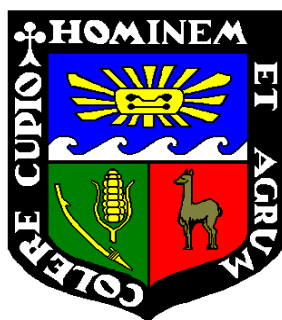


**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN**



**“EVALUACIÓN DE DOS NIVELES DE PROTEÍNA Y ENERGÍA  
DIGESTIBLE EN DIETAS PELETIZADAS PARA ALEVINES DE  
PAICHE (*Arapaima gigas*)”**

Presentado por:

**TANIA AURORA LÓPEZ VÁSQUEZ**

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

Lima – Perú

2017

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN**

**“EVALUACIÓN DE DOS NIVELES DE PROTEÍNA Y ENERGÍA  
DIGESTIBLE EN DIETAS PELETIZADAS PARA ALEVINES DE  
PAICHE (*Arapaima gigas*)”**

**Tesis para optar el Título de:  
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**Presentado por  
TANIA AURORA LÓPEZ VÁSQUEZ  
Sustentado y Aprobado ante el siguiente Jurado:**

**Dr. Carlos Vilchez Perales  
PRESIDENTE**

**Ing. Víctor Vergara Rubín  
PATROCINADOR**

**Ing. Jessie Vargas Cárdenas  
MIEMBRO**

**Dr. Víctor Guevara Carrasco  
MIEMBRO**

*A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada momento, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía.*

*A mi familia y seres queridos por su confianza, comprensión y soporte. A mis padres y hermana por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos y cariño.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ing. Victor Vergara por su orientación y comprensión en la elaboración del presente trabajo.

A los miembros del jurado por su aporte valioso en la culminación del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Roberto Camacho por los consejos ofrecidos en el presente trabajo.

A mis amigos Andrea Marchan, Freddy Horna y Ángela Remicio por sus consejos y apoyo durante todo este tiempo.

Al señor Pedro Carrión por sus buenos consejos y ánimos para la culminación del presente trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	2
2.1.	Paiche ( <i>Arapaima gigas</i> ) .....	2
2.1.1	Fases de crianza .....	3
a.	Larvas .....	3
b.	Alevinos .....	4
c.	Juveniles.....	4
2.1.2	Aspectos biológicos.....	4
2.1.3	Hábitos alimenticios .....	6
2.1.4	Requerimientos nutricionales.....	8
a)	Proteína .....	8
b)	Energía.....	11
c)	Relación energía – proteína.....	12
d)	Lípidos.....	14
e)	Carbohidratos.....	15
f)	Vitaminas y Minerales.....	16
2.1.4	Alimentación.....	17
2.2	Calidad del agua.....	20
2.2.1	Temperatura.....	20
2.2.2	Oxígeno disuelto y dióxido de carbono .....	21
2.2.3	Potencial hidrógeno .....	21
2.2.4	Dureza y alcalinidad.....	21
2.2.5	Amonio .....	22
2.2.6	Conductividad eléctrica .....	23

III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	24
3.1	Lugar y periodo de duración de la fase experimental .....	24
3.2	Instalaciones y equipos .....	24
3.3	Animales experimentales .....	25
3.4	Tratamientos .....	25
3.5	Dietas experimentales .....	25
3.6	Manejo experimental.....	28
3.7	Análisis químico proximal .....	28
3.8	Medición de calidad de agua .....	28
3.9	Parámetros productivos .....	30
a.	Peso unitario y talla .....	30
b.	Ganancia de peso (G) e incremento de talla (L) .....	30
c.	Consumo de alimento .....	30
d.	Conversión alimenticia (CA) .....	31
3.10	Costo de alimento por kilogramo de ganancia de peso (C) .....	31
3.11	Diseño estadístico .....	31
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	33
4.1	Calidad de agua .....	33
4.2	Ganancia de Peso y Biomasa .....	35
4.3	Ganancia de talla .....	38
4.4	Consumo de alimento .....	38
4.5	Conversión alimenticia .....	39
4.6	Relación de energía digestible y proteína bruta .....	40
4.7	Costo de alimento por kilogramo de ganancia de peso .....	40
V.	CONCLUSIONES .....	42
VI.	RECOMENDACIONES .....	43
VII.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....	44
VIII.	ANEXOS .....	55

## INDICE DE CUADROS

<b><u>Cuadro</u></b>		<b><u>Página</u></b>
<b>1</b>	Requerimientos de proteína y energía del paiche.	10
<b>2</b>	Fórmula de las dietas experimentales y su contenido nutricional.	26
<b>3</b>	Premezcla de vitaminas y minerales para la acuicultura.	27
<b>4</b>	Metodología para la medición de la calidad del agua.	29
<b>5</b>	Parámetros de calidad del agua.	34
<b>6</b>	Evaluación de dos niveles de proteína y energía en dietas peletizadas para alevines de paiche.	37
<b>7</b>	Evaluación del costo de alimento por kilogramo de ganancia de peso.	41

## INDICE DE ANEXOS

<b><u>Anexo</u></b>		<b><u>Página</u></b>
<b>1</b>	Resultado del análisis químicos	55
<b>2</b>	Ganancia de biomasa por bloque	56
<b>3</b>	Ganancia de peso por bloque	56
<b>4</b>	Ganancia de longitud por bloque.	57
<b>5</b>	Conversión alimentaria por bloque	57
<b>6</b>	Ingestión de nutrientes (g/pez/día)	58
<b>7</b>	Evaluación de dos niveles de energía digestible /proteína en dietas de Paiches sobre el consumo de alimentos	58
<b>8</b>	Análisis de variancia del peso	59
<b>9</b>	Análisis de variancia de la biomasa	60
<b>10</b>	Análisis de variancia del incremento de longitud	61
<b>11</b>	Análisis de variancia del consumo de alimento	62
<b>12</b>	Análisis de variancia de la conversión alimentaria	62
<b>13</b>	Costos de las dietas	62
<b>14</b>	Instalaciones y equipos del laboratorio de investigación en nutrición y alimentación de peces y crustáceos (LINAPC)	63
<b>15</b>	Laboratorio de investigación en nutrición y alimentación de peces y crustáceos	64



## RESUMEN

En el presente estudio se evaluaron los efectos de dos niveles de proteína (40% y 44%) y dos niveles de energía digestible (4.0 y 4.4 Mcal/Kg) sobre el crecimiento en peso y talla, el costo de alimentos y la conversión alimenticia (CA) de alevinos de paiche (*Arapaima gigas*). Se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación en Peces y Crustáceos de la Universidad Nacional Agraria la Molina, se realizó en un sistema de recirculación de agua continua, manteniendo una temperatura promedio de 28°C y oxígeno disuelto en 6.3 mg/L. Se formularon cuatro dietas experimentales, resultado de la interacción de dos niveles de proteína total y dos niveles de energía digestible en alevinos de peso inicial promedio de 12.4 gramos, agrupados en tres bloques (grandes, medianos y pequeños). El alimento se suministró cercano a punto de saciedad los 7 días de la semana. Los resultados para ganancia de peso y la ganancia de biomasa mostraron diferencias significativas con respecto al nivel de proteína/energía, siendo los mejores resultados obtenidos (tratamiento 2) con 44% de proteína bruta y 4 Mcal/Kg de energía digestible. Respecto a la conversión alimenticia, mostraron mejor eficiencia las dietas con 44% de proteína y 4 Mcal/Kg, de energía presentaron diferencias significativas entre la proteína bruta, la energía y en la interrelación entre ambas. Resultando el efecto del nivel de la proteína 44% y el nivel de energía 4 Mcal/Kg los mejores resultados y la relación de Energía a Proteína de 9.

Palabras claves: Proteína, energía, relación energía/proteína, paiche.

## **ABSTRACT**

In the present study, the effects of two levels of protein (40% and 44%) and two levels of digestible energy (4.0 and 4.4 Mcal / kg) have been evaluated on weight and height gain, food cost and feed conversion (CA) of fingerlings of paiche (*Arapaima gigas*). It was carried out in the Research Laboratory of Nutrition and Feeding in Fish and Crustaceans of the National Agrarian University of La Molina, where it was used a continuous water recirculation system, maintaining an average temperature of 28°C and oxygen dissolved of 6.3 mg / L. Four experimental diets were formulated resulting from the interaction of two levels of total protein and two levels of digestible energy in fingerlings with an average initial body weight of 12.4 grams, grouped into three blocks of size (large, medium and small). Food was supplied near satiety point 7 days a week. Results for weight gain and biomass gain showed significant differences regarding to protein / energy level. The best results were obtained with 44% of crude protein and 4 Mcal / kg of digestible energy. Regarding the feed conversion, the diets with 44% of protein and 4 Mcal / kg of digestible energy showed better efficiency, with significant differences between crude protein, energy and the interrelation between both. The effect of the protein level 44% and the energy level 4 Mcal / kg resulting in the Energy to Protein ratio of 9, caused the best results.

Key words: Protein, energy, energy / protein ratio, paiche.

## I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura ha llegado a ser un rubro de producción económica muy importante a nivel mundial debido al incremento de la demanda de especies hidrobiológicas. La producción acuícola mundial representa el 33.8% de la producción pesquera total (48 millones de toneladas). Las proyecciones de la FAO consideran que la producción acuícola mundial crecerá aceleradamente hasta alcanzar los 83 millones de toneladas en el año 2030, lo que eventualmente convertiría a la acuicultura en la principal fuente abastecedora de peces para la alimentación humana.

En el Perú, el paiche (*Arapaima gigas*) es una de las especies emblemáticas de la Amazonía y además, es un recurso pesquero acuícola aprovechado comercialmente, el cual contribuye al desarrollo socioeconómico. Se presenta escasa literatura referida a los requerimientos nutricionales del paiche en todos sus estadios. A pesar de que se reportan experiencias de cultivo en estanques de tierra y jaulas flotantes, los investigadores dedicados al estudio de este pez han dado mayor importancia a otros aspectos como la tasa de alimentación, densidad de cultivo y frecuencia alimenticia dando como resultado poca producción de información nutricional.

Al ser un pez carnívoro con pocas referencias nutricionales, y estudios en el Perú se requiere encontrar un óptimo nivel de energía y proteína para lograr un rápido crecimiento en cautiverio, aumentar la población y comercialización de este pez en estado de alevinaje, cubriendo con sus requerimientos de proteína y energía óptimos.

Por lo expuesto, el objetivo del presente trabajo es evaluar dos niveles de proteína y dos niveles de energía digestible en dietas peletizadas para alevinos de paiche mediante los parámetros productivos: de peso y talla, consumo de alimento, conversión alimenticia, determinando la adecuada relación de proteína/energía digestible y el costo de alimentación por ganancia de peso.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. EL PAICHE (*Arapaima gigas*)

El paiche, también conocido como “pirarucú” en Brasil, “warapaima” en Colombia y “arapaima” o “de-chi” en Guyana, habita en lagos y ríos con temperaturas entre 24°C y 31°C. Y se distribuye en la cuenca amazónica, particularmente en países como Perú, Brasil, Colombia, Bolivia y Guyana (Chu-Koo, 2006). En el Perú se encuentra entre las cuencas bajas de los ríos Napo, Putumayo, Marañón, Pastaza y Ucayali, con abundancia en la reserva nacional Pacaya – Samiria (MINCETUR, 2015).

El paiche, pertenece a la superfamilia de los Osteoglossomorpha, grupo de peces primitivos caracterizados por la osificación de la lengua, la cual actúa como un órgano accesorio en la trituración del alimento. La superfamilia de los Osteoglossomorpha posee dos familias: la familia Osteoglossidae, a la cual pertenecen las Arawanas y la familia Arapaimidae. La familia Arapaimidae está compuesta por una sola especie *Arapaima gigas*, la cual es endémica del neotrópico suramericano (Franco, 2007).

Se han logrado experiencias en manejo comunitario del paiche en áreas naturales, y se ha visto el aumento de las poblaciones y una mayor conciencia de la población por la protección de los cuerpos de agua de pescadores ilegales. Asimismo se indicó que las estadísticas presentadas de producción por extracción natural se basan en estadísticas oficiales pero se sabe que detrás de eso hay una extracción mayor, dado que hay un aumento de consumidores y que de una manera u otra esta demanda se está satisfaciendo. En el Perú se han realizado censos solo en lugares donde se maneja el paiche; no hay censos generales (ONU, 2007).

Además, poseen carencias en los conocimientos para manejo nutricional, en sistemas de cultivo, en estudios de digestibilidad de nutrientes, en requerimientos de aminoácidos, vitaminas y energía aún no determinados para la reproducción en cautiverio (MINCETUR, 2015).

Este pez posee una gran rusticidad y capacidad de adaptación en condiciones de cautiverio y aunque mayormente se cultiva en estanques de tierra, se han reportado exitosas experiencias de cultivo en jaulas en Brasil (Cavero et al, 2003) y jaulas flotantes en el Perú (Rebaza et al.; citado por Del Risco, 2008), con una tasa de crecimiento (10 Kg/año promedio) que entre los peces cultivados en el mundo, es casi cinco veces superior al del salmón del Atlántico e incluso ligeramente superior a la cobia (Liao et al. y Chu-Koo et al., citados por Del Risco, 2008). Presentan condiciones fisiológicas especiales para el cultivo a altas densidades de siembra como: respiración aérea, que permitiría su adaptación a aguas pobres en oxígeno o de gran concentración de CO<sub>2</sub>, amonio, nitritos y nitratos (Ortiz, 2007).

La piscicultura del paiche ofrece una triple ventaja: permite disminuir la presión sobre las poblaciones naturales y su recuperación; satisface la demanda local, regional e internacional por su carne; y desarrolla nuevas empresas en base a una especie nativa de la Amazonia, permitiendo la intensificación del uso de la tierra en las zonas ya ocupadas y desboscadas, porque para establecer la piscicultura no se hace necesario intervenir nuevas áreas boscosas. En consecuencia, el fomento del cultivo de la especie es ventajoso en varios aspectos (FAO, 1999).

### **2.1.1 Fases de Crianza**

**a. Larvas.** Cuando salen del huevo tienen 11.6 mm de longitud. Larvas de 7 días o 17 mm de longitud comienzan a alimentarse de plancton (Guerra et al. 2002). Y se capturan las primeras semanas, su alimentación es a base de cladoceros, rotíferos y copépodos. Frecuencia de alimentación 6 -8 x día. Las Post -larvas de 10 días se alimenta con crustáceos planctónicos, vermes de *tubifex* o *Chironomus*. A los 4 cm, además de zooplancton aceptan guppies (*Poecilia reticulata*) y pedazos de pescado fresco (Chu-koo, 2006).

