Sores*. Los peces fueron retirados de los acuarios con el uso de mallas de tela y colocados en recipientes de plástico para realizar el pesaje, tarando la balanza al inicio de cada medición para eliminar el efecto de residuos de agua. De igual

manera, se registró la longitud de cada pez con el uso de un ictiómetro, para posteriormente calcular el factor de condición.

### **3.9.2. Ganancia de peso (GP)**

La ganancia de peso fue obtenida por diferencia entre el peso final (PF) y el peso inicial (PI).

$$G = PF - PI$$

### **3.9.3. Consumo de alimento (C)**

El alimento fue ofrecido a punto de saciedad, pellet por pellet, de manera que el residuo en el acuario sea mínimo. Se registró diariamente las cantidades ofrecidas y sobrantes para obtener el consumo de alimento de cada acuario.

### **3.9.4. Conversión alimenticia (CA)**

Se determinó con los datos de peso obtenidos en los controles biométricos y el registro de alimento ingerido en el periodo de muestreo, mediante el empleo de la siguiente expresión:

$$\text{Conversión Alimenticia} = \text{alimento ingerido} / \text{incremento de peso}$$

### **3.9.5. Tasa de crecimiento específico (TCE)**

La tasa de crecimiento específico expresa el crecimiento en peso del pez diariamente, la cual fue determinada mediante la siguiente fórmula:

$$\text{TCE (\%/día)} = 100 * (\ln(\text{PF}) - \ln(\text{PI})) / \text{días}$$

### **3.9.6. Factor de condición (K)**

El factor de condición, el cual se utiliza para comparar el bienestar de un pez, se determinó con los datos de peso y longitud obtenidos, multiplicándose por 100 para mejorar su visualización, mediante la siguiente fórmula:

$$K = 100 * \text{Peso total} / (\text{Longitud total})^3$$

### **3.9.7. Supervivencia (S)**

La supervivencia fue determinada mediante porcentaje, expresando el número de peces supervivientes al final del periodo de evaluación respecto al número de peces iniciales.

### **3.10. Parámetros de eficiencia productiva**

#### **3.10.1. Relación de eficiencia proteica (PER)**

Este indicador relaciona el peso ganado por el pez por cada unidad de proteína consumida en el alimento, reflejando por tanto la calidad de la proteína.

$$\text{PER} = \text{Ganancia de peso (g)} / \text{Consumo de proteína (g)}$$

#### **3.10.2. Índice hepatosomático (IHS)**

El índice hepatosomático se determinó asociando el peso del hígado y el peso total del pez. Este indicador es utilizado para medir las reservas energéticas del animal y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{IHS (\%)} = 100 * \text{Peso del hígado} / \text{Peso corporal}$$

#### **3.10.3. Valor productivo de la proteína (VPP)**

Este indicador expresa la relación entre la ganancia de nitrógeno corporal y el nitrógeno ingerido:

$$\text{VPP (\%)} = (100 * (\text{Proteína corporal final (\%)} * \text{Peso final}) - (\text{Proteína corporal inicial (\%)} * \text{Peso inicial})) / \text{Consumo de proteína}$$

#### **3.10.4. Valor productivo de la energía (VPE)**

Este indicador expresa la relación entre la energía corporal y la energía consumida:

$$\text{VPP (\%)} = (100 * (\text{Energía bruta corporal final} * \text{Peso final}) - (\text{Energía bruta corporal inicial} * \text{Peso inicial})) / \text{Consumo de energía bruta}$$

### 3.11. Composición corporal

Se determinó el contenido de proteína corporal por el método Kjeldhal y energía bruta corporal por combustión en bomba calorimétrica adiabática. A partir de estos resultados se estimó el contenido de extracto etéreo corporal de las muestras:

$$EB \text{ corporal} = \text{Proteína corporal} * 5.637 + \text{Extracto etéreo} * 9.434$$

Valor energético de proteínas: 5.637 Kcal/g; valor energético de grasas: 9.434Kcal/g.

### 3.12. Evaluación económica

#### 3.12.1. Tasa de eficiencia económica (TEE)

Expresa el costo de alimento por cada kilogramo de ganancia de peso, obtenido mediante la siguiente fórmula:

$$TEE \text{ (S./Kg)} = \text{Consumo de alimento (kg)} * \text{Costo de alimento (kg}^{-1}\text{)} / \text{Ganancia de peso (kg)}$$

### 3.13. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 2x3. Se evaluaron 2 niveles de energía (3.2 y 3.4 Mcal ED/kg) y 3 relaciones proteína a energía (90, 100, 110 g Pt/Mcal ED), comprendiendo un total de seis tratamientos y tres repeticiones cada uno. Para el análisis estadístico se utilizó el Software SAS System for Windows V8 (1998). El modelo aditivo lineal matemático fue el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$X_{ij}$  = Variable respuesta que se obtiene de la unidad experimental que recibió el i-ésimo nivel de energía y la j-ésima relación proteína a energía.

$\mu$  = Media aritmética general de la población .

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo nivel de energía.

$\beta_j$  = Efecto de la j-ésima relación proteína a energía.

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel de energía y la j-ésima relación proteína a energía.

$\varepsilon_{ij}$  = Efecto aleatorio del error experimental.

Para la comparación de promedios de los parámetros se empleó la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Parámetros productivos

#### 4.1.1. Peso (P) y ganancia de peso (GP)

Los pesos obtenidos al inicio y final del experimento, así como la ganancia de peso, se muestran en el Cuadro 2 y el Anexo VI. El análisis de variancia muestra que existen diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos debido al efecto del nivel de energía, siendo el nivel de 3.4 Mcal ED/Kg con el que se obtuvieron los mayores valores. (Anexo XVI y Anexo XVII). Por otro lado, el ANVA no muestra diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos debido a la relación proteína a energía ni a la interacción de factores.

Este nivel de energía es similar al requerimiento determinado por Miranda (2018) en pacos juveniles (3.41 Mcal ED/Kg). El consumo de energía de origen no proteico puede conducir a un efecto ahorrador de proteínas, sin embargo, si el consumo de proteína es excesivamente bajo puede comprometer el crecimiento del pez (Sandre *et al.* 2017), como puede observarse en los tratamientos de 3.2 Mcal ED/Kg.

De forma numérica, el tratamiento con 3.4 Mcal ED/Kg y 90 g Pt/Mcal ED produjo los mayores valores de peso y ganancia de peso. Existe evidencia de que hay una disminución de la ganancia de peso cuando se suministran niveles de proteína superior al requerimiento del pez o relaciones PT:ED elevadas (Hernández *et al.* 2001; Kim *et al.* 2004). Algunos estudios en especies omnívoras muestran relaciones de proteína a energía similares. Por ejemplo, Vergara *et al.* (2011) encontraron una relación óptima de 92.42 g Pt/Mcal ED en ejemplares de paco. Sá y Fracalossi (2002) encontraron un mejor desempeño con una relación de 96.67 g Pt/Mcal ED en alevines de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). Del mismo modo, Bicudo *et al.* (2010) encontraron una relación óptima de 92.88 g Pt/Mcal ED en alevines de pacú (*Piaractus mesopotamicus*).

**Cuadro 2. Efecto de los niveles de energía y las relaciones proteína a energía sobre los parámetros productivos del paco**

<b>Tratamientos</b>	<b>PF (g)</b>	<b>GP (g)</b>	<b>C (g)</b>	<b>CA</b>	<b>TCE (%)</b>	<b>K</b>
3.2 Mcal ED y 90 g Pt/Mcal ED	253.60a	97.36 a	164.08a	1.69a	0.86a	2.64a
3.2 Mcal ED y 100 g Pt/Mcal ED	270.44a	114.00a	172.45a	1.52a	0.98a	2.59a
3.2 Mcal ED y 110 g Pt/Mcal ED	259.92a	101.38a	154.40a	1.52a	0.88a	2.65a
3.4 Mcal ED y 90 g Pt/Mcal ED	292.65a	136.29a	191.35a	1.40a	1.12a	2.60a
3.4 Mcal ED y 100 g Pt/Mcal ED	275.16a	119.12a	159.52a	1.34a	1.01a	2.80a
3.4 Mcal ED y 110 g Pt/Mcal ED	273.65a	117.36a	162.07a	1.39a	1.00a	2.81a
<b>Factor ED</b>						
3.2 Mcal ED	261.32b	104.25b	163.64a	1.58b	0.91b	2.62a
3.4 Mcal ED	280.49a	124.25a	170.98a	1.38a	1.04a	2.74a
<b>Factor PT:ED</b>						
90 g Pt/Mcal ED	273.13a	116.83a	177.71a	1.55a	0.99a	2.62a
100 g Pt/Mcal ED	272.80a	116.55a	165.99a	1.43a	0.99a	2.69a
110 g Pt/Mcal ED	266.79a	109.37a	158.23a	1.46a	0.94a	2.73a

Medias que no comparten la misma letra son significativamente diferentes (P<0.05).

PF, peso final; GP, ganancia de peso; C, consumo de alimento; CA, conversión alimenticia; TCE, tasa de crecimiento específico; K, factor de condición.

