

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN NUTRICIÓN**



**“ESTIMACIÓN DEL REQUERIMIENTO DE AMINOÁCIDOS  
ESENCIALES DEL PACO (*Piaractus brachypomus*) EN BASE A LA  
COMPOSICIÓN DE AMINOÁCIDOS EN EL MÚSCULO”**

**Presentada por:**

**DAVID TRINIDAD OCHOA ORIHUELA**

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

**Lima - Perú**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN NUTRICIÓN**

**“ESTIMACIÓN DEL REQUERIMIENTO DE AMINOÁCIDOS  
ESENCIALES DEL PACO (*Piaractus brachyomus*) EN BASE A LA  
COMPOSICIÓN DE AMINOÁCIDOS EN EL MÚSCULO”**

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

**Presentada por:**

**DAVID TRINIDAD OCHOA ORIHUELA**

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

Ph.D. Carlos Gómez Bravo  
**PRESIDENTE**

Mg.Sc. Víctor Vergara Rubín  
**PATROCINADOR**

Mg.Sc. Víctor Hidalgo Lozano  
**MIEMBRO**

Ph.D. Víctor Guevara Carrasco  
**MIEMBRO**

## *Dedicatoria*

*A mis padres David y Máxima, por todo su apoyo incondicional*

*A mis hermanos Jesús y Yamine por siempre estar ahí.*

## *Agradecimientos*

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

*Al Programa de becas CIENCIACTIVA CONCYTEC, CONVENIO N° 183 – 2015 FONDECYT por la subvención de estudios de Maestría en Nutrición de la UNALM.*

*Al Ing. Jorge Rivadeneyra encargado del LINAPC por sus consejos y aportes en la etapa experimental.*

*A la Sra. Silvia encargada del Laboratorio de Nutrición Animal por sus consejos y apoyo en los análisis de laboratorio.*

*A Justo, Roxana, Adriano, Keyla, Brian y Norah, compañeros de la línea de nutrición y alimentación de peces amazónicos por sus aportes en esta investigación.*

*A Mario, Soraya, Alejandro, Claudia, Estanislao y Víctor por su amistad y consejos durante toda la maestría.*

*A mis amigos y compañeros de la maestría en Nutrición, Producción Animal y doctorado en Ciencia Animal por siempre dar ánimos, palabras de aliento e inspiración.*

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

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Características y morfología del Paco.....	3
2.1.1 Distribución geográfica .....	3
2.1.2 Hábitos alimenticios .....	3
2.1.3 Características productivas y Producción Nacional .....	3
2.2 Proteína en peces.....	4
2.3 Aminoácidos en peces.....	4
2.3.1 Aminoácidos esenciales en peces.....	5
2.4 Proteína ideal .....	7
2.5 Estimación del requerimiento de aminoácidos esenciales en peces .....	8
en base a la composición corporal y muscular	
2.6 Requerimientos de aminoácidos esenciales estimados en otras .....	9
especies acuícolas en base a la composición corporal y/o muscular	
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>12</b>
3.1 Lugar de ejecución .....	12
3.2 Instalaciones y equipos .....	12
3.3 Animales experimentales .....	13
3.4 Dieta experimental .....	13
3.5 Procedimiento Experimental.....	13
3.6 Análisis de laboratorio .....	15
3.7 Cálculos para estimar el requerimiento de aminoácidos esenciales y .....	15
el perfil de proteína ideal en base a la composición de aminoácidos	
en el músculo del Paco	
3.8 Análisis estadísticos .....	16
<b>IV. RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>17</b>
4.1 Perfil de aminoácidos del músculo del Paco.....	17
4.2 Relación aminoácido esencial/aminoácidos esenciales totales (A/E) .....	19
en base al perfil de aminoácidos en el músculo del Paco	
4.3 Estimación del requerimiento de aminoácidos esenciales y .....	21
Proteína ideal del Paco	

<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>25</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>26</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>28</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>33</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1 Requerimientos de aminoácidos esenciales en diferentes especies acuícolas en base a la composición corporal o muscular (g/16g N)	10
Cuadro 2 Fórmula de la dieta para juveniles de <i>Piaractus brachypomus</i> (Tal como ofrecido)	14
Cuadro 3 Perfil de aminoácidos en el músculo del <i>Piaractus brachypomus</i> (g/16g N)	18
Cuadro 4 Relación aminoácido esencial/aminoácidos esenciales totales (A/E) del tejido muscular del <i>Piaractus brachypomus</i>	20
Cuadro 5 Estimación de requerimientos de aminoácidos esenciales y perfil de la Proteína ideal para el <i>Piaractus brachypomus</i>	22
Cuadro 6 Análisis de regresión entre los requerimientos estimados del <i>Piaractus brachypomus</i> y el requerimiento determinado del <i>Piaractus mesopotamicus</i>	25

## ÍNDICE DE ANEXOS

		Pág.
Anexo I	Resultados del perfil de aminoácidos del tejido muscular del <i>Piaractus brachypomus</i>	33
Anexo II	Perfil de aminoácidos del tejido muscular de otros peces (g/16gN)	34
Anexo III	Relación A/E de diferentes peces	35
Anexo IV	Requerimientos determinado de aminoácidos esenciales (g/16gN) para el <i>Piaractus mesopotamicus</i>	36
Anexo V	Análisis Proximal de la Dieta	37
Anexo VI	Composición del Premix Acuicultura	38
Anexo VII	Calidad de Agua	39
Anexo VIII	Peso Vivo y talla quincenal del <i>Piaractus brachypomus</i>	40
Anexo IX	Peso del <i>Piaractus brachypomus</i> fresco y secado	41
Anexo X	Resultados de la humedad del tejido muscular del <i>Piaractus brachypomus</i>	42



## RESUMEN

El Paco (*Piaractus brachypomus*) es un pez amazónico de gran importancia en la acuicultura amazónica, sin embargo hay pocos estudios sobre la nutrición de esta especie, siendo importante el conocimiento del requerimiento de aminoácidos esenciales para formular dietas de calidad y rentables, por lo que el objetivo del presente estudio fue estimar el requerimiento de aminoácidos esenciales mediante la determinación del perfil de aminoácidos del tejido muscular de juveniles de Paco. Los peces fueron alimentados con una dieta con 31.36 Pt y 3400 Kcal/kg, hasta llegar a los 361.26g y 22.80 cm y fueron sacrificados, separaron el tejido muscular, secado, molido, congelado a -20°C, posteriormente enviado a laboratorio para determinar el aminograma del tejido muscular. La estimación de los requerimientos de aminoácidos esenciales se realizó usando la composición muscular y la fórmula propuesta por Kaushik (1998); donde el requerimiento estimado de aminoácidos es igual a requerimiento determinado para la lisina por la relación A/E de cada aminoácido entre la relación A/E de la lisina; usando como lisina referente la del *Piaractus mesopotamicus* (5.67 g lisina/16g N), los valores de relación A/E fueron obtenidos mediante la fórmula de Arai (1981); donde la relación A/E para cada aminoácido es igual a cada aminoácido esencial entre el total de aminoácidos esenciales (más cisteína y tirosina) multiplicado por 1000. Los requerimientos estimados de aminoácidos esenciales para juveniles de Paco referidos a g/16gN son los siguientes: Lisina 5.67, Arginina 7.53, Histidina 1.66, Isoleucina 2.27, Leucina 3.78, Metionina + Cisteína 1.78, Fenilalanina + Tirosina 4.65, Treonina 2.69g/16gN, Triptófano 0.55 y Valina 3.01. Los requerimientos estimados propuestos pueden ser usados para formular dietas para juveniles de Paco hasta que se realicen pruebas de dosis respuestas para determinar con precisión los requisitos de aminoácidos esenciales.

**Palabras claves:** nutrición, *Piaractus brachypomus*, aminoácidos esenciales, relación A/E

## ABSTRACT

Paco (*Piaractus Brachypomus*) is a fish native of South America with great interest for aquaculture, but few studies were performed on its nutrition. The objective of the present study was to estimate essential amino acids (EAA) requirements based on amino acids muscle tissue composition using the formula suggested by Kaushik (1998), EAA requirement = (requirement for lysine X A/E ratio specific amino acid / A/E ratio for lysine). The A/E ratio was calculated using the formula suggested by Arai (1981), A/E ratio = [essential amino acid / total essential amino acids (plus cysteine and tyrosine) X 1000]. Six Paco juveniles were fed a diet containing 31.36% CP and 3400 Kcal kg<sup>-1</sup> EM. The estimated essential amino acids requirements for Paco (g/16gN) were: Lysine 5.67, Arginine 7.53, Histidine 1.66, Isoleucine 2.27, Leucine 3.78, Methionine + Cysteine 1.78, Phenylalanine + Tyrosine 4.65, Threonine 2.69g / 16gN, Tryptophan 0.55 and Valine 3.01. Until dose-response experiments are carried out to determine the EAA requirements precisely, the estimated EAA values using muscle tissue EAA as proposed in this study could be used when formulating diets for Paco.

**Key words:** Nutrition, *Piaractus brachypomus*, essential amino acids, A/E ratios

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de los peces amazónicos es una actividad productiva importante y necesaria para asegurar en calidad y cantidad el suministro de pescado para consumo humano directo en la región amazónica. Según el Ministerio de la Producción (2010) el cultivo y cosecha de peces amazónicos empezó a incrementarse a partir del año 2003 con 366 TM. El año 2015 la cosecha de especies amazónicas fue de 1534.71 TM (Ministerio de la Producción 2015), por lo que se hace necesario expandir la piscicultura de especies nativas como una medida exitosa de mitigar la escasez de pescado y generar renta en la amazonia.