**b. Alevinos** comprende desde los 15 días (4-5cm) hasta los 3 meses de edad (20 cm). Reportes de investigaciones conducidas en el Brasil indican que la tasa alimenticia en esta fase debe ser de 8-10% del peso vivo de los animales. Es en esta fase, y de preferencia los primeros días, que se debe entrenar a los alevinos a comer dieta balanceada (Sandoval, 2007). Se comercializa a partir de tres meses de edad, con una longitud que puede fluctuar entre 15 a 30 cm, dependiendo de la demanda del mercado. A este tamaño, la mortalidad por manipulación y transporte es controlable. Para la crianza extensiva y repoblamiento, la talla recomendada es de 30 a 50 cm; y para la crianza intensiva, se puede extraerlos de 15 cm (Guerra et al. 2002). Además García 2010 categoriza esta etapa con longitudes de 4-14 cm.

**c. Juveniles** son desde los 3 meses hasta los 3 años de edad (1.5 m). Los experimentos conducidos en esta fase incluyeron niveles de proteína entre 35-55%. Las mejores ganancias de peso han sido obtenidas con raciones entre 40-50% de proteína. Para los planes de producción de paiche en cautiverio y bajo un sistema intensivo de alimentación se recomienda conducir crianzas hasta un máximo de 16 meses de edad (Sandoval, 2007). Por otro lado García, 2010 considera Paiche Juvenil con tamaño 14-18cm y alimentados con 40% de proteína y adultos de 18-60 cm.

### **2.1.2 Aspectos biológicos**

La boca es superior, grande y oblicua, provista de muchos dientes relativamente pequeños y más o menos iguales entre sí. La lengua está bien desarrollada y tiene la notoria particularidad de poseer un hueso interno achatado y ligeramente arqueado llamado hioides, cuya longitud oscila entre 10 y 20 centímetros; está recubierta por una infinidad de pequeños conos esmaltados, muy resistentes. La boca posee dos placas óseas laterales que funcionan como verdaderos dientes, los cuales detienen a la presa, matándolas antes de la deglución (Rebaza, 1999).

El aparato digestivo es corto, como en todos los peces carnívoros. El estómago tiene forma de V y presenta dos ciegos pilóricos relativamente grandes. El intestino delgado y el grueso son distinguibles por su contenido: el primero está en fase líquida y el segundo en fase sólida.

El paiche es un pez carnívoro, que se alimenta principalmente de peces, en proporción de 3 a 5% de su peso vivo, en su fase de crecimiento (Alcántara et al., 2006).

El estómago, tiene una baja capacidad de almacenamiento, pero con gran capacidad de contracción, algunos pueden usar arena y piedras con el fin de triturar los alimentos y facilitar su absorción. Recientemente, se han detectado pequeñas piedras en el estómago de juveniles cultivados en cautiverio (Bezerra et al. 2013). Del análisis del contenido estomacal en el Lago Sauce se deduce, que los peces constituyen su alimento preferido (64.56%), siendo la tilapia, el principal componente; en menor porcentaje se han encontrado restos vegetales y piedrecillas (15.56%); cangrejos (9.69%); sustancia verde amorfa (5.50%); churos (3.13%) y en una sola oportunidad un camarón y un calcetín entero. Los estómagos generalmente se presentaron semillenos y el contenido semidigerido (Franco, 2007).

Hurtado et al. 2014 evaluó el efecto de dos tipos de alimentación (pez forraje y alimento balanceado) que ocasionaría cambios en las características histológicas en el aparato digestivo del paiche (*Arapaima gigas*). Se obtuvo muestras de esófago, estómago (región cárdica y región pilórica), duodeno, yeyuno e íleon. Concluyendo que el paiche (*Arapaima gigas*) presenta un sistema digestivo grueso y corto. El esófago no presentan diferencias en cuanto a su estructura, formado por 4 capas, mucosa, submucosa, muscular y serosa; pero si en cuanto a las profundidades de los pliegues longitudinales. El estómago presenta 3 regiones distintas, cárdica, pilórica y fundica, diferenciándose la región cárdica por tener mayor cantidad de glándulas y fositas gástricas y la región pilórica presenta una mucosa de menor tamaño y una capa muscular más desarrollada; Los intestinos son cortos gruesos cuyas paredes están compuesta por 4 capas: mucosa, submucosa, muscular y serosa. La mucosa va de menor a mayor grosor hasta el íleon, cosa contrario se observa con la capa muscular. Concluyó que el efecto de dos tipos de alimentación (pez forraje y alimento balanceado) en el sistema digestivo de los juveniles de paiche (*Arapaima gigas*) influencia en las características histológicas.

Su sistema branquial muestra atrofia que es insuficiente para abastecerse de oxígeno. La vejiga natatoria presenta numerosas trabéculas semejando un pulmón y funciona como órgano respiratorio principal. La modificación de la vejiga consiste en que las paredes internas de este órgano han desarrollado un profuso tejido vascular que contribuye a

aumentar la superficie y que sirve para el intercambio de gases entre la atmósfera y la sangre circulante por los capilares, tal como ocurre en los pulmones. La capacidad de la vejiga, es muy grande pues ocupa totalmente la parte dorsal de la cavidad abdominal, comunicándose con la parte posterior de la garganta, saliendo frente a la glotis. Esto les permite permanecer sumergido en el agua un máximo de 40 minutos; normalmente sale a la superficie a tomar aire a intervalos de 10 a 15 minutos. Los jóvenes realizan esta actividad con más frecuencia: los alevinos de 2,5 cm, salen a la superficie cada 2 a 3 segundos; los de 5 cm, cada 6 a 8 segundos y los de 8 a 10 cm, aproximadamente cada minuto (Franco, 2007).

### **2.1.3 Hábitos alimenticios**

A pesar del gran potencial que tiene para su explotación comercial, no se tiene conocimiento de los hábitos alimenticios y de sus requerimientos nutricionales, se sabe que en ambientes naturales se alimenta de peces pequeños (Franco, 2007). Las presas son capturadas por una fuerte succión de su boca, lo cual provoca ciertos ruidos; toda el agua que es captada al momento de la captura de la presa es expelida por la abertura de los opérculos, produciendo un chasquido y brusco movimiento de la cabeza, acompañado muchas veces de un coletazo. Se alimenta básicamente de pequeños peces en proporción de 8% a 10% de su peso vivo, cuando es joven, y 6% cuando es adulto. Puede alcanzar hasta 10 Kg. durante el primer año de vida. Suele comer peces de los géneros *Prochilodus*, *Tetragonopterus*, *Leporinus*, prefiriendo claramente las carachamas (*Loricaríidos*). Las formaciones óseas de la boca, indican que estruja la presa matándola antes de tragarla (Campos, 2001).

Según Kubitza (1999), los alimentos naturales tomados en las primeras semanas de vida contienen altos niveles de proteína y energía y constituyen una fuente importante de minerales y vitaminas que le permiten suplir sus necesidades nutricionales. A medida que el pez crece la importancia del zooplancton va disminuyendo empieza a mostrar preferencias carnívoras consumiendo pequeños camarones y peces (Wordpress, 2012).

Varios autores refieren que un aspecto limitante para la producción intensiva en cautiverio es su característica de ser un pez carnívoro; es decir, su alimentación depende de peces forrajeros. Asimismo, han investigado la utilización de alimentos balanceados con alto contenido proteico, y han obtenido resultados variados (Yuto, 2007).



Cuando es alevino se alimenta de plancton, posteriormente aprovecha los insectos y, finalmente, ellos mismos van seleccionando, según el tamaño de su boca; en estadio adulto su principal fuente alimenticio son los peces en un 75.4%, restos vegetales en un 2.4%, quimo en 3.5% y otros un 18.7% (Wordpress, 2012).

El paiche, como la gran mayoría de peces de agua dulce, procura alimentarse en el atardecer o amanecer; durante el día cuando el calor es intenso, se mete debajo de la vegetación acuática en busca de cualquier sombra para huir de los fuertes rayos solares, manteniéndose quieto en el fondo del agua, emergiendo algunas veces para tomar aire (Franco, 2007).

Del Risco (2008), señala que busca sus alimentos, preferentemente por el olfato antes que por la vista, de acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio del cerebro de este animal. En los experimentos del cultivo del paiche alimentado con tilapia y alimento balanceado; en jaulas flotantes los que respondieron mejor fueron los alimentados con tilapia cortada en trozos, los juveniles no aceptan alimento peletizado en forma voluntaria por lo que recomienda usar un pez forraje con alto índice de reproducción con una relación de disponibilidad de alimento de 3 a 100, es decir por cada 100 kilos necesitan 3 kilos de forraje al día (mojara, bufurqui, tilapia, etc.) (Campos, 2001).

En un estudio bajo diferentes esquemas de alimentos, previo entrenamiento, aceptaron dieta granulada desde las primeras fases de desarrollo; ganando mayor peso cuando son alimentados con una dieta granulada que contiene proteína bruta al 40% dos veces al día (Del Risco, 2008). Alimentar a los peces cultivados según el calendario también puede afectar el aumento de peso; la alimentación diurna reporta mejor conversión del alimento que la alimentación nocturna (Crescêncio et al. 2005).

#### **2.1.4 Requerimientos nutricionales**

Los conocimientos sobre la nutrición y las prácticas de alimentación para el paiche aún son incipientes. Hay pocos estudios sobre las dietas completas y sus requerimientos nutricionales de la especie que hayan sido realizados y, básicamente, los ensayos de alimentación se han cimentado en los conocimientos sobre requerimientos nutricionales de otras especies con hábitos alimenticios semejantes. Esta ha sido una forma práctica de iniciar los estudios, aunque no se debe desconocer el hecho de que cada especie posee habilidades propias para aprovechar los diversos ingredientes incluidos en las dietas alimenticias. No obstante, los resultados que se han obtenido son alentadores, pues el paiche ha demostrado, una excelente respuesta al manejo alimenticio bajo condiciones de cautiverio, tasas de conversión alimenticia elevadas y un óptimo rendimiento, logrando altas tasas de crecimiento, buen nivel de respuesta reproductiva y adaptabilidad a diferentes condiciones de cultivo (Rojas et al., 2005). En el cuadro 1 se observa las diferentes requerimientos de proteína y energía realizadas por los diferentes investigadores.

##### **a) Proteína**

Las necesidades de proteínas y aminoácidos esenciales se han estudiado principalmente en peces jóvenes, usando la ganancia máxima de peso como criterio principal. Estas necesidades expresadas como porcentaje de la dieta, disminuyen conforme los peces alcanzan la madurez (Church, 2002). La principal función de las proteínas es servir de materia prima para el crecimiento; un buen alimento debe tener lo suficiente de hidrato de carbono y grasas para producir el mínimo uso de las proteínas (IIAP, 1999).

La proteína requerida en la dieta diaria es necesaria para proveer aminoácidos indispensables y nitrógeno para la síntesis de aminoácidos no indispensables (Boreau y Young, 2000). Esta proteína es utilizada por el organismo con tres fines fundamentales: mantenimiento de los organismos vivos, para la síntesis de músculos y tejidos corporales, y crecimiento o formación de nuevas estructuras proteicas (Walton, 1987, citado por Zegarra, 2003). Según Guillaume et al. (2004), los aminoácidos que no se pueden sintetizar a partir de ningún metabolito intermediario son la lisina y treonina: siendo estos absolutamente esenciales. Para

lograr la producción de carne con mayores beneficios se debe tener en cuenta la cantidad y calidad de la proteína en la dieta, pues es uno de los principales determinantes del crecimiento de los peces (De la Higuera, citado por Del Risco, 2008).

**Cuadro 01:** Requerimientos de proteína y energía del paiche

<b>Peso inicial</b> <b>(g)</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Energía</b>	<b>Dieta</b> <b>experimental</b>	<b>Autores</b>
133	40 %	3400 kcal/ Kg	Extruido	Pereira-Filho, 2003
120.7	48.6 %	5645 kcal/ Kg	Peletizado	Ituassú et al. 2001
96.8	44%	3965 kcal/Kg	Extruido	Ono et al., 2008
54	50 %	-	Peletizado	Aldea et al. 2002
87	40%	3.2 Mcal/Kg	Extruido	Del Risco et al. 2008
15-100	40-45%	-	-	Sebrae, 2013
88.5	40%	-	-	Sandoval et al. 2007
169.8±19.26	-	4.8 Mcal/Kg	Peletizado	Vergara et al. 2016
40.72±0.72	54%	-	Peletizado	Vergara et al.2016

Los requerimientos nutricionales del paiche según Ituassu et al., (2001) para la formulación de dietas comerciales deben presentar los niveles adecuados de proteína en la dieta diaria. Debido a que las proteínas son el componente más caro de las dietas en acuicultura, es importante determinar el nivel de requerimiento óptimo para el crecimiento y la sobrevivencia del organismo en cultivo (Lee et al., citado por Del Risco, 2008). Según sea la especie a ser cultivada, la edad, la fuente proteica y las condiciones ambientales, generalmente los requerimientos proteicos en peces piscívoros varían entre 30% a 55% (NRC, 2011).

### **b) Energía**

Los peces, como todos los animales, necesitan energía para asegurar sus funciones vitales. En condiciones aerobias, la única energía utilizable por el organismo deriva de la oxidación de los compuestos orgánicos (Glúcidos, lípidos y proteínas) procedentes de la digestión de los alimentos y de la renovación de las células y tejidos. Las necesidades energéticas de los peces dependen de cada animal (especie y estado fisiológico). Varían también en función de factores medioambientales y, en particular, de la temperatura del agua confiriendo este carácter ectotermo de los peces una originalidad evidente a su metabolismo energético (Guillaume, 2004).

La energía ingerida por el pez es dividida por muchos procesos que requieren energía. La magnitud de cada fracción depende de la cantidad de energía ingerida y la habilidad del pez para digerir y utilizar aquella energía. A diferencia de los animales endotermos, los peces requieren mayor cantidad de proteína en la dieta y tienen una baja necesidad energética (Lovell, 1998).

Para las especies nativas, los requisitos de energía aún no han sido establecidos, aunque más atención se ha atribuido a la fracción de proteína. La relación energía/proteína tiene una influencia significativa en la determinación de requerimientos nutricionales. En la mayoría de los trabajos, la demanda de energía se ha determinado en base a los niveles de energía digestible (ED), que representa la ingesta de energía corregida por pérdidas que se producen en las heces reflejando el porcentaje de nutrientes absorbidos por el tracto digestivo.

Sin embargo, algunos trabajos expresan los requerimientos nutricionales basados en la energía metabolizable (ME), la mayoría de veces es calculada considerando los valores metabólicos brutos, que disminuyen la fiabilidad de los resultados sobre la determinación de las exigencias (Rogério et al. 2011).

### **c) Relación energía - proteína**

La alimentación de los peces, es uno de los parámetros más importantes no solo por el costo que demanda, sino porque de ella, depende en gran medida, el éxito de la producción. Por ello, es imperativo conocer los requerimientos de cada especie en sus nutrientes esenciales necesarios como la proteína requerida, cuyas concentraciones óptimas dependen del balance de energía y proteína (Patel y Yakupituyage, 2003).