Igualmente, Hernández *et al.* (2001) determinaron mayores tasas de crecimiento en ejemplares de sargo picudo (*Diplodus puntazo*) alimentados con relaciones inferiores a 94.53 g Pt/Mcal ED y Bomfim *et al.* (2005) encontraron una relación óptima de 96.30 g Pt/Mcal ED en alevines de curimbatá (*Prochilodus affinis*), alimentados con diferentes niveles de proteína y energía. Las diferencias entre estos valores pueden deberse al tipo de ingredientes utilizados así como a su digestibilidad y aporte de aminoácidos (Ai *et al.* 2004).

#### **4.1.2. Consumo de alimento (C)**

Los resultados obtenidos para consumo de alimento se muestran en el Cuadro 2 y Anexo VII. El análisis de variancia muestra que no existen diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos debido al efecto del nivel de energía, así como tampoco debido a las relaciones de proteína a energía ni a la interacción de ambos factores (Anexo XVIII).

Sin embargo, de forma numérica, el tratamiento con 3.4 Mcal ED/kg y una relación de proteína a energía de 90 g/Mcal ED presentó el mayor consumo de alimento (191.35 g/pez), mientras que el menor consumo se reportó con la dieta de 3.2 Mcal ED/Kg y 110 g Pt/Mcal ED (154.4 g/pez). Estos datos no muestran la tendencia esperada que señalan algunos autores quienes indican que el consumo de alimento disminuye conforme aumentan los niveles de energía en la dieta, ya que los peces, al igual que otras especies terrestres, consumen alimento para satisfacer principalmente sus requerimientos energéticos (Sampaio *et al.* 2000; Hernández *et al.* 2001).

#### **4.1.3. Conversión alimenticia (CA)**

Los valores de conversión alimenticia obtenidos durante el experimento se muestran en el Cuadro 2 y Anexo VIII. El análisis de variancia muestra que existen diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos debido al efecto del nivel de energía (Anexo XIX), obteniéndose los mejores valores de CA con el nivel de energía de 3.4 Mcal ED/kg. Por otro lado, el ANVA no muestra diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos debido a la relación proteína a energía ni a la interacción de factores. Crovatto *et al.* 2010 reportaron una reducción de la CA al aumentar el nivel de energía de las dietas, mostrando un efecto ahorrador de proteína al permitir que este nutriente se utilice para la formación de tejidos.

De forma numérica, con el tratamiento 5 (3.4 Mcal ED/kg y 100 g Pt/Mcal ED) se obtuvo el menor valor de conversión alimenticia (1.34). Estudios de Fernandes *et al.* (2001) reportan valores de conversión alimenticia entre 3.34 y 4.14 en pacú juveniles (*Piaractus mesopotamicus*) alimentados con 3 niveles de proteína bruta (18, 22 y 26 por ciento). Por otro lado, Fernandes *et al.* (2000) reportaron valores de conversión alimenticia de 1.27 y 1.19 en alevines de esta misma especie con dietas de 26 y 30 por ciento de proteína, respectivamente. Asimismo, Tafur *et al.* (2009) encontraron menores valores de conversión alimenticia (1.09) en alevines de paco criados en asociación con gamitana (*Colossoma macropomum*) y bujurqui-tucunaré (*Chaetobranchus semifasciatus*); sin embargo, esta diferencia puede estar relacionada al aporte de fuentes alimenticias propias de los estanques en dicho estudio, principalmente zooplancton.

Por otro lado, el nivel de proteína del tratamiento con mejor valor numérico de CA coincide con el requerimiento determinado por Briones (2018) en alevines de paco alimentados con diferentes niveles de proteína.

#### **4.1.4. Tasa de crecimiento específico (TCE)**

Los valores de tasa de crecimiento específico obtenidos al final del experimento se muestran en el Cuadro 2 y Anexo IX. El análisis de variancia muestra que existen diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ) por efecto del nivel de energía (Anexo XX), siendo el nivel de 3.4 Mcal ED/Kg con el que se obtuvieron los mayores valores de tasa de crecimiento específico. Por otro lado, el ANVA muestra que no existe diferencia entre tratamientos ( $P > 0.05$ ) por efecto de la relación proteína a energía ni por la interacción de ambos factores.

Los resultados obtenidos son inferiores a los encontrados por Vasquez-Torres *et al.* (2011), quienes evaluaron diferentes niveles de proteína en alevines de paco y obtuvieron valores de hasta 2.25 %/día con una dieta de 31.36 por ciento de proteína. Asimismo, estos valores son inferiores a los obtenidos por Bicudo *et al.* (2010), quienes evaluaron diferentes valores de energía y proteína en alevines de pacú (1.9-2.2 %/día). Fernandes *et al.* (2000) encontraron los mayores valores (1.64-1.80%/día) para este parámetro con dietas de 26 y 30 por ciento de proteína cruda en alevines de pacú. Por otro lado, los resultados obtenidos son superiores a los encontrados por Abimorad y Carneiro (2007), quienes reportaron valores de TCE de 0.72-0.85%/día en pacú juveniles alimentados con diferentes niveles de carbohidratos,

lípidos y proteína. Es importante tener en cuenta que este parámetro se ve influenciado no solo por el alimento, sino también por el estado fisiológico del pez, la densidad de crianza y la temperatura del agua (Ribeyro, 2013).

#### **4.1.5. Factor de condición (K)**

Los valores correspondientes al factor de condición de cada tratamiento se muestran en el Cuadro 2 y Anexo XI. El análisis de variancia no muestra diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos por efecto del nivel de energía ni por las relaciones de proteína a energía, así como tampoco por la interacción de ambos factores (Anexo XXII).

Numéricamente, los mayores valores de factor de condición (2.80 y 2.81) se presentan en los tratamientos con 3.4 Mcal ED/kg y relaciones de 100 y 110 g Pt/Mcal ED (34.28 y 36.80 por ciento de proteína, respectivamente), los cuales son superiores a los reportados por Tafur *et al.* (2009), quienes encontraron valores de K de 2.03 en ejemplares de paco criados en policultivo con gamitana y bujurqui-tucunaré. Asimismo, es superior a los valores reportados por Deza *et al.* (2002) quienes determinaron valores de K de 2.19, 2.07 y 2.21 en ejemplares de paco criados a diferentes densidades (5000, 10000 y 15000 peces/ha, respectivamente).

Este parámetro, generalmente designado como K, refleja información acerca del estado fisiológico de los peces y del uso adecuado de las fuentes alimenticias (Lizama *et al.* 2002), basándose en el supuesto de que peces con mayor peso a una determinada longitud se encuentran en una mejor condición fisiológica (Anene 2005). Existen variaciones entre especies e incluso dentro de una misma especie puede variar ampliamente por factores como la temperatura, calidad y cantidad de alimento y estado reproductivo (García 2003), lo cual debe ser tomado en cuenta para su interpretación (Cifuentes *et al.* 2012). Mayores valores de K se asocian a mayor una acumulación de grasa, principalmente para futuros procesos reproductivos tales como el desove. Posterior a estas etapas se ve una disminución de K, debido a las altas tasas metabólicas, por lo que su valor en animales adultos no siempre refleja el estado alimenticio (Lizama *et al.* 2002).

#### **4.1.6. Sobrevivencia (S)**

Se obtuvo 100 por ciento de sobrevivencia a lo largo del experimento, lo cual se asocia al manejo adecuado, la rusticidad de la especie y mantenimiento de una óptima calidad de agua.

## **4.2. Parámetros de eficiencia productiva**

### **4.2.1. Relación de eficiencia proteica (PER)**

Los valores de relación de eficiencia proteica determinados al final del experimento se muestran en el Cuadro 3 y Anexo X. El análisis de variancia muestra que no existen diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre tratamientos debido al efecto del nivel de energía, así como tampoco debido a las relaciones de proteína a energía ni a la interacción de ambos factores (Anexo XXI).

No obstante, numéricamente el tratamiento con 3.4 Mcal ED/kg y una relación de 90 g Pt/Mcal ED presentó el mayor valor de relación de eficiencia proteica (2.33), con una tendencia a disminuir conforme se incrementa el nivel de proteína en la dieta. Esto puede estar asociado a un mejor uso de la proteína para síntesis proteica cuando ésta se presenta en menores niveles en la ración, ya que en niveles más elevados puede ser utilizada parcialmente como fuente de energía, y en consecuencia los valores de PER son inferiores (Kim *et al.* 2004). Fernandes *et al.* (2000) obtuvieron valores de PER de 3.23, 3.13 y 2.92 con niveles de proteína de 22, 26 y 30 por ciento, respectivamente, en alevines de pacú. Asimismo, Fernandes *et al.* (2001) encontraron esta misma tendencia en pacú juveniles alimentados con niveles de proteína de 18, 22 y 26 por ciento.

### **4.2.2. Índice hepatosomático (IHS)**

Los valores referentes al índice hepatosomático de los peces de cada tratamiento se muestran en el Cuadro 3 y Anexo XII. El análisis de variancia indica que no existen diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre tratamientos por efecto de nivel de energía ni por la relación proteína a energía. De igual manera, la interacción de ambos factores tampoco presentó diferencias significativas (Anexo XXIII).