Entre las especies amazónicas, el “Paco” (*Piaractus brachypomus*) es una de las especies amazónicas más importantes en Latinoamérica, su cultivo se viene realizando en países como Brasil, Colombia, Venezuela y algunos países centroamericanos, en el Perú las regiones en donde es mayor el cultivo son: Loreto, Madre de dios, San Martín Ucayali y Cusco. Debido a una serie de características que los hacen idóneos para las actividades acuícolas, como: dóciles y resistente al manipuleo, tolerante a la pobre calidad de agua, fácil adaptación al clima y al agua de la región, fácil adaptación a la crianza intensiva y alimento balanceado, alta velocidad de crecimiento y buena aceptación del mercado, lo que lo convierte en una de las especies acuícolas más importantes en el territorio nacional. La cosecha proveniente de la acuicultura de esta especie fue de 825.33 TM en el 2015 (Ministerio de la Producción 2015).

Si bien en la actualidad el Ministerio de la Producción a través del FONDEPES, viene realizando estudios aún se tiene escasa información sobre nutrición de esta especie. La proteína es uno de los nutrientes más caros en las dietas, y para mejorar la eficiencia de utilización de proteína es necesario conocer el requerimiento de aminoácidos en la dieta, debido a una alta correlación entre su requerimiento y la composición corporal en varias especies de peces (Hossain et al. 2011) lo cual permitirá formular dietas más precisas en base al requerimiento de aminoácidos, así como la optimización de los costos de alimentación, con ello maximizar la rentabilidad y contribuir en un futuro a la elaboración de alimentos comerciales adecuado para el Paco.

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo estimar los requerimientos de aminoácidos esenciales de juveniles de Paco en base al perfil de aminoácidos del tejido muscular.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Características y morfología del Paco:**

De acuerdo al ITIS (Interagency Taxonomic Information System), el Paco pertenece a la familia Characidae, al igual que la Gamitana (*Colossoma macropomum*), al género *Piaractus*. Y denominado con el nombre científico de *Piaractus brachypomus*.

Presenta un cuerpo profundo y lateralmente comprimido, es de color plateado en los lados y una coloración roja en el mentón, vientre, las aletas pectorales aleta ventral y anal, las aleta dorsal y caudal son de color negro. El Paco tiene dos filas de dientes duros y aplanados, para triturar semillas y nueces (Hintz 2018). En estado silvestre llega a pesar 14kg una longitud de 70cm (DGA 2016), aunque se pueden encontrar ejemplares de hasta 25kg y de 88 cm de longitud.

#### **2.1.1. Distribución geografía:**

El Paco (*Piaractus brachypomus*) en estado silvestre se encuentran distribuidos en las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco (Mesa-Granda y Botero-Aguirre. 2007), sin embargo el cultivo de esta especie ha aumentado su distribución geográfica no solo en los países de Brasil, Colombia, Perú y Venezuela, sino también en algunos países centroamericanos (DGA 2016).

#### **2.1.2. Hábitos alimenticios**

El Paco es un pez amazónico con hábitos omnívoros con tendencia frugívora (Tafur et al. 2009), alimentándose de hojas que caen al río, insectos, nueces (Froese y Reyes 2018), frutas, semillas, pequeños peces y crustáceo pequeños (Fernandes et al. 2004).

#### **2.1.3. Características productivas y Producción Nacional**

El Paco es considerado una especie con un gran potencial productivo y comercial en piscicultura extensiva, semi-extensiva e intensiva así como en policultivos, debido a que es

una especie resistente al manejo en cautiverio, presenta alta docilidad rusticidad, resistente a enfermedades y de fácil adaptación a condiciones limnológicas desfavorables por periodos no prologados; además de tener una buena aceptación en el mercado debido a tener hábito tradicional de consumo, su valor productivo es debido a que es omnívoro con tendencia a consumir frutos y semillas lo que le permite aceptar diferentes tipos de alimentos (Mesa-Granda y Botero-Aguirre 2007), baja exigencia nutricional, con alta asimilación de proteínas y lípidos de origen vegetal, buen crecimiento y es una especie que se adapta la policultivo (Tafur et al. 2009).

Según el Anuario estadístico pesquero acuícola del Ministerio de la Producción (2015), la extracción total de Paco fue de 1258.8 TM, siendo 825.33 TM procedente de la acuicultura para ese año, entre los cuales destacan los departamentos de Loreto (7.73 TM), Madre de Dios (371.30 TM), San Martín (221.15 TM), Ucayali (55.01 TM) y Cusco (150.00 TM) (Ministerio de la Producción 2015).

## **2.2. Proteína en peces**

El requerimiento de proteína en los peces está influenciado por el balance de energía-proteína, la composición de aminoácidos y la digestibilidad de la dieta prueba y la cantidad de la energía no proteica de la dieta. El exceso de energía en las dietas puede ser un límite de consumo, ya que los peces ingieren hasta cubrir sus requerimientos energéticos (Wilson y Halver 1986); así mismo, afirman que hay un decrecimiento en el requerimiento proteico de los peces a medida que avanzan en peso y edad, cambios en la temperatura del agua también alteran el requerimiento de proteína. Casos como el del Salmon Real (*Oncorhynchus tshawytscha*) (De Long et al. 1958 citado por Wilson y Halver 1986), Lubina rayada atlántica (*Morone saxatilis*) (Millikin 1982 citado por Wilson y Halver 1986) y la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) (National Research Council 1981 citado por Wilson y Halver 1986) mostraron un incremento del requerimiento de proteína a medida que aumentaba la temperatura.

## **2.3. Aminoácidos en peces**

Los aminoácidos son biomoléculas que sirve para la formación de proteínas como intermediarios en diferentes vías metabólicas, estos sirven de precursores para la síntesis de un amplio rango de sustancias biológicamente importantes incluidas los nucleótidos, hormonas peptídicas y neurotransmisores, además los aminoácidos juegan un papel

importante en la señalización celular y actúan como reguladores de la expresión génica y la cascada de fosforilación de proteínas (Mohanty et al. 2014). Los aminoácidos son usados como sustratos para la producción de energía en peces; la deficiencia o exceso de uno o más aminoácidos altera la síntesis proteica y el crecimiento (Portella et al. 2013).

### **2.3.1. Aminoácidos esenciales en peces**

Los aminoácidos esenciales son aquellos que no pueden ser sintetizados o no son adecuadamente sintetizados de “novo” por lo animales en cantidades que estos requieren. Los aminoácidos esenciales condicionales se deben proveer desde las dietas bajo condiciones donde la tasa de utilización sea mayor que las tasas de síntesis. Por definición los aminoácidos esenciales no pueden ser sintetizados adecuadamente por los animales acuáticos (Li et al. 2008). La baja disponibilidad de estos aminoácidos esenciales disminuye la tasa de crecimiento y reduce la eficiencia de alimentación (Dairiki et al. 2013).

Los diez aminoácidos esenciales en peces son arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina (Wilson y Halver 1986 y Li et al. 2008). La lisina es el primer aminoácido limitante en los ingredientes usados en la elaboración de alimentos balanceados y también es el aminoácido esencial en mayor porcentaje en la carcasa de varias especies de peces (Abimorad et al. 2010), debido que se deposita en el músculo; bajos niveles de lisina en la trucha disminuye a síntesis y deposición de colágeno, además, la suplementación adecuada de lisina en la dieta mejora la supervivencia y la tasa de crecimiento, previene la erosión y deformidad de las aletas dorsal, pectoral y ventral (Dairiki et al. 2013). Es precursor junto con la metionina de la carnitina, que es transportador de cadena de ácidos grasos del citoplasma de la célula a la mitocondria para la beta oxidación. La arginina y lisina dietaria es importante para mantener el balance electrolítico en los peces (Murillo-Gurrea et al. 2001).

La arginina, es uno de los aminoácidos limitantes en las fuentes de proteína de origen vegetal como el maíz (Murillo-Gurrea et al. 2001), este aminoácido está involucrado en varias vías metabólicas como la síntesis de proteína, producción de urea, el metabolismo del ácido glutámico, de la prolina, síntesis de la creatina, óxido nítrico y la poliamina (Dairiki et al. 2013 y Tesser et al. 2005).

Los aminoácidos ramificados como la Leucina, Isoleucina y Valina juegan un rol importante en ciertas reacciones bioquímicas y el crecimiento de animales terrestres y rumiantes (Ahmed y Khan. 2006). La leucina es considerada como un aminoácido funcional para estimular la síntesis de proteína del músculo e inhibir la proteólisis en mamíferos, sin embargo, aún no ha sido estudiado en animales acuáticos. El exceso de suplementación de este aminoácido mejora la eficiencia alimentaria pero deprime el consumo de alimento, el crecimiento y la deposición de proteína en trucha arcoíris probablemente al antagonismo entre aminoácidos ramificados. (Li et al. 2008)

La histidina es abundante en la albumina plasmática de los peces, también está en abundancia en los músculos e los peces como aminoácido libre o carnosina. La histidina afecta el ADN y la síntesis de proteína, adicionalmente sirve como fuente de energía durante la inanición. La histidina es el mayor componente de los buffer que no son en base de carbono protegiendo al pez contra cambios de pH resultantes de la hipoxia, natación repentina, e incremento de acidosis láctica (Li et al. 2008).

La metionina es usualmente el primer aminoácido limitante en dietas de peces, especialmente cuando contiene niveles altos proteína vegetal, como la torta de soya. La metionina tiene varias vías de transmetilación, remetilación, transulfuración para la síntesis de cisteína y taurina en mamíferos y probablemente esté en peces aunque con algunas diferencias. La metionina y sus derivados son producidos comercialmente, la metionina está disponible en forma de DL-metionina, el natural isómero es absorbido rápidamente y es usado eficientemente por los animales, la utilización de la metionina en peces y crustáceos no es muy eficiente, debido a la presencia de una alta actividad de la deacetilasa en el citosol del tejido animal, la N-cetil-metionina es un excelente precursor de aminoácidos azufrados en los peces (Li et al. 2008).

