

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**



**"EFECTO DE TRES TIPOS DE ACEITE SOBRE  
LA PERFORMANCE DE ALEVINES DE  
SÁBALO COLA ROJA (*Brycon erythropterum*)"**

Tesis para Optar el Título de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

Presentado por:

**Laura Cecilia Paredes La Rosa**

Lima - Perú

2020

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**

**“EFECTO DE TRES TIPOS DE ACEITE SOBRE LA  
PERFORMANCE DE ALEVINES DE SÁBALO COLA ROJA  
(*Brycon erythropterum*)”**

Presentada por:

**LAURA CECILIA PAREDES LA ROSA**

Tesis para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

.....  
Dr. Víctor Guevara Carrasco  
Presidente

.....  
Dr. Carlos Vílchez Perales  
Miembro

.....  
Ing. Fernando Galecio Regalado  
Miembro

.....  
Ing. Víctor Vergara Rubín  
Patrocinador

## *DEDICATORIA*

*A mi madre Laura La Rosa, a mi abuelita Victoria Loli, a mi abuelito Simón La Rosa en el cielo y a toda mi familia por apoyarme siempre en cada paso que doy y por ser la razón de mi vida.*

*A mis padrinos Rafael La Rosa y Elizabeth Anaya por sus sabios consejos, por su apoyo incondicional para que no me rinda en culminar con mi tesis y por inculcarme el amor por la ciencia.*

## *AGRADECIMIENTOS*

*Al Ing. Víctor Vergara Rubín por su orientación, consejos y aportes, que permitieron la elaboración del presente trabajo de tesis.*

*A los miembros del jurado por sus sugerencias e importantes aportes para culminación de este documento.*

*A la Ing. Andrea Marchán, por su gran apoyo de la realización de éste trabajo de investigación, desde la realización del proyecto de tesis hasta la sustentación de la misma.*

*Al Ing. Diego Zavaleta por su paciencia, sus críticas constructivas y su aporte en el análisis estadístico para que este documento se realice.*

*A Milagros Serpa por sus consejos y su apoyo durante toda la realización de mi tesis.*

# ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>2</b>
2.1 Aceite crudo de soya ( <i>Glycine max</i> ) .....	2
2.1.1 Materia prima.....	2
2.1.2 Procesamiento del aceite crudo de soya .....	3
2.1.3 Valor nutritivo del aceite crudo de soya .....	4
2.2 Aceite crudo de pescado.....	5
2.2.1 Aspectos generales .....	5
2.2.2 Procesamiento de aceite crudo de pescado.....	6
2.2.3 Valor nutritivo del aceite crudo de pescado .....	7
2.3 Aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado .....	8
2.3.1 Aspectos generales .....	8
2.3.2 Procesamiento del aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado.....	9
2.3.3 Valor nutritivo del aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado .....	10
2.4 Sábalo cola roja ( <i>Brycon erythopterus</i> ) .....	12
2.4.1 Descripción taxonómica .....	12
2.4.2 Descripción morfológica del pez.....	12
2.4.3 Aspectos generales .....	13
2.4.4 Requerimientos nutricionales del sábalo cola roja.....	14
2.4.5 Evaluaciones de aceite en otras especies .....	17
2.4.6 Calidad de agua en el sábalo.....	18
2.4.7 Hábitos alimenticios y factores que influyen en el consumo del alimento .....	20
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
3.1 Lugar y periodo de evaluación .....	23
3.2 Instalaciones y equipos.....	23
3.3 Animales experimentales .....	24
3.3.1 Productos evaluados.....	24
3.4 Tratamientos.....	25

3.5	Dietas experimentales.....	25
3.6	Manejo experimental .....	28
3.7	Análisis de laboratorio.....	28
3.8	Evaluación de la calidad de agua.....	28
3.9	Parámetros productivos .....	30
3.9.1	Peso y longitud .....	30
3.9.2	Ganancia de peso e incremento de longitud.....	30
3.9.3	Consumo de alimento.....	30
3.9.4	Conversión alimenticia .....	30
3.9.5	Sobrevivencia .....	30
3.9.6	Costo de alimento por kilogramo de ganancia de peso .....	30
3.10	Diseño estadístico .....	31
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>32</b>
4.1	Efecto de los tres tipos de aceite en la ganancia de peso .....	32
4.2	Incremento de longitud – talla .....	35
4.3	Consumo de alimento.....	35
4.4	Conversión alimenticia.....	36
4.5	Sobrevivencia.....	37
4.6	Costo de alimento por kilogramo de ganancia de peso .....	37
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>38</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>40</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>45</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Composición de ácidos grasos de los 3 tipos de aceite .....	8
Tabla 2: Ficha técnica calidad de agua para yamú ( <i>Brycon amazonicus</i> ) .....	20
Tabla 3: Composición promedio de los tipos de aceite .....	24
Tabla 4: Composición y valor nutritivo calculado de las dietas .....	26
Tabla 5: Fórmula de premezcla de vitaminas y minerales para la acuicultura .....	27
Tabla 6: Parámetros de calidad de agua .....	29
Tabla 7: Efecto de los diferentes aceites en el comportamiento productivo de alevines de sábalo cola roja.....	34
Tabla 8: De 100 g de muestra original que contiene aceite crudo de pescado. ....	45
Tabla 9: De 100 g de muestra original que contiene aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado .....	45
Tabla 10: p-valor y significancia estadística obtenidos en el análisis de la varianza individual para el efecto de los tipos de aceite .....	46
Tabla 11: Ganancia de biomasa por bloque .....	46
Tabla 12: Ganancia de peso promedio por bloque .....	47
Tabla 13: Ganancia de tamaño promedio por bloque.....	49
Tabla 14: Conversión alimenticia promedio por bloque .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Flujo del proceso del aceite crudo de soya .....	3
Figura 2: Flujo del proceso del aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado.....	10
Figura 3: Diagrama box plot de los efectos de los tipos de aceite en el incremento de peso según la clase de alevín de sábalo cola roja .....	48



## ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1: Resultado del análisis químico. ....	45
Anexo 2: Efectos del tipo de aceite en la performance del sábalo cola roja.....	46
Anexo 3: Análisis estadístico del peso .....	47
Anexo 4: Análisis estadístico del tamaño.....	49
Anexo 5: Análisis estadístico del consumo.....	50
Anexo 6: Análisis estadístico de la conversión alimenticia .....	51
Anexo 7: Costo de las dietas .....	52
Anexo 8: Instalaciones y equipos del laboratorio de investigación en nutrición y alimentación de peces y crustáceos (LINAPC) .....	53
Anexo 9: Laboratorio de investigación en nutrición y alimentación de peces y crustáceos (LINAPC) .....	54

## *RESUMEN*

La investigación se realizó para determinar el efecto que generan tres tipos de aceites (aceite crudo de soya, aceite crudo de pescado y aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado) en la evaluación de los parámetros productivos como ganancia de peso, ganancia de talla, consumo de alimento y conversión alimenticia (C.A.), al ser incluidos en la dieta de alevines de sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*). Se dividieron a los peces en tres bloques por tamaños (grandes, medianos y pequeños) en los acuarios del Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación en Peces y Crustáceos, donde se mantuvo las condiciones climáticas óptimas para su desarrollo ( $T^{\circ} \text{ac.} = 29,3^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{O}_2 = 5,39 \text{ mg/l}$ ,  $\text{pH} = 7,33$ ). El alimento se suministró a los peces a saciedad los 28 días del período de evaluación. Los resultados que se obtuvieron en base a los tres tipos de aceites no mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,005$ , ANOVA) en los parámetros productivos mencionados anteriormente; sin embargo, la dieta que incluye el aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado presentó numéricamente mejores resultados en comparación con los otros aceites, viéndose reflejado en la C.A. (1.18), generando mejor eficiencia y rentabilidad de la dieta en los peces. Se concluye que se puede utilizar el 5 por ciento del aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado en la alimentación del sábalo cola roja, sin alterar su rendimiento productivo.

**Palabras claves:** *Brycon erythropterum*, aceite, peso, tamaño, consumo de alimento.

## *ABSTRACT*

The research was carried out to determine the effect produced by three types of oils (raw soybean oil, raw fish oil and neutralized fish fatty acid oil) in the evaluation of productive parameters such as weight gain, height gain, consumption of food and feed conversion (CA), when included in the diet of red tailed sad fry (*Brycon erythropterum*). The fish were divided into three blocks by size (large, medium and small) in the aquariums of the Research Laboratory in Nutrition and Food in Fish and Crustaceans, where the optimal climatic conditions for their development were maintained ( $T^{\circ} \text{ac.} = 29,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{O}_2 = 5,39 \text{ mg/l}$ ,  $\text{pH} = 7,33$ ). The feed was supplied to the fish to satiety 28 days of the evaluation period. The results obtained based on the three types of oils showed no significant statistical differences ( $p < 0,005$ , ANOVA) in the productive parameters mentioned above; however, the diet that includes fish neutralized fatty acid oil presented numerically better results compared to the other oils, being reflected in the C.A. (1,18), generating better efficiency and profitability of the diet in fish. It is concluded that 5% of the fish neutralized fatty acid oil can be used in the feeding of the red tail shad, without altering its productive performance.

Keywords: *Brycon erythropterum*, oil, weight, size, food consumption.

## I. INTRODUCCIÓN

La diversidad biológica de América Latina es una de las más ricas del planeta, incluyendo una importante diversidad de ictiofauna de agua dulce, es por eso que existe una creciente tendencia global a la diversificación de organismos acuáticos cultivados. Por ello se han impulsado múltiples programas de investigación y desarrollo de tecnologías de cultivos de especies nativas de la cuenca del Amazonas entre ellas el sábalo cola roja (*Brycon erythropterus*).

El sábalo cola roja, es una especie de alta demanda comercial por la calidad de su carne, su rápido crecimiento en cautiverio, la resistencia a enfermedades y rusticidad. Por ello es de gran importancia en las regiones de la que puedan permitir la elaboración de dietas balanceadas para dicha especie. Amazonía peruana. Sin embargo, uno de los problemas que impiden su óptimo desarrollo en el país, es la falta de un alimento eficiente y de bajo costo, ya que existen pocas investigaciones sobre los aspectos nutricionales

En cautiverio esta especie presenta buena aceptabilidad del alimento extrusado y peletizado, utilizando como ingredientes para su elaboración subproductos agroindustriales Izel *et al.*, citado en Frasca-Scorvo (2007), como aceite de pescado, torta de soya, harina de pescado, entre otros. Por lo tanto, se plantea buscar ingredientes no convencionales, fuentes de energía como los aceites, que optimicen la calidad nutritiva y sensorial, que permitan desarrollar dietas balanceadas eficientes, con bajos costos de producción y que promuevan la máxima ganancia de peso en el menor tiempo posible.