La energía puede reducir o aumentar las tasas de crecimiento debido al consumo de los alimentos (NRC, 2011). Sin embargo, niveles de proteína en la dieta diaria inadecuados pueden dar como resultado una reducción o el cese del crecimiento y por el contrario, excesivas dosificaciones de proteína, conllevaría a que solo una parte de ésta sea transformada en nuevas proteínas, mientras que el resto será convertida en energía (Wilson, 2002). Pero, las dietas con adecuado balance entre la energía y la proteína permiten una mayor ganancia de peso y conversión alimenticia eficiente, características deseables para el productor, y baja acumulación de grasa en la carcasa, característica deseable para el consumidor (De Menezes et al., 2000; Meyer et al., 2004). En la dieta de los peces, las concentraciones de energía y proteína deben ser equilibradas con el fin de obtener un crecimiento óptimo con altas tasas de eficiencia en la alimentación y la retención de la proteína en la carcasa (Reigh y Ellis, 1994).

De acuerdo a Andrews citado por Souza 2009 poca proteína para una gran cantidad de energía resulta en la disminución del consumo voluntario de alimentos. Otra consecuencia de la utilización de las proteínas como fuente de energía es el aumento de la excreción de nitrógeno en el agua para producir un efluente con mayor potencial contaminante (Kaushik y Oliva - Teles, 1985). La utilización de la proteína en la dieta diaria por un organismo depende del tipo de la dieta manufacturada, de la digestibilidad de la proteína, el contenido de aminoácidos, de la proporción energía-proteína y, finalmente, de la cantidad de proteína

ofertada. Otros factores que afectan la utilización de las proteínas están relacionados con el tamaño y edad, el sexo, genotipo y condiciones ambientales (Lim, 1979).

Dietas bajas en proteína y alta energía, producen una reducción de la ingesta de alimento, con la consecuencia que la ingesta de proteína y otros nutrientes esenciales sea menor, además de la acumulación de grasa visceral y disminución del rendimiento de la carcasa (Yamane et al, 2009).

Según Lovell (1998), la relación energía/proteína requerida para los peces es menor que la requerida por los animales de sangre caliente. La relación energía/proteína en la dieta interfiere de manera significativa en la determinación de la concentración óptima de las proteínas en la alimentación (Cho, 1990). Una relación baja de energía/proteína puede poner en peligro el uso de las proteínas, como consecuencia de una disminución en la tasa del crecimiento, mientras que los niveles excesivos pueden disminuir el consumo normal de las proteínas y otros nutrientes, obstaculizando el desarrollo de los peces (Sa y Fracalossi, 2001).

Si el contenido de la energía en una dieta no es suficiente, o si la proteína es de baja calidad, ella será deficiente para servir como fuente de energía para el metabolismo. Una baja relación de energía/proteína puede reducir la tasa de crecimiento debido al aumento de la demanda metabólica para su excreción del nitrógeno. El exceso de la energía en la dieta puede causar la deposición de grasa excesiva en los peces, reducir la ingesta de alimentos y el uso de otros nutrientes (Cho, 1990).

Según Rojas et al. (2005), en el paiche, los lípidos deben ser ofrecidos por cerca del 20% (4 000 Kcal de ED en poslarvas y alevinos) garantizando la implementación de dietas con por lo menos una adecuada relación energía/proteína (promedio de ED para peces de 10 a 11 Kcal/g de proteína) que permita un buen aprovechamiento de la proteína, los cuales, además deben poseer buen perfil de ácidos grasos insaturados.

En truchas arco iris Gutiérrez et al. (2011), con diferentes relaciones de energía (3.4 y 3.6 Mcal/kg) y proteína (40 y 44%Pt) obtienen mayor biomasa, mejor conversión alimenticia y menor costo de alimentación por Kg de ganancia de peso con una dieta con relación de 9 Mcal/Kg de proteína con respecto a la relación de 7.7 Mcal/kg de proteína que obtiene menor

incremento de peso e incremento de talla y mayor costo de alimentación por Kg de ganancia de peso, obteniendo como mejor tratamiento el de mayor relación energía proteína (3.6 Mcal/kg y 40% pt) por lo tanto una mayor cantidad de energía y una menor cantidad de proteína determina buenos parámetros de crecimiento a menos costo.

#### **d) Lípidos**

Las grasas de la dieta son importantes fuentes de energía y de ácidos grasos esenciales, y participan en la absorción de vitaminas liposolubles. Los peces son incapaces de sintetizar ácido linoleico o ácido linolénico. Por ende, uno de estos ácidos deben ser aportados por la dieta (Church, 2002). Los peces de agua dulce, en general, requieren más concentración de linolénico que de linoléico. Por lo que los peces tropicales como la "gamitana", el "paco" y el "sábalo cola roja", pueden crecer mejor cuando son alimentados con dietas que contienen una mezcla de los ácidos grasos linolénico y linoléico (IIAP, 1999).

Cuando la dieta alimenticia contiene un contenido elevado de lípidos, se observa una disminución en la oxidación de los aminoácidos, permitiendo un ahorro en proteínas. En peces, la síntesis de lípidos tiene lugar esencialmente en el hígado, mientras que su degradación se produce en todos los tejidos utilitarios (Guillaume 2004). Los ácidos grasos linolénico y linoléico son esenciales para peces tropicales y deberían ser incorporados a niveles, por lo menos, de 1% del alimento para el máximo crecimiento. Esto puede lograrse con la adición de 3% - 5% de aceite de pescado o 10% de aceite de soya (IIAP, 1999).

Las grasas o lípidos son nutrientes esenciales en las dietas de los peces debido a que es la principal fuente de energía de la dieta; aportan ácidos grasos (algunos son esenciales, pues no son sintetizados por el organismo, y es necesario proporcionarlos en la dieta), en la estructura de las membranas y en el contenido de las células; fundamentales en la síntesis de prostaglandinas y en la formación del sistema nervioso, su deficiencia reduce el crecimiento y produce desórdenes de tipo nutricional, en la producción de las hormonas sexuales y, en la absorción y transporte de las vitaminas solubles en grasa (A, D, E y K), mejorando las defensas del organismo, formando enzimas esenciales para el buen funcionamiento del organismo y de la membrana de las células, suministran energía para los músculos, mantienen la elasticidad de la piel, regulan la temperatura del cuerpo y ayudan a proteger los



órganos de impactos externos. Las grasas saturadas se encuentran presentes en productos de origen animal, las grasas insaturadas (mono y polisaturadas) son las llamadas grasas buenas, porque no tienen colesterol, generalmente (Martínez, et al. , 1988; Pereira et al, 2003).

#### e) **Carbohidratos**

Los carbohidratos como almidones, azúcares y celulosa están compuestos de agua y carbono. Proporcionan la energía que requiere el pez para las actividades vitales y de subsistencia. Estos se encuentran en los cereales y melazas (Nelson, 1999). Aunque los glúcidos no sean esenciales en la alimentación de los peces, constituyen una fuente de energía barata. En ausencia de glúcidos, la utilización de proteínas y lípidos como fuente energética aumenta. En numerosas especies, parece ser necesario un aporte glucídico, ya que éste favorece el crecimiento y sobre todo la utilización proteica. En el medio natural, la alimentación de los peces es pobre en glúcidos y hasta pueden estar prácticamente desprovista de ellos, excepción hecha de la quitina, poco o nada digestible. La mala aptitud de los peces para asimilar los glúcidos alimentarios podría relacionarse con la escasez de glúcidos en el medio acuático (Guillaume, 2004).

Cowey y Sargent, citado por Gutiérrez (1996), mencionan que la mayoría de peces utilizan con ciertas restricciones los carbohidratos como fuente de energía, en cambio demuestran una fuerte tendencia a metabolizar la proteína, especialmente cuando se alimentan con dietas ricas en proteínas. Las enzimas presentes en el intestino y en el jugo pancreático de los peces son las carbohidrasas que digieren carbohidratos específicos. Los carnívoros presentan limitada secreción de amilasa en el tracto intestinal, apenas suficiente para digerir una pequeña cantidad de carbohidratos. La actividad de la amilasa es mayor en peces herbívoros y omnívoros (Hidalgo et al. 1999), sin embargo esta puede ser inactiva cuando se combina con almidón crudo, dextrina y albúmina, presentes en algunos 39 cereales. Por tal razón el precocimiento o la extrudización de algunos granos y cereales como el maíz, el sorgo, salvados de trigo y de arroz, entre otros ingredientes comunes en dietas para peces, promueve la gelatinización del almidón y destruye la albúmina; también se mejora su digestibilidad, especialmente para especies carnívoras (García – Gallego et al., 1994; citado por Santamaría, 2014).

La inclusión de carbohidratos en los alimentos de engorde debe tenerse en cuenta porque representan una fuente económica de energía en la dieta, muy valiosa para aquellas especies no carnívoras, además porque su uso cuidadoso puede representar un ahorro en lo referente a la utilización de la proteína como fuente energética (Santamaría, 2014).

#### **f) Vitaminas y minerales**

Las diferencias en materia de nutrición vitamínica entre peces y vertebrados superiores son mínimas. Existe en peces otra forma de retinol que se ha denominado vitamina A<sub>2</sub>, aunque la eficiencia de la forma usual es similar. Los peces requieren también dos cuasi-vitaminas: la colina, también necesaria en las aves, y el inositol, que se relaciona con los invertebrados. Dos vitaminas, el calciferol y la vitamina K, parecen tener una función más limitada en peces que en vertebrados superiores, pero a la inversa las vitaminas E y C tienen mayor importancia, a menos desde un punto de vista aplicado (Guillaume, 2004).

Entre las vitaminas estudiadas para los peces, las vitaminas A, D, E y C se destacan por estar íntimamente asociadas al desempeño del sistema inmunológico. La vitamina C recibe mayor atención por no ser sintetizada por la mayoría de las especies de peces. Por su modo de acción está involucrada en varias funciones fisiológicas inclusive el crecimiento, desarrollo, reproducción, cicatrización, respuesta al estrés entre otros procesos, gracias a ser un buen agente reductor. Los derivados de ácido ascórbico formados por esteres de fosfatos, el ascorbil monofosfato (AMP) y ascorbil polifosfato (AP) son los más usados como fuente de vitamina C debido a su mayor estabilidad (Gutiérrez et al., 2009).

Las materias alimenticias de origen vegetal, por lo general tienen mayor concentración de ciertas vitaminas hidrosolubles. Por ejemplo algunas del grupo B (Tiamina, riboflavina, hidrosolubles y niacina). Por otra parte, los alimentos de origen animal (harina de pescado) son más ricos que los vegetales en vitaminas liposolubles como A, D y K, el ácido pantoténico y vitamina B<sub>12</sub>. Por esta razón, los alimentos para peces omnívoros o herbívoros por lo general contienen una mayor proporción de harinas de cereales y menos harina de pescado o ingredientes de origen animal (IIAP, 1999). Además, Fracalossi et al. (2001), en referencia al paiche, como otros teleósteos, es incapaz de sintetizar el ácido ascórbico por

falta de la actividad de la enzima L - gulonolactona oxidasa en los tejidos renales y hepáticos; esta enzima es responsable de la etapa final de la síntesis de ácido ascórbico.

Los peces requieren minerales como factores esenciales, para el metabolismo y el crecimiento. Ellos tienen la capacidad de absorber parte de los minerales requeridos directamente del agua a través de las branquias o incluso a través de toda la superficie corporal. Este proceso es importante para la osmoregulación en los peces de agua dulce, pero, también para su nutrición. Sin embargo, los minerales absorbidos del agua no satisfacen el requerimiento total, por lo que es necesario agregar minerales en la dieta (IIAP, 1999).

Hepher (1983) clasificó los elementos necesarios para los procesos metabólicos de los peces en tres grupos: Estructurales; calcio, fósforo, flúor y magnesio son importantes para la formación de los huesos; sodio y cloro son los principales electrolitos del plasma sanguíneo y el líquido extracelular; azufre, potasio y fósforo son los principales electrolitos del líquido intracelular), respiradores (la hemoglobina, el hierro y el cobre son elementos importantes para la transferencia del oxígeno en la sangre), metabólico (muchos minerales son usados en cantidades vestigiales).

#### **2.1.4 Alimentación**

La alimentación, es un aspecto crítico en piscicultura, ya que de ella depende el adecuado desempeño productivo de los organismos en cultivo y porque demanda más de los 2/3 de los costos de producción (Adelizi et al., 1998). Por otro lado, Kubitza (1999) manifiesta que los peces bien nutridos crecen bien, se reproducen bien, soportan bien las condiciones adversas, el manipuleo y el transporte, y resisten mejor a las enfermedades.

Otra alternativa de alimentación en condiciones de cultivo es la ración peletizada, teniendo en cuenta la fase de adaptación del alevino, debido a que su aparato digestivo está en transición de planctívoro a carnívoro (Bard & Imbiriba citado por Padilla, 2004b). La aceptación de dietas peletizadas, confirman el excelente potencial que tiene esta especie para su producción intensiva (Pereira et al., 2003).

La calidad del alimento balanceado es importante, y depende del tamaño de las partículas (menor al tamaño de la boca del pez), estabilidad de la partícula (la partícula debe mantener su integridad dentro del agua) y la humedad la cual debe mantener un porcentaje adecuado, para prevenir el enmohecimiento del alimento; y, la cantidad de alimento a suministrar está en relación al tamaño y peso del pez y se relaciona con la biomasa o peso vivo. Conociendo el peso promedio y el número de peces en el estanque se estima la biomasa total, con la cual se calcula la ración diaria o alimento diario (Pereyra, 2013).

Oliveira (2005) realizó un análisis de los contenidos estomacales de juveniles de paiche, con una longitud entre 22 y 26,5 cm, mostrando que su dieta se compone de 16 componentes alimenticios. De ellos, los seis componentes alimenticios más abundantes: detritus orgánico, insectos, conchostraca, gastropoda, hemiptera y coleoptera. El juvenil, de 25 cm de largo, había ingerido peces pequeños de la familia de los cíclidos. También, Queiroz y Sardinha (1999), reportaron que los juveniles con el tamaño de 50 cm., los principales elementos encontrados en sus estómagos fueron microcrustáceos. Según estos mismos autores, los camarones se han encontrado con frecuencia en los juveniles de más de 150 cm.; los únicos elementos comunes a todas las edades son los insectos acuáticos, principalmente, coleópteros y hemípteros.

Estos resultados nos indican la gran capacidad que tienen para el aprovechamiento de los recursos autóctonos disponibles en su entorno: detritus orgánicos, partículas inorgánicas con agregados de arena fina y restos de plantas; así como, la capacidad de los especímenes para recoger alimento cerca de la parte inferior. En los estómagos de los juveniles los alimentos predominantes fueron pequeños invertebrados de diversas órdenes (Oliveira, 2005).