La fenilalanina es precursor de la tirosina en el hígado y los riñones, la adición de tirosina en las dietas para peces disminuyen el requerimiento de fenilalanina. Niveles dietarios de fenilalanina y tirosina pueden influir profundamente en el desarrollo de la pigmentación, consumo de alimento, performance del crecimiento, inmunidad y sobrevivencia del pez en su entorno natural., consecuentemente los requerimientos de fenilalanina y tirosina en peces incrementa sustancialmente durante la metamorfosis (Li et al. 2008).



Los niveles de la treonina dietaría pueden afectar la inmunidad en mamíferos, adicionalmente, la treonina es el mayor componente de la mucina en el intestino delgado, por lo tanto regula la integridad de la pared intestinal y sus función (Li et al. 2008).

El triptófano es precursor de la serotonina (neurotransmisor) y de la melatonina (antioxidante), la deficiencia de síntesis de serotonina provoca las interacciones agresivas y el canibalismo en peces carnívoros (truchas arcoíris), por lo que la suplementación de L-triptofano puede inhibir las agresiones en truchas arcoíris. Y puede ser una estrategia nutricional para el manejo saludable en acuicultura (Li et al. 2008).

#### **2.4. Proteína ideal**

Con el concepto de proteína ideal propuesto por Mitchell en el año 1964 para pollos y cerdos, todos los requerimientos de aminoácidos esenciales pueden ser expresados como una relación ideal de aminoácidos dados en relación con los aminoácidos esenciales totales del tejido del animal, en consecuencia, el perfil de aminoácidos de la proteína del músculo esquelético es la más usada por los investigadores para representar el requerimiento de aminoácidos esenciales, ya que el tejido muscular es formado principalmente durante el crecimiento (Abimorad et al. 2010), una vez que el perfil de aminoácidos ha sido identificado y es representativo de una dieta ideal, un aminoácido es determinado cuantitativamente mediante dosis – respuesta, mientras que el resto de aminoácidos son estimados por el perfil de aminoácidos; que se establecen como una proporción de uno de ellos, que generalmente es la lisina, que se le da un valor arbitrario de 100 (Bureau y Encarnaçao 2006).

Bicudo y Cyrino (2014) afirman que para hallar el requerimiento de aminoácidos se realizan ensayos de dosis repuesta que consumen muchos recursos y tiempo, siendo la utilización del perfil de aminoácidos corporal del pez una herramienta justificada para estimar los requerimientos de aminoácidos cuando no hay experimentos de dosis respuesta disponibles, sobre todo teniendo en cuenta la gran cantidad de especies amazónicas utilizadas en acuicultura, que requieren a la brevedad dietas eficientes y con un impacto menor en el ambiente.

El perfil de aminoácidos del tejido corporal total de los peces es similar a los requerimientos dietario (Furuya et al. 2004). Wilson y Cowey (1985) afirmaron que el perfil de aminoácidos corporales y los requerimientos de aminoácidos de peces presentan una alta correlación.

Varias investigaciones han predicho los requerimientos de aminoácidos esenciales de peces usando proteína ideal. Proporciona una proporción precisa de aminoácidos y minimiza la excreción del nitrógeno, aunque el requisito específico de un determinado aminoácido cambiará debido a que los requerimientos de aminoácidos en la dieta se ven afectados por factores de dietéticos, genéticos y ambientales (Furuya et al. 2004), sin embargo si se utilizan dietas con perfil de aminoácidos inapropiado disminuirá el rendimiento del pez así como afectar la salud del pez y tendrá un impacto negativo en el ambiente (Bicudo y Cyrino 2014).

## **2.5. Estimación del requerimiento de aminoácidos esenciales en peces en base a la composición corporal y muscular**

La estimación del requerimiento de aminoácidos esenciales utiliza el concepto introducido por Arai (1981) al diseñar dietas purificadas para el salmón plateado o salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*), en la cual tomó de referencia de requerimientos de aminoácidos, la relación aminoácido esencial entre aminoácidos esenciales totales (A/E), de los aminoácidos esenciales de la composición corporal del pez, cuyo valor es obtenido de la siguiente ecuación:  $A/E = [(aminoácido\ esencial)/(total\ de\ aminoácidos\ esenciales\ más\ cisteína\ y\ tirosina) \times 1000]$ . La inclusión de cisteína y tirosina en la fórmula de Arai es porque parte de la metionina ingerida se sintetiza en cisteína, de similar forma sucede con la fenilalanina que se convierte en tirosina, por tanto, es necesario la inclusión de estos dos aminoácidos no esenciales dentro de la ecuación. El valor obtenido de la ecuación indica el equilibrio relativo entre los 10 aminoácidos esenciales, teoría que fue confirmada en pruebas de alimentación de Akiyama et al. (1997) en el salmón japonés (*Oncorhynchus masou*) y salmón del pacífico (*Oncorhynchus rhodurus*). Wilson (1991; citado por Lall y Anderson 2005) usó la relación aminoácido esencial entre aminoácidos esenciales totales (A/E) y la lisina determinada para estimar los requerimientos del bagre de canal (*Ictalurus punctatus*), encontrando que los valores determinados y los estimados tienen una gran similitud.

Kaushik (1998) estimó los requerimientos de aminoácidos de tres peces teleósteos que fueron el Róbalo europeo (*Dicentrarchus labrax*), Dorada (*Sparus aurata*) y Rodaballo (*Psetta máxima*), en base a una fórmula propuesta por él, la cual usó como variables la relación aminoácido esencial entre aminoácidos esenciales totales (A/E) propuesta por Arai (1981) y el requerimiento de lisina determinado para el rodaballo (*Psetta máxima*) que fue de 5.0g Lisina/16g N; mediante la fórmula siguiente: requerimiento de aminoácidos esenciales = [(requerimiento determinado para lisina x A/E de cada aminoácido)/(A/E de la

lisina)]. La fórmula fue utilizada por Hossain et al. (2011) para determinar los requerimientos de aminoácidos de la Palometa (*Pampus argenteus*) y Borges et al. (2014) para el Pámpano (*Trachinotus marginatus*).

Meyer y Fracalossi (2005) utilizaron una fórmula similar a las de Kaushik para estimar los requerimientos de aminoácidos de la Jundiá (*Rhamdia quelen*), la cual es la siguiente: requerimiento de aminoácidos = [(cantidad de aminoácido de la Jundiá x promedio de la sumatoria de aminoácidos esenciales (incluido cisteína y tirosina) de la tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*), carpa común y del bagre) / sumatoria de todos los aminoácidos esenciales de la Jundiá]. Esta fórmula fue utilizada para estimar los requerimientos de aminoácidos del Yamú (*Brycon amazonicus*) y del Sábalo jetón (*Prochilodus lineatus*) (Bicudo y Cyrino 2009) y del Tetra de dos puntos (*Astyanax bimaculatus*) (Abimorad y Castellani 2011).

## **2.6. Requerimientos de aminoácidos esenciales estimados en otras especies acuícolas en base a la composición corporal y/o muscular**

Kaushik (1998) determinó el perfil de aminoácidos de la composición corporal y estimó los requerimientos de aminoácidos esenciales de peces teleósteos: Róbalo europeo (*Dicentrarchus labrax*), Dorada (*Sparus aurata*) y Rodaballo (*Psetta máxima*) (Cuadro 1). Meyer y Fracalossi (2005) encontraron el perfil de aminoácidos del tejido muscular de la Jundiá (*Rhamdia quelen*) y hallaron sus requerimientos estimados de aminoácidos esenciales en base a su composición muscular (Cuadro 1). Hossain et al. (2011) obtuvo los aminoácidos de la composición corporal de la Palometa (*Pampus argenteus*) y estimaron sus requerimientos de aminoácidos esenciales en base a su composición corporal (Cuadro 1). Bicudo y Cyrino (2009) evaluaron el perfil de aminoácidos del tejido muscular del Yamú (*Brycon amazonicus*) y del Sábalo jetón (*Prochilodus lineatus*) y hallaron los requerimientos de aminoácidos esenciales de cada especie en base a su composición muscular (Cuadro 1).

**CUADRO 1: Requerimientos de aminoácidos esenciales en diferentes especies acuícolas en base a la composición corporal o muscular  
(g/16gN)**

Aminoácidos	<i>Róbalo europeo</i> <sup>a, c</sup>	<i>Dorada</i> <sup>a, c</sup>	<i>Rodaballo</i> <sup>a, c</sup>	<i>Jundiá</i> <sup>b, d</sup>	<i>Pámpano</i> <sup>a, e</sup>	<i>Pámpano</i> <sup>b, e</sup>	<i>Palometa</i> <sup>a, f</sup>	<i>Tetra de dos puntos</i> <sup>b, g</sup>	<i>Yamú</i> <sup>a, h</sup>	<i>Sábalo jetón</i> <sup>a, h</sup>
Arginina	4.60	5.40	4.80	3.72	4.01	3.04	3.46	4.48	2.90	3.96
Histidina	1.60	1.70	1.50	1.31	1.29	1.16	1.37	1.77	1.14	1.51
Isoleucina	2.60	2.60	2.60	2.54	1.78	1.61	2.00	3.00	3.08	2.92
Leucina	4.30	4.50	4.60	5.03	4.27	4.04	3.98	4.26	5.37	4.92
Lisina	4.80	5.00	5.00	5.80	4.80	4.80	4.50	5.13	4.94	5.80
Metionina + Cisteína	2.30	2.40	2.70	3.11	2.33	1.71	1.87	2.89	2.30	1.63
Fenilalanina + Tirosina	2.60	2.90	5.30	4.79	3.99	3.42	3.79	5.56	5.34	4.57
Treonina	2.70	2.80	2.90	3.00	2.42	2.06	2.85	2.64	2.80	2.77
Triptófano	0.60	0.60	0.60	0.27	0.63	0.56	-	1.05	1.02	0.67
Valina	2.90	3.00	2.90	2.65	2.08	1.80	2.79	3.11	3.32	3.45

<sup>a</sup>composición corporal; <sup>b</sup>composición muscular; <sup>c</sup>Kaushik (1998); <sup>d</sup>Meyer y Fracalossi (2005); <sup>e</sup>Borges et al. (2014); <sup>f</sup>Hossain et al. (2011); <sup>g</sup>Abimorad y Castellani (2011); <sup>h</sup>Bicudo y Cyrino (2009)

Abimorad y Castellani (2011) determinaron el perfil de aminoácidos del tejido muscular y la composición corporal del Tetra de dos puntos (*Astyanax bimaculatus*) o llamado Lambari do rabo amarelo (en Brasil) y estimaron sus requerimientos de aminoácidos esenciales en base a su composición corporal y muscular (Cuadro 1). Borges et al. (2014) encontraron el perfil de aminoácidos del tejido muscular y la composición corporal del Pámpano (*Trachinotus marginatus*) y obtuvieron sus requerimientos de aminoácidos esenciales en base a su composición corporal y muscular (Cuadro 1).