Numéricamente, los valores de IHS se encontraron en el rango de 1.39 a 1.91, siendo los tratamientos con 3.2 Mcal ED/kg y relaciones de 90 y 100 g Pt/Mcal ED (29.35 y 32.57 por ciento de proteína, respectivamente), los de mayor valor. Algunos estudios reportan una relación directa entre el nivel de energía y el IHS (Gummadi y Reigh 2003), sin embargo ese efecto no se vio en el presente estudio. Estos autores también indican que existe una relación negativa entre el contenido de proteína en la dieta y el IHS.

**Cuadro 3. Efecto de los niveles de energía y las relaciones proteína a energía sobre la eficiencia productiva del paco**

<b>Tratamientos</b>	<b>PER</b>	<b>IHS (%)</b>	<b>VPP (%)</b>	<b>VPE (%)</b>	<b>TEE (S./Kg)</b>
T1: 3.2 Mcal ED y 90 g Pt/Mcal ED	2.02a	1.91a	34.06a	30.60a	3.78a
T2: 3.2 Mcal ED y 100 g Pt/Mcal ED	2.03a	1.76a	32.84a	31.16a	3.51a
T3: 3.2 Mcal ED y 110 g Pt/Mcal ED	1.84a	1.39a	28.60a	24.08a	3.64a
T4: 3.4 Mcal ED y 90 g Pt/Mcal ED	2.27a	1.59a	38.15a	32.64a	3.41a
T5: 3.4 Mcal ED y 100 g Pt/Mcal ED	2.23a	1.66a	37.80a	35.33a	3.30a
T6: 3.4 Mcal ED y 110 g Pt/Mcal ED	1.98a	1.48a	31.98a	31.97a	3.53a
<b>Factor ED</b>					
3.2 Mcal ED	1.96a	1.69a	31.84a	28.61b	3.64a
3.4 Mcal ED	2.16a	1.58a	35.98a	33.32a	3.41a
<b>Factor PT:ED</b>					
90 g Pt/Mcal ED	2.14a	1.75a	36.11a	31.62a	3.60a
100 g Pt/Mcal ED	2.13a	1.71a	35.32a	33.24a	3.41a
110 g Pt/Mcal ED	1.91a	1.44a	30.29a	28.02a	3.58a

Medias que no comparten la misma letra son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

PER, relación de eficiencia proteica; IHS, índice hepatosomático; VPP, valor productivo de la proteína; VPE, valor productivo de la energía; TEE, tasa de eficiencia económica.

Estudios realizados por Bicudo *et al.* (2010), mostraron un mayor valor de IHS (1.5) con el menor valor de energía evaluado (2.6 Mcal ED/Kg) en alevines de pacú.

#### **4.2.3. Valor productivo de la proteína (VPP)**

Los valores correspondientes al valor productivo de la proteína se muestran en el Cuadro 3 y Anexo XIII. El análisis de variancia muestra que no hay diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) por efecto del nivel de energía. Asimismo, las relaciones proteína a energía y la interacción de ambos factores tampoco mostró diferencias significativas sobre este parámetro (Anexo XXV).

Numéricamente, los valores más elevados de VPP corresponden a los tratamientos con 3.4 Mcal ED/Kg y 90 y 100 g Pt/Mcal ED (38.15 y 37.80 respectivamente), observándose un efecto ahorrador de proteína al tener un mayor aporte energético a partir de grasas y carbohidratos en comparación a las demás dietas. El uso de dietas con bajos niveles de energía puede incrementar la utilización de proteína con fines energéticos (Hernández *et al.* 2001; Sandre *et al.* 2017), viéndose afectados la síntesis de tejidos y crecimiento del pez, en consecuencia, hay una utilización de proteína más eficiente al disminuir la relación PT:ED (Souto *et al.* 2003, Ai *et al.* 2004). Asimismo, se debe tener en cuenta que esta especie, al ser de hábito omnívoro, tiene una mejor capacidad para utilizar tanto lípidos como carbohidratos como fuente de energía (Hernández *et al.* 2001). Fernandes *et al.* (2000) concluyeron que el aumento de proteína en la dieta conduce a un aumento en el contenido de nitrógeno corporal en proporción al peso de los peces.

#### **4.2.4. Valor productivo de la energía (VPE)**

Los valores correspondientes al valor productivo de la energía se muestran en el Cuadro 3 y Anexo XIV. El análisis de variancia muestra que existen diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) por efecto del nivel de energía; los mayores VPE se obtuvieron en aquellas dietas con 3.4 Mcal ED/kg. No obstante, no hubo diferencias significativas debido a la relación proteína a energía así como tampoco por la interacción de los dos factores estudiados (Anexo XXV).

Las dietas con 3.4 Mcal ED/kg tuvieron una mayor inclusión de lípidos, lo cual podría explicar los VPE obtenidos. Ai *et al.* (2004) obtuvieron mayores VPE cuando el nivel de lípidos en las dietas para lubina japonesa (*Lateolabrax japonicus*) era incrementado. Además, Hernández *et al.* (2001) reportan un mejor uso de fuentes de energía no proteica con relaciones inferiores a 94.53 g Pt/Mcal ED en alevines de pacú. Del mismo modo que ocurre con el VPP, estos resultados sugieren que esta especie es capaz de utilizar lípidos y carbohidratos como fuente de energía de forma eficiente, lo cual se ve también facilitado por el proceso de peletizado de las dietas (Booth *et al.* 2000; Hernández *et al.* 2001). Asimismo, dada la alta retención de energía, esta especie sería capaz de utilizar eficientemente los carbohidratos para la síntesis de grasa corporal, tal y como reportan algunos autores que indican que los peces poseen una mayor eficiencia energética para la deposición de grasa en comparación a la síntesis de proteína tisular (Souto *et al.* 2013).

### **4.3. Composición corporal**

El contenido de energía bruta, proteína y extracto etéreo corporal se muestra en el Cuadro 4 y Anexo XVII. El análisis de variancia muestra que no existen diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos debido al efecto del nivel de energía, así como tampoco debido a las relaciones de proteína a energía ni a la interacción de ambos factores (Anexo XXVII).

### **4.4. Evaluación económica**

#### **4.4.1. Tasa de eficiencia económica (TEE)**

Los valores determinados para tasa de eficiencia económica se muestran en el Cuadro 3 y Anexo XV. El análisis de variancia muestra que no existe diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos por efecto de ninguno de los factores estudiados así como tampoco por la interacción de estos (Anexo XXVI). Sin embargo, numéricamente con la dieta de 3.4 Mcal ED/kg y 100 g Pt/Mcal ED se redujo en 13 por ciento el costo de alimento por kilogramo de ganancia de peso. Si bien un aumento en el contenido de proteína de las dietas conlleva a un aumento del costo de estas, la eficiencia económica es mayor al presentarse una menor conversión alimenticia (hasta 21 por ciento menos).

**Cuadro 4. Efecto de los niveles de energía y las relaciones proteína a energía sobre la composición corporal del paco**

<b>Tratamientos</b>	<b>EBC (Mcal/Kg)</b>	<b>PTc (%)</b>	<b>EEc (%)</b>
T1: 3.2 Mcal ED y 90 g Pt/Mcal ED	1.83a	16.57a	9.55a
T2: 3.2 Mcal ED y 100 g Pt/Mcal ED	1.78a	16.32a	9.15a
T3: 3.2 Mcal ED y 110 g Pt/Mcal ED	1.58a	16.12a	7.16a
T4: 3.4 Mcal ED y 90 g Pt/Mcal ED	1.79a	16.59a	9.11a
T5: 3.4 Mcal ED y 100 g Pt/Mcal ED	1.81a	16.64a	9.20a
T6: 3.4 Mcal ED y 110 g Pt/Mcal ED	1.75a	16.28a	8.79a
<b>Factor ED</b>			
3.2 Mcal ED	1.73a	16.34a	8.62a
3.4 Mcal ED	1.78a	16.50a	9.03a
<b>Factor PT:ED</b>			
90 g Pt/Mcal ED	1.81a	16.58a	9.33a
100 g Pt/Mcal ED	1.79a	16.48a	9.18a
110 g Pt/Mcal ED	1.67a	16.20a	7.98a

Medias que no comparten la misma letra son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).  
EBC, energía bruta corporal; PTc, proteína corporal; EEc, extracto etéreo corporal.

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en las condiciones del presente trabajo, se puede concluir que:

1. Las dietas con un nivel de energía de 3.4 Mcal ED/Kg presentaron los mejores valores ( $P < 0.05$ ) para los parámetros peso, ganancia de peso, conversión alimenticia, tasa de crecimiento específico y valor productivo de la energía.
2. Numéricamente, la dieta con 3.4 Mcal ED/Kg y una relación de 100 g Pt/Mcal ED disminuyó en un 21 por ciento la conversión alimenticia y redujo en 13 por ciento el costo de alimentación por kilogramo de peso.