El aceite crudo de soya, el aceite crudo de pescado son aceites de uso convencional, mientras que el aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado de uso no convencional en la alimentación acuícola, aún no ha sido evaluado en sábalos cola roja. Por ello, el objetivo general de la presente investigación es evaluar tres tipos de aceite en el nivel de 5 por ciento en la dieta de alevines de sábalo cola roja, mediante los parámetros de peso, talla, conversión alimenticia, sobrevivencia y costo del alimento.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Aceite crudo de soya (*Glycine max*).

#### 2.1.1 Materia prima

La soya *Glycine max*, es una importante semilla perteneciente a la familia de las leguminosas, existen tres especies principales: *Glycine ussuriensis*- en estado natural, *Glycine max* - cultivada y *Glycine gracilis*- intermedia. Siendo *Glycine max* la más desarrollada en todo el mundo (Salunkhe, citado por Pérez 2003).

La soya es una planta de la familia de las leguminosas, pero a diferencia de otras plantas produce mayor cantidad de vainas y por consiguiente su rendimiento es superior. Es originaria de Asia Oriental, crece en un clima tropical y sub-tropical, requiere de abundante humedad durante su ciclo de crecimiento, y de sequedad en su periodo de madurez, especialmente en la época de la cosecha. Es una leguminosa maravillosamente generosa y puede ser aprovechada en una variedad increíble de subproductos: aceite de soya, leche de soya, tofu, miso, salsa de soya, etc. (Loza y Parra 2012).

Esta planta alcanza medir desde 0,4 hasta 1,5 metro de altura. La soya es una oleaginosa de alto valor nutritivo con múltiples usos tanto para el consumo humano como animal y tiene una demanda importante en el país, siendo el mayor consumidor el sector de la avicultura debido a que la torta de soya representa alrededor del 15 al 20 por ciento de la composición de alimentos balanceados (Loza y Parra 2012).

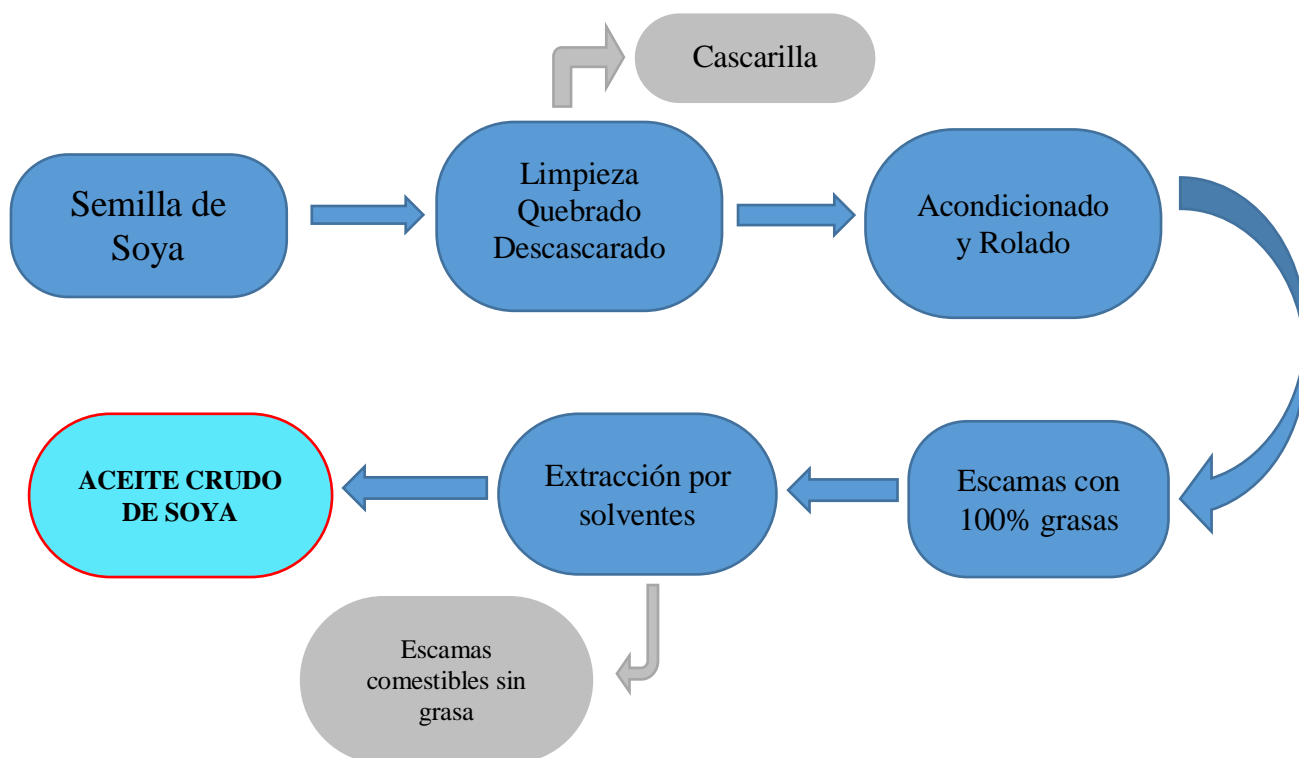
La soya tiene aproximadamente la siguiente composición promedio: proteína 40 por ciento, lípidos 20 por ciento, celulosa y hemicelulosa 17 por ciento, azúcares 7 por ciento, fibra cruda 5 por ciento y cenizas 6 por ciento (Salunkhe, citado por Pérez 2003).

Es la única legumbre que contiene los nueve aminoácidos esenciales en la proporción correcta para la salud humana. Por lo tanto, la proteína de la soya está calificada como una proteína completa y de alta calidad. Uno de sus beneficios nutritivos es que es una buena fuente de fósforo, potasio, vitaminas de grupo B, zinc, hierro y vitamina E (antioxidante) (Loza y Parra 2012).

### 2.1.2 Procesamiento del aceite crudo de soya

El aceite de soya es un producto importante de la industria procesadora de soya. La mayoría de la cosecha de soya es procesada en aceites y harinas a través de un proceso de extracción con solventes. Dicho proceso consiste principalmente de tres pasos: 1) preparación de la soya, 2) extracción del aceite y 3) extracción del solvente (Erickson, citado por Pérez 2003).

De forma general y esquemática, el proceso de extracción de aceite a partir de las semillas se muestra en la Figura 1. Sin embargo, se debe destacar que existen variantes en este proceso que tienen consecuencias tanto sobre su calidad como en la productividad.



**Figura 1: Flujo del proceso del aceite crudo de soya**

Fuente: Becerra, citado por Loza y Parra (2012).

Previo al proceso de extracción de aceite, los granos de soya son limpiados y acondicionados: los granos son abiertos, descascarados y laminados en hojuelas. El paso siguiente consiste en extraer el aceite de soya de las hojuelas mediante el uso de un solvente (hexano). Luego de retirar la grasa, estas son secadas, con lo que se consigue recuperar el solvente, obteniéndose “hojuelas de soya desgrasadas”. Este material desgrasado constituye la base para subproductos de soya: harinas, concentrados y aislados (Loza y Parra 2012).

Pryde (citado por Pérez 2003) menciona que, el aceite de soya es uno de los más importantes aceites vegetales, es más barato que el aceite de maíz y girasol, se caracteriza por su alto contenido de ácido linoleico y su bajo contenido de ácidos grasos saturados, lo que lo hace más deseable nutricionalmente comparado con otros aceites saturados. El aceite de soya posee ciertas ventajas comparado con otros aceites vegetales:

- Un alto nivel de insaturación está presente.
- El aceite permanece líquido sobre un amplio rango de temperaturas.
- Puede ser hidrogenado selectivamente para mezclarlo con aceites líquidos o semisólidos.
- Posee antioxidantes naturales (tocoferoles).

### **2.1.3 Valor nutritivo del aceite crudo de soya**

El aceite de soya crudo resulta frecuentemente más balanceado que el de oliva, ya que posee los ácidos grasos esenciales omega 3 y 6, por lo que es un buen complemento para dietas en donde abundan carnes rojas y carbohidratos. Contiene más proteína que la carne de res, el pescado y tres veces más que el huevo. Sus semillas tienen alto contenido en fibra, no contiene colesterol y prácticamente tampoco grasas saturadas. La escasa grasa presente es rica en lecitinas y fosfolípidos, vitales para las membranas celulares, el cerebro y el sistema nervioso. Aporta cantidades equilibradas de los ácidos grasos esenciales omega 3 y 6, beneficiosos para el corazón y el sistema nervioso. Puede ayudar por ello a controlar el colesterol malo y la arterioesclerosis. La mejor calidad del aceite de soya es que combina la vitamina A y vitamina E. Es de una alta asimilación y digestibilidad (ideal para aquellas personas que no toleran el aceite de oliva) (Loza y Parra 2012).

Los lípidos de la soya contienen triglicéridos y fosfolípidos, además de pigmentos, tocoferoles, esteroides y derivados de los triglicéridos. Este aceite está constituido en su mayoría por ácidos insaturados (oleicos 25 – 35 por ciento, linoleico 45 – 55 por ciento y linolénico 5 – 10 por ciento mientras que la fracción saturada está sobre todo ácido palmítico 10 – 12 por ciento y ácido esteárico 4 – 5 por ciento) representa el 10 – 15 por ciento del total (Venturi y Amaducci, citado por Elguera 2016).

El aceite de soya también presenta compuestos secundarios como fosfatidos procedentes de la constitución de los tejidos, en especial la lecitina (O'Brien *et al.*, citado por Elguera 2016), estos fosfolípidos pueden encontrarse como fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina y

fosfatidilinositol y constituyen el 1,5 – 5 por ciento del extracto crudo de hexano (Norman, citado por Elguera 2016)

En suma a estos constituyentes, el aceite crudo contiene pequeñas cantidades de otros materiales incluyendo ceras, pigmentos y minerales. Las ceras se originan de la corteza de la semilla de soya y son esterres de cadena larga, ácidos grasos y alcoholes. Uno de los pigmentos predominantes es el  $\beta$ -caroteno, el cual es el responsable del color amarillo del aceite de soya (Pryde, citado por Pérez 2003).