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

#### **3.1. Lugar de ejecución**

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Investigación de Nutrición y alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC), perteneciente al Departamento Académico de Nutrición de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). La determinación de proteína bruta y el análisis del perfil de aminoácidos del tejido muscular del “Paco” se realizaron en el Laboratorio de Calidad Total La Molina, UNALM.

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

La fase de alimentación se realizó en los acuarios de crecimiento del LINAPC, la unidad experimental estuvo constituida por cada acuario de crecimiento de fibra de vidrio con capacidad de 75L de agua. Durante todo el experimento se estandarizó y mantuvo la calidad de agua. Se realizaron mediciones dos veces por semana directamente del acuario. A continuación se detallan los equipos utilizados y las condiciones del agua (Anexo VII).

**Temperatura:** Se utilizó un termómetro ambiental y uno digital con sensor externo utilizando en los acuarios, ambos de la marca Sper Scientific. El rango de medición de los termómetros es de  $-50^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$ , con  $0.10^{\circ}\text{C}$  de precisión. Temperatura promedio del acuario fue de  $27.3^{\circ}\text{C}$ .

**Oxígeno:** se utilizarán un oxímetro Pin Point II. Con una precisión de  $\pm 0.20\text{mg/L}$ . El rango de medición es de  $0 - 20\text{mg/L}$ . La concentración promedio de oxígeno disuelto fue de  $9.17\text{mg/L}$ .

**Dureza:** Se utilizó el kit de tres reactivos LaMotte, el cual utiliza el valorador de lectura directa, que proporciona una lectura dentro del rango de  $0-200\text{ ppm}$ , con una sensibilidad de  $4\text{ ppm}$ . La dureza promedio fue de  $53\text{ppm}$ .

**Amoniaco:** Se utilizó el kit de reactivos LaMotte y el medidor de amoniaco de la marca Hanna Instruments. El rango de medición es de 0.00 – 3.00 mg/L, con una precisión de 0.01 mg/L. La concentración promedio de nitrógeno amoniacal fue de 0.25mg/L.

**Potencial de hidrogeno (pH):** La medida del pH se realizó mediante el pHmetro lápiz Phestr 10. El rango de medición es -1.0 to 15.0 pH, con una precisión de 0.1 pH. El pH promedio fue de 7.39.

**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. La concentración promedio de nitritos fue de 0.35 mg/L.

**Conductividad:** Se utilizó un medidor de Conductividad eléctrica de la marca Hanna Instruments. El rango de medición es 0.00 a 20.00 mS/cm, con una precisión de  $\pm 2\%$  F.S. La conductividad promedio fue de 0.97 mS/cm.

### **3.3. Animales experimentales**

Los peces fueron traídos del Fundo Palmeiras de la empresa Silver Corporation, para la determinación de la proteína bruta y el perfil de aminoácidos. Se utilizaron seis juveniles de Paco, distribuidos en tres acuarios (dos peces por acuario), el peso promedio fue de 296.80 g con una longitud de 22.55 cm.

### **3.4. Dieta experimental**

La dieta fue diseñada con 3400 Kcal/Kg y 31.36% proteína total que se obtuvo utilizando la formulación a mínimo costo por programación lineal, la cual cubrió el requerimiento nutricional de los juveniles de Paco. La molienda se realizó a un tamaño de partícula de 300 micras. El peletizado se realizó con un molde de 3mm de diámetro. En la preparación de la dieta se usaron ingredientes comerciales. La elaboración del alimento balanceado se realizó en la Planta de alimentos Balanceados del Programa de Investigación y Proyección Social de Alimentos. En el Cuadro 2 se muestra la fórmula utilizada en la dieta de juveniles de Paco.

### **3.5. Procedimiento Experimental**

Luego de la biometría inicial, los peces fueron distribuidos en tres acuarios, con dos juveniles de Paco por acuario. Los peces recibieron alimento 6 veces al día: 8:00 am, 10:00 am, 12:00 pm, 2:00 pm, 4:00 pm y 6:00 pm, se brindó alimento hasta punto de saciedad.

**CUADRO 2: Fórmula de la dieta para juveniles de *Piaractus brachypomus***  
(Tal como ofrecido)

<b>INGREDIENTES (%)</b>	
Torta de soya, 47	36.00
Harinilla de trigo	28.68
Hna. de pescado prime, 66	12.00
Maíz amarillo	10.00
Aceite semirefinado. de pescado	8.80
Fosfato dicalcico	1.30
Ligante	0.80
Sal	0.60
Premix acuicultura*	0.30
Cloruro de colina, 60	0.10
Inhibidor de hongos	0.10
L-lisina	0.06
DL-metionina	0.04
Antioxidante	0.02
Carbonato de calcio	1.20
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>
Materia seca (%)	90.60
Proteína (%)	30.60
Fibra (%)	3.72
Grasa (%)	11.98
ED (Mcal/Kg)	3.40
Lisina (%)	1.99
Metionina (%)	0.62
Cisteina (%)	0.44
Arginina (%)	2.08
Histidina (%)	0.78
Isoleucina (%)	1.38
Leucina (%)	2.32
Fenilalanina (%)	1.80
Tirosina (%)	1.35
Treonina (%)	1.20
Triptófano (%)	0.42
Valina (%)	1.60
Met + Cis (%)	1.07
Fen + Tir (%)	2.49
Fosforo total	1.04
Calcio	0.90
Sodio	0.40

\*Anexo VI



Las biometrías se realizaron cada dos semanas (véase Anexo VIII), obteniéndose peso y talla de cada pez.

Al término de la fase de alimentación, se mantuvieron en ayuno por 24 horas antes del sacrificio. Los peces fueron sacrificados mediante la inmersión en agua con hielo. Posteriormente las unidades experimentales fueron limpiadas, evisceradas, degolladas, desolladas y deshuesadas, quedando solo el músculo.

Las muestras fueron secadas mediante una modificación del Método de Desecación por estufa, la cual consiste en colocar las muestras en placa Petri y llevarlas a la Estufa y ser sometidas a una temperatura de 65°C hasta peso constante. Luego fueron molidas, homogenizadas, guardadas en bolsas y almacenadas en congeladora a -20°C. Las muestras fueron enviadas al laboratorio para obtener la proteína bruta y el perfil de aminoácidos, para la estimación de la proteína ideal para el Paco.

### **3.6. Análisis de laboratorio**

El análisis de proteína del músculo del Paco fue realizado de acuerdo a los Métodos Oficiales de Análisis (AOAC 2016). El perfil de aminoácidos mediante el método de Analytical Biochemistry 136 (Heinrikson and Meredith 1984) y el triptófano con el método LMCTL-006F 2001 en el Laboratorio de Calidad Total La Molina, UNALM.

### **3.7. Cálculos para estimar el requerimiento de aminoácidos esenciales y el perfil de proteína ideal en base a la composición de aminoácidos en el músculo del Paco**

Con el perfil de aminoácidos del músculo del Paco, se determinó la relación aminoácido esencial entre aminoácidos esenciales totales (A/E) de cada aminoácido esencial, con la fórmula propuesta por Arai (1981) que es la siguiente:

$$\text{Relación A/E} = \frac{\text{aminoacido esencial corporal (g/16gN)}}{\text{Total de aminoacidos esenciales corporales(g/16gN) + cys + tyr}} \times 1000$$

En el caso de la Metionina y Fenilalanina, para hallar la relación A/E de cada uno, se sumó su aminoácido no esencial derivado (Cisteína y Tirosina, respectivamente) al aminoácido esencial corporal ubicado en el numerador de la ecuación. Quedando como relación A/E de Metionina + Cisteína y Fenilalanina + Tirosina.

Con los valores obtenidos de la ecuación de Arai (1981) (relación A/E) de cada aminoácido esencial, se estimó los requerimientos de aminoácidos esenciales mediante la fórmula propuesta por Kaushik (1998), utilizando el requerimiento de lisina del *Piaractus mesopotamicus* determinado por una evaluación dosis-respuesta (Abimorad et al. 2010).

$$\text{Requerimiento de aminoácido esencial (g/16gN)} = \frac{\text{A/E específico} \times \text{requerimiento de lisina}^*}{\text{A/E de lisina}}$$

\* El requerimiento de lisina de 5.67g/16g de Nitrógeno del *Piaractus mesopotamicus* (Abimorad et al. 2010).

Para la estimación del requerimiento de Metionina y Fenilalanina, fueron introducidas a la ecuación como relación A/E de Metionina + Cisteína y Fenilalanina + Tirosina, en la variable A/E específico.