## **V. RECOMENDACIONES**

A partir de la presente investigación se recomienda:

1. Utilizar en la formulación de dietas para pacos juveniles el valor de 3.4 Mcal ED/kg y la relación de 100 g Pt/Mcal ED.
2. Realizar evaluaciones similares en diferentes etapas productivas del paco, como acabado y reproducción.
3. Evaluar diferentes niveles y tipos de inclusión de lípidos y carbohidratos como fuente de energía en el paco.
4. Determinar el efecto del nivel energético sobre el contenido de grasa corporal y perfil de ácidos grasos del paco.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ABIMORAD, E; CARNEIRO, D.** 2007. Digestibility and performance of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles, fed diets containing different protein, lipid and carbohydrates levels. *Aquaculture Nutrition*. 13:1-9

**AI, Q; MAI, K; LI, H; ZHANG, C; ZHANG, L; DUAN, Q; TAN, B; XU, W; MA, H; ZHANG, W; LIUFU, Z.** 2004. Effects of dietary protein to energy ratios on growth and body composition of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicas*. *Aquaculture* 230:507–516

**ANENE, A.** 2005. Condition Factor of Four Cichlid Species of a Man-made Lake in Imo State, Southeastern Nigeria. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.* 5: 43-47

**AOAC.** 2016. Official Methods of Analysis, 20th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.

**ARIDE, P; ROUBACH, R; VAL, A.** 2004. Water pH in central Amazon and its importance for tambaqui (*Colossoma macropomum*) culture. *World Aquaculture* 35(2):24-27.

**BICUDO, A; SADO, R; CYRINO, J.** 2009. Growth and haematology of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, fed diets with varying protein to energy ratio. *Aquaculture Research*. 40, 846 – 495.

**BICUDO, A; SADO, R; CYRINO, J.** 2010. Growth performance and body composition of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887) in response to dietary protein and energy levels. *Aquaculture Research*. 16, 213 – 222.

**BOMFIM, M; LANNA, E; SERAFINI, M; RIBEIRO, F; PENA, K.** 2005. Proteína Bruta e Energia Digestível em Dietas para Alevinos de Curimatá (*Prochilodus affinis*). R. Bras. Zootec. 34(6):1795-1806.

**BOOTH, M; ALLAN, G; WARNER-SMITH, R.** 2000. Effects of grinding, steam conditioning and extrusion of a practical diet on digestibility and weight gain of silver perch, *Bidyanus bidyanus*. Aquaculture 182:287–299

**BRIONES, K.** 2018. Digestibilidad de ingredientes y determinación del requerimiento de proteína para el paco (*Piaractus brachypomus*). Tesis Mg. Sc. Nutrición. Perú UNALM. 91 p.

**CAMACHO, R.** 2012. Evaluación de tres niveles de harina de subproducto de calamar gigante (*Dosidicus gigas*), en dietas para alevines de tilapia roja (*Oreochromis spp.*). Tesis Ing, Zoot. Perú. UNALM. 86 p.

**CASTRO, R; HERNÁNDEZ, J; AGUILAR, G.** 2004. Evaluación del crecimiento de alevines de tres especies de Tilapia (*Oreochromis sp.*) en aguas duras, en la región de la Cañada, Oaxaca, México. AquaTIC, (20):38-43

**CHO, C; BUREAU, D.** 1996. Avances en nutrición acuícola III: aspectos bioenergéticos en la nutrición acuícola. Madrid, ES. Industrias gráficas España.

**CIFUENTES, R; GONZÁLEZ, J; MONTOYA, G; JARA, A; ORTÍZ, N; PIEDRA, P; HABIT, E.** 2012. Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (Cuenca del río Valdivia, Chile). Gayana Especial 75(2):101-110

**CLAVIJO, L.** 2011. Desarrollo de metodología para la determinación de la digestibilidad de materias primas no convencionales en cachama blanca *Piaractus brachypomus*. Universidad Nacional de Colombia. Tesis Mg. Sc. Ciencias Agrarias.

**CORREA, S; BETANCUR, R; DE MÉRONA, D; ARMBRUSTER, J.** 2014. Diet shift of Red Belly Pacu *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818) (Characiformes: Serrasalminidae),

a Neotropical fish, in the Sepik-Ramu River Basin, Papua New Guinea. *Neotropical Ichthyology*. 12(4): 827-833

**CRAIG, S; HELFRICH, L.** 2009. *Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding*. Virginia Cooperative Extension.

**CROVATTO, G; SALARO, A; SAMPAIO, J; SOUZA, A; VASCONCELO, D; SOLIS, L.** 2010. Growth performance and body composition of giant trahira fingerlings fed diets with different protein and energy levels. *Pesq. Agropec.* 45(9):1021-1027

**DABROWSKI, K; RINCHARD, J; OTTOBRE, J; ALCÁNTARA, F; PADILLA, P; CIERESZKO, A; DE JESÚS, M; KOHLER, C.** 2003. Effect of Oxygen Saturation in Water on Reproductive Performances of Pacu *Piaractus brachypomus*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 34(4):441-449

**DA COSTA, O; FERREIRA, D; MENDONCA, F; FERNANDES, M.** 2004. Susceptibility of the Amazonian fish, *Colossoma macropomum* (Serrasalminae), to short-term exposure to nitrite. *Aquaculture*. 232:627-636

**DE LONG, C; HALVER, E; MERTZ, T.** 1985. Nutrition of salmonoid fishes: VI Protein requirement of chinook salmon at two water temperatures. *The Journal of Nutrition*. 65(4): 589-599

**DEZA, S; QUIROZ, S; REBAZA, M; REBAZA, C.** 2002. Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818) “paco” en estanques seminaturales de Pucallpa. *Folia Amazónica*. 13(1):49-64

**FERNANDES, J; CARNEIRO, D; SAKOMURA, N.** 2000. Fontes e Níveis de Proteína Bruta em Dietas para Alevinos de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Rev. bras. zootec.* 29(3):646-653

**FERNANDES, J; CARNEIRO, D; SAKOMURA, N.** 2001. Fontes e Níveis de Proteína Bruta em Dietas para Juveis de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Rev. bras. zootec.* 30(3):6176-626

**FIGOBÉ, D; KESTEMONT, P.** 1995. An assessment of the protein and amino acid requirements in goldfish (*Carassius auratus*) larvae. J. Appl. Ichthyol. 11 1995: 282-289

**FONDEPES.** 2004. Manual de cultivo de gamitana. Perú. 106 p.

**FRANCO, H.** 2005. Contribución al Conocimiento de la Reproducción del Pirarucú *Arapaima gigas* (CUVIER, 1817) (PISCES: ARAPAMIDAE) en Cautiverio. Universidad de la Amazonía. Facultad de Ciencias Básicas. Programa de Biología con énfasis en biorrecursos. 53 p.

**GARCÍA, B.** 2003. Variación del índice de condición en función del tipo de tanque de estabulación en el dentón (*Dentex dentex*). IX Congreso Nacional de Acuicultura. España.

**GARCÍA, L; ESPINOSA, M; TORRES, W; BALDISSEROTTO, B.** 2014. Dietary protein levels in *Piaractus brachypomus* submitted to extremely acidic or alkaline pH. *Ciência Rural*, Santa Maria. 44(2):301-306

**GOMES, F.** 2009. Desempenho do tambaqui (*colossoma macropomum*), da pirapitinga (*piaractus brachypomum*), e do híbrido tambatinga (*c. macropomum x p. brachypomum*) mantidos em viveiros fertilizados na fase de engorda. Dissertação (Mestrado). Universidad Federal de Goiás. 70 p.

**GÓMEZ, J; VÁSQUEZ, L; VALENCIA, D.** 2016. Efecto de diferentes frecuencias de alimentación y ayuno, sobre el crecimiento y aprovechamiento nutritivo de *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818). *Lat. Am. J. Aquat. Res.*44(3): 569-575

**GONZÁLEZ, R.** 2001. Fundamentos de Acuicultura Continental. El Cultivo de Cachama. p 329-346.

**GONZÁLEZ, A; MÁRQUEZ, A; SENIOR, W; MARTÍNEZ, G.** 2009. Contenido de grasa y proteína en *Pygocentrus cariba*, *Prochilodus mariae*, *Plagioscion squamosissimus*, *Piaractus brachypomus* e *Hypostomus plecostomus* en una laguna de inundación del orinoco medio. *FCV-LUZ.* 19(1):15-21

**GUILLAUME, J., KAUSHIK, S., BERGOT, P., METAILLER.** 2004. Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos. España. Pg. 74, 94-95.

**GUMMADI, R; REIGH, R.** 2003. Growth Performance and Body Composition of Palmetto Bass fed five levels of dietary protein at two energy-to-protein ratios. North American Journal of Aquaculture 65:278–288

**GUTIERREZ, W; ZALDIVAR, J; DEZA, S; REBAZA, M.** 1996. Determinación de los requerimientos de proteína y energía de juveniles de paco *Piaractus brachypomus* (Pisces characidae). Folia Amazónica. 8(2):35-45

**HERNÁNDEZ, M; EGEA, M; RUEDA, F; AGUADO, F; MARTINEZ, F; GARCÍA, B.** 2001. Effects of commercial diets with different P/E ratios on sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) growth and nutrient utilization. Aquaculture 195:321–329

**IIAP.** 2007. Aspectos de Manejo, Reproducción y Alimentación del Paiche (*Arapaima gigas*) en la Amazonia Peruana. PE.