El aceite de soya tiene de un 2- 13 por ciento, con un promedio de 7 por ciento de ácido linolénico en sus ácidos grasos. El clima y la variedad tienen un marcado efecto sobre el contenido de ácidos linolénico. El ácido linolénico es un ácido graso poliinsaturado y es mucho más susceptible a la auto-oxidación que los ácidos oleicos y linoleico (Erickson, citado por Pérez 2003).

## **2.2 Aceite crudo de pescado**

### **2.2.1 Aspectos generales**

La industria de la harina y aceite de pescado ha crecido en forma importante en los últimos años, y este desarrollo se ve reflejado en el crecimiento de la capacidad de las plantas instaladas a nivel nacional, logrando convertir al Perú en uno de los productores más importantes del mundo (Berrú, 2011).

El aceite de pescado es hoy en día un valioso producto de alto valor nutricional. Pero esto no fue siempre así; el aceite de pescado originalmente fue considerado un “segundo producto” de la fabricación de la harina de pescado, un producto de gran importancia en la alimentación animal. Sin embargo, el descubrimiento de las propiedades benéficas de los ácidos grasos que contienen en alta proporción y su utilización en la preparación de alimentos de acuicultura, ha transformado el aceite de pescado en un producto de alto valor comercial y de creciente demanda (Valenzuela et al., 2012)

La Sociedad Nacional de Pesquería, nos dice que actualmente, el 90 por ciento del pescado que suele ser convertido en harina y en aceite de pescado, el denominado pescado industrial (jurel, caballa, sardina, anchoveta, etc.) es imposible de comercializar en grandes cantidades como alimento para consumo humano. Entre las razones por las que esta porción de captura no puede usarse para el consumo directo humano está el hecho de que se trata de peces muy pequeños que rápidamente se descomponen o enrancian demasiado, incluso en estado



congelado estos se enrancian muy rápidamente a no ser que se tomen precauciones especiales y muy costosas, por lo que su almacenamiento, descabezado, eviscerado, limpieza y procesado resultan antieconómicos. (Kam, 2006).

El aceite de pescado es un subproducto en el proceso de reducción de la anchoveta u otras especies. La naturaleza química del aceite está determinada por el tipo de ácidos grasos que contiene, mientras que los vegetales usualmente tienen muy pocos ácidos poliinsaturados. El aceite de pescado contiene 20 o más ácidos grasos diferentes con un número variable de átomos de carbono, siendo característicos y más abundantes los insaturados que los saturados. La alta insaturación del aceite de pescado, además de dificultar su tratamiento y uso, es la mayor responsable de la oxidación y el olor característico de dicho aceite (Koenig, citado por Matsuura 1983).

La preocupación principal por la calidad en la harina y aceite de pescado tiene aún más fuerza en el escenario de un mercado de productos competitivos, donde a la calidad se premia con una mayor cotización, puesto que debido a ello se está garantizando el cumplimiento de las especificaciones del producto terminado y la inexistencia de microorganismos patógenos (Berrú, 2011).

El aceite de pescado tiene un variado uso en aplicaciones industriales tales como pintura y barnices, resinas, pegamentos, productos fotográficos, lubricantes para gomas, cueros y cosméticos, así como su uso en la alimentación animal, sin embargo no es adecuado para el consumo humano a menos que sea sometido a procesos de desodorización e hidrogenación (Salas et al., 2002).

### **2.2.2 Procesamiento de aceite crudo de pescado**

El aceite crudo de pescado se obtiene a partir del tratamiento de la fase líquida (separación y centrifugación) en el proceso de elaboración de harina de pescado. Se obtiene y almacena como aceite crudo, es decir, sin tratamiento de refinación. El aceite es un fluido viscoso de color amarillento con olor característico a la materia prima procesada. La anchoveta y otras especies autorizadas por el Ministerio de la Producción se utilizan en la elaboración del aceite crudo de pescado en un porcentaje de concentración de 95 y 5 por ciento respectivamente (Berrú, 2011).

En la industria, la producción de aceite de pescado se puede realizar mediante tres métodos:

- Método de extracción por prensado mecánico; que corresponde a la línea de licores del procesamiento de producción de harina de pescado.
- Método de extracción por solventes; tiene como fundamento la difusión de la materia. Donde los factores que intervienen son: tipo de solvente, cantidad de solvente, tiempo de extracción y temperatura del solvente.
- Método de extracción por calentamiento o fusión; procedimiento antiguo. Utilizado para aprovechar el tejido adiposo subcutáneo de ciertos mamíferos marinos.

### **2.2.3 Valor nutritivo del aceite crudo de pescado**

El aceite de pescado obtenido a partir de la anchoveta es valorado por sus propiedades de omega – 3, rico en EPA (eicosapentaenoico) y DHA (docosahexaenoico), el cual se utiliza principalmente como alimento para peces en la industria de la acuicultura. Sin embargo, en los últimos años la demanda de aceite de pescado ha ido en aumento debido a un reciente interés en los beneficios para la salud de una dieta humana con ácidos grasos del omega – 3, EPA y DHA. (CAMAR PERU, 2014)

La anchoveta es una excelente fuente de proteína animal de alta calidad. Presenta un alto contenido de lisina y otros aminoácidos esenciales. Es un recurso muy rico en micronutrientes que no son usualmente encontrados en alimentos básicos. Además de un importante contenido de minerales, como el potasio, hierro, fósforo y calcio. La anchoveta concentra una notable presencia de vitamina A y D en su componente graso, constituyendo una valiosa fuente de ácidos grasos muy necesarios para un adecuado desarrollo del cerebro y el cuerpo. Ha sido reportado que estos ácidos grasos altamente poliinsaturados como el eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA), conocidos como omega – 3 que se encuentran en abundancia en la anchoveta, son imprescindibles para la salud, al ser parte de la estructura de todas las células del cuerpo que son vitales para el funcionamiento del cerebro y de los vasos sanguíneos, por ser necesarios para el transporte del colesterol y porque a partir de ellos se crean las prostaglandinas que todas las células fabrican para controlar una amplia variedad de procesos metabólicos, entre ellos la respuesta inmunitaria, la presión sanguínea, el nivel de colesterol, el funcionamiento cerebral y las reacciones inflamatorias (Instituto Tecnológico Pesquero, citado por Aranda 2012).

Según los trabajos de investigación desarrollados, señalan la importancia del consumo de ácidos grasos de la familia omega -3 en la prevención de enfermedades cardiovasculares, diversos tipos de cáncer, alergias, etc., razón por la cual recomiendan elevar la ingesta de EPA

Y DHA. El EPA contribuye a mantener las paredes de los vasos sanguíneos elásticas y libres de depósitos grasos, en tanto que DHA parece jugar un rol importante al reemplazar al ácido araquidónico en las plaquetas sanguíneas reduciendo el riesgo de su agregación y formación de coágulos. Los efectos beneficiosos en la salud humana atribuidos al aceite de pescado se dan ya que estos alcanzan concentraciones de 24 – 33 por ciento del contenido de ácidos grasos, que son interconvertidos de acuerdo a su necesidad en el organismo humano (Salas *et al.*, 2002).

**Tabla 1: Composición de ácidos grasos de los 3 tipos de aceite**

	ACS %	ACP %	AAGNP %
Mirístico	0,11	6,09	
Palmítico	10,77	18,54	
Esteárico	4,22	3,82	
Oleico	21,91	12,20	14,44
Linoleico	53,23	13,70	
Linolénico	6,95	0,99	
Araquidónico	0,31	0,29	
Eicosenoico	0,22	2,17	

Fuente: Carrillo *et al.*, 2012

## 2.3 Aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado

### 2.3.1 Aspectos generales

El ácido graso de pescado peruano es elaborado a partir de la neutralización de aceite de pescado, durante este proceso se generan jabones los cuales son desdoblados con ácido fosfórico o ácido sulfúrico obteniéndose finalmente el ácido graso de pescado. Es elaborado con ácidos grasos libres y triglicéridos de pescado, rico en ácidos grasos omega 3, desarrollado para suplementar ácidos grasos esenciales, antioxidantes y energía saludable en alimentos concentrados, destinados a la alimentación animal (Shekina Company, 2016).

La grasa ácida de pescado es un subproducto del aceite de pescado que se obtiene de la borra de los ácidos grasos por el proceso de neutralización, tiene un alto contenido de ácidos grasos mono y poli - insaturados, siendo especialmente ricos en ácidos grasos de la familia w-3. La grasa ácida está constituido por triglicéridos de ácidos grasos saturados en un 39,39 por ciento y un 60,61 por ciento de ácidos grasos insaturados. Presenta en su composición un 14,44 por ciento de ácido oleico que tiene una eficiente digestibilidad por el pollo, al igual que el ácido linoleico y más insaturados con enlaces w-3, beneficiosos y necesarios por el organismo de las aves (Oleaginosas del Pacífico, citado por Pilares 1997).

La grasa ácida de pescado tiene un punto de fusión de 20- 23 °C, un índice de yodo referencial de 98,72 y una mayor presencia de ácidos grasos de la serie insaturada, con una relación de insaturados: saturados de 61:39 que le da una menor estabilidad tanto a la oxidación como a la reversión del olor y sabor, afectando su almacenamiento (Pilares, 1997).

La composición de ácidos grasos del aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado, contiene EPA+DHA 26 por ciento como mínimo y ácido linoleico 2,5 por ciento como máximo.