Se utilizó el análisis de regresión para comparar los requerimientos estimados de aminoácidos esenciales del Paco (*P. brachypomus*) con los requerimientos de aminoácidos determinados por evaluación dosis respuesta del *P. mesopotamicus* (Bicudo et al. 2009), véase en el Anexo IV.

Hallado el requerimiento estimado de aminoácidos esenciales para juveniles de Paco, se elaboró el perfil ideal de aminoácidos esenciales, considerando a la lisina como aminoácidos de referencia y asignándole arbitrariamente el valor de 100% y expresando los otros aminoácidos esenciales como porcentajes de la Lisina (Campos et al. 2016).

### **3.8. Análisis estadísticos**

Los datos individuales de aminoácidos fueron expresados en Promedio  $\pm$  Desviación estándar (SD) y coeficiente de variabilidad de los valores promedios. Se hizo una regresión entre los requerimientos estimados del Paco y los requerimientos determinados del *Piaractus mesopotamicus*.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Perfil de aminoácidos del músculo del Paco.

El perfil de aminoácidos del tejido muscular del *Piaractus brachypomus* se presentan en el Cuadro 3, los resultados obtenidos del aminograma de cada una de las unidades experimentales se encuentran en el Anexo I. Los valores de los aminoácidos esenciales: histidina, isoleucina, triptófano y valina; y de los no esenciales: ácido aspártico, cisteína, ácido glutámico, glicina, prolina, serina y tirosina están dentro del rango de los valores de perfil de aminoácidos del tejido muscular reportados para Tetra de dos puntos (*Astyanax bimaculatus*), Palometa (*Pampus argenteus*), Jundiá (*Rhamdia quelen*) y Pámpano (*Trachinotus marginatus*) (Abimorad y Castellani 2011; Hossain et al. 2011; Meyer y Fracalossi 2005; Borges et al. 2014) que se pueden observar en el Anexo II, mientras que valores inferiores al rango son la leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina y por último la arginina tiene un valor superior al rango de los valores de perfil de aminoácidos del tejido muscular reportados para Tetra de dos puntos (*Astyanax bimaculatus*), Palometa (*Pampus argenteus*), Jundiá (*Rhamdia quelen*) y Pámpano (*Trachinotus marginatus*).

El perfil de aminoácidos esenciales del tejido muscular del Paco es similar en algunos aminoácidos y diferente en otros, comparados con peces reportados en el Anexo II, destacando una considerable cantidad de arginina en el tejido muscular del Paco, sin embargo, con respecto a los aminoácidos no esenciales, a excepción de la alanina, las cantidades son similares a los reportados en el Anexo II. Basándose en la afirmación de Maslennikova (1974) citado por Hossain et al. (2011), reportó que el perfil de aminoácidos del tejido muscular es extremadamente constante entre especies y no se ve afectado por factores biológicos como la dieta, el sexo, edad o maduración sexual por lo cual podemos inferir que el efecto de la alimentación y ambiente del acuario tuvo un efecto mínimo en el perfil de aminoácidos del tejido muscular del Paco (Anexo V y VII, respectivamente).

**CUADRO 3: Perfil de aminoácidos en el músculo del *Piaractus brachypomus* (g/16gN)**

Aminoácidos esenciales	Promedio $\pm$ DS
Arginina	11.69 $\pm$ 0.37
Histidina	2.58 $\pm$ 0.05
Isoleucina	3.53 $\pm$ 0.11
Leucina	5.86 $\pm$ 0.22
Lisina	8.80 $\pm$ 0.22
Metionina	2.77 $\pm$ 0.12
Fenilalanina	3.66 $\pm$ 0.08
Treonina	4.18 $\pm$ 0.10
Triptófano	0.86 $\pm$ 0.02
Valina	4.67 $\pm$ 0.23
Aminoácidos no esenciales	
Alanina	3.58 $\pm$ 0.09
Ácido Aspártico	11.29 $\pm$ 0.17
Ácido Glutámico	15.01 $\pm$ 0.34
Glicina	5.52 $\pm$ 0.18
Prolina	3.76 $\pm$ 0.11
Serina	4.50 $\pm$ 0.10
Tirosina	3.56 $\pm$ 0.01
Composición proximal	
Proteína Bruta	79.04 $\pm$ 0.31
Humedad	1.99 $\pm$ 0.20

El presente estudio, al igual que Hossain et al. (2011) se justifica la utilización del tejido muscular en la estimación de requerimientos de aminoácidos de peces, en base a los estudios que realizaron Cowey y Luquet (1983) citados por Hossain et al. (2011) que encontraron una buena correlación entre el perfil de aminoácidos esenciales del tejido muscular de varias especies de peces con los requerimiento de aminoácidos determinados por experimentos “dosis – respuesta” ya que el músculo es el tejido predominante en el crecimiento del pez.

Borges et al. (2014) afirma que el perfil de aminoácidos del tejido muscular puede ser un razonable punto de inicio para definir los requerimientos dietarios de aminoácidos esenciales, basándose en el NRC (2011), la mayoría de peces que consumen dietas de calidad depositan entre el 25 y 55% del total de aminoácidos ingeridos, siendo la deposición de proteína uno de los destinos del requerimiento de aminoácidos del pez, además este concepto no toma en cuenta los aminoácidos utilizados para las necesidades metabólicas de mantenimiento.

#### **4.2. Relación aminoácido esencial/aminoácidos esenciales totales (A/E) en base al perfil de aminoácidos en el músculo del Paco.**

La relación de A/E del tejido muscular del *P. brachypomus* que fue determinado mediante la fórmula propuesta por Arai et al. (1981) en el presente estudio se muestra en el Cuadro 4, la relación A/E de los aminoácidos histidina, isoleucina, triptófano y valina fueron similares a los reportados en otras especies como el Róbalo europeo (*Dicentrarchus labrax*), Dorada (*Sparus aurata*), Rodaballo (*Psetta máxima*), Jundiá (*Rhamdia quelen*), Bagre de canal (*Ictalurus punctatus*), Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), Pámpano (*Trachinotus marginatus*), Palometa (*Pampus argenteus*), Tetra de dos puntos (*Astyanax bimaculatus*), Yamú (*Brycon amazonicus*) y Sábalo jetón (*Prochilodus lineatus*), sin embargo valores de la leucina y treonina (112.35 y 80.14, respectivamente) están por debajo del rango de la relación A/E de los datos reportados por otros autores (Kaushik 1998; Meyer y Fracalossi 2005; Borges et al. 2014; Hossain et al. 2011; Abimorad y Castellani 2011; Bicudo y Cyrino 2009), siendo la arginina el único con un valor de A/E (224. 12) superior a los reportados por en otras determinaciones de relación A/E. La relación A/E de los peces tomados como referencia se puede ver en el Anexo III. Por lo que afirmamos que los valores reportados en el presente estudio indican que el balance relativo de los aminoácidos esenciales del Paco varían ligeramente con respecto a los demás peces reportados en el Anexo III.

**CUADRO 4: Relación aminoácido esencial/aminoácidos esenciales totales (A/E) del tejido muscular del *Piaractus brachypomus***

Aminoácidos esenciales	A/E músculo
Arginina	224.12
Histidina	49.46
Isoleucina	67.68
Leucina	112.35
Lisina	168.71
Metionina + Cisteína	53.11
Fenilalanina + Tirosina	138.42
Treonina	80.14
Triptófano	16.49
Valina	89.53

Al respecto, Wilson y Poe (1985); Mambrini y Kaushik (1995); Small y Soares (1998); Hossain et al. (2011) afirman que la relación A/E muscular es un buen indicador de los requerimientos de aminoácidos esenciales, el mismo que fue demostrado por Wilson y Poe (1985) que encontraron una alta correlación ( $r=0.96$ ) entre la relación A/E de los requerimientos y la relación A/E corporal del bagre de canal (*Ictalurus punctatus*), similar resultado reportaron Hossain et al (2011) al encontrar una alta correlación ( $r= 0.81$ ) entre la relación A/E corporal de la Palometa (*Pampus argenteus*) y sus requerimientos estimados; asimismo, Small y Soares (1998) encontraron una alta correlación entre la relación A/E del músculo de la Lubina rayada atlántica (*Morone saxatili*) y los requerimientos de aminoácidos, al determinar los requerimientos de la especie en base a su relación A/E.

Wilson y Poe (1985) encontraron que la relación A/E es un buen indicador, teniendo en cuenta la falta de precisión en los requerimientos de aminoácidos en peces, sin embargo, el balance óptimo de aminoácidos esenciales no considera el destino metabólico del tejido corporal que no sea síntesis de proteínas. Por otro lado, los requerimientos estimados en base a la relación A/E tienden a ser mayores a las determinadas por experimentos dosis respuesta como afirma Wilson (2002) citado por Bicudo y Cyrino (2009).