**IZQUIERDO, M.** 2005. Essential fatty acid requirements in Mediterranean fish species. Mediterranean fish nutrition. CIHEAM. 63 : 91-102

**KIM, K; SE-MIN, X; PARK, G; BAI, S.** 2004. Evaluation of optimum dietary protein-to-energy ratio in juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). Aquaculture Research. 35:250-255

**KUBITZA, F.** 2004. Coletanea de informacoes aplicadas ao cultivo do tambiqui, do pacu e de outros peixes redondos. Panorama da Aqüicultura 14(82)

**LAKSHMI, J; KUAMR, R; SIVASHANKAR, N.** 2015. Carcass composition of Red-bellied pacu (*Piaractus brachypomus*) fed with different dietary protein sources. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 2(5): 114-117

**LIZAMA, M; AMBRÓSIO, A.** 2002. Condition factor in nine species of fish of the characidae family in the upper Paraná River floodplain, Brazil. Braz. J. Biol. 62(1): 113-124

**MESA-GRANDA, M; BOTERO-AGUIRRE, M.** 2007. La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), una especie potencial para el mejoramiento genético. Rev Col CIenc Pec Vol 20:1

**MIRANDA, D.** 2018. Digestibilidad de ingredientes y determinación del requerimiento de energía digestible de paco (*Piaractus brachypomus*). Tesis Mg. Sc. Nutrición. Perú UNALM. 72 p.

**NRC.** 1993. Nutrients Requirements of Fish. National Research Council. Washington, DC.

**OBA, E.** 2014. Cuidados Essenciais no Manejo Alimentar de Piexes Redondos Cultivados no Estado do Amapá. ISSN 1517 – 4077

**PALACIOS, M; DABROWSKI, K, ABIADO, M; LEE, K.** 2006. Effect of diets formulated with native Peruvian plants on growth and feeding efficiency of red pacu (*Piaractus brachypomus*) juveniles. Journal of the World Aquaculture Society. 37(3):246-255

**PRODUCE.** 2016. Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola. Disponible en <http://www.produce.gob.pe/images/stories/Repositorio/estadistica/anuario/anuario-estadistico-pesca-2015.pdf>

**RIAÑO, F; LANDINES, M; DIAZ, G.** 2011. Efecto de la restricción alimenticia y la realimentación sobre la composición del músculo blanco de *Piaractus brachypomus*. Rev. Med. Vet. Zoot. 58(2):84-98

**RIBEIRO, F; DOS SANTOS, E; DE ALMEIDA, E; FREITAS, P; RIBEIRO, T; CARVALHO, T.** 2017. Alimentação e nutrição de pacu (*Piaractus mesopotamicus*): revisão de literatura. Nutritime. 14(1):4936-4943

**RIBEYRO, B.** 2013. Efecto de la tasa y frecuencia de alimentación en el crecimiento de alevinos de *Osteoglossum bicirrhosum* (Cuvier, 1829) (PISCES: OSTEOGLOSSIDAE) “arahuana” en ambientes controlados. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Tesis Mg. Sc. Acuicultura

- SÁ, M; FRACALOSSI, D.** 2002. Exigência Protéica e Relação Energia/Proteína para Alevinos de Piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). R. Bras. Zootec., 31(1):1-10
- SAMPAIO, A; KUBITZA, F; CYRINO, J.** 2000. Relação energia: proteína na nutrição do tucunaré. Scientia Agricola. 57(2):213-219
- SANDRE, L; BUZOLLO, H; NASCIMENTO, T; NEIRA, L; JOMORI, R; CARNEIRO, D.** 2017. Productive performance and digestibility in the initial growth phase of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed diets with different carbohydrate and lipid levels. Aquaculture Reports. 6:28-34.
- SAS (Statistical Analysis System).** 1998. Aplicaciones del SAS en la investigación científica. Eds. E Flores; G Gutiérrez. Lima, PE.
- SASTRE, O; HERNÁNDEZ, G; CRUZ, P.** 2004. Influencia del peso corporal y de la temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de la Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*). Rev Col Cienc Pec Vol. 17.
- SOUTO, C; ANTUNEZ, M; PESSOA, G; GOMEZ, J; MARTINEZ, K; GOMEZ, I.** 2013. Protein to energy ratios in goldfish (*Carassius auratus*) diets. Ciênc. agrotec., Lavras, 37(6):550-558
- TAFUR, J; ALCÁNTARA, F; DEL ÁGUILA, M; CUBAS, R; MORI-PINEDO, L; CHU-KOO, F.** 2009. Paco *Piaractus brachypomus* y Gamitana *Colossoma macropomum* criados en policultivo con el Bujurqui-tucunaré, *Chaetobranchus semifasciatus* (CICHLIDAE). Folia Amazónica. 18(1):97-104
- TESSER, M; TERJESEN, B; ZHANG, Y; PORTELLA, M; DABROWSKI, K.** 2005. Free- and peptide-based dietary arginine supplementation for the South American fish pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Aquaculture Nutrition. 11:443-453
- TUEROS, G.** 2018. Comportamiento productivo y composición lipídica del paco (*Piaractus brachypomus*) alimentado con diferentes relaciones de ácidos grasos omega 6 a 3 2018. Digestibilidad de ingredientes y determinación del requerimiento de proteína para el paco (*Piaractus brachypomus*). Tesis Mg. Sc. Nutrición. Perú UNALM. 60 p.

**VALLADAO, G; GALLANI, S; PILARSKI, F.** 2016. South American fish for continental aquaculture. *Reviews in Aquaculture* 0, 1-19.

**VÁSQUEZ-TORRES, W; PEREIRA-FILHO, M; ARIAS-CASTELLANOS, J.** 2011. Optimum dietary crude protein requirement for juvenile cachama *Piaractus brachypomus*. *Ciencia Rural, Santa María* 41(12) 2183-2189.

**VÁSQUEZ-TORRES, W; ARIAS-CASTELLANOS, J.** 2012. Effect of Dietary carbohydrates and lipids on growth in cachama (*Piaractus brachypomus*). *Aquaculture Research* 1-9.

**VELASCO-SANTAMARÍA, Y; CORREDOR-SANTAMARÍA, W.** 2011. Nutritional requirements of freshwater ornamental fish: a review. 2458 *Revista MVZ*.16(2):2458-2469

**VENOU, B; ALEXIS, M; FOUNTOULAKI, E; NENGAS, I; APOSTOLOPOULOU, M; CASTRITSI-CATHARIOU, I.** 2003. Effect of extrusion of wheat and corn on gilthead sea bream (*Sparus aurata*) growth, nutrient utilization efficiency, rates of gastric evacuation and digestive enzyme activities. *Aquaculture* 225:207–223

**VERGARA, V; LAFETA, Y; CAMACHO, R.** 2011. Determinación de la digestibilidad de ingredientes y el requerimiento de proteína y energía digestible en el paco (*Piaractus brachypomus*). IV Congreso Internacional de Acuicultura. UNALM. Perú.

**WARD, A; HENSORS, E; WEBSTER, M; HART, P.** 2010. Behavioural thermoregulation in two freshwater fish species. *Journal of Fish Biology* 76: 2287–2298

**WATTERS, C; IWAMURA, S; AKO, H; DENG, D.** 2012. Nutrition Considerations in Aquaculture: The Importance of Omega-3 Fatty Acids in Fish Development and Human Health. University of Hawai'i. Foods and Nutrition.

**ZAREI, F; RAJABI-MAHAM, H.** 2017. First record of exotic *Piaractus brachypomus* Cuvier, 1818 (Characiformes: Serrasalminidae) in Zarivar Lake, western Iran. *J Appl Ichthyol*.