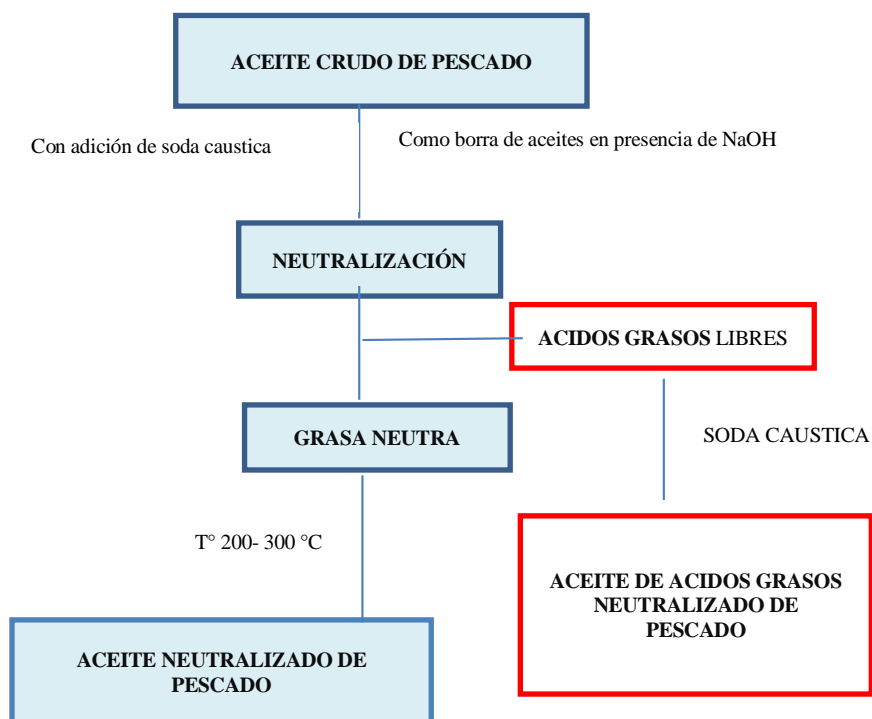
### **2.3.2 Procesamiento del aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado**

El proceso de obtención de la grasa ácida, implica el desdoblamiento de la grasa de pescado con ácido sulfúrico, que no solo consigue una descomposición de la grasa neutra en glicerina y ácidos grasos, sino también una transformación del ácido oleico en ácido graso esteárico (Pilares, 1997).

Durante el proceso de neutralización, al aceite se le añade soda caustica y se le somete a altas temperaturas por vapor, esto altera las propiedades químicas de los aceites y propicia mermas por saponificación. La mezcla pasa a los decantadores donde se separa el jabón y el aceite y aún el aceite decantado retiene residuos de jabón por lo que debe someterse a un lavado. El jabón ya separado del aceite es sometido a un nuevo proceso, en el que se vierte ácido sulfúrico sobre el producto base en constante agitación y como producto final se obtiene un ácido graso que es comercializado para su uso en diferentes industrias (Shekina Company, 2016).

La grasa ácida de pescado como producto final obtenido por acidulación efectuada directamente con ácido sulfúrico, permite obtener un rendimiento promedio de 50 por ciento de ácidos grasos de la borra de neutralización del aceite de pescado. Esta grasa ácida es un insumo de uso actual en la elaboración de alimentos balanceados para vacunos, porcinos y aves; en su composición presenta ácidos grasos esenciales importantes en la nutrición animal (Oleaginosas del Pacífico, 1994 citado por Pilares, 1997).

Este proceso garantiza de manera directa que los residuos del proceso de refinado de aceites no generen ningún daño ambiental, en cuanto a la eliminación de estos en ambientes naturales (Shekina Company, 2016). (Ver Figura 2)



**Figura 2: Flujo del proceso del aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado**

FUENTE: Oleaginosas del Pacífico S. A. citado por Pilares, 1997

### 2.3.3 Valor nutritivo del aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado

Los alimentos ricos en ácidos grasos de la serie n-3, como los eicosapentaenoicos (EPA) y los ácidos docosahexaenoicos (DHA), y con una relación equilibrada n-3/n-6 están relacionados a varios beneficios nutricionales humanos. Por lo tanto una desventaja importante al reemplazar el aceite de pescado por aceites vegetales en la preparación del alimento para peces es el cambio inevitable en la composición del perfil de ácidos grasos del músculo de pescado. Las preparaciones que contienen una gran cantidad de ingredientes a base de vegetales promoverán niveles incrementados de n-6 y niveles disminuidos de n-3, resultando en la pérdida de ese beneficio nutricional particular (Truchini *et al.*, 2009 citado por Uribe *et al.*, 2012).

Una estrategia para mejorar la composición del perfil de ácidos grasos en el músculo del pescado, al tiempo que promueve la sostenibilidad ambiental, es el uso de aceite obtenido de los residuos del procesamiento de pescado. Los estudios han demostrado la eficacia del aceite

de despojos de trucha (Truchini *et al.*, 2003 citado por Uribe *et al.*, 2012), el aceite residual de bagre (O'Neal & Hohler, 2008 citado por Uribe *et al.*, 2012) y el aceite residual de tilapia (Uribe *et al.*, 2012).

Según el Consejo Nacional de Investigación de U.S. “Los requerimientos nutricionales de los peces de agua fría”, no menos del 10 por ciento de lípidos y no más de 20 por ciento es óptimo para los peces de agua fría. Sin embargo, en muchos ensayos, los niveles máximos de lípidos analizados pueden haber sido restringidos por las limitaciones físicas de la calidad del pellet. Algunos productores de alimentos para peces afirman haber encontrado que en las dietas para salmón el contenido de lípidos del 25 al 30 por ciento es óptimo. Los niveles más altos de aceite de pescado en las dietas para salmón no siempre dan los resultados superiores a otros lípidos, siempre que se cumpla con el requerimiento de ácidos grasos n-3. Por ejemplo, las truchas arcoíris se alimentaron con dietas con un 5 por ciento de grasa como aceite de pescado y otra con un 9 por ciento de grasa como grasa animal, el aceite de pescado más grasa animal o aceite de soya más grasa animal. Los ácidos grasos esenciales se cumplieron. No hubo diferencias en el crecimiento (Pike, 1990)

El valor energético de una grasa depende de su energía bruta asociada a su estructura química y al perfil cromatográfico de ácidos grasos que la conforman, pero su digestibilidad y biodisponibilidad están en función de la formación de micelas en el lumen intestinal que facilitan la absorción. Cualquier factor que perjudique esta formación reduce su digestibilidad y absorción (Mateos, 1986 citado por Miranda, 2001).

El tipo de ácidos grasos así como la posición en el triglicérido influyen en la digestibilidad de las grasas, así, al llegar la grasa al intestino, es emulsificada por acción de las sales biliares e hidrolizada por la lipasa pancreática, liberándose ácidos grasos libres, mono glicéridos y glicerol; siendo la hidrólisis principalmente sobre las posiciones 1 y 3 por lo que debe existir un porcentaje mínimo de mono glicéridos para una adecuada formación de micelas ya que ella regula la secreción de bilis, de esta manera el proceso de absorción es más eficiente y por tanto el aporte energético mayor (Skalan, 1978; Noy y Skalan, 1995 citado por Miranda, 2001).

La formulación de alimentos concentrado, con adición equilibrada y recomendada por un experto permite que el alimento final posea propiedades nutricionales que contribuyen a un

correcto funcionamiento de los procesos metabólicos, además de facilitar el transporte de vitaminas liposolubles y otorgar alta palatabilidad al producto final.

## **2.4 Sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*)**

### **2.4.1 Descripción taxonómica**

De acuerdo a Global Biodiversity Information Facility (2017) la especie se define taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino:	Animalia
Phylum:	Chordata
Clase:	Actinopterygii
Orden:	Characiformes
Familia:	Bryconidae
Género:	<i>Brycon</i> Müller & Troschel, 1844
Especie:	<i>Brycon erythropterum</i> (Cope, 1872)
Sinónimo:	<i>Brycon cephalus</i> (Günther, 1869)
Nombre común:	Sábalo cola roja

El nombre común varía según el país. Se le conoce como “sábalo cola roja” en Perú, “matrinxa” en Brasil, “palambra” en Venezuela.

### **2.4.2 Descripción morfológica del pez**

El *Brycon erythropterum*, es un típicamente fusiforme, cuerpo hidrodinámico, habiéndose encontrado ejemplares de hasta 56 cm de longitud total y de 4 kg de peso. La región dorsal es gris azulada; los lados plateados y blanquecinos; el vientre, y los extremos de los lóbulos de la aleta caudal tienen tonalidad rojiza, al igual que la aleta adiposa y en menor medida las demás aletas y opérculo.

Maduran sexualmente a los dos años de edad con peso aproximado de 1 kg, en que su fecundidad alcanza a 150 000 óvulos aproximadamente. No desovan en cautiverio, pero llegan a la maduración gonadal, lo que permite la intervención hormonal para hacerlo desovar

y producir alevinos en condiciones controladas. En el ambiente natural el desove se produce al inicio de la creciente, entre los meses de noviembre y enero, realizando migraciones para tal fin. (Tratado de Cooperación Amazónica, 2015)

### **2.4.3 Aspectos generales**

Los alevines del sábalo cola roja se encuentran en el tallo principal del río Amazonas, y posiblemente en otros afluentes de alto nutriente. Los juveniles viven en zona de inundación adyacente, en su mayoría bajo plantas acuáticas. Los adultos se distribuyen a lo largo de las llanuras de inundación, incluyendo los bosques inundables de los ríos de aguas blancas y negras (Araujo- Lima y Ruffino citado en Red List, 2009).

El sábalo cola roja es un recurso pesquero muy importante en la región amazónica y también se considera como una de las principales especies de peces cultivados en Brasil (Wasko *et al.* citado en Red List, 2009). Esta especie es cada vez más popular entre los establecimientos de pago a los peces a causa de sus características deportivas, el sabor de su carne, y la facilidad con la que se puede criar en cautividad (Romagosa *et al.* citado en Red List, 2009). Asimismo, es muy importante en la pesca en Brasil, Perú, Colombia, Venezuela y Bolivia. Ciertamente, no es una especie en peligro, a pesar de que probablemente sea sobre-explotado. No hay medidas de conservación en el lugar aunque se necesita investigación sobre la amenaza localizada de la sobre- explotación.

Se recomienda que los alevines comprados sean criados uniformes y libres de parásitos. El cultivo debe ser dividido en al menos dos fases, una inicial hasta alcanzar de 30 a 50 gr. Y otra partiendo de este tamaño hasta alcanzar la talla de mercado. Y a pesar de que no existe suficiente experiencia de cultivo de *Brycon* en jaulas flotantes, se ha demostrado que *B. erythopterum* tiene una buena adaptación a este sistema de cultivo, al menos en la fase inicial durante la cual se ha obtenido hasta 83 por ciento de sobrevivencia y un factor de conversión alimenticia de 1,3 con una producción de 417 peces/ m<sup>3</sup> de alevines hasta un peso promedio de aproximadamente 62 gr.