#### **4.3. Estimación del requerimiento de aminoácidos esenciales y Proteína ideal del Paco**

Los requerimientos estimados del Paco mediante la fórmula propuesta por Kaushik (1998) se pueden observar en el Cuadro 5. Se utilizó como variable de la ecuación el requerimiento de lisina del *P. mesopotamicus* debido a que aún no se ha establecido el requerimiento de lisina para el *P. brachypomus*; se seleccionó al *P. mesopotamicus* porque se tiene el requerimiento de lisina obtenido mediante pruebas de dosis respuesta por Abimorad et al. (2010), además de pertenecer a la familia characidae al igual que el *P. brachypomus* y tener similares características a este. El *P. mesopotamicus* es un pez amazónico de aguas cálidas que habita en las cuencas de los ríos Parana, Paraguay, Uruguay y río de La Plata y ser una de las especies más cultivadas de Brasil, por su docilidad,

**CUADRO 5: Estimación de requerimientos de aminoácidos esenciales y perfil de la Proteína ideal para el *Piaractus brachypomus***

Aminoácidos esenciales	Requerimiento de aminoácidos	Proteína Ideal	Requerimiento en el alimento*	Aminoácido por unidad de Energía digestible*
	g/16g N	%	%	g/Mcal
Lisina	5.67	100	1.78	5.23
Arginina	7.53	133	2.36	6.95
Histidina	1.66	29	0.52	1.53
Isoleucina	2.27	40	0.71	2.09
Leucina	3.78	67	1.19	3.49
Metionina + Cisteína	1.78	31	0.56	1.64
Fenilalanina + Tirosina	4.65	82	1.46	4.29
Treonina	2.69	47	0.84	2.48
Triptófano	0.55	10	0.17	0.51
Valina	3.01	53	0.94	2.78

\* Obtenida de una dieta con 31.36% Pt (Anexo V) y 3.40 Mcal/Kg (Cuadro 2)



además de tener similares hábitos alimenticios del *P. brachypomus*, como el consumo de hojas, residuos vegetales, moluscos y crustáceos (Abimorad y Carneiro 2004).

El cálculo de los requerimientos de aminoácidos del Paco en base a la lisina y a la relación A/E se encontró que los requerimientos estimados para histidina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina son similares a los reportados por los demás autores (Kaushik 1998; Meyer y Fracalossi 2005; Borges et al. 2014; Hossain et al. 2011; Abimorad y Castellani 2011; Bicudo y Cyrino 2009) que se pueden ver en el Cuadro 3.

El requerimiento de arginina (7.53g/16g N) es superior con respecto al requerimiento de los peces con los que se comparó, tal como se pueden observar en el Cuadro 3 (Kaushik 1998; Meyer y Fracalossi 2005; Borges et al. 2014; Hossain et al. 2011; Abimorad y Castellani 2011; Bicudo y Cyrino 2009). Esto podría explicarse debido al efecto del nivel de salinidad con respecto al requerimiento de arginina (Wilson 2003).

La leucina fue el aminoácido con un requerimiento estimado menor a los reportados por otros autores (Kaushik 1998; Meyer y Fracalossi 2005; Borges et al. 2014; Hossain et al. 2011; Abimorad y Castellani 2011; Bicudo y Cyrino 2009) con 3.78g/16gN; mientras que la isoleucina (2.27g/16gN) tuvo un requerimiento estimado inferior con respecto a los peces de río Jundiá (*Rhamdia quelen*), Tetra dos puntos (*Astyanax bimaculatus*), Yamú (*Brycon amazonicus*) y Sábalo jetón (*Prochilodus lineatus*), reportados por otros autores como Meyer y Fracalossi (2005), Abimorad y Castellani (2011) y Bicudo y Cyrino (2009), a pesar de pertenecer todos a la misma familia (charicidae) a excepción de la Jundiá (*Rhamdia quelen*). La mayoría de los aminoácidos del presente estudio se encuentran dentro del rango de los valores reportados por Kaushik (1998), Meyer y Fracalossi (2005), Borges et al. (2014), Hossain et al. (2011), Abimorad y Castellani (2011) y Bicudo y Cyrino (2009) demostrando que la metodología usada para el Paco puede ser utilizada para estimar los requerimientos de aminoácidos esenciales de otras especies de peces, principalmente cuando existe la necesidad de formular dietas para especies amazónicas poco estudiadas y con gran potencial para la acuicultura. Adicionalmente, Borges et al. (2014) afirma que varios autores han demostrado que dietas formuladas con el perfil de aminoácidos similares al tejido muscular ha mejorado el crecimiento y la conversión alimenticia.

Se realizó un análisis de regresión para comparar los requerimientos estimados de aminoácidos del *P. brachypomus* con los requerimientos determinados por evaluación de dosis respuesta del *P. mesopotamicus* (véase Anexo IV). Obteniéndose la ecuación de regresión, que se puede observar en el Cuadro 6. El  $R^2$  de 0.54 indica que la relación es parcial entre los aminoácidos estimados para el *P. brachypomus* con los aminoácidos determinados para el *P. mesopotamicus*, esto puede deberse al elevado nivel de requerimiento estimado de Arginina (7.53g/16gN) del *P. brachypomus* con respecto al requerimiento determinado de Arginina (3.19g/16gN) para el *P. mesopotamicus*. Por otro lado, existe una correlación positiva significativa (0.73) entre ambos requerimientos. En base a la pendiente de la ecuación de regresión (0.4629) se indica que todos los requerimientos de aminoácidos esenciales estimados para el *P. brachypomus*, a excepción de la Leucina, son superiores con respecto que los requerimientos de aminoácidos determinados para el *P. mesopotamicus*. Esto puede deberse a la metodología utilizada establece que la estimación en relación a la determinada, sobreestima, esto es apoyado por Bicudo y Cyrino (2014) al encontraron que los requerimientos de aminoácidos estimados para el *P. mesopotamicus*, eran superiores a los determinados por dosis respuesta para la misma especie.

La determinación del perfil ideal de aminoácidos esenciales en base a los requerimientos estimados en el presente estudio, considerando la lisina como aminoácido de referencia se muestra en el Cuadro 5; en la cual la arginina es el aminoácido con un porcentaje superior (132.80%) con respecto a la lisina, los demás aminoácidos están por debajo del aminoácido de referencia, siendo el triptófano, el más bajo (9.70%) con respecto a los demás aminoácidos esenciales.

**CUADRO 6: Análisis de regresión entre los requerimientos estimados del *Piaractus brachypomus* y el requerimiento determinado del *Piaractus mesopotamicus***

Variable	Ecuación	N°	R <sup>2</sup>
Dependiente Requerimiento estimado del <i>Piaractus brachypomus</i>	Y = 1.046 + 0.4629X	10	0.54
Independiente Requerimiento determinado del <i>Piaractus mesopotamicus</i>			

## V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones que se realizó la presente investigación y a los resultados obtenidos, se establece las siguientes conclusiones:

1. Los requerimientos estimados de aminoácidos esenciales para juveniles de Paco referidos a g/16gN son los siguientes: Lisina 5.67, Arginina 7.53, Histidina 1.66, Isoleucina 2.27, Leucina 3.78, Metionina + Cisteína 1.78, Fenilalanina + Tirosina 4.65, Treonina 2.69g/16gN, Triptófano 0.55 y Valina 3.01.
2. En el perfil de Proteína ideal para juveniles de Paco expresados en porcentaje es el siguiente: Lisina 100, Arginina 133, Histidina 29, Isoleucina 40, Leucina 67, Metionina + Cisteína 31, Fenilalanina + Tirosina 82, Treonina 47, Triptófano 10 y Valina 53.
3. Los requerimientos estimados de aminoácidos esenciales para el *P. brachypomus* son superiores a los reportados en la literatura en cuanto a los requerimientos determinados de aminoácidos esenciales para el *P. mesopotamicus*.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Luego de realizado el trabajo de investigación, se recomienda:

1. Utilizar los valores de requerimientos de aminoácidos esenciales estimados del presente estudio en la formulación de dietas para juveniles de Paco.
2. Realizar evaluaciones de dosis – respuesta para determinar el requerimiento óptimo de lisina para juveniles de Paco en base al requerimiento de lisina determinado para el *Piaractus mesopotamicus*.
3. Realizar evaluaciones dosis – respuesta para determinar los requerimientos de aminoácidos esenciales de juveniles de Paco a partir de los valores estimados en el presente estudio.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMORAD, E.; CARNEIRO, D. 2004. Métodos de Coleta de Fezes e Determinação dos Coeficientes de Digestibilidade da Fração Protéica e da Energia de Alimentos para o Pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). R. Bras. Zootec., v.33, n.5, p.1101-1109.

ABIMORAD, E.; CASTELLANI, D. 2011. Amino acid requirements of Lambari-do-rabo-amarelo based on whole body and muscle composition. Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 37(1): 31 – 38.

ABIMORAD, E.; FAVERO, G. SQUASSONI, CARNEIRO, D. 2010. Dietary digestible lysine requirement and essencial amino acid to lysine ratio for pacu *Piaractus mesopotamicus*. Aquaculture Nutrition 2010 16; 370 – 377.

AHMED, I.; KHAN, M. 2006. Dietary branched-chain amino acid valine, isoleucine and leucine requirements of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). British Journal of Nutrition (2006), 96, 450–460.

AKIYAMA, T.; OOHARA, I.; YAMAMOTO, T. 1997. Comparison of Essencial Amino Acid Requirements with A/E Ratio among Fish Species (Review Paper). Fisheries Science 63(6), 963-970.

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

ARAI, S. 1981. A Purific Test Diet for Coho Salmon, *Oncorhynchus kisutch*, Fry. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 47(4), 547-550y.

BICUDO, A.; CYRINO, J. 2009. Estimating Amino Acid Requirement of Brazilian Freshwater Fish from Muscle Acid Profile. Journal of the world Aquaculture Society Vol. 40, No. 6 December, 2009.

BICUDO, A.; CYRINO, J. 2014. Evaluation of methods to estimate the essential amino acids requirements of fish from the muscle amino acid profile. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* vol.42 no.1: 271-275. Valparaíso mar. 2014.

BICUDO, A.; SADO, R. CYRINO, J. 2009. Dietary requirement of juvenile pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). *ScienceDirect Aquaculture* 297 (2009) 151–156.

BORGES, M.; MARTINS, E.; SAMPAIO, L. 2014. Whole-body and muscle amino acid composition of Plata pompano (*Trachinotus marginatus*) and prediction of dietary essential amino acid requirements. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias.* 27 (4): 299-305.

BUREAU, D.; ENCARNAÇÃO, P. 2006. Adequately defining the amino acid requirements of fish: the case example of lysine. *Avances en Nutrición Acuícola VIII: VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola.* 29-53.