## VII. ANEXOS

### ANEXO I. Distribución de unidades experimentales

<b>ACUARIO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
TRATAMIENTO*	T5	T4	T1	T3	T1	T4	T2	T6	T5
REPETICIÓN	R1	R2	R1	R3	R2	R1	R1	R1	R2
<b>ACUARIO</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
TRATAMIENTO*	T3	T6	T2	T5	T2	T1	T3	T6	T4
REPETICIÓN	R1	R3	R2	R3	R3	R3	R2	R2	R3

\*Tratamiento 1: dieta con 3.2 Mcal ED/kg y 90 g Pt/Mcal ED (28.8% de proteína)

\*Tratamiento 2: dieta con 3.2 Mcal ED/kg y 100 g Pt/Mcal ED (32.0% de proteína)

\*Tratamiento 3: dieta con 3.2 Mcal ED/kg y 110 g Pt/Mcal ED (35.5% de proteína)

\*Tratamiento 4: dieta con 3.4 Mcal ED/kg y 90 g Pt/Mcal ED (30.6% de proteína)

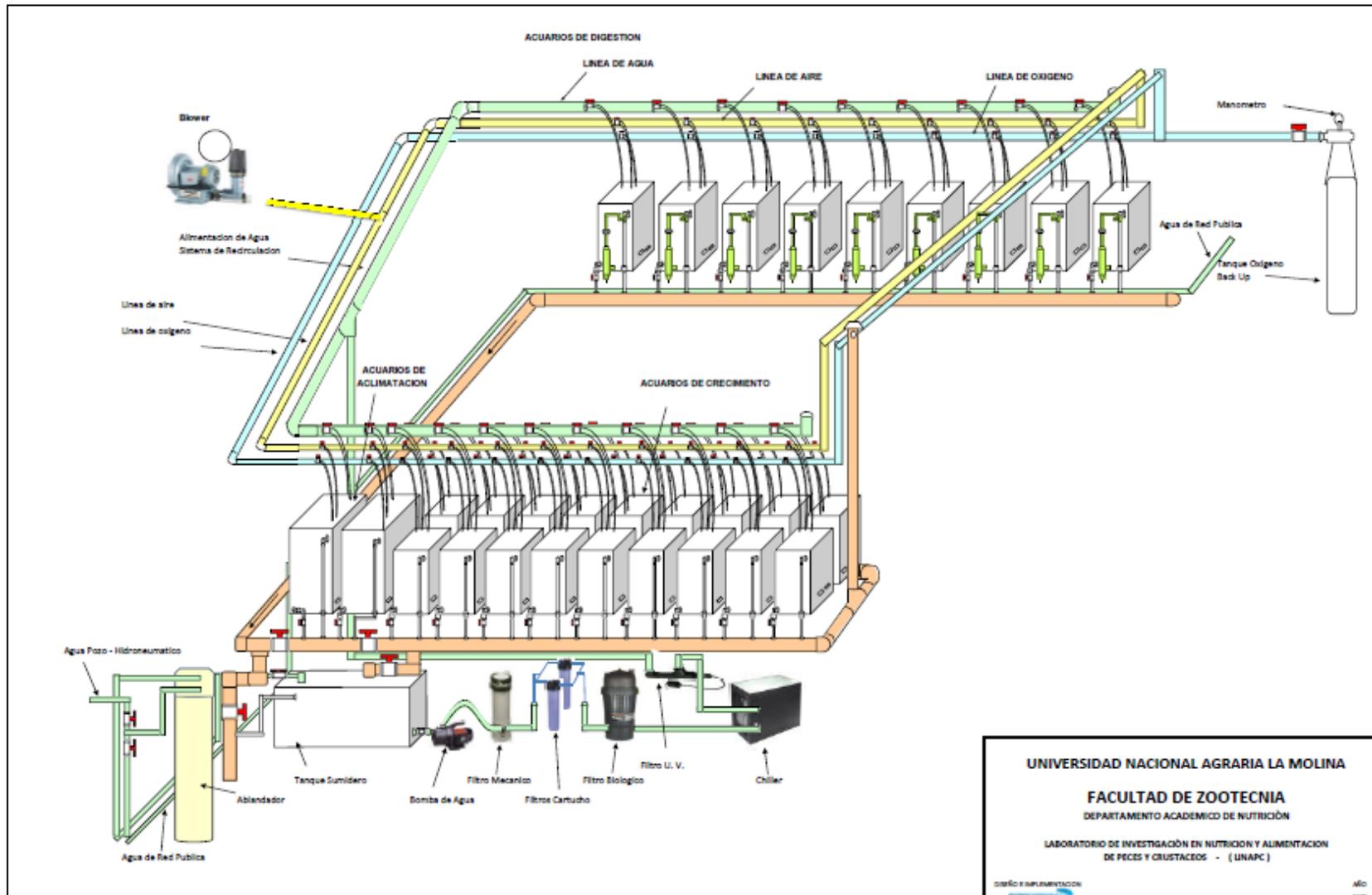
\*Tratamiento 5: dieta con 3.4 Mcal ED/kg y 100 g Pt/Mcal ED (34.0% de proteína)

\*Tratamiento 6: dieta con 3.4 Mcal ED/kg y 110 g Pt/Mcal ED (37.0% de proteína)

## ANEXO II. Instalaciones y equipos del LINAPC

EQUIPO	UNIDAD	FUNCIÓN
Ablandador de agua	1m <sup>3</sup>	Disminuye la dureza (concentraciones de iones de Ca <sup>++</sup> y Mg <sup>++</sup> ) del agua de La Molina de 1500 ppm a hasta 16 ppm
Tanque sumidero	Capacidad 360 l	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 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 el filtro mecánico con la retención de partículas de 20 µm.
Enfriador/calentador de agua	2 HP de potencia	Enfría o calienta el agua entre n rango de 13 – 32 °C.
Esterilizador UV	25 watts	Esteriliza el agua disminuyendo de esta forma la presencia de algas, bacterias y virus no deseado en los acuarios.
Filtros Cuno	4 unidades	Compuesto por dos pares de filtros (5 µm y 1 µm), permite que el agua llegue con mayor pureza a los acuarios.
Bomba de aire (Blower)	1/3 HP de potencia	Toma aire del ambiente y lo traslada a través de las líneas de aire hacia los acuarios, donde se encuentran las piedras difusoras de aire.
Acuarios para pruebas de digestibilidad	9 unidades	Alberga a los peces durante la evaluación. Cada acuario de fibra de vidrio tiene capacidad de 55 litros de color blanco, liso por dentro y fuera, con frontis de vidrio de 6 mm y dimensiones de 0.47x0.47x0.50m.

### ANEXO III. Laboratorio de investigación en nutrición y alimentación de peces y crustáceos (LINAPC)



#### ANEXO IV. Análisis proximal de las dietas

Análisis	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Humedad, (%)	9.4	9.5	9.6	9.3	9.5	9.6
Proteína, (%)	29.35	32.57	35.74	31.36	34.28	36.80
Grasa, (%)	9.9	9.7	8.2	11.6	11.0	10.5
Fibra, (%)	4.0	4.3	4.2	4.3	4.0	3.5
Ceniza, (%)	8.3	8.2	8.5	8.8	7.7	8.1
ELN, (%)	39.05	35.73	33.76	34.64	33.52	31.5
EB, (Mcal/Kg)**	435.7	439.6	434.8	446.2	451.1	450.3
PT:ED (g/Mcal)	91.7	101.8	111.7	92.2	100.8	108.2

Calidad Total (2017). \*\* Basado en 4.108 Mcal/Kg para carbohidratos, 5.637 Mcal/Kg para proteína y 9.434 Mcal/Kg para lípidos (Cho y Bureau, 1996)

#### ANEXO V. Registro de parámetros de calidad de agua

Semana	Temperatura °C			O2 mg/L	pH	Dureza ppm	Nitritos mg/L	Nitrógeno amoniacal mg/L
	9:00 am	4:00 pm	x					
1	26.5	26.8	26.65	6.9	6.7	124	0.02	0.2
2	26.4	26.4	26.4	6.8	6.9	162	0.03	0.1
3	26.6	26.8	26.7	7.5	6.7	128	0.03	0.2
4	26.5	26.6	26.55	7.2	6.8	130	0.03	0.1
5	26.7	26.5	26.6	6.8	6.7	139	0.02	0.1
6	26.9	27.2	27.05	7.1	6.6	140	0.02	0.1
7	27	27.1	27.05	7.5	6.7	126	0.02	0.2
8	26.8	27.2	27	6.9	6.9	132	0.03	0.2
Máximo	27	27.2	27.1	7.5	6.9	162	0.03	0.2
Mínimo	26.4	26.4	26.4	6.8	6.6	124	0.02	0.1
Promedio	26.7	26.8	26.75	7.1	6.8	135.1	0.0	0.2

**ANEXO VI. Peso y ganancia de peso (g)**

Tratamiento	Repetición	Días					Ganancia de peso (g)
		0	14	28	42	56	
T - 1	R1	155.18	170.68	193.03	215.24	241.57	86.39
	R2	156.01	185.91	211.86	239.39	267.50	111.49
	R3	157.54	181.99	200.28	223.08	251.74	94.20
T - 2	R1	155.98	193.11	212.45	244.58	288.06	132.07
	R2	155.00	181.96	199.69	224.05	262.17	107.17
	R3	158.35	183.31	201.93	229.62	261.08	102.73
T - 3	R1	155.65	181.72	207.57	238.90	271.90	116.25
	R2	157.66	185.41	205.53	233.27	253.64	95.98
	R3	162.32	183.05	202.71	226.39	254.23	91.91
T - 4	R1	155.46	198.19	230.18	266.99	299.46	144.00
	R2	156.50	193.90	225.11	263.32	296.76	140.26
	R3	157.12	181.48	205.54	239.14	281.73	124.61
T - 5	R1	156.64	187.75	210.20	238.63	270.98	114.34
	R2	155.45	192.63	212.70	251.69	279.34	123.89
	R3	156.05	190.19	211.45	245.16	275.16	119.12
T - 6	R1	156.96	185.60	217.09	253.89	290.51	133.55
	R2	155.63	182.15	204.13	234.47	256.79	101.16
	R3	156.29	183.88	210.61	244.18	273.65	117.36