*Brycon* es un género de peces de agua dulce, con gran número de especies, la mayoría con buena alternativa para la piscicultura en América Latina. El sábalo cola roja, es un *Characidae* reofílico de la cuenca Amazónica del Perú y del Brasil. (Babilonia *et al.*, 2014).

La disminución drástica de alevinos de sábalo cola roja en los ambientes naturales, se debe a la sobrepesca para obtener alevinos del medio natural, destruyendo el hábitat donde se



desarrollan las post-larvas y alevinos de sábalo cola roja (Babilonia *et al.*, 2014). El éxito de la piscicultura como bioindustria depende de los progresos en la continua y estable producción de alevinos (Atencio, 2001 citado por Babilonia *et al.*, 2014).

Estos peces se estresan fácilmente y pueden perder escamas con facilidad si el manejo no es adecuado. Las lesiones, sumadas al estrés, pueden causar desequilibrios osmóticos y manifestaciones posteriores de micosis y otros agentes patógenos. Se ha descrito que el estrés de manejo puede causar la paralización del crecimiento. La extrema sensibilidad al transporte dificulta la venta para el mercado de “Pesque y Pague” (FAO, 2014).

#### **2.4.4 Requerimientos nutricionales del sábalo cola roja**

El requerimiento de aminoácidos (AAs) al igual que todos los peces, el yamú (*Brycon siebenthalae*) requiere en su dieta de 10 AAs esenciales: lisina, metionina, treonina, triptófano, histidina, arginina, isoleucina, leucina, fenilalanina y valina. Las materias primas que aportan aminoácidos en las dietas de los peces pueden dividirse según su origen en vegetales y animales; dentro de estas últimas, la harina de pescado ha sido la materia prima más utilizada, ya que cubre los requerimientos de aminoácidos de la mayoría de especies de peces. (Hoard y Randall citado en Santamaría, 2014). En investigaciones realizadas por Santamaría (2014), se encuentra que los requerimientos nutricionales determinados para el yamú en etapa de alevinaje son: proteína 38 por ciento, energía 2700 – 3000 Kcal/ kg, fibra: < 6 por ciento, grasa: 6 por ciento, ceniza: < 10 por ciento, Ca: 1,5 por ciento, P: 0,8 por ciento, Lisina: 5,6 por ciento, Met + Cis: 3,3 por ciento.

Izel *et al.*, 2004, quienes probaron cinco niveles de proteína en dietas isocalóricas (390 kcal EB/ 100 g) para juveniles de *Brycon cephalus*, encontrando después de 210 días que las dietas deben contener al menos un 28 por ciento de PB para obtener una mayor ganancia de peso, mejor conversión alimenticia y más alto crecimiento corporal. Sin embargo, Vergara *et al.*, 2016, determinan que el nivel de 35,7 por ciento es el más adecuado para sábalo cola roja de 4,81 g de peso promedio. Esta diferencia se debe porque los pesos al inicio de las evaluaciones son distintos y su asimilación de proteína es diferente; ya que, Izel utilizó alevinos de 23,2 g de peso promedio, y como se sabe, los peces de menor edad requieren mayor cantidad de proteína.

Zaniboni-Filho *et al.*, 2006, evaluaron niveles de proteína bruta (que variaron entre 24 por ciento y 42 por ciento) en *B. orbignyanus*, observando que después de 90 días la concentración

de proteína en la dieta que se obtuvo una ganancia de peso máximo en los peces fue 29 por ciento PB, con un aumento de peso de  $0,26 \pm 0,1$  g. Las dietas con concentraciones de PB igual a 32, 36 y 42 por ciento no se mostraron superiores para conversión alimenticia, tasa de eficiencia proteica y retención de energía bruta. También se evaluó diferentes relaciones de energía/ proteína, donde el mejor resultado fue 10,4 kcal de energía metabolizable/ g de PB.

De Borba *et al.*, 2003, realizaron una investigación sobre el crecimiento y composición corporal de Piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) alimentados con dietas preparadas combinando dos niveles de proteína (30 por ciento y 32 por ciento) y tres niveles de lípidos (5,5 por ciento, 8,8 por ciento y 12,1 por ciento). Se observó que la tasa de crecimiento, el consumo y el HSI (índice hepatosomático) no fueron influenciados por la concentración de proteínas o lípidos en la dieta. Sin embargo, se encontró un incremento en la grasa corporal. Indicando que un aumento del 5,5 por ciento al 12,1 por ciento en el lípido dietético con una concentración de proteína en la dieta de 30 por ciento o 32 por ciento, promueve la acumulación de grasa corporal en Piracanjuba sin mejora en el crecimiento, por lo que se sugiere que el requerimiento de lípidos para esta especie debe ser 5 por ciento o menos.

Así mismo en el LINAPC, Calderón, 2018, con su investigación logró determinar el requerimiento de proteína bruta para el sábalo cola roja, a través del método de regresión cuadrática, obteniendo como resultado 35,89 por ciento, utilizando el parámetro de ganancia de peso.

Según López *et al.*, 2004, evaluando diferentes relaciones de energía/proteína en yamú (*Brycon siebenthalae*), se observó que hubo un incremento gradual en función del aumento de los niveles de proteína dietética, hasta un máximo cercano a 21 por ciento de proteína bruta (PB) con la mayor concentración de energía evaluada, es decir 3,2 kcal ED/g. Estos datos indicaron que para las concentraciones de nutrientes utilizadas, la relación E/P más adecuada fue de 14,22 kcal ED/gr PB. Asimismo, el incremento del nivel proteico por encima de 21 por ciento, disminuyó el valor de los índices.

Para Taboada, 2016, nos indica que el aumento del nivel proteico y energético, manteniendo constante la relación ED/PC en dietas para alevines de sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*), no afecta el comportamiento productivo en el peso, longitud, consumo de alimento, conversión alimenticia, tasa de crecimiento específica y retención de eficiencia

proteica. Sin embargo, existe una tendencia numérica de mejora en el comportamiento productivo en relación al incremento del nivel de energía y proteína.

La investigación realizada en el LINAPC, sobre la energía digestible (ED) del sábalo cola roja realizada por Marchán, 2018, se estableció que el requerimiento de ED del pez es de 3,48 Mcal/Kg. Resaltando que durante la evaluación el aumento de energía dietario afectó significativamente la ganancia de peso, encontrándose que niveles superiores a 3.4 Mcal/Kg de ED, se veía comprometida la ganancia de peso. Aunque no se encontraron diferencias estadísticas en la composición corporal de los peces, sin embargo se encuentra mayor cantidad de grasa corporal mientras se va aumentando los niveles de energía.

Borba *et al.*, 2006, presentaron un estudio donde evaluaron los efectos de cinco concentraciones de energía y dos relaciones de carbohidratos: Lípidos, en el rendimiento y composición corporal del piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). Los resultados mostraron mayor ganancia de peso en los peces alimentados con dietas de 13,63 kJ/g. Además, hubo una reducción del consumo de alimento cuando se incrementó la concentración de energía sobre 13,63 kJ/g. Por lo tanto, esta investigación recomienda que la dieta para piracanjuba tenga 300 g PB/ kg de alimento, con una relación CHO: L de 5,3 y un nivel de energía de 13,63 kJ/g ya sea para acuicultura o 14,82 kJ/g si es destinado para mejorar el stock.

Los requerimientos nutricionales de grasas para los peces, se diferencian en ácidos grasos insaturados (que presentan uniones dobles libres en su fórmula) y los saturados (sin uniones dobles libre). Los ácidos grasos esenciales más importantes para el pez, son los insaturados linolénico y linoleíco (estos se encuentran en frutos nativos como: pijuayo o chonta duro, también en la soya, entre otros). Los peces de agua dulce, en general, requieren más concentración de linolénico que de linoleíco. Sin embargo, peces tropicales como la gamitana, el paco y el sábalo cola roja, deben crecer mejor cuando son alimentados con dietas que contienen una mezcla de los ácidos grasos linolénico y linoleíco; que deberían ser incorporados a niveles por lo menos de 1 por ciento del alimento para el máximo crecimiento. Esto puede lograrse con la adición de 3 – 5 por ciento de aceite de pescado o 10 por ciento de aceite de soya. (IIAP, 2015).

#### **2.4.5 Evaluaciones de aceite en otras especies**

La investigación realizada por Bazán, 2002, probando dos aceites (4,6 por ciento de aceite compuesto y 4,6 por ciento de aceite acidulado de pescado) en dietas para truchas arcoíris para la etapa de crecimiento. Los resultados evidencian que las dietas con aceite acidulado de pescado responden en forma similar a la dieta con aceite compuesto, evaluadas sobre la biomasa y peso unitario, lo cual podría indicar que ambos tipos de aceite cubren los requerimientos de ácidos grasos esenciales y energía en forma similar. Los valores de longitud total resultaron ser estadísticamente similares entre los tratamientos, reflejando igualdad en el crecimiento. El consumo de alimento no tuvo diferencias estadísticas significativas entre ambos tratamientos; así como en los valores de conversión alimenticia, ni la calidad sensorial, logrando un menor costo del alimento por kilogramo de ganancia de peso.

IFFO, 2017, nos explica que tanto el aceite de pescado como la harina de pescado, complementan la alimentación acuícola ya que devuelve de manera efectiva los productos no alimentarios que son mayormente poco utilizados, pero sin embargo sostenibles, de nuevo a la cadena humana. Agregar aceite o harina de pescado a la dieta animal aumenta la eficiencia alimenticia y el crecimiento a través de una mejor palatabilidad de alimentos, mejora de la captación y absorción de nutrientes. La harina de pescado de alta calidad proporciona una cantidad equilibrada de todos los aminoácidos, minerales, fosfolípidos y ácidos grasos esenciales para la optimización del desarrollo, crecimiento y reproducción, especialmente de las larvas y stock de reproductores. Agregar harina de pescado y especialmente aceite de pescado, a las dietas acuícolas, garantizará que el pescado destinado al consumo humano sea una fuente de ácidos grasos EPA y DHA esenciales, lo que es vital para las funciones biológicas humanas; debido a que ayudan con la resistencia contra enfermedades al estimular y ayudar a mantener un sistema inmunológico funcional saludable.