CAMPOS, A.; SLAGUERO, S. ALBINO, L.; ROSTAGNO, H. 2016. Aminoácidos en la Nutrición de Pollos de Engorde: Proteína Ideal. III CLANA - Congresso do Colégio Latino-Americano de Nutrição Animal Cancún, México de 18 a 21 de novembro.

DAIRIKI, J.; BORGUESI, R.; DIAS, C.; CYRINO, J. 2013. Lysine and arginine requirements of *Salminus brasiliensis*. *Pesq. agropec. bras., Brasília, v.48, n.8, p.1012-1020, ago. 2013.*

DGA (Dirección General de Acuicultura). 2016. Especies Cultivadas en el Perú. Ministerio de la Producción. Lima – Perú.

FERNANDES, J.; LOCHMANN, R.; BOCANEGRA, F. 2004. Apparent Digestible Energy and Nutrient Digestibility Coefficients of Diet Ingredients for Pacu *Piaractus brachypomus*. *Journal of the World Aquaculture Society.* Vol. 35, N° 2.

FROESE, R.; REYES, R. 2018. Fishbase: *Piaractus brachypomus* (en línea). Consultado el 15 de Enero de 2018. <http://www.fishbase.org/summary/5808>

FURUYA, W.; PEZZATO, L.; BARROS, M.; PEZZATO, AC.; FURUYA, V. 2004. Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture Research*, 2004, 35, 1110^1116.

HEINRIKSON, R.; MEREDITH, S. 1984. Amino Acid Analysis by Reverse-Phase High-Performance Liquid Chromatography: Precolumn Derivatization with Phenylisothiocyanate. *Analytical Biochemistry* 136, 65-74.

HINTZ, 2018. ADW: *Piaractus brachypomus* Cachama. POWER, K. (ed); SMALL, C (ed); WRIGHT, R (ed). University of Michigan.

HOSSAIN, M.; ALMATAR, S.; JAMES, C. 2011. Whole body and egg amino acid composition of silver pomfret, *Pampus argenteus* (Euphrasen, 1788) and prediction of dietary requirements for essential amino acids. *J. Appl. Ichthyol.* 27 (2011), 1067–1071.

ITIS (Interagency Taxonomic Information System). 2018. *Piaractus brachypomus* (1817) (en línea). Consultado el 13 de Enero de 2018. [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=163280#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=163280#null)

KAUSHIK, S. 1998. Whole body amino acid composition of European seabass (*Dicentrarchus labrax*), gilthead seabream (*Sparus aurata*) and turbot (*Psetta maxima*) with an estimation of their IAA requirement profiles. *Aquat. Living Resour.* 11 (5) (1998) 355-358 / © Ifremer/Elsevier, Paris.

LALL, S.; ANDERSON, S. 2005. Amino acid of salmonids: Dietary requirements and bioavailability. Montero D. (ed.), Basurco B. (ed.), Nengas I. (ed.), Alexis M. (ed.), Izquierdo M. (ed.). *Mediterranean fish nutrition*. Zaragoza: CIHEAM, 2005. p. 73-90. (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 63).

LI, P.; MAI, K.; TRUSHENSKI, J.; WU, G. 2009. New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. *Amino Acids* (2009) 37:43–53.

MAMBRINI, M.; KAUSHIK, S. 1995. Indispensable amino acid requirements of fish: correspondence between quantitative data and amino acid profiles of tissue proteins. *J. Appl. Ichthyol.* 11 (1995), 240-247

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, 2007. Colombia.



MEYER, G.; FRACALOSSO, D. 2005. Estimation of jundiá (*Rhamdia quelen*) dietary amino acid requirements based on muscle amino acid composition. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, v.62, n.4, p.401-405, July/Aug. 2005.

MINISTERIO DE LA PRODUCCION. 2010. Anuario Estadístico 2010. Lima – Perú.

MINISTERIO DE LA PRODUCCION. 2015. Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2015. Lima – Perú.

MOHANTY, B.; MAHANTY, A.; GANGULY, S.; SANKAR, T.; CHAKRABORTY, K.; RANGASAMY, A.; PAUL, B.; SARMA, D.; MATHEW, S.; KUNNATH ASHA, K.; BEHERA, B.; AFTABUDDIN, M.; DEBNATH, D.; VIJAYAGOPAL, P.; SRIDHAR, N.; AKHTAR, M.; SAHI, N.; MITRA, T.; BANERJEE, S.; PARIJA, P.; DAS, D.; DAS, P.; VIJAYAN, K.; LAXMANAN, P.; SHARMA, A. 2014. Amino Acid Compositions of 27 Food Fishes and Their Importance in Clinical Nutrition. *Journal of Amino Acids*, Volume 2014, Article ID 269797, 7 pages.

MURILLO-GURREA, D.; COLOSO, R.; BORLONGAN, G.; SERRANO, A. 2001. Lysine and arginine requirements of juvenile Asian sea bass (*Lates calcarifer*). *J. Appl. Ichthyol.* 17 (2001), 49±53.

NRC (National Research Council). 2011. Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington (USA): The National Academies Press.

PORTELLA, M.; TAKATA, R.; LEITÃO, N.; MENOSSI, O. 2013. Free Amino Acids in Pacu, *Piaractus mesopotamicus*, Eggs and Larvae. *Journal of the World Aquaculture Society*. Vol. 44, N° 3 June, 2013.

SMALL B.; SOARES, J. 1998. Estimating the quantitative essential amino acid requirements of striped bass *Morone saxatilis*, using fillet A/E ratios. *Aquaculture Nutrition* 1998 4; 225-232.

TAFUR, J.; ALCANTARA, F.; DEL AGUILA M.; CUBAS, R.; MORI-PINEDO, L.; CHUKOO, F. 2009. Paco *Piaractus brachypomus* y Gamitana *Colossoma macropomum* criados en policultivo con el Bujurqui-Tucunare, *Chaetobranchius semifasciatus* (Cichlidae). Instituto de investigaciones de la Amazonia Peruana. *Folia Amazonica*. Vol 18. N° 1-2: 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* 2005 11; 443–453.

WILSON, R. 2003. Amino Acid Requirements of Finfish and Crustaceans. In: *Amino Acids in Farmed Animal Nutrition* 2da edition. J. P. F. D\_Mello (Ed.), CAB International, Wallingford, UK, pp. 427 – 447.

WILSON, R.; COWEY, C. 1985. Amino Acid Composition of Whole Body Tissue of Rainbow Trout and Atlantic Salmon. *Aquaculture*, 48 (1985) 373-376.

WILSON, R.; HALVER, J. 1986. Protein and amino acids requirements of fishes. *Ann. Rev. Nutr.* 1986. 6:225-44.

WILSON, R.; POE, W. 1985. Relationship of whole body and egg essential amino acid patterns to amino acid requirement patterns in Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*. *Comp. Biochem. Physiol.* Vol. 80B, No. 2, pp. 385-388.

## VIII. ANEXOS

### ANEXO I: Resultados del perfil de aminoácidos del tejido muscular del *Piaractus brachypomus*

g de aminoácidos / 100g de muestra original			
	M1	M2	M3
Arginina	9.05	8.81	9.31
Histidina	1.98	1.98	2.03
Isoleucina	2.70	2.70	2.82
Leucina	4.50	4.45	4.67
Lisina	6.74	6.72	6.99
Metionina	2.10	2.11	2.24
Fenilalanina	2.81	2.80	2.90
Treonina	3.23	3.17	3.30
Triptófano	0.68	0.67	0.65
Valina	3.53	3.51	3.80
Alanina	2.85	2.71	2.75
Ácido Aspártico	8.70	8.67	8.85
Ácido Glutámico	11.56	11.46	11.87
Glicina	4.18	4.23	4.41
Prolina	2.86	2.88	3.00
Serina	3.45	3.43	3.56
Tirosina	2.76	2.73	2.73
Composición proximal			
Proteína Bruta	78.50	78.00	77.00

**ANEXO II: Perfil de aminoácidos del tejido muscular de otros peces (g/16gN)**

	Tetra de dos puntos <sup>a</sup>	Palometa <sup>b</sup>	Jundiá <sup>c</sup>	Pámpano <sup>d</sup>
<b>Aminoácidos esenciales</b>				
Arginina	6.19	6.12	6.17	6.26
Histidina	2.82	2.35	2.18	2.39
Isoleucina	4.75	3.66	4.21	3.31
Leucina	8.33	6.21	8.34	8.31
Lisina	9.39	11.88	9.63	9.87
Metionina	3.14	3.42	3.53	3.09
Fenilalanina	4.64	4.88	4.47	3.83
Treonina	4.43	4.26	4.98	4.24
Triptófano	1.53	ND	0.45	1.15
Valina	5.12	6.86	4.40	3.71
<b>Aminoácidos no esenciales</b>				
Alanina	6.45	6.43	5.94	6.30
Ácido Aspártico	11.42	10.21	10.94	10.19
Cisteína	0.52	0.00	1.62	0.43
Ácido Glutámico	16.29	13.97	16.92	14.28
Glicina	5.12	5.99	4.79	7.53
Prolina	2.45	4.09	3.47	5.34
Serina	3.99	3.46	4.59	4.50
Tirosina	3.41	4.42	3.48	3.21

<sup>a</sup>Abimorad y Castellani (2011); <sup>b</sup>Hossain et al. (2011); <sup>c</sup>Meyer y Fracalossi (2005); <sup>d</sup>Borges et al. (2014)