**ANEXO VII. Consumo de alimento acumulado (g)**

Tratamiento	Repetición	Días			
		14	28	42	56
T - 1	R1	28.15	60.23	100.41	148.33
	R2	38.65	78.54	128.89	182.65
	R3	35.56	72.19	113.11	161.25
T - 2	R1	41.81	78.31	127.66	193.44
	R2	35.92	72.12	113.48	167.70
	R3	31.62	61.68	105.10	156.21
T - 3	R1	31.21	68.11	117.39	173.80
	R2	30.24	65.29	107.96	149.73
	R3	29.42	59.96	95.93	139.68
T - 4	R1	48.10	91.74	148.27	206.02
	R2	40.42	80.09	132.83	191.34
	R3	29.48	67.52	117.80	176.70
T - 5	R1	38.62	74.03	119.09	173.46
	R2	40.12	75.91	125.72	178.54
	R3	29.26	65.55	92.13	126.57
T - 6	R1	36.35	73.98	126.72	188.02
	R2	28.58	64.60	108.23	155.20
	R3	30.89	62.38	100.87	142.99

**ANEXO VIII. Conversión alimenticia**

<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>Consumo total</b>	<b>Ganancia de peso</b>	<b>C.A.</b>	<b>Promedio</b>
T - 1	R1	148.33	86.39	1.72	1.69
	R2	182.65	111.49	1.64	
	R3	161.25	94.20	1.71	
T - 2	R1	193.44	132.07	1.46	1.52
	R2	167.70	107.17	1.56	
	R3	156.21	102.73	1.52	
T - 3	R1	173.80	116.25	1.49	1.52
	R2	149.73	95.98	1.56	
	R3	139.68	91.91	1.52	
T - 4	R1	206.02	144.00	1.43	1.40
	R2	191.34	140.26	1.36	
	R3	176.70	124.61	1.42	
T - 5	R1	173.46	114.34	1.52	1.34
	R2	178.54	123.89	1.44	
	R3	126.57	119.12	1.06	
T - 6	R1	188.02	133.55	1.41	1.39
	R2	155.20	101.16	1.53	
	R3	142.99	117.36	1.22	

**ANEXO IX. Tasa de crecimiento específico**

<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>Peso inicial</b>	<b>Peso final</b>	<b>TCE</b>	<b>Promedio</b>
T - 1	R1	241.57	155.18	0.79	0.86
	R2	267.50	156.01	0.96	
	R3	251.74	157.54	0.84	
T - 2	R1	288.06	155.98	1.10	0.98
	R2	262.17	155.00	0.94	
	R3	261.08	158.35	0.89	
T - 3	R1	271.90	155.65	1.00	0.88
	R2	253.64	157.66	0.85	
	R3	254.23	162.32	0.80	
T - 4	R1	299.46	155.46	1.17	1.12
	R2	296.76	156.50	1.14	
	R3	281.73	157.12	1.04	
T - 5	R1	270.98	156.64	0.98	1.01
	R2	279.34	155.45	1.05	
	R3	275.16	156.05	1.01	
T - 6	R1	290.51	156.96	1.10	1.00
	R2	256.79	155.63	0.89	
	R3	273.65	156.29	1.00	

**ANEXO X. Relación de eficiencia proteica**

<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>Ganancia de peso</b>	<b>Consumo proteína</b>	<b>PER</b>	<b>Promedio</b>
T - 1	R1	86.39	42.72	1.98	2.02
	R2	111.49	52.60	2.08	
	R3	94.20	46.44	1.99	
T - 2	R1	132.07	61.90	2.10	2.03
	R2	107.17	53.66	1.96	
	R3	102.73	49.99	2.02	
T - 3	R1	116.25	61.70	1.87	1.84
	R2	95.98	53.15	1.79	
	R3	91.91	49.59	1.84	
T - 4	R1	144.00	63.04	2.23	2.27
	R2	140.26	58.55	2.34	
	R3	124.61	54.07	2.25	
T - 5	R1	114.34	58.98	1.92	2.23
	R2	123.89	60.70	2.02	
	R3	119.12	43.03	2.75	
T - 6	R1	133.55	69.57	1.93	1.98
	R2	101.16	57.42	1.77	
	R3	117.36	52.91	2.23	

**ANEXO XI. Factor de condición**

<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>Peso final</b>	<b>Longitud final</b>	<b>K</b>	<b>Promedio</b>
T - 1	R1	241.57	21.03	2.60	2.64
	R2	267.50	21.60	2.65	
	R3	251.74	21.17	2.65	
T - 2	R1	288.06	22.17	2.64	2.59
	R2	262.17	21.80	2.53	
	R3	261.08	21.60	2.59	
T - 3	R1	271.90	21.80	2.62	2.65
	R2	253.64	21.57	2.53	
	R3	254.23	20.90	2.78	
T - 4	R1	299.46	22.60	2.59	2.60
	R2	296.76	22.80	2.50	
	R3	281.73	21.87	2.69	
T - 5	R1	270.98	21.67	2.66	2.80
	R2	279.34	22.17	2.56	
	R3	275.16	20.57	3.16	
T - 6	R1	290.51	21.70	2.84	2.81
	R2	256.79	21.40	2.62	
	R3	273.65	20.97	2.97	

## ANEXO XII. Índice hepatosomático

<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>Peso final</b>	<b>Peso hígado</b>	<b>IHS</b>	<b>Promedio</b>
T - 1	R1	241.57	5.29	2.12	1.62
	R2	267.50	5.54	2.03	
	R3	251.74	4.08	1.60	
T - 2	R1	288.06	4.96	1.71	1.64
	R2	262.17	5.09	1.96	
	R3	261.08	4.28	1.60	
T - 3	R1	271.90	4.03	1.44	1.35
	R2	253.64	3.30	1.25	
	R3	254.23	3.44	1.47	
T - 4	R1	299.46	3.50	1.26	1.78
	R2	296.76	5.06	1.73	
	R3	281.73	5.01	1.76	
T - 5	R1	270.98	5.07	1.82	1.49
	R2	279.34	4.72	1.85	
	R3	275.16	4.11	1.33	
T - 6	R1	290.51	5.17	1.90	1.39
	R2	256.79	3.41	1.31	
	R3	273.65	3.81	1.25	

### ANEXO XIII. Valor productivo de la proteína

Tratamiento	Repetición	Proteína corporal final, %	Peso final, g	Proteína corporal inicial, %	Peso inicial, g	Consumo de prot., g	VPP, %	Promedio
T - 1	R1	16.97	241.57	16.4	155.18	43.53	35.71	34.06
	R2	16.40	267.50	16.4	156.01	53.61	34.11	
	R3	16.35	251.74	16.4	157.54	47.33	32.38	
T - 2	R1	16.78	288.06	16.4	155.98	63.00	36.12	32.84
	R2	15.67	262.17	16.4	155.00	54.62	28.68	
	R3	16.52	261.08	16.4	158.35	50.88	33.73	
T - 3	R1	16.59	271.90	16.4	155.65	62.11	31.53	28.60
	R2	16.63	253.64	16.4	157.66	53.51	30.51	
	R3	15.14	254.23	16.4	162.32	49.92	23.78	
T - 4	R1	16.92	299.46	16.4	155.46	64.61	38.96	38.15
	R2	16.16	296.76	16.4	156.50	60.00	37.15	
	R3	16.69	281.73	16.4	157.12	55.41	38.35	
T - 5	R1	16.58	270.98	16.4	156.64	59.46	32.36	37.50
	R2	16.77	279.34	16.4	155.45	61.20	34.89	
	R3	16.58	275.16	16.4	156.05	43.39	46.16	
T - 6	R1	15.16	290.51	16.4	156.96	69.19	26.45	31.98
	R2	17.34	256.79	16.4	155.63	57.11	33.28	
	R3	16.33	273.65	16.4	156.29	52.62	36.21	

#### ANEXO XIV. Valor productivo de la energía

Tratamiento	Repetición	EB corporal final, Mcal/Kg	Peso final, g	EB corporal inicial, Mcal/Kg	Peso inicial, g	Consumo de EB, Mcal	VPE, %	Promedio
T - 1	R1	1.84	241.57	1.57	155.18	0.65	30.96	30.60
	R2	1.97	267.50	1.57	156.01	0.80	35.44	
	R3	1.69	251.74	1.57	157.54	0.70	25.38	
T - 2	R1	1.78	288.06	1.57	155.98	0.85	31.34	31.16
	R2	1.78	262.17	1.57	155.00	0.74	30.35	
	R3	1.79	261.08	1.57	158.35	0.69	31.78	
T - 3	R1	1.69	271.90	1.57	155.65	0.76	28.35	24.08
	R2	1.46	253.64	1.57	157.66	0.65	18.91	
	R3	1.60	254.23	1.57	162.32	0.61	24.97	
T - 4	R1	1.82	299.46	1.57	155.46	0.92	32.78	32.64
	R2	1.92	296.76	1.57	156.50	0.85	37.85	
	R3	1.64	281.73	1.57	157.12	0.79	27.31	
T - 5	R1	2.01	270.98	1.57	156.64	0.78	38.09	35.33
	R2	1.70	279.34	1.57	155.45	0.81	28.73	
	R3	1.71	275.16	1.57	156.05	0.57	39.17	
T - 6	R1	1.68	290.51	1.57	156.96	0.85	28.58	31.97
	R2	1.84	256.79	1.57	155.63	0.70	32.50	
	R3	1.72	273.65	1.57	156.29	0.64	34.83	