El objetivo de Lui *et al.*, 2012, fue evaluar la influencia de los distintos índices de acidez del aceite de pescado en la nutrición de alevines de pacú (*Piaractus mesopotamicus*). Para esto, 200 alevines fueron distribuidos con un diseño completamente al azar en 20 tanques de malla de 0.15 m<sup>3</sup> de volumen útil situados dentro de un tanque de 25 m<sup>3</sup>. Los tratamientos consistieron en una dieta comercial extrusionada bañada con aceite de soya (control) con un índice de acidez de 0.24 y aceite de pescado con índices de 1,48; 6,40 y 9,85. Los peces fueron alimentados cuatro veces al día a saciedad aparente. Al final del periodo de estudio se analizaron el desempeño productivo, la composición química y la bioquímica sanguínea de

los animales. Ninguno de los parámetros analizados sufrió cambios debido a la acidez del aceite utilizado, por lo que el aceite de pescado puede ser suministrado a los animales de esta especie independientemente de su pH.

Para evaluar el efecto de la inclusión de diferentes fuentes de lípidos sobre el comportamiento productivo y la composición proximal del filete de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), Moreno *et al.*, 2013, formularon cuatro dietas con aceite de pescado (AP), aceite de palma (APL), semilla de chía (SC) o semilla de lino (SL). El experimento fue realizado durante 45 días en la represa de Betania (Huila, Colombia), en 20 jaulas flotantes, cada una con 504 peces distribuidos bajo un diseño experimental completamente al azar. Adicionalmente se llevó a cabo un estudio de presupuestos parciales, con el fin de verificar el margen bruto de ingreso parcial (MBIP) obtenido con las diferentes dietas. Se observaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el factor de conversión alimenticia (FCA) entre AP (1,19) y SL (1,54) y en la tasa de eficiencia proteica (TEP) para AP (3,64) al compararlo con las demás dietas. Por su parte, la dieta que contenía SC generó el menor MBIP, seguido de SL; APL y AP. En la composición proximal de los filetes, únicamente se observaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el contenido de proteína cruda entre AP (18,23 por ciento) al compararlo con SL (19,17 por ciento). En conclusión, es posible utilizar AP, APL, SC o SL como fuentes de lípidos en las dietas, sin afectar la sobrevivencia, biomasa final, ganancia diaria de peso, consumo aparente de alimento y la tasa específica de crecimiento (Moreno *et al.*, 2013).

#### **2.4.6 Calidad de agua en el sábalo**

La calidad de agua es un factor determinante de la producción de especies animales tradicionales y tradicionales, debido a su relación con los requerimientos nutricionales de cada especie. Cualquier cambio en los parámetros físico-químicos (pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, nitratos, entre otros) puede provocar una disminución en la producción e inclusive una pérdida total (Fernández *et al.*, 2010)

## **Temperatura**

Los peces amazónicos son animales cuya temperatura corporal depende de los cambios de temperatura del agua, siendo dependientes y sensibles a ésta. El rango óptimo de temperatura para el cultivo de gamitana, paco y sábalo fluctúa entre 25 a 30 °C. Temperatura demasiado alta o baja puede ocasionar estrés en los peces, que reducen su crecimiento y quedan susceptibles a enfermedades. Se recomienda medir la temperatura del agua a las 8:00 am (expresa el enfriamiento nocturno) y a las 6:00 pm (valora el calentamiento producido por los rayos solares).

## **Transparencia**

Las aguas turbias reducen la penetración de luz y por lo tanto la producción de plancton. Si la turbidez es debida a materia inorgánica (arcillas, limos), tiene un efecto negativo directo en los peces, las partículas en suspensión se adhieren a las branquias, interfiriendo en la respiración.

## **Oxígeno disuelto**

Es el elemento más importante en el agua para los peces, cuya presencia da la calidad biológica al agua de crianza. La presencia de este gas disuelto en el agua está determinada por el intercambio de gases con la atmósfera y con el aporte de las plantas a través del proceso de fotosíntesis. Los factores que pueden disminuir el nivel de oxígeno disuelto del agua del estanque son, la temperatura del agua, la descomposición de la materia orgánica; incluido el alimento no consumido, las heces de los peces, los animales muertos y el aumento de la actividad del pez por el incremento de temperatura.

## **pH**

Indica si el agua es ácida o alcalina. Su medida oscila entre 0 a 14, siendo 7 el punto neutral. El 90 por ciento de las aguas en ambientes naturales presentan valores de pH entre 6.7 – 8.2; sin embargo, los peces pueden ser cultivados en intervalos de pH más amplios (6.5 – 9.0). El pH tiene similar comportamiento al oxígeno disuelto, durante las 24 horas del día en un estanque. El pH tiene similar comportamiento al oxígeno disuelto, durante las 24 horas del día en un estanque. Niveles extremos de pH ácido por las mañanas y alcalino por las tardes, causan inapetencia y disminuyen el crecimiento en los peces.

## Amonio

Es un producto de la excreción de los peces y de la descomposición de la materia orgánica (degradación de la materia vegetal y de las proteínas del alimento no consumido). La toxicidad del amonio en forma no ionizada ( $\text{NH}_3$ ) aumenta con una concentración baja de oxígeno disuelto, un pH alto (alcalino) y una temperatura alta. En pH bajo (ácido) no causa mortalidad. Una concentración alta de amonio en el agua, causa bloqueo del metabolismo, daño en las branquias, afecta el balance de las sales, produce lesiones en órganos internos, inmunosupresión y susceptibilidad a enfermedades, reducción del crecimiento, sobrevivencia (IIAP, 2006).

**Tabla 2: Ficha técnica calidad de agua para yamú (*Brycon amazonicus*)**

Temperatura	25 – 30 ° C
Oxígeno Disuelto (ppm)	5 – 10
Alcalinidad (ppm)	50 – 300
Dureza (ppm)	25 - 300
pH	6 – 8
Amonio total (ppm)	0 – 1
Amonio no ionizado (ppm)	0 – 0,4
Nitrito (ppm)	0 – 0,05
Dióxido de Carbono (ppm)	0 – 20

Fuente: Agua Verde Acuicultura 2011

### 2.4.7 Hábitos alimenticios y factores que influyen en el consumo del alimento

Se tiene poco conocimiento de los requerimientos nutricionales específicos para la especie, escaso conocimiento de enfermedades y su tratamiento, dificultad en la producción de alevines, la larvicultura de los bricónidos todavía es una limitante para el desarrollo de un paquete tecnológico, acentuando el canibalismo en la etapa juvenil; por ello se exige el desarrollo de técnicas y estrategias para mejorar la crianza en cautiverio de esta especie en especial para disminuir la mortandad. Es una especie sensible al estrés en el manejo (FAO, 2010).

El material vegetal es una parte importante de la dieta de especies adultas Brycon; y por lo tanto estos peces desempeñan un papel en la dispersión de plantas cuyos frutos se comen (Berra citado en Red List, 2009).

Tressierra y Culquichicon, 1993 citado por Aguilar y Torres, 2010, mencionan que el crecimiento en los peces es muy lábil, influenciado por el alimento, espacio, temperatura y otros factores; ya que son directamente afectados por los cambios del medio ambiente, además la consideración del peso total es importante para determinar entre otras cosas el factor de condición.

El crecimiento puede considerarse como un incremento en longitud o en peso y es el resultado directo de procesos químicos, osmótico y otras fuerzas que contribuyen a la introducción de material en el organismo, es que es transferido a muchas partes del cuerpo.

Angelini y Petreter, 1992 citado por Soria y Sánchez, 2014, afirman que el crecimiento de los peces no solo está influenciado por el alimento sino también por factores físicos y químico del agua. Wedemeyer, 1997, menciona que la temperatura es el parámetro limnológico que está ligado directamente al consumo del alimento.

Algunos autores recalcan que las temperaturas altas o bajas pueden ocasionar estrés en los peces y reducir su crecimiento. El estrés es un factor que contribuye a la aparición de enfermedades y falta de apetito, disminuyendo el crecimiento entre otros factores.

Sipaúba, 1988; Guerra *et al.*, 1996 citado por Panduro y Ramírez, 2012, quienes mencionan que para un crecimiento adecuado de los peces, el agua de los estanques debe presentar un tenor de oxígeno disuelto siempre superior a 3mg/l, valores inferiores a esta concentración provocan una reducción en la conversión alimenticia y un aumento de los efectos perjudiciales resultantes de la degradación de metabolitos.

Kestemont y Baras, 2001 citado por Sanz, 2009, se describen diversos factores asociados al consumo de alimentos en peces. Como factores abióticos se consideran a la luz, temperatura, corrientes de agua, velocidad del agua, oxígeno, compuestos nitrogenados, pH y salinidad, mientras que para los factores bióticos se incluyen a la densidad de carga, estructura social, predadores y los disturbios humanos.



VARIABLES DE INFLUENCIA AMBIENTAL SOBRE EL CONSUMO DE ALIMENTO DE LOS PECES SEGÚN KESTEMONT Y BARAS, 2001 SON:

**Clima:** luz, viento y lluvia.

**Tanque/Ambiente:** profundidad del agua, forma del tanque, color del tanque, estructura, velocidad del agua.

**Físicoquímico:** temperatura, oxígeno, turbidez, iones y pH.

**Bióticos:** fitoplancton, zooplancton, competidores. Predadores, patógenos.

**Congéneres:** densidad, jerarquía.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Lugar y periodo de evaluación**

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Investigación de Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC), que pertenece al Departamento de Nutrición de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina, ubicado en el distrito de La Molina, departamento de Lima, Perú. Durante todo el experimento la calidad del agua permaneció estable. La elaboración del alimento balanceado se realizó en la Planta de Alimentos Balanceados del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos de la Facultad de Zootecnia y el análisis químico proximal de las dietas se llevó a cabo en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA). La evaluación tuvo un periodo de 28 días.

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

Se utilizaron 9 acuarios de fibra de vidrio de 55 l de capacidad, liso por dentro y por fuera, de 55 cm de alto, 43 cm de ancho, 47 cm de profundidad y con un frontis de vidrio de 6mm. Los cuales fueron limpiados 3 veces a la semana, extrayendo los desechos que se encuentran impregnados en los filtros, en las paredes y en el fondo del acuario.