**ANEXO III: Relación A/E de diferentes peces**

	<i>Róbalo europeo</i> <sup>a</sup>	<i>Dorada</i> <sup>a</sup>	<i>Rodaballo</i> <sup>a</sup>	<i>Jundiá</i> <sup>b</sup>	<i>bagre de canal</i> <sup>b</sup>	<i>tilapia del Nilo</i> <sup>b</sup>	<i>Pámpano</i> <sup>c</sup>	<i>Pámpano</i> <sup>c</sup>
Arginina	146.60	162.40	144.60	115.50	132.00	142.00	144.95	125.73
Histidina	49.80	49.90	46.40	40.80	43.00	44.00	46.57	48.00
Isoleucina	84.00	78.90	80.60	78.80	85.00	93.60	64.28	66.48
Leucina	138.80	134.30	140.80	156.10	146.00	160.00	154.35	166.90
Lisina	153.60	149.60	152.10	180.20	168.00	160.20	173.37	198.23
Metionina + Cisteína	72.50	73.10	82.30	96.40	75.00	72.10	84.23	70.69
Fenilalanina + Tirosina	83.40	86.40	160.30	148.30	147.00	129.20	144.07	141.10
Treonina	86.30	84.80	86.60	93.20	87.00	89.30	87.45	85.16
Triptófano	19.40	18.50	18.70	8.40	15.00	18.30	22.74	23.10
Valina	91.20	88.50	87.50	82.40	102.00	91.30	74.99	74.51

<sup>a</sup>Kaushik (1998); <sup>b</sup>Meyer y Fracalossi (2005); <sup>c</sup>Borges et al. (2014); <sup>d</sup>Hossain et al. (2011); <sup>e</sup>Abimorad y Castellani (2011); <sup>f</sup>Bicudo y Cyrino (2009)

<i>Palometa</i> <sup>d</sup>	<i>Tetra de dos puntos</i> <sup>e</sup>	<i>Yamú</i> <sup>f</sup>	<i>Sábalo jetón</i> <sup>f</sup>
140.40	114.00	90.05	122.97
55.40	52.00	35.52	46.94
80.90	87.50	95.55	90.72
161.20	153.40	166.83	152.84
182.30	173.10	153.33	180.18
75.90	67.70	71.29	50.58
153.80	148.20	165.83	141.77
115.50	81.50	87.04	85.98
ND	28.30	31.52	20.86
113.20	94.40	103.05	107.16

**ANEXO IV: Requerimientos determinado de aminoácidos esenciales (g/16gN) para el *Piaractus mesopotamicus***

Aminoácidos esenciales	Requerimiento de aminoácidos
	g/16g N
Lisina	4.70
Arginina	3.19
Histidina	1.14
Isoleucina	2.09
Leucina	4.12
Metionina + Cisteína	1.57
Fenilalanina + Tirosina	3.78
Treonina	2.07
Triptófano	ND <sup>a</sup>
Valina	2.05

<sup>a</sup>No determinado

## ANEXO V: Análisis Proximal de la Dieta

Análisis	Dieta
Humedad, (%)	9.30
Proteína, (%)	31.36
Grasa, (%)	11.60
Fibra, (%)	4.30
Ceniza, (%)	8.80
ELN, (%)	34.64
EB, (Mcal/Kg) <sup>a*</sup>	4.46
PT:ED (g/Mcal) <sup>b**</sup>	92.20

Informe de ensayos elaborado por La Molina Calidad Total Laboratorios

<sup>a</sup>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); <sup>b</sup>basado en ED de 3.400 Mcal/Kg

## ANEXO VI: Composición del Premix Acuicultura

Nutriente	Unidades	Cantidad
Vitamina A	U.I.	4,666,667
Vitamina D3	U.I.	933,333
Vitamina E	U.I.	46,667
Vitamina K3	g/Kg	2.667
Tiamina (B1)	g/Kg	6.000
Riboflamina (B2)	g/Kg	6.667
Niacina	g/Kg	50.000
Ácido Pantoténico	g/Kg	16.667
Piridoxina (B6)	g/Kg	5.000
Biotina	g/Kg	0.267
Ácido Fólico	g/Kg	1.333
Ácido Ascórbico	g/Kg	105.000
Vitamina B12	g/Kg	0.010
Colina*	g/Kg	200.000
Manganeso	g/Kg	13.333
Hierro	g/Kg	6.667
Zinc	g/Kg	6.667
Cobre	g/Kg	0.500
Iodo	g/Kg	0.500
Selenio	g/Kg	0.100
Cobalto	g/Kg	0.050
Antioxidante	g/Kg	40.000
Excipiente c.s.p.	g/Kg	1,000.000



## ANEXO VII: Calidad de Agua

Parámetro	Unidad	05/01/18			08/01/18			10/01/18		
		8:00 h	12:00 h	18:00 h	8:00 h	12:00 h	18:00 h	8:00 h	12:00 h	18:00 h
T. acuario	°C	28.0	28.0	28.1	28.0	25.2	26.5	27.5	27.7	27.9
T. ambiental	°C	23.0	24.5	22.8	23.0	24.0	21.4	22.0	23.0	21.9
Oxígeno disuelto	mg/L		8.70			8.90			8.90	
pH			7.40			7.50			7.50	
N. amoniacal	mg/L		0.20			0.20			0.20	
Nitrito	mg/L		0.50			0.00			0.00	
Dureza	ppm		70			30			40	
Conductividad	mS/cm		1.17			0.77			0.79	

Parámetro	Unidad	13/01/18			15/01/18			18/01/18		
		8:00 h	12:00 h	18:00 h	8:00 h	12:00 h	18:00 h	8:00 h	12:00 h	18:00 h
T. acuario	°C	27.7	28.0	28.1	27.9	28.2	28.1	28.0	24.0	25.0
T. ambiental	°C	22.9	23.0	22.2	22.8	23.6	23.2	22.8	21.5	22.1
Oxígeno disuelto	mg/L		8.50			8.00			8.60	
pH			7.40			7.60			7.50	
N. amoniacal	mg/L		0.40			0.40			0.20	
Nitrito	mg/L		0.00			0.20			0.00	
Dureza	ppm		40			16			16	
Conductividad	mS/cm		0.78			0.75			0.69	

Parámetro	unidad	20/01/18			23/01/18			25/01/18		
		8:00 h	12:00 h	18:00 h	8:00 h	12:00 h	18:00 h	8:00 h	12:00 h	18:00 h
T. acuario	°C	28.0	28.2	28.1	27.9	27.8	28.0	27.9	28.0	27.9
T. ambiental	°C	21.0	24.1	22.0	21.5	23.0	22.0	21.5	24.0	23.4
Oxígeno disuelto	mg/L		8.40			8.40			9.90	
pH			7.30			7.30			7.20	
N. amoniacal	mg/L		0.20			0.20			0.40	
Nitrito	mg/L		0.50			0.50			1.50	
Dureza	ppm		16			16			36	
Conductividad	mS/cm		0.72			0.75			0.90	

Parámetro	unidad	28/01/18			30/01/18			02/02/18		
		8:00 h	12:00 h	18:00 h	8:00 h	12:00 h	18:00 h	8:00 h	12:00 h	18:00 h
T. acuario	°C	28.0	28.0	25.0	27.5	26.0	26.6	25.0	26.0	27.0
T. ambiental	°C	21.5	23.0	22.0	21.5	22.0	21.8	21.0	23.0	21.5
Oxígeno disuelto	mg/L		10.00			9.90			11.80	
pH			7.50			7.30			7.20	
N. amoniacal	mg/L		0.20			0.20			0.20	
Nitrito	mg/L		0.00			0.50			0.50	
Dureza	ppm		36			140			180	
Conductividad	mS/cm		0.90			1.67			1.72	

**ANEXO VIII: Peso Vivo y talla quincenal del *Piaractus brachypomus***

ACUARIO	PEZ	PESO			TALLA		
		Día 1	Día 15	Día 30	Día 1	Día 15	Día 30
1	1	339.20	329.05	352.25	24.10	22.20	22.90
	2	259.16	295.74	339.77	21.90	21.50	23.00
2	1	355.58	385.46	424.25	23.90	21.30	21.90
	2	265.71	287.14	318.04	21.70	22.50	23.50
3	1	301.26	298.27	350.46	22.00	21.40	22.50
	2	259.86	275.46	339.32	21.70	21.50	22.20

**ANEXO IX: Peso del *Piaractus brachypomus* fresco y secado**

PESO FRESCO							
ACUARIO	PEZ	VIVO	VISCERAS	CABEZA	PIEL Y ALETAS	CARNE	HUESOS
1	1	357.99	34.76	55.36	56.51	136.68	55.41
	2	356.25	46.91	41.34	57.34	153.80	38.57
2	1	417.46	44.79	58.11	73.92	177.02	46.82
	2	312.92	39.10	37.09	51.81	129.99	38.36
3	1	350.42	46.87	36.16	61.18	152.61	37.56
	2	372.54	45.56	40.06	62.81	153.17	48.15
PESO SECO							
ACUARIO	PEZ						
1	1		15.59	22.53	22.21	30.95	19.01
	2		22.78	17.27	23.32	37.79	16.05
2	1		21.29	23.17	27.98	42.73	17.49
	2		19.32	15.42	21.84	31.82	15.42
3	1		21.82	14.79	24.12	36.07	14.08
	2		20.94	16.49	24.99	36.92	17.94

**ANEXO X: Resultados de la humedad del tejido muscular del *Piaractus brachypomus*\***

Muestra	1		2		3	
Nomenclatura del crisol	2	4	8	14	15	17
Peso del crisol	60.9735	64.5484	59.094	60.7973	61.2442	61.3737
Peso muestra fresca	5.0007	5.0008	5.0013	5.0010	5.0003	5.0002
Peso crisol + muestra seca	65.8781	69.4599	63.9856	65.6859	66.1481	66.2814
Peso muestra seca	4.9046	4.9115	4.8916	4.8886	4.9039	4.9077
%HUMEDAD	1.92	1.79	2.19	2.25	1.93	1.85

\*Humedad determinada en el LINAPC