La alimentación requerida en la fase de alevinos y juveniles en los primeros días de edad, posteriores a la reabsorción del saco vitelino, (hasta 15 días) que se debe administrar a las larvas y post-larvas es alimento vivo. La alimentación de los alevinos en cautiverio debe estar constituida por peces forraje pequeños, tales como la tilapia (*Oreochromis niloticus*), bujurqui (*Cichlasoma amazonarum*), mojarra (*Gymnocorimbus thayeri*), etc., de elevada prolificidad. Otra alternativa de alimentación es la de proveer peces picados en pedazos pequeños (Sandoval, 2007).

Los niveles exactos de proteína, carbohidratos, lípidos, minerales, aminoácidos, vitaminas y ácidos grasos aún no han sido establecidos. En la ración de inicio la dieta debe ser formulada para alimentar a las post larvas y alevinos pequeños. Esta dieta contiene con alto contenido de proteína debe utilizar harina de pescado de alta calidad y productos animales, aceites marinos, y niveles de vitaminas más altos que los normales, que incluyen vitamina C estabilizada y la ración de crecimiento preferentemente dietas granuladas que son una transición de inicio a dietas extrujadas de diversos tamaños. Esta dieta nutricional completa incorpora productos animales y marinos como los principales componentes. El suplemento vitamínico es suministrado de múltiples premezclas para asegurar los requerimientos bajo diversas condiciones de crianza (Sandoval, 2007).

La tasa de alimentación está en función de la especie, talla, temperatura del agua, densidad de los peces, alimentos naturales, nivel energético de las dietas, calidad del agua, frecuencia alimenticia y condiciones sanitarias (Lim, 1997). En ambientes naturales, el paiche consume peces forraje sin dificultades; sin embargo, aún se desconoce con exactitud la tasa alimenticia apropiada que se requiere cuando es criado en cautiverio (Yuto et al. 2007).

En busca de la tasa alimenticia óptima, Padilla et al. (2004 a), evaluó el efecto de tres tasas de alimentación: 6, 8 y 10% de la biomasa, en el rendimiento de alevinos de paiche, alimentados con una dieta artificial peletizada con 50% de proteína bruta, obteniendo la mejor conversión alimenticia y el mayor factor de condición de los peces con una tasa de alimentación del 6%; y, Yuto et al. (2007) prueba cinco tasas de alimentación (T1=1.0%, T2=2.5%, T3=5.0%, T4=7.5% y T5= ad libitum). Al término del experimento, los resultados indican que el paiche alimentado, ya sea con 2.5%, 5.0%, 7.5% y ad libitum crece en forma similar y se puede obtener rendimientos productivos satisfactorios. En algunos reportes de investigaciones conducidas en Brasil indican que la tasa alimenticia en la fase de alevinos debe ser de 8% - 10% del peso vivo de los animales (Imbiriba, 2001).

## **2.2 CALIDAD DEL AGUA**

El paiche no tiene requerimientos especiales respecto a la calidad del agua. Pontes (1977) y Henderson (1999) reportan en condiciones naturales en la Reserva Mamirauá (Brasil) viven en lagos eutróficos con valores de oxígeno disuelto entre 0.1 - 0.15 y 3 mg/l; que son valores diferentes a los registrados en otro estudio en que variaron de 2.3 a 3.6 mg/l (Padilla et al. 2004a).

### **2.2.1 Temperatura**

La temperatura del agua influye considerablemente en las principales actividades vitales de los peces, particularmente en su respiración, crecimiento y reproducción (Huet, 1983). También, puede afectar procesos importantes como los niveles de oxígeno disuelto en el agua, la solubilidad del oxígeno y el grado de oxidación de la materia orgánica (Zweing et al. 1999). Los peces al ser ectotermos, su metabolismo es afectado por la temperatura del agua. Al aumentar ésta, su metabolismo se incrementa hasta un valor máximo (Hepher, 1983). En sus ambientes naturales donde se desarrollan las especies, su temperatura, varía entre 25°C y 32°C y en los estanques o embalses de cultivo en las regiones tropicales se producen también variaciones en este rango, con algunas excepciones en que el límite superior alcanza los 36° C (PROMPEX, 2006).

La temperatura rige la toma de comida y la eficacia de los procesos digestivos, y así el crecimiento en peces. La temperatura óptima para el crecimiento de los peces ( $T^{\circ}opt$ ) varía entre las regiones geográficas y entre las etapas de la vida de una especie en particular (Jobling, 1994). Las interacciones entre la temperatura, el tamaño del cuerpo, el crecimiento, la heterogeneidad de tamaño y la supervivencia han sido evaluadas en algunas especies de peces, de las cuáles muy pocas de regiones tropicales, y ninguna de la cuenca amazónica. Conocer estas interacciones es esencial para entender la evolución de las especies y su adaptación a los cambios ambientales futuros, y para adquirir los conocimientos prácticos para su cultivo (Baras et al., 2002; Baras & Daffé, presentación).

Según Sebrae (2010), el rango de temperatura ideal para el crecimiento de esta especie está entre 28°C y 30°C, y cuando la temperatura del agua está por debajo de 26°C y por encima de 32°C, se produce una reducción significativa del consumo de alimentos por los peces.

### **2.2.2 Oxígeno disuelto y dióxido de carbono**

La concentración de dióxido de carbono en agua es un parámetro importante, mientras que en aguas con altas concentraciones de este gas, el paiche tiene gran dificultad en la eliminación de dióxido de carbono de la sangre. La acumulación de este gas en la sangre de los peces afecta el proceso respiratorio, lo que dificulta el transporte de oxígeno en la sangre y causa la acidificación de la sangre, dando lugar un estrés que es excesivo para los animales. Por lo tanto, en situaciones con bajas concentraciones de oxígeno en el agua, comunes en la producción del paiche en alta densidad, la vigilancia del dióxido de carbono es importante para garantizar un entorno de calidad satisfactoria para los animales. De acuerdo con las observaciones hechas, los niveles de gases de carbono por encima de 20 mg/L de CO<sub>2</sub> indicados afectan a la salud y aumentan la tensión para los alevinos (FAO 1999).

### **2.2.3 Potencial de hidrógeno**

El paiche es bastante rústico y, aparentemente tolera un amplio rango de pH (5,0 a 11,5). Así, los animales que se mantuvieron en los rangos de pH entre 6,5 a 8,0 son los que presentan mejores condiciones de desarrollo y de salud, indicando que probablemente este es el rango más apropiado en estado de cautiverio. Importante para su buen desarrollo en todas las etapas de crecimiento (Sebrae, 2010).

### **2.2.4 Dureza y alcalinidad**

La alcalinidad y la dureza total, nos indican la presencia de cal en el agua y que representan los componentes del sistema tampón del agua (equilibrio químico que estabiliza el pH del agua cercano a la neutralidad) siendo dos parámetros de gran influencia e importancia en su desarrollo, principalmente en la etapa de alevinos y recría (Sebrae, 2010).

La dureza total está determinada por la concentración de cationes divalentes, principalmente calcio y magnesio, y se expresa en mg/L de CO<sub>3</sub>Ca equivalente. La alcalinidad y la dureza total, nos indica la presencia de carbonato de calcio en el agua y representan los componentes

del sistema tampón del agua (equilibrio químico que estabiliza el pH del agua casi al neutro), son dos parámetros que tienen importancia en el desarrollo del paiche, principalmente en la etapa de alevinos y recría. Los animales en aguas con mayor alcalinidad y dureza ( $> 20$  mg/L) muestran un mejor desarrollo y pocas dificultades en el manejo, saneamiento, entre otros. Así, en el agua con la alcalinidad y dureza por debajo de  $20$  mg/L  $\text{CaCO}_3$ , la corrección de estos parámetros mediante el carbonato de calcio ( $2\ 000$  a  $3\ 000$  Kg/Ha) es crítico para los peces debido a un menor consumo de alimento, reducción del crecimiento y/o una peor conversión alimenticia (Sebrae, 2010).

### 2.2.5 Amonio

El nitrógeno amoniacal total (NAT) está representado por dos formas que se encuentran en equilibrio; la ionizada o amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), y la no ionizada o tóxica llamada amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). Si los valores de pH y temperatura son altos y de baja concentración de oxígeno disuelto, son condiciones que favorecen la transformación de un porcentaje del NAT a su estado tóxico, amoníaco (Castillo, 1994). Además, los nitritos se forman a partir del amoníaco a través del proceso de nitrificación y constituyen el producto intermedio de la transformación del amoníaco a nitratos (Lawson, 1995). Los nitritos son tóxicos, si su concentración aumenta al elevarse el pH y la temperatura; y, al disminuir la concentración de oxígeno disuelto en agua (Castillo, 1994). La concentración letal varía con las especies y con la temperatura, la adición de calcio y cloruro al agua de cultivo reducen la toxicidad del nitrito en los peces (PROMPEX, 2006).

Sebrae (2010), observó las mayores concentraciones totales de amoniaco entre  $0,8$  y  $2,4$  mg/L de  $\text{NH}_3 - \text{NH}_4^+$ , y la más alta concentración medida estaba por debajo de  $0,1$  mg/L  $\text{NO}_2$ , que está dentro del rango de tolerancia para la mayoría de especies tropicales.

Se debe considerar, además; que el amoníaco, un producto del catabolismo proteico, es el principal producto de la excreción de los peces (Castagnolli, 1992) y en altas concentraciones en el agua puede influir en el proceso de fosforilación oxidativa de las células, disminuyendo el crecimiento de los peces (Vinatea, 1997).



Las altas concentraciones de nitritos en el agua de los estanques producen un sangrado en los peces, causada por la oxidación de la hemoglobina convirtiéndose en metahemoglobina produciendo la disminución de la capacidad respiratoria de los peces (Pavanelli et al., 1999).

### **2.2.6 Conductividad eléctrica**

La conductividad corresponde a la concentración de los iones disueltos en el agua y depende de la composición química del terreno adyacente al estanque. La conductividad se mide con un conductivímetro. Los osteoglosidos se deben mantener en conductividades que oscilen entre 26,0 a 64,0  $\mu\text{Scm}$  (Franco, 2007). Caverro et al, 2003, cita conductividades de 35,0 a 45,0  $\mu\text{Scm}$  para estanques de paiche.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. LUGAR Y PERIODO DE DURACIÓN DE LA FASE EXPERIMENTAL**

El ensayo se realizó en el Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación en Peces y Crustáceos (LINAPC) del Departamento Académico de Nutrición, de la Universidad Nacional Agraria La Molina durante los meses de Mayo a Junio del 2014, la evaluación biológica duró 42 días. La elaboración del alimento balanceado, formulado al mínimo costo, se llevó a cabo en la Planta de Alimentos del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos (PIPSA) y los análisis químicos proximales de las dietas se realizaron en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA).

#### **3.2. INSTALACIONES Y EQUIPOS**

Las instalaciones del LINAPC, (Anexo 16) cuentan con un moderno sistema de recirculación, el cual permite el control de los estándares de calidad de agua y manejo de los peces para la alimentación, óptimo para la especie en estudio. El laboratorio cuenta con 2 acuarios de adaptación (120 L de capacidad), 18 acuarios para pruebas de crecimiento (55 a 75 L de capacidad, de 50 cm de alto, 47 cm de ancho y 47 cm de profundidad) y 9 acuarios tipo *Guelph* (54 L de capacidad) para pruebas de digestibilidad (Anexo 15).

Durante los controles biométricos de los alevinos se utilizaron mallas de captura marca *Sera*, baldes de plástico (capacidad de 10 litros) llenados a la mitad con agua de la pecera, una balanza analógica marca *UWE* modelo JW-250 con 0.001g de precisión y capacidad para 250 g, utilizada en el pesaje del alimento suministrado y obtención del peso individual de cada alevino, además de un ictiómetro, para medir la talla de los peces. En la medición del

control de la calidad del agua se utilizaron *kit's* colorimétricos de marca *Sera* y *LaMotte* (Sera, 2015 y LaMotte, 2015).

### **3.3. ANIMALES EXPERIMENTALES**

Se utilizaron 48 alevinos de paiche (*Araipama gigas*), procedentes de Satipo de la empresa Silver Corporation SAC. Clasificados por peso en pequeños, medianos y grandes (repeticiones) con valores promedios de 7.34, 12.42 y 17.49 gramos y de longitudes promedio de 9.9, 11.6 y 13.3 cm respectivamente, distribuidos en número de 4 alevinos por acuario, previamente aclimatados durante 4 días.

### **3.4. TRATAMIENTOS**

Se evaluaron 2 niveles de proteínas y 2 niveles de energía digestible.

Dieta de T1: 4.0 Mcal ED/Kg y 40% proteína.

Dieta de T2: 4.0 Mcal ED/Kg y 44% proteína.

Dieta de T3: 4.4 Mcal ED/Kg y 40% proteína.

Dieta de T4: 4.4 Mcal ED/Kg y 44% proteína.

### **3.5. DIETAS EXPERIMENTALES**

Se formularon cuatro dietas experimentales, con diferentes relaciones de energía y proteína (10, 11, 9 y 10) para los diferentes bloques establecidos en la prueba, presentadas en el cuadro 2. Las cuales fueron obtenidas utilizando la formulación al mínimo costo, utilizando el valor nutritivo de los ingredientes para el paiche recomendado por Vergara et al. (2014).

**Cuadro 02:** Fórmula de las dietas experimentales y su contenido nutricional

	<b>TRATAMIENTOS</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
Energía Digestible (Mcal/ Kg.)	4	4	4.4	4.4
Proteína Bruta (%)	40	44	40	44
Relación ED (Kcal ED): PB (g)	10	9	11	10
<b>INGREDIENTES (%)</b>				
Harina de pescado prime, 66%	35.00	42.00	37.00	44.00
Harinilla de trigo	31.77	27.35	24.59	20.15
Torta de soya, 47	25.00	25.00	25.00	25.00
Aceite de soya	7.40	5.00	12.60	10.20
Pre mezcla de vitaminas y minerales	0.55	0.55	0.55	0.55
Enzima	0.05	0.05	0.05	0.05
Acido orgánico	0.03	0.03	0.03	0.03
Sal	0.18	0.00	0.16	0.00
Antioxidante	0.02	0.02	0.02	0.02
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>CONTENIDO NUTRICIONAL (%)</b>				
Materia seca	90.75	90.63	91.30	91.19
Proteína total	40.00	44.00	40.00	44.00
Fibra cruda	2.82	2.67	2.48	2.33
Grasa total	12.58	10.68	17.66	15.76
ED, Mcal/Kg	4.00	4.00	4.40	4.40
Lisina total	2.83	3.17	2.89	3.23
Metionina total	0.94	1.07	0.97	1.10
Cistina total	0.47	0.51	0.47	0.51
Argenina total	2.59	2.82	2.60	2.83
Treonina tota	1.65	1.83	1.67	1.85
Triptófano total	0.50	0.55	0.51	0.55
Metionina + cistina	1.41	1.57	1.43	1.60
AC.GS. n-3	1.90	2.02	2.34	2.45
AC.GS. n-6	3.83	2.62	6.49	5.28
Fósforo Total	1.31	1.44	1.29	1.42
Calcio	1.42	1.67	1.48	1.74
Sodio	0.50	0.50	0.50	0.50

**Cuadro 03:** Premezcla de vitaminas y minerales para la acuicultura.

NUTRIENTE	UNIDAD	CANTIDAD
Vitamina A	U.I	14000000
Vitamina D3	U.I	2800000
Vitamina E	U.I	140000
Vitamina K3	G	8000
Tiamina (B1)	G	18
Riboflavina (B2)	G	20
Niacina	G	150
Ácido Pantotenico	G	50
Piridoxina (B6)	G	15
Biotina	G	0.8
Ácido Fólico	G	4
Ácido Ascórbico	G	600
Vitamina B12	G	0.03
Cloruro de Colina	G	6000
Manganeso	G	40
Hierro	G	20
Zinc	G	20
Cobre	G	1.5
Yodo	G	1.5
Selenio	G	0.3
Cobaldo	G	0.15
Antioxidante	G	120
Excipiente c.s.p.	G	3000

Composición por 1 Kg

Fuente: DMS Nutritional Products Peru S.A (2014)

### **3.6. MANEJO EXPERIMENTAL**

En la biometría inicial, los alevinos fueron uniformizados y separados según su peso corporal en tres bloques (grandes, medianos y pequeños) por tratamiento y distribuidos al azar en 12 acuarios (unidades experimentales) de cuatro peces por acuario. A los quince y cuarenta dos días se realizaron las biometrías. Durante las biometrías, los peces de cada acuario se colocaron en recipientes (baldes) con agua (5 litros), mientras los acuarios eran limpiados con esponjas húmedas, posteriormente pesados y tallados, finalmente retornaron a sus respectivos acuarios.