Los materiales y equipos utilizados fueron los siguientes: baldes de 10 l de plástico, esponjas, recipientes plásticos rotulados para la separación de las dietas por unidad experimental, escobillones, mallas de captura. Los equipos utilizados fueron: balanza analógica con 0,01 g de precisión y capacidad para 4500 g, que se utilizó para determinar el peso de alimento suministrado, el peso inicial y final de cada alevino, termómetro digital con rango de medición 0,0 – 60,0 °C de marca Sper Scientific, oxímetro con rango de 0,0 – 20,0 mg/l de marca PinPoint II, pH-metro lápiz digital con rango de 0,0 – 14,0 marca Phestr, un kit colorimétrico para determinar el nitrógeno amoniacal con rango de 0,0 – 3,00 mg/l marca La Motte y un kit de tres reactivos para determinar la dureza del agua con rango de 0 – 1000 ppm marca La Motte.

### 3.3 Animales experimentales

Se utilizaron 63 alevinos sábalo cola roja (*Brycon erythropterus*), procedentes de la ciudad de Iquitos, clasificados por peso en pequeños, medianos y grandes con pesos promedio de 43 g por cada acuario y de longitudes promedio de 13 cm respectivamente, distribuidos al azar en grupos de 7 alevinos por acuario.

#### 3.3.1 Productos evaluados

Los ingredientes evaluados fueron el aceite crudo de soya, aceite crudo de pescado y aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado de la empresa SHEKINA COMPANY S.A., y tienen las siguientes características en su composición.

**Tabla 3: Composición promedio de los tipos de aceite**

Físico- Químicos							
Parámetro	ACS		ACP		AGN		Unidad
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
Ácidos Grasos Libres (% Oleico)	-	0,10	-	0,30	0,15	0,55	g/100g
Índice de Peróxido	-	5	3,9	5	-	5	Meq O <sub>2</sub> /kg
Ínsaponificable	-	1	-	-	-	-	%
Índice de Anisidina	-	-	10	20	-	30	%
Humedad	-	0,05	-	1,0	-	2,0	%
Impurezas insolubles en éter etílico	-	0.05	-	-	-	1,0	%
Jabones	-	10	-	-	-	10	mg/kg
Ácido Erúcido	-	5	-	-	-	-	%
Densidad	-	-	0,9	0,93	-	-	g/ml
Índice de refracción	-	-	1,3	1,4	-	-	
Índice de iodo	-	-	160	200	-	-	Cg I <sub>2</sub> /g

Fuente: Shekina Company 2016

### **3.4 Tratamientos**

Se establecieron los tratamientos en reemplazo del aceite crudo de soya, manteniéndose constante el resto de ingredientes, donde se brindaron dos dietas con tres repeticiones, las cuales se detallan a continuación:

- T1: Dieta con 5% de Aceite Crudo de Soya (ACS)
- T2: Dieta con 5% de Aceite Crudo de Pescado (ACP)
- T3: Dieta con 5% de Aceite de Ácidos Grasos Neutralizado de Pescado (AGNP)

### **3.5 Dietas experimentales**

Se formularon 3 dietas experimentales, con diferentes tipos de aceite en la misma proporción para todos los bloques establecidos en la prueba, las cuales fueron obtenidas utilizando la formulación al mínimo costo, por programación lineal. En la Tabla 5 se muestra los ingredientes que conforman las dietas experimentales y el contenido nutricional calculado, utilizando para su formulación, los requerimientos recomendados por Vergara *et al.*, 2016.

**Tabla 4: Composición y valor nutritivo calculado de las dietas**

INGREDIENTES	TRATAMIENTOS		
	T1	T2	T3
Aceite Crudo de Soya	5%	0%	0%
Aceite Crudo de Pescado	0%	5%	0%
Aceite de Ácido Graso Neutralizado de Pescado	0%	0%	5%
<hr/>			
Torta de soya, 47	47,00	47,00	47,00
Maíz	28,00	28,00	28,00
Hna. Pescado Prime, 66	15,00	15,00	15,00
Harinilla de Trigo	3,77	3,77	3,77
Carbonato de Calcio	0,29	0,29	0,29
Sal común	0,57	0,57	0,57
Cloruro de Colina, 60	0,20	0,20	0,20
Premezcla de vit + min	0,10	0,10	0,10
Inhibidor de hongos	0,05	0,05	0,05
Antioxidantes	0,02	0,02	0,02
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<hr/>			
<b>CONTENIDO NUTRICIONAL (%)</b>			
Materia seca	89,82	89,82	89,82
Proteína total	35,00	35,00	35,00
Fibra cruda	2,69	2,69	2,69
Grasa total	8,48	8,48	8,48
Energía Digestible (Mcal/Kg)	3,60	3,60	3,60
Lisina total	2,30	2,30	2,30
Metionina total	0,68	0,68	0,68
Cistina total	0,51	0,51	0,51
Arginina total	2,46	2,46	2,46
Treonina total	1,42	1,42	1,42
Triptófano total	0,46	0,46	0,46
Valina	1,88	1,88	1,88
Met + Cis	1,19	1,19	1,19
Ac. Graso $\omega$ - 3	0,94	1,40	0,70
Ac. Graso $\omega$ - 6	3,19	0,70	3,19
Fósforo Total	0,70	0,70	0,70
Calcio	0,80	0,80	0,80
Sodio	0,40	0,40	0,40

Fuente: Vergara 2016

**Tabla 5: Fórmula de premezcla de vitaminas y minerales para la acuicultura**

<b>Nutriente</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Vitamina A	UI	14 000 000
Vitamina D3	UI	2 800 000
Vitamina E	UI	140 000
Vitamina K3	G	8 000
Tiamina (B1)	G	18
Riboflavina (B2)	G	20
Niacina	G	150
Ácido Pantoténico	G	50
Piridoxina (B6)	G	15
Biotina	G	0,8
Ácido Fólico	G	4
Ácido Ascórbico	G	315
Vitamina B12	G	0,03
Cloruro de Colina	G	600
Manganeso	G	40
Hierro	G	20
Zinc	G	20
Cobre	G	1,5
Yodo	G	1,5
Selenio	G	0,3
Cobalto	G	0,15
Antioxidante	G	120
Excipientes c.s.p	G	3,000

\*Composición por 1 kg de premezcla

Fuente: DMS Nutricional Products Perú S.A. (2017)

### **3.6 Manejo experimental**

Los alevinos fueron uniformizados y separados según su peso en tres bloques (grandes, medianos y pequeños) por tratamiento. La alimentación de los peces fue todos los días, a excepción de los días de muestreo para el control biométrico, durante ellas, los peces de los acuarios de prueba se colocaron en recipientes mientras se les media tamaño y peso. La limpieza de las heces de los acuarios se realizó mediante sifoneo, diariamente y dos veces por semana, la limpieza general del sistema, incluyendo el cambio de los filtros.

El sistema de alimentación fue a saciedad hasta que ya no aceptaban más pellet, comenzando a partir de las 8:00 am hasta las 6:00 pm con un intervalo de 2 horas, los siete días de la semana.

### **3.7 Análisis de laboratorio**

Los análisis proximales de las dietas experimentales se realizaron en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) del Departamento Académico de Nutrición de la Facultad de Zootecnia, que pertenece a la Universidad Nacional Agraria La Molina, donde utilizaron los métodos establecidos en AOAC 934,01 (2012), AOAC 942,05 (2012) y NTP 205,003 (1980).

### **3.8 Evaluación 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 fueron: temperatura, pH, oxígeno disuelto, dureza, nitrógeno amoniacal, nitrito y conductividad eléctrica, los cuales fueron necesarios para mantener estable la calidad del agua. La periodicidad de las mediciones se dio tres veces a la semana (lunes, miércoles y viernes), la temperatura del acuario y ambiental, se midió tres veces al día (8:00 am, 12:00 pm y 4:00 pm), en tres acuarios diferentes.

Se evidenció una buena condición de ejemplares muestreados, sin lesiones o características que indiquen problemas asociados a patologías; se observó vigorosidad y comportamiento típico de voracidad a la hora de alimentación. Esto debido a que los registros de calidad de agua se mantuvieron estables durante el periodo de cultivo. La Tabla 6 resume los parámetros de calidad de agua registrados durante el período de muestreo.

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

PARÁMETRO	Unidad	8:00 a. m.	12 m	4:00 p. m.
Temperatura ambiental	°C	28,50	28,18	27,73
Temperatura acuario	°C	28,50	29,38	30,00
<b>Oxígeno</b>	mg/ l		5,39 ± 0,38	
<b>pH</b>			7,33 ± 0,37	
<b>Nitrato Amoniacal</b>	mg/ l		0,36 ± 0,11	
<b>Nitrito</b>	mg/ l		0,80 ± 0,22	
<b>Dureza</b>	ppm		203,60 ± 89,59	
<b>Conductividad</b>	mg/ l		3,09 ± 0,42	

Fuente: Elaboración propia

La temperatura del agua dentro de los acuarios durante la fase experimental presentó en promedio de 28,29 °C estando dentro del rango recomendado por Agua Verde Acuicultura (2011), quien menciona que la temperatura favorable para el cultivo está entre 25 – 30 °C, ya que una temperatura demasiado alta o baja puede ocasionar estrés en los peces, esto puede influir en el crecimiento y quedan susceptibles a enfermedades. Así como también menciona que el rango del nivel de oxígeno disuelto es 5 – 10 mg/l, y en los resultados dio en promedio de 5,39 mg/l; este resultado se da porque se mantuvo una adecuada limpieza de los acuarios tanto de las heces como del alimento no consumido, también porque la densidad de peces se mantuvo constante durante toda la evaluación.

El IIAP (2006), menciona que el 90 por ciento de las aguas en ambiente naturales presentan valores de pH entre 6,7 – 8,2; sin embargo, los peces nativos pueden ser cultivados en intervalos de pH más amplios (6,5 – 9,0); esto no varía mucho con lo mencionado por Agua Verde Acuicultura, 2011, cuyos rangos de pH son 6 – 8 para el *Brycon erythropterus* rango óptimo para su desarrollo. También nos indica que el amonio es un producto de la excreción de los peces y de la descomposición de la materia orgánica, una concentración alta de amonio en el agua, causa el bloqueo del metabolismo, daño en las branquias, produce lesiones en órganos internos entre otras enfermedades, por ello menciona que el rango óptimo es entre 0,00 – 0,4 mg/l.