**ANEXO XV. Composición corporal**

<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>Energía bruta corporal</b>	<b>Proteína corporal</b>	<b>Extracto etéreo corporal</b>
T - 1	R1	1.84	16.97	9.36
	R2	1.97	16.4	11.11
	R3	1.69	16.35	8.18
T - 2	R1	1.78	16.78	8.81
	R2	1.78	15.67	9.55
	R3	1.79	16.52	9.11
T - 3	R1	1.69	16.59	7.99
	R2	1.46	16.63	5.58
	R3	1.60	15.14	7.93
T - 4	R1	1.82	16.92	9.21
	R2	1.92	16.16	10.68
	R3	1.64	16.69	7.43
T - 5	R1	2.01	16.58	11.39
	R2	1.70	16.77	8.04
	R3	1.71	16.58	8.17
T - 6	R1	1.68	15.16	8.78
	R2	1.84	17.34	9.12
	R3	1.72	16.33	8.46

## ANEXO XVI. Tasa de eficiencia económica

<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>Consumo de alimento (kg)</b>	<b>Costo de alimento (S/./kg)</b>	<b>Ganancia de peso (kg)</b>	<b>TEE</b>	<b>Promedio</b>
T - 1	R1	0.15	2.24	0.086	3.85	3.78
	R2	0.18	2.24	0.111	3.67	
	R3	0.16	2.24	0.094	3.83	
T - 2	R1	0.19	2.32	0.132	3.39	3.51
	R2	0.17	2.32	0.107	3.63	
	R3	0.16	2.32	0.103	3.52	
T - 3	R1	0.17	2.38	0.116	3.57	3.64
	R2	0.15	2.38	0.096	3.72	
	R3	0.14	2.38	0.092	3.62	
T - 4	R1	0.21	2.43	0.144	3.48	3.41
	R2	0.19	2.43	0.140	3.32	
	R3	0.18	2.43	0.125	3.45	
T - 5	R1	0.17	2.46	0.114	3.73	3.30
	R2	0.18	2.46	0.124	3.55	
	R3	0.13	2.46	0.119	2.61	
T - 6	R1	0.19	2.55	0.134	3.59	3.53
	R2	0.16	2.55	0.101	3.91	
	R3	0.14	2.55	0.117	3.10	

### ANEXO XVII. Análisis de variancia del peso

FV	GL	SC	CM	F-value	P-value	NS
A	1	1653.0	1653.00	10.96	0.006	*
B	2	152.9	76.44	0.51	0.615	ns
A*B	2	949.9	474.93	3.15	0.079	ns
Error	12	1809.2	150.77			
Total	17	4564.9				

A: nivel de energía

B: relación proteína a energía

ns: no significativo, \*: significativo

### ANEXO XVIII. Análisis de variancia de la ganancia de peso

FV	GL	SC	CM	F-value	P-value	NS
A	1	1801.6	1801.6	11.07	0.006	*
B	2	214.5	107.2	0.66	0.535	ns
A*B	2	893.7	446.8	2.75	0.104	ns
Error	12	1952.3	162.7			
Total	17	4862.0				

A: nivel de energía

B: relación proteína a energía

ns: no significativo, \*: significativo

### ANEXO XIX. Análisis de variancia del consumo de alimento

FV	GL	SC	CM	F-value	P-value	NS
A	1	242.4	242.2	0.57	0.465	ns
B	2	1154.2	577.1	1.36	0.294	ns
A*B	2	1212.3	606.1	1.43	0.278	ns
Error	12	5098.7	424.9			
Total	17	7707.6				

A: nivel de energía

B: relación proteína a energía

ns: no significativo

## ANEXO XX. Análisis de variancia de la conversión alimenticia

FV	GL	SC	CM	F-value	P-value	NS
A	1	0.17950	0.179498	11.80	0.005	*
B	2	0.04593	0.022966	1.51	0.260	ns
A*B	2	0.01734	0.008669	0.57	0.580	ns
Error	12	0.18259	0.015216			
Total	17	0.42536				

A: nivel de energía

B: relación proteína a energía

ns: no significativo, \*: significativo

## ANEXO XXI. Análisis de variancia de la tasa de crecimiento específico

FV	GL	SC	CM	F-value	P-value	NS
A	1	0.08333	0.083330	10.92	0.006	*
B	2	0.01107	0.005537	0.73	0.504	ns
A*B	2	0.03662	0.018309	2.40	0.1330	ns
Error	12	0.09154	0.007628			
Total	17	0.22256				

A: nivel de energía

B: relación proteína a energía

ns: no significativo, \*: significativo

## ANEXO XXII. Análisis de variancia de la relación de eficiencia proteica

FV	GL	SC	CM	F-value	P-value	NS
A	1	0.180037	0.180037	4.04	0.068	ns
B	2	0.212878	0.106439	2.39	0.134	ns
A*B	2	0.009377	0.004689	0.11	0.901	ns
Error	12	0.5354.07	0.044617			
Total	17	0.937699				

A: nivel de energía

B: relación proteína a energía

ns: no significativo

**ANEXO XXIII. Análisis de variancia del factor de condición**

FV	GL	SC	CM	F-value	P-value	NS
A	1	0.05644	0.05644	2.06	0.177	ns
B	2	0.03938	0.01969	0.72	0.507	ns
A*B	2	0.05172	0.02586	0.94	0.416	ns
Error	12	0.32842	0.02737			
Total	17	0.47596				

A: nivel de energía

B: relación proteína a energía

ns: no significativo

**ANEXO XXIV. Análisis de variancia del índice hepatosomático**

FV	GL	SC	CM	F-value	P-value	NS
A	1	0.05235	0.05235	0.75	0.403	ns
B	2	0.35295	0.17648	2.54	0.120	ns
A*B	2	0.13650	0.06825	0.98	0.403	ns
Error	12	0.83428	0.06952			
Total	17	1.37608				

A: nivel de energía

B: relación proteína a energía

ns: no significativo

**ANEXO XXV. Análisis de variancia del valor productivo de la proteína**

FV	GL	SC	CM	F-value	P-value	NS
A	1	77.224	77.224	4.03	0.068	ns
B	2	119.556	59.7779	3.12	0.081	ns
A*B	2	1.889	0.9444	0.05	0.952	ns
Error	12	229.839	19.1533			
Total	17	428.508				

A: nivel de energía

B: relación proteína a energía

ns: no significativo

## ANEXO XXVI. Análisis de variancia del valor productivo de la energía

FV	GL	SC	CM	F-value	P-value	NS
A	1	99.62	99.62	5.00	0.045	*
B	2	85.68	42.84	2.15	0.159	ns
A*B	2	26.29	13.14	0.66	0.535	ns
Error	12	239.07	19.92			
Total	17	450.66				

A: nivel de energía

B: relación proteína a energía

ns: no significativo

## ANEXO XXVII. Análisis de variancia de la composición corporal

### a. Energía bruta corporal

FV	GL	SC	CM	F-value	P-value	NS
A	1	0.01040	0.01040	0.70	0.421	ns
B	2	0.07887	0.03944	2.64	0.112	ns
A*B	2	0.03221	0.01611	1.08	0.371	ns
Error	12	0.17946	0.01496			
Total	17	0.30095				

A: nivel de energía

B: relación proteína a energía

ns: no significativo

### b. Proteína corporal

FV	GL	SC	CM	F-value	P-value	NS
A	1	0.12169	0.12169	0.29	0.601	ns
B	2	0.47568	0.23784	0.56	0.583	ns
A*B	2	0.06914	0.03457	0.08	0.922	ns
Error	12	5.06107	0.42176			
Total	17	5.72758				

A: nivel de energía

B: relación proteína a energía

ns: no significativo

### c. Extracto etéreo corporal

FV	GL	SC	CM	F-value	P-value	NS
A	1	0.7615	0.7615	0.43	0.523	ns
B	2	6.5982	3.2991	1.87	0.196	ns
A*B	2	3.4881	1.7441	0.99	0.400	ns
Error	12	21.1287	1.7607			
Total	17	31.9764				

A: nivel de energía

B: relación proteína a energía

ns: no significativo

### ANEXO XXVIII. Análisis de variancia de la tasa de eficiencia económica

FV	GL	SC	CM	F-value	P-value	NS
A	1	0.23787	0.23787	2.55	0.136	ns
B	2	0.13927	0.06964	0.75	0.495	ns
A*B	2	0.05279	0.02639	0.28	0.758	ns
Error	12	1.11840	0.09320			
Total	17	1.54833				

A: nivel de energía

B: relación proteína a energía

ns: no significativo