### **3.7. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL**

Los análisis químicos de las dietas experimentales fueron realizados en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) de la Universidad Nacional Agraria La Molina, mediante métodos establecidos por la A.O.A.C (1990). Los resultados de los contenidos nutricionales de cada dieta no muestran variaciones, lo que indica que la molienda y el mezclado fueron adecuados, ya que los gránulos de diferentes tamaños de un alimento deben de poseer aproximadamente la misma calidad nutricional si el proceso fue adecuado. El Anexo 1 presenta los resultados del análisis proximal de las dietas balanceadas peletizadas.

### **3.8. MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA**

El agua utilizada para alimentar el sistema de recirculación corresponde a la red de agua potable pública del distrito de La Molina. Los parámetros evaluados y la periodicidad de las mediciones semanales en promedio se representan en el Cuadro 4.

**Cuadro 04:** Metodología para la medición de la calidad del agua

<b>Parámetro</b>	<b>Equipo</b>	<b>Método</b>	<b>Periodicidad</b>	<b>Horario</b>
Temperatura	Termómetro	Lectura digital en los acuarios	Diario	9:00am y 4 pm
Oxígeno disuelto	Monitor Pinpoint II	Lectura digital en los acuarios	5 veces a la semana	9:00am y 4 pm
Ph	Medidor Oaklon	Potenciométrico	5 veces a la semana	9:00am y 4 pm
Dureza	Kit de tres reactivos LaMotte	Colorimetría visual en el tanque sumidero	5 veces a la semana	10:00 am
Amonio y amoniaco	Kit colorimétrico marca Sera	Colorimetría visual en el tanque sumidero	5 veces a la semana	9:00am y 4 pm
Nitrito	Kit colorimétrico (3 reactivos) marca Sera	Colorimetría visual en el tanque sumidero	5 veces a la semana	9:00am y 4 pm
Conductividad eléctrica	Conductimetro marca Hanna	Lectura digital en los acuarios	5 veces a la semana	2 pm

### **3.9. PARÁMETROS PRODUCTIVOS**

Para establecer los parámetros productivos se realizan los controles biométricos al inicio, a los 15 y 42 días tomando el total de los peces (4 peces) en cada acuario. Los cuales fueron pesados, secando a cada ejemplar cuidadosamente, utilizando una balanza electrónica “OHAUS” modelo Scout con una precisión de 0.1 g.; mientras, que la longitud total se determinó midiendo con mucho cuidado a cada uno de los ejemplares mediante un ictiómetro.

#### **a. Peso unitario y talla**

Al inicio, a los 15 y 42 días se registraron el peso unitario, la biomasa y la longitud de los peces de cada acuario.

#### **b. Ganancia de peso y talla**

La ganancia de peso y biomasa fueron hallados mediante la diferencia entre el peso final ( $W_t$ ) y el peso inicial ( $W_0$ ). (Guillaume, 2004)

$$G = W_t - W_0$$

El incremento de talla fue hallado por diferencia entre la longitud final ( $L_t$ ) y longitud inicial ( $L_0$ ). (Guillaume, 2004)

$$L = L_t - L_0$$

#### **c. Consumo de alimento**

Se alimentó a los alevinos hasta el punto de saciedad, con una cucharita poco a poco, cuidando de no desperdiciar el alimento o que se acumule en el fondo.

La cantidad de alimento ofrecido, fue calculado considerando la biomasa total de peces por acuario, se comenzó con una tasa de alimentación de 8 por ciento de biomasa, llegando conforme avanzaba su crecimiento a 5 por ciento al final del experimento.

Se alimentó durante todo el día de 8 de la mañana a 8 de la noche, los siete días de la semana. La tasa de alimentación fue ajustada después de registrar el consumo de alimento. La ración



de alimento correspondiente fue pesada en un vaso de plástico etiquetado con el número del acuario, luego se pesó el alimento restante y por diferencia se obtuvo la cantidad de alimento consumido.

#### **d. Conversión alimentaria**

Se determinó dividiendo el alimento consumido en el periodo de alimentación (42 días), entre la ganancia de peso en dicho periodo, según la expresión de Díaz et al., citado por Robles, S. (2004)

$$\text{Conversión alimentaria} = \frac{\text{Alimento consumido}}{\text{Incremento de peso}}$$

### **3.10 COSTO DE ALIMENTO POR KILOGRAMO DE GANANCIA DE PESO (C)**

Se realizó el cálculo del costo de cada dieta experimental (PA) y se multiplicó por la conversión alimenticia (CA), el cual muestra la relación entre el alimento consumido y la ganancia de peso durante el periodo de evaluación.

$$C = PA \times CA$$

### **3.11 DISEÑO ESTADÍSTICO**

Se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial 2x2, resultando 4 tratamientos y 3 bloques. Los factores fueron energía (a) y proteína (b). Se consideraron bloques a los pesos (pequeños, medianos y grandes). El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + \alpha_j + \delta_l + (\alpha\delta)_{ij} + \varepsilon_{ijkl}$$

Dónde:

$Y_{ijkl}$  = observación en la unidad experimental

$\mu$  = media del peso final de los paiches

$\beta_i$  = efecto del i-ésimo bloque

$\alpha_j$  = efecto del j-ésimo del factor  $\alpha$  (proteína)

$\delta_l$  = efecto del l-ésimo del factor  $\delta$  (energía)

$(\alpha\delta)_{jl}$  = Efecto de la interacción entre la energía y proteína

$\epsilon_{ijkl}$  = Efecto del error experimental

Para la comparación de promedios de los parámetros se empleó la prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ). Para estos análisis se utilizó el *Software Statistical Analysis System* (SAS, 1998).

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 CALIDAD DEL AGUA**

Los parámetros de calidad de agua como temperatura, pH, oxígeno disuelto y nitritos se presentan en el Cuadro 07, y muestran que se mantuvieron los parámetros óptimos de calidad de agua para el desarrollo de los paiches. La temperatura del agua en los acuarios durante la fase experimental presentó un promedio de 28°C estando dentro del rango recomendado por la FAO (1999). El paiche soporta niveles variables de oxígeno por presentar respiración aérea a través de la vejiga natatoria, por lo que es independiente de la cantidad de oxígeno disuelto en agua. Sin embargo, el nivel de oxígeno fue en promedio de 6.3 mg/L. Ono et al., (2008) mencionan que a pesar de tener respiración aérea y pudiendo establecerse con los niveles bajos de oxígeno disuelto, los juveniles son sensibles al aumento de la concentración de gas carbónico en el agua. Por lo que se debe evitar concentraciones de gas carbónico por encima de 10 mg/L durante periodos prolongados.

Los niveles óptimos de pH según FAO (1999) están comprendidos entre 6,5 y 9 valores inferiores o superiores a estos niveles son inadecuados para los peces en cultivo debido a que produce bajo crecimiento. Por otra parte Franco (2007) recomienda un pH de 6,5 y 8 unidades. En el presente estudio se mantuvo un pH constante de 7.5. Los valores de dureza, nitrógeno amoniacal y nitritos se encontraron en los rangos recomendables, por lo tanto según nuestros resultados es un ambiente adecuado para la crianza de los alevines de paiche.

En todo el experimento la calidad del agua permaneció estable, con las siguientes condiciones: oxígeno disuelto entre 5-6 mg/L, el pH entre 7 – 8, temperatura 27°C - 29°C y amonio menor a 1.0 mg/L (Cuadro 05).

**Cuadro 05:** Parámetros de calidad del agua

Semanas	Temperatura °C			O2 mg/L	pH	Dureza ppm	Conductibilidad mS	Nitrógeno amoniacal mg/L	Nitrito mg/l
	9 am	4 pm	Promedio						
1	27.8	28.4	28.1	6.3	7.5	190	3.2	0.3	0.9
2	27.8	27.9	27.85	6.3	7.6	164	3.2	0.3	0.9
3	27.7	28.2	27.95	6.3	7.5	170	3.2	0.3	0.9
4	27.8	27.8	27.8	6.3	7.5	174	2.9	0.3	0.9
5	27.8	27.8	27.8	6.2	7.5	175	3.2	0.3	0.9
6	27.8	28.3	28.05	6.3	7.5	175	3.2	0.3	0.9

## 4.2 GANANCIA DE PESO Y BIOMASA

Los pesos obtenidos al inicio y al final de la prueba se muestran en el Cuadro 08 y el Anexo 3. El Anexo 2, se presenta la biomasa inicial, la biomasa final y la ganancia de biomasa. Al analizar los efectos de los niveles de proteína sobre la ganancia de peso no presentan diferencias significativas, presentando solamente diferencias numéricas con la mayor cantidad de proteína al 44% en el tratamiento 2, aumentado así la ganancia de biomasa conforme aumenta la cantidad de proteína. Por lo cual la presencia de alto porcentaje de proteína en las dietas con diferentes niveles de energía (4.4 Mcal/ Kg y 4 Mcal/Kg) genera numéricamente una mayor biomasa. Por otro lado entre los tratamientos T1 (40% de proteína y 4 Mcal/kg) y T4 (44% de proteína y 4.4 Mcal/kg) se observan similar ganancia de peso y biomasa final, siendo menores a la del Tratamiento 2 (44% de proteína y 4 Mcal/kg) por lo que se obtiene una mayor ganancia de peso y biomasa con la relación de energía y proteína de 9 (44% proteína y 4 Mcal/kg).

El análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas entre tratamientos para los niveles de proteína, energía digestible y la interacción energía x proteína ( $p > 0.05$ ). Numéricamente se observa un incremento del 15% en el peso final, al utilizar la dieta con 44% de proteína bruta y 4.0 Mcal/Kg de energía digestible. Los resultados obtenidos sobre el efecto en el nivel de proteínas son semejantes a los reportadas por Del Risco et al., (2008) con dietas extruidas en el crecimiento de juveniles de paiche, obteniendo mejores rendimientos productivos los que recibieron el nivel de proteína al 40%.

Resultados similares fueron reportados por Yamane et al. (2009), en dietas usando diferentes porcentajes de proteína bruta, obteniendo mejores rendimientos con ganancia de peso al 44% de proteína. En otros estudios, Ituassú et al., (2001) reportan una mayor ganancia de peso con 48% de proteína. Sin embargo, Vergara et al. (2016) presentan una tendencia a aumentar la ganancia de peso a mayor proteína y muestran un crecimiento ascendente con diferentes valores de energía hasta alcanzar 4,8 Mcal ED/Kg.

Además, no se encontró diferencias significativas entre los niveles de energía; pero si numéricamente, encontrándose que para el nivel más bajo de energía se obtiene una mayor ganancia de biomasa. Como lo observado por Hernández et al. (2010), en larvas de coporo

que obtienen mejores respuestas al más bajo valor de energía, debiéndose probablemente al aporte de energía por la proteína en la dieta.

En otros peces amazónicos carnívoros; Sempaio et al. (2000) presentan resultados con menor relación de proteína y energía digestible en tucunaré (*Cichla sp*), siendo satisfechas por las dietas de 8 Kcal de ED/g de PB (41% de PB y 3.500 Kcal de ED/Kg), obteniendo un mayor peso. En especies omnívoras como el Sábalo (*Brycon orbignyanus*) y Paco (*Piaractus brachypomus*), Sá y Fracalossi (2002), se encontraron valores de requerimientos de proteínas de 29% y 10 Kcal de ED/gr. de proteína. En alevines de Gamitana, Gutiérrez et al. (2009), evaluaron diferentes niveles de proteína y energía obteniendo mayor ganancia de peso con la menor proteína (25% ) y una mayor energía (2.7 Kcal/g).

Así mismo, Gutiérrez et al. (2011) realizando diferentes relaciones energía proteína en truchas arcoíris, encontraron un aumento de peso al utilizar en la dieta 3.6 Mcal/Kg y 44% de proteína, en una relación de 9, presenta mayor comportamiento productivo.

Los resultados con tendencia numérica con mayor crecimiento en peso y talla, se obtiene con la dieta de menor relación de energía/proteína de 9 (4 Mcal ED/Kg y 44% proteína), estimulando probablemente el consumo de alimentos (Cuadro 6), por ende una mayor ingestión de proteína, energía y aminoácidos. Por lo tanto, las dietas con mayor relación energía digestible proteína, promueven un menor consumo de alimento e ingestión de nutrientes, afectando el crecimiento en peso y talla.

**Cuadro 06:** Evaluación de dos niveles de proteína y energía en dietas peletizadas para alevines de paiche.

TRT	Proteína Bruta	Energía dig.	Biomasa inicial (g)	Biomasa final (g)	Ganan. Biom. (g)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Ganan. Peso (g)	Talla inicial (cm)	Talla final (cm)	Ganan. Talla (cm)	Consumo alim (g)	Conv. aliment.
T1	40	4	49.46 <sup>a</sup>	208.37 <sup>a</sup>	158.91 <sup>a</sup>	12.37 <sup>a</sup>	52.09 <sup>a</sup>	39.73 <sup>a</sup>	11.67 <sup>a</sup>	18.52 <sup>a</sup>	6.85 <sup>a</sup>	47.61 <sup>a</sup>	1.18 <sup>a</sup>
T2	44	4	50.71 <sup>a</sup>	241.14 <sup>a</sup>	190.43 <sup>a</sup>	12.68 <sup>a</sup>	60.28 <sup>a</sup>	47.61 <sup>a</sup>	11.76 <sup>a</sup>	19.71 <sup>a</sup>	7.95 <sup>a</sup>	58.98 <sup>a</sup>	1.23 <sup>a</sup>
T3	40	4.4	49.16 <sup>a</sup>	172.31 <sup>a</sup>	123.16 <sup>a</sup>	12.29 <sup>a</sup>	43.08 <sup>a</sup>	30.79 <sup>a</sup>	11.65 <sup>a</sup>	17.49 <sup>a</sup>	5.83 <sup>a</sup>	50.74 <sup>a</sup>	1.63 <sup>b</sup>
T4	44	4.4	49.33 <sup>a</sup>	208.81 <sup>a</sup>	159.48 <sup>a</sup>	12.33 <sup>a</sup>	52.20 <sup>a</sup>	39.87 <sup>a</sup>	11.68 <sup>a</sup>	18.93 <sup>a</sup>	7.24 <sup>a</sup>	46.75 <sup>a</sup>	1.17 <sup>a</sup>
Efecto del nivel de proteína		40	49.31 <sup>a</sup>	190.34 <sup>a</sup>	141.03 <sup>a</sup>	12.33 <sup>a</sup>	47.58 <sup>a</sup>	35.26 <sup>a</sup>	11.66 <sup>a</sup>	18.00 <sup>a</sup>	6.34 <sup>a</sup>	49.17 <sup>a</sup>	1.41 <sup>b</sup>
		44	50.02 <sup>a</sup>	224.97 <sup>a</sup>	174.96 <sup>a</sup>	12.50 <sup>a</sup>	56.24 <sup>a</sup>	43.74 <sup>a</sup>	11.72 <sup>a</sup>	19.32 <sup>a</sup>	7.60 <sup>a</sup>	52.87 <sup>a</sup>	1.20 <sup>a</sup>
Efecto del Nivel de energía		4	50.08 <sup>a</sup>	224.75 <sup>a</sup>	174.67 <sup>a</sup>	12.52 <sup>a</sup>	56.19 <sup>a</sup>	43.67 <sup>a</sup>	11.71 <sup>a</sup>	19.12 <sup>a</sup>	7.40 <sup>a</sup>	53.29 <sup>a</sup>	1.21 <sup>a</sup>
		4.4	49.24 <sup>a</sup>	190.56 <sup>a</sup>	141.32 <sup>a</sup>	12.31 <sup>a</sup>	47.64 <sup>b</sup>	35.33 <sup>a</sup>	11.67 <sup>a</sup>	18.21 <sup>a</sup>	6.54 <sup>a</sup>	48.74 <sup>a</sup>	1.40 <sup>b</sup>
<b>Probabilidad</b>													
Proteína bruta			0.1774	0.0972	0.0994	0.1779	0.0972	0.0994	0.1184	0.0508	0.0559	0.3784	0.0041
Energía digestible			0.1187	0.1006	0.104	0.1193	0.1006	0.104	0.2162	0.1426	0.0352	0.286	0.0061
PB x ED			0.2899	0.9193	0.8949	0.29	0.9193	0.8949	0.4013	0.8276	0.3418	0.0955	0.0015

<sup>a, b</sup> en la misma columna expresan diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) DBCA con Análisis Factorial y prueba de Duncan

### 4.3 GANANCIA DE TALLA

Los resultados obtenidos del incremento de longitud se muestran en el Cuadro 08 y en el Anexo 4. El análisis de variancia indican que no existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en los niveles de proteína como el efecto del nivel de energía digestible. Existiendo numéricamente un incremento entre los tratamientos 2 (44% de proteína y 4 Mcal/kg) y tratamiento 4 (44% de proteína y 4.4 Mcal/kg) ambos con mayor cantidad de proteína que los tratamientos 1 (40% de proteína y 4 Mcal/kg) y tratamiento 3 (40% de proteína y 4.4 Mcal/kg). Por lo tanto, las dietas con mayor cantidad de proteína generan numéricamente un incremento en la talla del paiche (*Arapaima gigas*).

### 4.4 CONSUMO DE ALIMENTO

Los resultados obtenidos del consumo de alimento se muestran en el Cuadro 08 y el Anexo 5. El análisis de variancia no muestran diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) para el consumo de alimento de los tratamientos (Anexo 11). No obstante se observó numéricamente mayor consumo en los peces alimentados con la dieta de 44% de proteína y 4 Mcal/Kg. Del Risco et al., (2008) menciona a menor aporte de energía digestible, la proteína será utilizada como fuente de energía captando más proteína mediante el consumo de alimento. Por otro lado, trabajando con peces omnívoros como la gamitana, Gutiérrez et al., (2009) demostraron que altos niveles dietarios de energía y proteína resultan en un decrecimiento en el consumo de alimento, como se puede apreciar en el “tratamiento 4” (44% de proteína y 4.4 Mcal/Kg) con respecto al “tratamiento 2” (44% de proteína y 4.0 Mcal/Kg) esto podría atribuirse al exceso de energía disminuyendo así el consumo de alimento.

Por otro lado en el Anexo 6 se observa en el tratamiento 2 (44% de proteína y 4.0 Mcal/Kg) una mayor ingestión de proteína y de energía, así como, una mayor cantidad de lisina, en comparación con los demás tratamientos. Esto debido a que el tratamiento 2 posee mayor porcentaje de proteína y menor energía, aumentando el consumo de alimento como la ingestión de nutrientes.



## 4.5 CONVERSIÓN ALIMENTICIA

En el Cuadro 06 y Anexo 5, se observan los resultados de la conversión alimenticia. El análisis de variancia muestra diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) con respecto a la conversión alimenticia (Anexo 12) entre el porcentaje de proteína dietaria, el nivel de energía digestible en la dieta, así como la interacción de proteína con energía digestible. La dieta de menor nivel de proteína y alto nivel de energía (40% de proteína y 4.4 Kcal ED/Kg) produjo la mayor conversión alimenticia (1.63).

Se observa que para el nivel de 44% de proteína mejora la conversión alimenticia, por otro lado cuando este nivel interactúa con los diferentes niveles de energía (4 Mcal/kg y 4.4 Mcal/kg) se obtiene una mejor conversión alimenticia con la mayor cantidad de energía. Al nivel de proteína al 40% cuando interactúa con los diferentes niveles de energía disminuye la conversión alimenticia obteniendo una mejor respuesta con una menor energía. Sin embargo, evaluando el efecto del nivel de proteína la conversión alimenticia mejora con un mayor nivel de proteína (44%). Sin embargo, el efecto del nivel de energía obtiene una mejor conversión a menor energía (4Mcal/Kg).

Una conversión alimenticia de 1.6 es reportado por Ituassú et al., (2001), con una proteína aparente de 48%. Esta conversión es semejante a los resultados obtenidos, en el Tratamiento 3 se observa una conversión alimenticia de 1.63 pero con un nivel de proteína de 40% y 4.4 Mcal/Kg. Interactuando con la proteína nuestros mejores resultados son de 1.2 (4.4 Mcal/Kg, 44% de proteína) en conversión alimenticia. Además, Aldea (2002), probó tres niveles de proteína bruta (45%, 50% y 55%), en dietas peletizadas para paiche dando como resultado que la inclusión de la proteína bruta de 50% es el que presenta un mejor índice de conversión alimenticia (4.27) y tasa específica de crecimiento (1.38) que los demás tratamientos. Pereira et al. (2003) en juveniles, utilizando dietas extruidas al 40% de proteína obtiene una conversión alimenticia de 1.5. Siendo en los últimos años la introducción de dietas extruidas en la alimentación del paiche los que han mejorado paulatinamente la conversión alimenticia hasta alcanzar niveles entre 2.3 y 1.3 (Pereira et al., 2003).

Por otro lado, Hernandez et al. (2010) en larvas de Coporo (*Prochidolus mariae*), el menor consumo diario se encontró en las larvas alimentadas con el tratamiento 40% de proteína y 2500 Kcal/Kg. Se observó que en estos niveles la relación de energía/proteína hubo un

incremento de peso y mejor conversión alimenticia. Por lo mencionado el paiche al igual que los peces tucunaré y coporo, carnívoros, necesitan de alta proteína para lograr una mejor conversión en los primeros estadios de vida.

#### **4.6 RELACIÓN ENERGÍA DIGESTIBLE - PROTEÍNA BRUTA**

En el presente trabajo la mejor respuesta productiva en la dieta de los alevines de paiche es aquella relación energía digestible-proteína de 9 (4 Mcal de ED y 44% de proteína). Estos resultados son similares a los obtenidos por Yamane et al. (2009), con dietas de relación 11, 10, 9 y 8 Kcal/g de proteína, con la relación de 9 (44% y 3966 Kcal/Kg), se observaron mejores rendimientos productivos obteniendo una conversión alimenticia de 1.24.

En otras especies amazónicas, en evaluaciones con tucunaré, las dietas que mostraron mayor respuesta en el comportamiento productivo son aquellos que presenta una relación 8 a 9 (De Menezes et al., 2000). Por otro lado, Hernandez et al. (2010) determinó el efecto de la relación de energía/proteína en larvas de Coporo (*Prochidolus mariae*), este estudio mostró que la mejor utilización de proteína se logró a bajos niveles de energía.

#### **4.7 COSTO DE ALIMENTO POR KILOGRAMO DE GANANCIA DE PESO**

En el Anexo 13 se muestra la evaluación del costo de la dieta por tratamiento, observando un incremento en costos correspondiente al tratamiento 3 (40% PB y 4.4 Mcal ED/Kg) probablemente debido a una pobre utilización de alimento (conversión alimenticia de 1.63). Y un menor costo correspondiente al tratamiento 1 (40% de proteína y 4 Mcal/kg) debido posiblemente a la poca proteína empleada en la dieta y al poco consumo de alimento.

**Cuadro 07:** Evaluación del costo de alimento por kilogramo de ganancia de peso

	<b>TRATAMIENTOS</b>			
	T1	T2	T3	T4
Proteína Bruta (%)	40	44	40	44
Energía Digestible (Mcal/Kg)	4	4	4.4	4.4
Relación ED (KcalED):PB(g)	10	9	11	10
Conversión alimenticia	1.18	1.23	1.63	1.17
Costo de las dietas (S/.)	3.50	3.80	3.81	4.10
Costo de Alimento /Kg ganancia Peso	4.15	4.69	6.22	4.77

## **VII. CONCLUSIONES**

De acuerdo a las condiciones realizadas en el presente estudio se concluye:

1. La dieta de menor nivel de proteína (40%) y mayor nivel de energía digestible (4.4 Mcal/kg) produjo una pobre eficiente en la conversación alimenticia.
2. La dieta de 40% de proteína bruta y 4 Mcal ED/Kg, generó un menor costo por ganancia de peso.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda el uso de niveles de 44% de proteína y 4 Mcal/Kg de alimento con relación de energía digestible a proteína de 9, en la formulación de alimentos para alevinos de paiche (*Arapaima gigas*).
2. Se recomienda realizar estudios con mayores niveles de proteína y energía en peces de mayor edad.

## IX. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

**AOAC** 1990 Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15<sup>th</sup> Edition USA Disponible en: <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf> consultado el 18 de Enero del 2017

**ADELIZI, PD.; ROSATI, RR.; WARNER, K.; Wu, YV.; MUENCH, TR.; WHITE, MR.; BROWN, PB.** 1998. Evaluation of fish-meal free diets for rainbow trout. *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture Nutrition, 4: 255-262.

**ALDEA, G.** 2002. Cultivo de “paiche” *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829) con dietas artificiales en jaulas flotantes. Tesis para optar el título profesional de Biólogo. UNAP. IQ – Perú, 54 p.

**ALCANTARA F. WUST W. TELLO S., DEL CATILLO D. REBAZA M., MIYAKAWA V.,** 2006. PAICHE El gigante del Amazonas. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Perú. Disponible en: <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/L031.pdf> (en línea) Consultado el 14 de Mayo del 2015

**ANDREWS, JW.; MURAI, T.; CAMPBELL, C.** 1973. Effects of dietary calcium and phosphorus on growth, food conversion, bone ash and haematocrit levels of catfish. *J. Nutr.*, 103: 766-771.

**BARAS, E.; DAFFÉ, M.** submitted. Relationships between size heterogeneity, cannibalism and thermal optimum for growth in larvae and juveniles of sharptooth catfish. *Journal of Fish Biology*, submitted, 15 p.

**BARAS, E.; MPO’N’TCHA, A.; DRIOUCH, H.; PRIGNON, CH.; MÉLARD, C.** 2002. Ontogenetic variations of thermal optimum for growth, and its implication on thermolabile sex determination in blue tilapia. *Journal of Fish Biology*, 61: 645-660.

**BEZERRA, R.; SOARES, M.; CARVALHO, E.; COELHO, L.** 2013. Pirarucu, *Arapaima gigas*, the Amazonian Giant Fish is Briefly Reviewed, Nova Science Publishers, Inc. New York. ISBN: 978-1-62948-137-1.

**CAMPOS, L.** 2001. Historia Biológica del Paiche o Pirarucu *Arapaima gigas* (Cuvier) y Bases para su Cultivo en la Amazonía. Iquitos-Perú. 27 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 para optar título de Ingeniero Zootecnista. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, pp.: 32.

**CASTAGNOLLI, N.** 1992. Piscicultura de água doce. Jaboticabal: FUNEP. 189 p.

**CASTILLO, L.** 1994. La Historia Genética y cultivo de la tilapia roja. Ed. Ideal, Cali (Valle) Colombia: 330p.

**CAVERO, BAS.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R.; ITUASSÚ, DR.** 2003a. Biomassa sustentável de juvenis de pirarucu em tanques-rede de pequeno volume. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 38(6):723-728.

**CAVERO, B.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R.; ITUASSÚ, D.R.; GANDRA, A.L.; CRESCENCIO, R.** 2003b. Efeito da densidade de estocagem na homogeneidade do crescimento de juvenis de pirarucu, em ambiente confinado. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 38:103-107.

**CHO, C.** 1990. Fish nutrition, feeds, and feeding: with special emphasis on salmonid aquaculture. *Food Reviews International*, v.6, p.333-357.

**CHU-KOO, F.** 2006. Domesticación y crianza en cautiverio del *Arapaima gigas*: Manejo, aspectos reproductivos y nutricionales. 71 p.

**CHURCH, D.; POND, W.; POND, K.** 2002. Fundamentos de nutrición y Alimentación de Animales. 567 p.

**COWEY, C.; AND SARGENT, J.** 1972. Fish nutrition. Adv.Mar.Biol., 10:383–49

**CRESCÊNCIO, R.; ITUASSÚ, DR.; ROUBACH, R.; PEREIRA-FILHO, M.; CAVERO, BAS.; GANDRA, AL.** 2005. Influence of feeding period on consumption and weight gain of pirarucu. *Pesq Agropec Bras* 40(12):1217-1222.

**DEL RISCO, O.; VELÁSQUEZ, L.; MORI, L.; PADILLA, P.; CHU KOO, F.; SANDOVAL, M.** 2008, influencia del alimento extruido con tres niveles de proteína en el crecimiento de alevinos de paiche *Arapaima gigas* (CUVIER, 1829).

**FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION) EEUU** 1999. Manual de piscicultura del paiche (*Arapaima gigas* Cuvier). Caracas Venezuela. 84 p.

**FRACALOSSO DM.; ALLEN ME.; YUYAMA LK.; OFTEDAL OT.** 2001. Ascorbic acid biosynthesis in Amazonian fishes. *Aquaculture* 192, 321-332.

**FRANCO, H.** 2007. Cría y producción de pirarucú en cautiverio. Experiencias en el Piedemonte Caqueteño, Florencia (Caquetá-Colombia): Universidad de la Amazonia.

**GUILLAUME, J.; KAUSHIK, S.; BERGOT, P.; MÉTAILLER, R.;** 2004. Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Ediciones Mundi Prensa, España.

**GUTIÉRREZ, R., GÓMEZ, C., VERGARA, V.,** 2011. Efecto de dos niveles de energía y proteína en alimentos de crecimiento para truchas arcoíris. Disponible en: Consultado el 2 de Marzo del 2016



**GUTIÉRREZ, W., ZALDÍVAR, J., DEZA, S., & REBAZA, M.** 1996. Determinación de los requerimientos de proteína y energía de juveniles de paco, *Piaractus brachypomus* (Pisces Characidae). Folia amazônica, 8(2), 35-45.

**GUTIÉRREZ, W., ZALDÍVAR, J., Y GUADALUPE, S.** 2009. Efecto de varios niveles de energía digestible y proteína en la dieta sobre el crecimiento de gamitana (*Colossoma macropomum*) Cuvier 1818. Rev Inv Vet Perú 2009; 20(2):178-186.

-----.; **CONTRERAS G.; QUISPE M.; VALENZUELA L.; ZALDIVAR J.;** 2010 Utilización de la proteína dietaria por alevinos de la gamitana, *Colossoma macropomum*, alimentados con dietas isocalóricas.

**HENDERSON, P.A.** 1999. O Ambiente Acuático da Reserva Mamirauá. In: Estratégias para Manejo de Recursos Pesqueros em Mamirauá (Queiros, H.L. & Crampton, W.G.R. editores). Brasilia. 197 p.

**HEPHER, B.** 1983. Nutrición de Peces Comerciales en Estanques, Editorial Limusa S.A., México D.F., México. 406 p.

-----.. 1988. Nutrition of pond fishes. Cambridge: Cambridge University Press 388 p.

**HERNANDEZ G.; GONZALES J.; ALFONSO E.; SALMERON Y.; PIZZANI P.** 2010. Efectos de la relación energía/proteína sobre el desempeño productivo en larvas de Coporo (*Prochidolus mariae*)

**HIDALGO A.; SUÁREZ, M.; GARCÍA GALLEGO, ML.; SANZ A.; DE LA HIGUERA, M.** 1999. Excreción nitrogenada por la anguila efecto de la naturaleza y magnitud del aporte energético de la dieta. Vol. 48, Nº (181). p. 21-32.

**HUET, M.** 1983. Tratado de Psicicultura, Ediciones Mundi Prensa, 3era edición, Madrid, España. 753 p.

**HURTADO J.; TAFUR L.; SANDOVAL M.;** 2014 Descripción anatómica e histológica del sistema digestivo de juveniles de paiche (*Arapaima gigas* Cuvier, 1829), criados en jaulas y sometidos a dos tipos de alimentación, en Tingo María. Carrera Profesional: Zootecnia Universidad Agraria de la Selva Tingo María

**IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, PE).** 1999. Piscicultura amazónica con especies nativas. 1999. Tratado de Cooperación Amazónica. Secretaría Pro Tempore.

**IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, PE).** 2002. Manual para la producción y manejo de alevinos de paiche. Iquitos – Perú.

**IMBIRIBA, E.** 2001. Potencial da criação de pirarucu, *Arapaima gigas*, em cativeiro. Acta Amazonica, 31(2):299-316.

**ITUASSÚ, DR.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R.; CRESCENCIO, R.; CAVERO, B.; GANDRA, A.L.** 2001. Níveis de proteína bruta para juvenis de pirarucu. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 40(3):255-259.

**JOBLING, M.** 1994. Fish Bioenergetics. London, Chapman & Hall.

**KAUSHIK, SJ.; OLIVA-TELES, A.** 1985. Efecto de la energía digestible en el balance de nitrógeno y energía en la trucha arco iris. Acuicultura, v 50: 89-101.

**KUBITZA, F.; LOUS, L.; ONO, E.; BAZ, A.** 1999. Planejamento de produção de pirarucu. Cultivo de pees en jaulas flotantes de bajo volumen – experiencias en Brasil. Tercera edição . Rv. E ampl. Jundiaí SP Brasil. 72 p.

**LAMOTTE.** 2015. Total, calcium & magnesium Hardness test kit (en línea). Consultado 20 Oct. 2015. Disponible en <http://www.lamotte.com/images/pdfs/instructions/4824drlt.pdf>

**LAWSON, T.,** 1995. Fundamentals of Aquacultural Engineering. Department of Biological engineering Louisiana state University. USA. 217 p.

**LIM, C.**, 1979. Nutrition and Feeding of Tilapias. Fish Diseases and Parasite Research Lab. USDAARS, Auburn, Alabama-USA. En: IV Simposio Centroamericano de Acuicultura “Cultivo de Camarón y Tilapia”. Tegucigalpa-Honduras. p 94-107.

**LOVELL, R.** 1998. Nutrition and feeding of fish. Boston: Kluwer Academic Publishing. 627p.

**MARTÍNEZ, CA.; ET AL.**, 1988. The of Jack vean (*Canavalia ensiformis Leguminosae*) meal as a partial substitute for fish meal in diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus Cichlidae*). Aquaculture, 68: 165-175.

**DE MENEZES SAMPAIO, A., KUBITZA, F., & CYRINO, J.** (2000). Relação energia: proteína na nutrição do tucunaré. Scientia Agrícola, 57(2), 213-219.

**MEYER, G.; FRACALOSI, D.; BORBA, M.** 2004. Importância da quantidade de energia na ração de peixes. Panorama da Aqüicultura, v 14, p 53-57.

**MINCETUR** (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo del Perú, PE). 2015. Perfil del Mercado y Competitividad Exportadora del Paiche. 39 p.

**MONTOYA, J.** 2002. Efecto de dos niveles de Proteína y Energía digestible en el comportamiento Productivo de Alevines de Tilapia Roja (*Oreochromis spp.*). Tesis para optar el Título de Ingeniero Pesquero, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. 76p.

**NELSON, J.** 1999. Editorial and introduction: The species concept in fish biology. Reviews in fish and fisheries 9: 277-280.

**NRC (National Research Council, USA).** 2011. Nutrient requirements of fish. Washington, D.C.: National Academy Press. 114 p.

**OLIVEIRA, S.; POLETO, P.** 2005. Feeding of juvenile pirarucu (*Arapaima gigas*, Arapaimidae) in their natural environment, lago Quatro Bocas, Araguaiana-MT, Brazil Venere - Neotropical Ichthyology, , 3(2):312-314. Sociedade Brasileira de Ictiologia.

**ONO, E.; NUNES, É.; CEDANO, J.; PEREIRA FILHO, M.; ROUBACH, R.** 2008. Apparent digestibility coefficient of practical diets with different energy: protein ratios for pirarucu juveniles. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(2), 249-254.

**ONU (Organización de Naciones Unidas, EEUU).** 2007. Comercio sostenible de *Arapaima gigas* en la región amazónica. Informe de taller. 21 p.

**ORTIZ, W.; LUCERO R.; CEBALLOS, L.; LÓPEZ, J.** 2007. Potencial acuicola de Pirarucú (*Arapaima gigas*) en la cuenca amazónica.

**PADILLA, P.; ISMIÑO, R.; ALCÁNTARA, F.; TELLO, S.** 2004a. Efecto de la tasa de alimentación en el crecimiento del Paiche, *Arapaima gigas*. *En: Bodmer R*, Puertas P Memoria VI Congreso Internacional sobre Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonia y Latinoamérica. v 5, p 59-62.

----- 2004b. Producción y manejo de alevinos de paiche en ambientes controlados. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP. Programa de Ecosistemas Acuáticos. Iquitos – Perú.

**PADILLA, P.** 2000. Efecto del contenido proteico y energético de dietas en el crecimiento de alevinos de gamitana (*Colosssoma macropomum*). Control de nayadas de *Gomphaeshna* sp, *Tramea cophysa* y *Tramea*, 81.

**PATEL A.; YAKUPITIYAKE A.** 2003. Mxed feeding shedules in semi-intensive pond cultura of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, L.; is it necessary to have two diets of differing protein contents. *Aquaculture research*,, (34): 1343- 1352.

**PAVANELLI, G; EIRAS, J.; TAKEMOTO, R.** 1999. Doenças de Peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento. Maringá: EDUEM: CNPq: Nupélia. 264 p.:ii.

**PEREIRA-FILHO, M.; CAVERO, B.; ROUBACH, R.; ITUASSÚ, D., GANDRA, A.; CRESCÊNCIO, R.** 2003. Pirarucu (*Arapaima gigas*) husbandry in ponds. Acta Amazon 33(4):715-718.

**PEREYRA G.** 2013. Guía Técnica Piscicultura. Madre de Dios - Perú.

**PONTES, AC. DE P.** 1977. O pirarucú *Arapaima gigas*, (CUVIER, 1829), nos acudes publicos do Nordeste Brasileiro. B.S. Monography. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil.

**POPMA, T.; LOVSHIN, L.** 1996. Worldwidw Prospect for commercial Production of Tilapia. Research and Development Series No. 41. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments. Departament of fisheries and Allied Aquacultures Auburn University. Alabama-USA. 23 p.

**PRODUCE (Ministerio de la Producción del Perú, PE).** 2012. Programa Nacional de Ciencia, Desarrollo Tecnológico e Innovación en Acuicultura 2013-2021. Proyecto FAO TCP/PER/3302 (D) “Apoyo para la formulación del Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica en Acuicultura en el Perú”.

**PROMPEX.** 2006. Exportaciones Peruanas y Mercados de los Productos de la Acuicultura. Convención Nacional Oportunidades de Negocios en Acuicultura, Abril 2006, Lima, Perú.

**QUEIROZ, H.; SARDINHA, A.** 1999. Estrategia para la gestión de los recursos pesqueros en Mamirauá. Sociedad Civil Mamirauá, CNP. Brasilia, p 108-141.

**REBAZA, M., ALCÁNTARA, F.; VALDIVIESO, M.** 1999. Manual de Piscicultura del Paiche (*Arapaima gigas* CLUVIER) . Secretaría Pro Tempore del Tratado de Cooperación Amazónica (TCA) – IIAP – FAO. 35 p.

**REIGH, R.; ELLIS, S.** 1994. Utilization of Animal-Protein and PlantProtein Supplements by Red Swamp crayfish *Procambarus clarkii* Fed Formulated Diets. Journal of the World Aquaculture Society. 25 (4): 541-552.

**ROBLES, S.** 2004. Evaluación de dos niveles de inclusión de harina de maca *Lepidium peruvianum* G. Chacón en alimento de inicio en alevinos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Tesis para optar título de Ingeniero Pesquero. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, pp.: 52-53.

**RODRIGUEZ A.; MORO G.; DOS SANTOS V.** 2015 Alimentação e nutrição do pirarucu (*Arapaima gigas*). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Pesca e Aquicultura. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasil 32p.

**ROGÉRIO, W.; SIGNOR, A.; DE FREITAS, J.; BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A.** 2011 Nutrição de peixes nativos. Revista Brasileira de Zootecnia, v.40, p.145-154.

**SÁ M.; FRACALOSI D.** 2002. Exigência Protéica e Relação Energia/Proteína para Alevinos de Piracanjuba (*Brycon orbignyanus*)

**ROJAS S.; QUINTERO, L.; LOPEZ, N.; PEZZATO, LE.** 2005. Nutrición y alimentación del pirarucu *Arapaima gigas* (Schinz, 1882). Biología y cultivo del pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, p. 41-58. No. Doc. 21264 CO-BAC, Bogotá.

**SANDOVAL, M.** 2007. Aspectos de manejo, reproducción y alimentación del paiche (*Arapaima gigas*) en la Amazonía peruana. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP Proyecto Diversidad Biológica de la Amazonía Peruana- BIODAMAZ. Iquitos – Perú.

**SANTAMARÍA, SC.** 2014. Nutrición y alimentación de peces nativos. Universidad Nacional Abierta y a distancia UNAD Colombia ECAPMA - Zootecnia. <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2697/1/23591903.pdf> (en línea) Consultado el 20 de agosto de 2015.

**SERA TEST** 2015. Análisis del agua. Consultado 20 octubre. 2015. Disponible en <http://www.sera.de/es/pages/productos/category/analisis-del-agua-1881.html>

**SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, BR).** 2010. Manual de Boas Práticas de Produção e Cultivo do Pirarucu em Cativeiro. 42 p.

**VERGARA, V.; CAMACHO, R.; BUSTAMANTE P.** 2016a Determinación del requerimiento de energía digestible para el Paiche (*Arapaima gigas*). LAQUA16 Inovative Aquaculture under Environmental Challenges. 317p.

-----, 2016 b Determinación del requerimiento de Proteína cruda para el Paiche (*Arapaima gigas*). LAQUA16 Inovative Aquaculture under Environmental Challenges. 318p.

**VERGARA, V.; FERRER, S.; CAMACHO, R.** 2014. Determinación de los estándares nutricionales para el paiche (*Arapaima gigas*). Reporte del laboratorio de investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos. Departamento Académico de Nutrición. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima-Perú.

**VINATEA, L.** 1997. Principios químicos da qualidade da água em aquicultura Florianópolis, Ed. da UFSC. 166 p.

**WILSON, R.** 2002. Amino acids and proteins. In: Halver, JE.; Hardy, RW. (Eds), Fish Nutrition. 3rd Ed. pp. 143–199. Academic Press Inc., San Diego, CA, USA.

**WORDPRESS.COM** 2012. Peces amazonicos II -2012-I. 41 p (en línea) Consultado el 12 de setiembre del 2015. Disponible en: <https://eliasnutri.files.wordpress.com/2012/04/peces-amazonicos-i-2012-i-modo-de-compatibilidad.pdf>

**YAMANE, R.; RAGONHA, S.; DE SOUZA, E.; AKIFUMI, E.; ROUBACH, R.; GUSMAO, E.** 2009. Evaluación de desempeño productivo de *Arapaima gigas* alimentado con dietas en diferentes sistemas de crianza intensiva. Asociación brasilera de zootecnistas.

**YUTO, J.; SANDOVAL, M.; CHU-KOO, F.; PADILLA, P.; MORI, L.** 2007. Influencia de la alimentación con peces forraje en el crecimiento de juveniles de paiche *Arapaima gigas* en ambientes controlados. Proyecto Diversidad Biológica de la Amazonía Peruana-BIODAMAZ, (en línea). Disponible en:

[http://www.iiap.org.pe/biodamaz/faseii/download/literatura\\_gris/Articulos%20cient%C3%ADficos/4Art%C3%ADculo%20Influencia%20de%20la%20alimentaci%C3%B3n%20con%20peces%20forraje%20en%20el%20crecimiento%20del%20paiche%20-%2028-11-07.pdf](http://www.iiap.org.pe/biodamaz/faseii/download/literatura_gris/Articulos%20cient%C3%ADficos/4Art%C3%ADculo%20Influencia%20de%20la%20alimentaci%C3%B3n%20con%20peces%20forraje%20en%20el%20crecimiento%20del%20paiche%20-%2028-11-07.pdf) (en línea) Consultado el 20 de agosto de 2015.



## VI. ANEXOS

### ANEXO 1 RESULTADO DEL ANÁLISIS QUÍMICOS

<b>RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO</b>				
<b>ANALISIS</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
HUMEDAD,%	7,552	7,3159	6,3604	6,206
PROTEINA TOTAL (Nx6.25), %	40,01	44,51	40,49	44,46
GRASA, %	12,63	11,244	16,6537	16,57
FIBRA CRUDA, %	2,3554	2,5153	2,3399	1,9965
CENIZA, %	8,0802	8,789	8,0389	9,0465
ELN, %	29,3642	25,6174	26,1148	21,713

**ANEXO 2. GANANCIA DE BIOMASA POR BLOQUE**

Tratamiento	Bloque	Biomasa		Ganancia de biomasa (g)
		inicial (g)	final (g)	
T-1	B1	28.98	100.56	71.58
	B2	49.46	208.37	158.91
	B3	69.94	316.17	246.23
T-2	B1	29.38	155.16	125.78
	B2	50.71	241.14	190.43
	B3	72.03	327.11	255.08
T-3	B1	29.11	136.32	107.21
	B2	49.16	172.31	123.16
	B3	69.2	208.3	139.10
T-4	B1	29.91	143.04	113.13
	B2	49.33	208.81	159.48
	B3	68.74	274.57	205.83

**ANEXO 3. GANANCIA DE PESO POR BLOQUE**

Tratamiento	Bloque	Días			Ganancia de Peso (g)
		0	15	42	
T-1	B1	7.25	11.99	25.14	17.90
	B2	12.37	27.92	52.09	39.73
	B3	17.49	43.85	79.04	61.56
T-2	B1	7.35	16.38	38.79	31.45
	B2	12.68	30.29	60.28	47.61
	B3	18.01	44.21	81.78	63.77
T-3	B1	7.28	13.03	34.08	26.80
	B2	12.29	20.83	43.08	30.79
	B3	17.3	28.63	52.08	34.78
T-4	B1	7.48	14.46	35.76	28.28
	B2	12.33	25.82	52.2	39.87
	B3	17.19	37.19	68.64	51.46

**ANEXO 4 GANANCIA DE LONGITUD POR BLOQUE.**

Tratamiento	Bloque	Longitud		Ganancia de Longitud (cm)
		Inicial	Final	
T-1	B1	9.93	15.08	2.27
	B2	11.67	18.52	3.35
	B3	13.41	21.97	4.42
T-2	B1	9.98	17.38	5.89
	B2	11.76	19.71	5.08
	B3	13.54	22.05	4.27
T-3	B1	9.94	16.33	2.56
	B2	11.65	17.49	2.53
	B3	13.36	18.65	2.50
T-4	B1	10.04	16.75	2.49
	B2	11.68	18.93	3.25
	B3	13.33	21.1	4.01

**ANEXO 5. CONVERSIÓN ALIMENTARIA POR BLOQUE**

Tratamiento	Bloque	Ganancia de Peso (g)	Consumo	Conversión
			alimento	Alimenticia
T-1	B1	17.9	20.35	1.14
	B2	39.73	47.61	1.20
	B3	61.56	74.87	1.22
T-2	B1	31.45	37.65	1.20
	B2	47.61	58.98	1.24
	B3	63.77	80.31	1.26
T-3	B1	26.8	38.32	1.43
	B2	30.79	50.74	1.65
	B3	34.78	63.16	1.82
T-4	B1	28.28	32.1	1.13
	B2	39.87	46.75	1.17
	B3	51.46	61.41	1.19

**ANEXO 6. INGESTION DE NUTRIENTES (g/pez/día)**

	<b>TRATAMIENTOS</b>			
	T1	T2	T3	T4
Proteína Bruta (%)	40	44	40	44
Energía Digestible (Mcal/Kg)	4	4	4.4	4.4
Relación ED (KcalED):PB(g)	10	9	11	10
Proteína	19.04	25.95	20.29	20.57
Energía	1.904	2.359	2.230	2.057
Lisina	1.347	1.869	1.466	1.510
Grasa	5.989	6.267	8.960	7.360

**ANEXO 7. EVALUACIÓN DE DOS NIVELES DE ENERGÍA DIGESTIBLE /PROTEÍNA EN DIETAS DE PAICHES SOBRE EL CONSUMO DE ALIMENTOS**

<b>TRT</b>	<b>Energía digestible</b>	<b>Proteína Bruta</b>	<b>Relación</b>	<b>Consumo alimento (g)</b>	<b>Conversión alimenticia</b>
T1	4	40	10	47.61a	1.18 <sup>a</sup>
T2	4	44	9	58.98a	1.23 <sup>a</sup>
T3	4.4	40	11	50.74a	1.63b
T4	4.4	44	10	46.75a	1.17 <sup>a</sup>
Efecto del nivel de proteína		40		49.17a	1.41b
		44		52.87a	1.20 <sup>a</sup>
Efecto del Nivel de energía		4		53.29a	1.21 <sup>a</sup>
		4.4		48.74a	1.40b

<sup>a, b</sup> en la misma columna expresan diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) DBCA con Análisis Factorial y prueba de Duncan

## ANEXO 8 ANÁLISIS DE VARIANCA DEL PESO

### Análisis de Varianza de Peso Inicial

FV	GL	SC	CM	F VALUE	Pr>F	NS
BLOQ	2	206,369928	103,184964	2560,18	<.0001	*
PB	1	0,0938101	0,0938101	2,33	0,1779	ns
ED	1	0,1329308	0,1329308	3,3	0,1193	ns
PB*ED	1	0,0542708	0,0542708	1,35	0,29	ns
Error	6	0,2418232				
Total	11	206,892763				

R=0,998831

ns: no significativo, \*: significativo

### Análisis de Varianza de Peso Final

FV	GL	SC	CM	F VALUE	Pr>F	NS
BLOQ	2	2729,45967	1364,72984	23,41	0,0015	*
PB	1	224,882892	224,882892	3,86	0,0972	ns
ED	1	219,222008	219,222008	3,76	0,1006	ns
PB*ED	1	0,650536	0,650536	0,01	0,9193	ns
Error	6	349,846964				
Total	11	3524,06207				

R=0,900726

ns: no significativo, \*: significativo

### Análisis de Varianza de Ganancia de peso

FV	GL	SC	CM	F VALUE	Pr>F	NS
BLOQ	2	1434,73853	717,369264	12,61	0,0071	*
PB	1	215,790564	215,790564	3,79	0,0994	ns
ED	1	208,541719	208,541719	3,67	0,104	ns
PB*ED	1	1,0806	1,0806	0,02	0,8949	ns
Error	6	341,259774				
Total	11	2201,41119				

R=0,844981

ns: no significativo, \*: significativo

## ANEXO 9 ANÁLISIS DE VARIANCA DE LA BIOMASA

### Análisis de Varianza de Biomasa inicial

FV	GL	SC	CM	F VALUE	Pr>F	NS
BLOQ	2	3302,00011	1651,00006	2566,03	<.0001	*
PB	1	1,501669	1,501669	2,33	0,1774	ns
ED	1	2,129419	2,129419	3,31	0,1187	ns
PB*ED	1	0,866719	0,866719	1,35	0,2899	ns
Error	6	3,860437				
Total	11	3310,35836				

R=0,998834

ns: no significativo, \*: significativo

### Análisis de Varianza de Biomasa Final

FV	GL	SC	CM	F VALUE	Pr>F	NS
BLOQ	2	43670,9114	21835,4557	23,41	0,0015	*
PB	1	3598,05701	3598,05701	3,86	0,0972	ns
ED	1	3507,55213	3507,55213	3,76	0,1006	ns
PB*ED	1	10,41603	10,41603	0,01	0,9193	ns
Error	6	5597,60337				
Total	11	56384,54				

R=0,900725

ns: no significativo, \*: significativo

### Análisis de Varianza de Ganancia de Biomasa

FV	GL	SC	CM	F VALUE	Pr>F	NS
BLOQ	2	22956,1379	11478,0689	12,61	0,0071	*
PB	1	3452,54725	3452,54725	3,79	0,0994	ns
ED	1	3336,83425	3336,83425	3,67	0,104	ns
PB*ED	1	17,292	17,292	0,02	0,8949	ns
Error	6	5460,0734				
Total	11	35222,8848				

R=0,844985

ns: no significativo, \*: significativo

## ANEXO 10 ANÁLISIS DE VARIANCA DEL INCREMENTO DE LONGITUD

### Análisis de Varianza de Longitud Inicial

FV	GL	SC	CM	F VALUE	Pr>F	NS
BLOQ	2	23,6568812	11,8284406	3533,78	<,0001	**
PB	1	0,01110208	0,01110208	3,32	0,1184	ns
ED	1	0,00639408	0,00639408	1,91	0,2162	ns
PB*ED	1	0,00273008	0,00273008	0,82	0,4013	ns
Error	6	0,0200835				
Total	11	23,6971909				

R=0,999152

ns: no significativo, \*\*: muy significativo

### Análisis de Varianza de Longitud final

FV	GL	SC	CM	F VALUE	Pr>F	NS
BLOQ	2	41,5963207	20,7981603	23,79	0,0014	*
PB	1	5,18373075	5,18373075	5,93	0,0508	ns
ED	1	2,48703075	2,48703075	2,84	0,1426	ns
PB*ED	1	0,04526408	0,04526408	0,05	0,8276	ns
Error	6	5,24538667				
Total	11	54,5577329				

R=0,903856

ns: no significativo, \*: significativo

### Análisis de Varianza de Ganancia de Longitud

FV	GL	SC	CM	F VALUE	Pr>F	NS
BLOQ	2	0,5030045	0,25150225	0,35	0,7173	ns
PB	1	4,51045408	4,51045408	6,3	0,0459	*
ED	1	5,24701875	5,24701875	7,33	0,0352	*
PB*ED	1	0,76255208	0,76255208	1,07	0,3418	ns
Error	6	4,29421083				
Total	11	15,3172402				

R=0,719649

ns: no significativo, \*: significativo

## ANEXO 11 ANÁLISIS DE VARIANCA DEL CONSUMO DE ALIMENTO

FV	GL	SC	CM	F VALUE	Pr>F	NS
BLOQ	2	0,04351517	0,02175758	3,38	0,1037	ns
PB	1	0,13000008	0,13000008	20,22	0,0041	*
ED	1	0,11001675	0,11001675	17,12	0,0061	*
PB*ED	1	0,19686408	0,19686408	30,63	0,0015	*
Error	6	0,03856683				
Total	11	0,51896291				

R=0,925685

ns: no significativo, \*: significativo

## ANEXO 12 ANÁLISIS DE VARIANCA DE LA CONVERSION ALIMENTARIA

FV	GL	SC	CM	F VALUE	Pr>F	NS
BLOQUE	2	0.04351517	0.02175758	3.38	0.1037	ns
PB	1	0.13000008	0.13000008	20.22	0.0041	**
ED	1	0.11001675	0.11001675	17.12	0.0061	**
PB*ED	1	0.19686408	0.19686408	30.63	0.0015	**
Error	6	0.03856683				
Total	11					

R=0.925685

ns: no significativo, \*: significativo

## ANEXO 13 COSTOS DE LAS DIETAS

INGREDIENTES	Costo (S./Kg)	T1	T2	T3	T4
<b>Harina de pescado</b>	6.50	2.27	2s.73	2.40	2.86
<b>Harinilla</b>	0.99	0.31	0.27	0.24	0.20
<b>Torta de soya</b>	1.58	0.39	0.39	0.39	0.39
<b>Aceite vegetal</b>	4.78	0.35	0.24	0.60	0.49
<b>Colina</b>	3.14	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Premezcla vitamina y minerales</b>	38.23	0.08	0.08	0.08	0.08
<b>Sal</b>	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Enzima</b>	33.77	0.05	0.05	0.05	0.05
<b>Acido orgánico</b>	28.83	0.03	0.03	0.03	0.03
<b>Antioxidante</b>	14.27	0.02	0.02	0.02	0.02
<b>Costo total (S/.)</b>		3.50	3.80	3.81	4.10
<b>Costo total (\$.)</b>		1.06	1.15	1.15	1.24

Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos (PIPS) Octubre 2015



**ANEXO 14. INSTALACIONES Y EQUIPOS DEL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE PECES Y CRUSTÁCEOS (LINAPC)**

<b>EQUIPO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>FUNCIÓN</b>
Ablandador de agua	1m <sup>3</sup>	Al poseer el agua de La Molina 1500 ppm (concentración de iones de Ca <sup>++</sup> y Mg <sup>++</sup> ), el ablandador cumple la función de disminuir la dureza hasta 16 ppm.
Tanque sumidero	Capacidad 360 Lt	Recepciona directamente el agua del ablandador. Consta de un desagüe por rebose y una salida hacia la bomba de agua.
Bomba de agua	1 HP de potencia	Permite el movimiento del agua desde el tanque sumidero a través de todos los filtros hacia todos los acuarios.
Filtro mecánico (Reemy)	1 unidad	Tiene la capacidad para retener partículas de hasta un mínimo de 20µm.
Filtros Housing	2 unidades	Apoyan al filtro mecánico con la retención de partículas de 20µm
Enfriador/calentador de agua	2 HP de potencia	Enfriar o calienta el agua entre un rango de 13 – 32 °C.
Esterelizador U.V.	25 watts	Esteriliza el agua disminuyendo de esta forma la presencia de algas, bacterias y virus no deseada en los acuarios.
Filtros Cuno	4 unidades	Compuesto por dos pares de filtros (5µm y 1µm), permite que el agua llegue con mayor pureza a los acuarios.
Bomba de aire (blower)	1/3 HP de potencia	Toma aire del ambiente y lo traslada a través de las líneas de aire hacia los acuarios, donde se encuentran las piedras difusoras de aire.
Acuarios para pruebas de crecimiento	9 unidades	Alberga a los peces durante la evaluación. Cada acuario de fibra de vidrio tiene capacidad de 55 litros, de color blanco, liso por dentro y fuera, con frontis de vidrio de 6mm y dimensiones de 0.47x0.47x0.50m.

## ANEXO 15. LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE PECES Y CRUSTÁCEOS