### **3.9 Parámetros productivos**

#### **3.9.1 Peso y longitud**

Al inicio y al final del experimento se registró el peso unitario (g), la biomasa (g) y la longitud (cm) de los peces de cada acuario.

#### **3.9.2 Ganancia de peso e incremento de longitud**

La ganancia de peso fue hallada mediante la diferencia entre el peso final e inicial y el incremento de longitud, por la diferencia entre la longitud final e inicial en cada biometría.

#### **3.9.3 Consumo de alimento**

La cantidad de alimento ofrecido, fue calculado considerando la biomasa total de peces por acuario, y la tasa de alimentación, comenzando con 5 por ciento.

#### **3.9.4 Conversión alimenticia**

La conversión alimenticia fue determinada dividiendo el alimento consumido en el durante el periodo de alimentación (28 días), entre la ganancia de peso en dicho periodo.

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

#### **3.9.5 Supervivencia**

La supervivencia se determinó mediante el porcentaje, expresando el número de peces sobrevivientes al final del periodo de evaluación con respecto al número de peces iniciales.

#### **3.9.6 Costo de alimento por kilogramo de ganancia de peso**

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

$$C = CD \times CA$$

### 3.10 Diseño estadístico

Para este trabajo se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Con 3 tratamientos y 3 bloques por tamaño, como se muestra en la Tabla 6. Para el análisis estadístico se utilizó el Análisis de la Varianza de una sola vía (one way) con un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ . Para las variables cuyo ANOVA rechazaba la hipótesis nula con un nivel de aceptación  $p < 0,05$  se utilizó la prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para determinar la naturaleza de las diferencias de los tratamientos.

Se trabajó con el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Es la respuesta observada en la unidad experimental con el nivel  $i$  del tipo de aceite en el  $j$ -ésimo bloque.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\alpha_i$  = Efecto del tipo de aceite en el  $i$ -ésimo nivel.

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque.

$\varepsilon_{ij}$  = Efecto aleatorio de variación o error experimental.

Para:

$i$ : 1,2 y 3 tipos de aceites.

$j$ : 1,2 y 3 bloques tamaño.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Dadas las características y las condiciones que se mantuvieron a los peces, los resultados que se presentan se mencionan en la Tabla 6 de materiales y métodos.

### **4.1 Efecto de los tres tipos de aceite en la ganancia de peso**

Los resultados obtenidos durante la investigación, muestran el efecto de la inclusión del aceite crudo de soya, aceite crudo de pescado y aceite de ácidos grasos neutralizados de pescado, en dietas para alevines de sábalo cola, sobre los parámetros productivos.

De acuerdo con la información obtenida y a partir del resumen de probabilidades del ANOVA individual (p-valor) presentadas en el Anexo 2 - Tabla 10 con un criterio de aceptación  $p < 0,05$ , se indica que el tipo de aceite no tuvo efectos significativos sobre la ganancia de peso, ganancia de talla, consumo de alimento y la conversión alimenticia en los alevines de sábalo cola roja.

En los datos promedios por pez, no se encuentra diferencia estadística dentro del bloque, por lo que no existe interacción entre ellos, lo que significa que los aceites responden de igual forma en peces grandes, medianos y pequeños.

Los datos presentados en la Tabla 7, son promedio por pez, al no existir diferencia significativa.

De acuerdo al análisis de la varianza presentado en el Anexo 2 - Tabla 10, la ganancia de peso no presentó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) para el efecto del tipo de aceite. A su vez hay respuesta numérica favorable del aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado.

El tratamiento con inclusión de aceite crudo de soya, al menos el 75 por ciento de peces alcanzó una ganancia de peso de hasta 61,53 g. El 75 por ciento de peces alimentados con las dietas con inclusión de aceite crudo de pescado y aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado alcanzaron una ganancia de peso de al menos 45,83 g y 58,83 g, respectivamente. Investigaciones realizadas por el IIAP (2015) en sábalo cola roja, mencionan que la especie

necesita de un 3 – 5 por ciento de aceite crudo de pescado o 10 por ciento de aceite crudo de soya para lograr un óptimo crecimiento. Sin embargo, según los resultados obtenidos, existe diferencia numérica a favor del tratamiento con aceite crudo de soya, lo cual podría ser explicado basándose en la investigación de Treviño (1995), que menciona que una mejor respuesta con aceite crudo de soya puede deberse a que la lecitina de soya uno de componentes del aceite de soya, es una fuente importante de colina, inositol y otros compuestos nutricionalmente significativos. Además de proteger a las vitaminas A y E contra la oxidación y promover una mejor utilización de las grasas y las vitaminas.

Por otro lado, el tratamiento con inclusión de aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado, reveló que la variación de peso de los peces de la clase grande fueron los más homogéneos, porque el rango intercuartílico es menor, mientras que la variación de peso de los peces alimentados con aceite crudo de soya es mayor según la Anexo 3 – Figura 3

Los resultados obtenidos en la presente investigación con respecto a la ganancia de biomasa del sábalo cola roja alimentados con dietas con inclusión de aceite crudo de soya fueron superiores al tratamiento con inclusión de aceite crudo de pescado, pero menor al tratamiento con inclusión de aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado. Estos resultados se pueden observar en la Tabla 7, para el sábalo cola roja. Para otras especies, según López, 2017, el incremento de biomasa del paiche se ve influenciado por la presencia de alto porcentaje de proteínas en las dietas con diferentes niveles de energía (4,4 Mcal/kg y 4 Mcal/kg); utilizando aceite crudo de soya como fuente energética. Así mismo Elguera, 2016, obtuvo similar resultado en la ganancia de biomasa de la trucha arco iris, donde se obtuvo mejores resultados con la dieta que incluía aceite crudo de soya en comparación con la dieta que incluía aceite acidulado de pescado.

Bazán, 2002, realizó un estudio donde reemplaza aceite compuesto (5 por ciento) por aceite acidulado de pescado (5 por ciento), en truchas arcoíris, obtuvo similar resultado, donde el aceite de pescado en los niveles estudiados es capaz de reemplazar peso a peso el aceite compuesto sin alterar el rendimiento productivo ni la calidad sensorial, logrando además un menor costo del alimento por kilogramo de ganancia de peso.

**Tabla 7: Efecto de los diferentes aceites en el comportamiento productivo de alevines de sábalo cola roja**

<b>TRATAMIENTOS</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>ACEITE CRUDO DE SOYA</b>	5%	0%	0%
<b>ACEITE CRUDO DE PESCADO</b>	0%	5%	0%
<b>ACEITE DE ÁCIDOS GRASOS NEUTRALIZADO DE PESCADO</b>	0%	0%	5%
<b>PARÁMETROS</b>			
<b>GANANCIA DE PESO (g)</b>	38,66 <sup>a</sup>	37,19 <sup>a</sup>	47,25 <sup>a</sup>
<b>GANANCIA DE TALLA (cm)</b>	2,67 <sup>a</sup>	2,74 <sup>a</sup>	3,00 <sup>a</sup>
<b>CONSUMO (g)</b>	13,25 <sup>a</sup>	12,96 <sup>a</sup>	14,65 <sup>a</sup>
<b>CONVERSIÓN ALIMENTICIA</b>	1,31 <sup>a</sup>	1,34 <sup>a</sup>	1,18 <sup>a</sup>
<b>COSTO TOTAL (S/.)</b>	2,74 <sup>a</sup>	2,86 <sup>a</sup>	2,69 <sup>a</sup>
<b>COSTO/ Kg DE GANANCIA DE PESO.</b>	3,59 <sup>a</sup>	3,83 <sup>a</sup>	3,17 <sup>a</sup>

Fuente: Elaboración propia

#### **4.2 Incremento de longitud – talla**

De acuerdo al análisis de la varianza presentado en el Anexo 2 - Tabla 10, la ganancia de tamaño no presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para el efecto del tipo de aceite. Según la Tabla 7 podemos observar que numéricamente el incremento de tamaño fue mayor en los peces con dietas de aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado, en comparación a los peces cuya dieta incluía el aceite crudo de pescado y aceite crudo de soya.

Según lo que indica Treviño, 1995, el suministro limitado y el alto costo del aceite de pescado han obligado a los nutricionistas acuícolas a considerar fuentes alternativas de proteína y energía. Sin embargo, altos niveles de proteína y energía de origen vegetal en dietas para peces generalmente han resultado en reducción del crecimiento y la pobre eficiencia alimenticia. En general estos estudios, conjuntamente con otros realizados con anterioridad, indicaron que existe una ventaja al utilizar debidamente el aceite crudo de soya para la formulación de alimentos acuícolas, debido a la mejor calidad de las proteínas y los valores energéticos de las dietas.

Borba *et al.*, 2003, quienes usando como fuente de lípidos, el aceite de pescado y el aceite crudo de soya, también obtuvieron resultados similares en piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). Al evaluar dos niveles de proteínas y tres niveles de lípidos, se obtuvo como resultado que la tasa de crecimiento, el consumo y el HSI (influencia del hábitat) no fueron influenciados por la concentración de proteínas o lípidos en la dieta, afirmando que para esa especie el requerimiento de lípidos debe ser 5 por ciento o menos ya que promueve la acumulación de la grasa corporal sin mejorar el crecimiento.

#### **4.3 Consumo de alimento**

De acuerdo al análisis de la varianza presentado en el Anexo 5, el consumo no presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para el efecto del tipo de aceite. Aunque no se encontró evidencia estadística que indique diferencia en los tipos de aceite, numéricamente si se registró un mayor consumo promedio de la dieta que incluye aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado.

Otra posibilidad de mayor consumo de alimento es con respecto a la palatabilidad del alimento, siendo más palatable la dieta que incluyen aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado. Esta información se confirma según lo mencionado por IFFO (2017), que indica que al agregar aceite o harina de pescado a la dieta animal se aumenta la eficiencia alimenticia y

el crecimiento a través de una mejor palatabilidad de alimentos, mejora de la captación y absorción de nutrientes. Por otro lado, se recomienda agregar aceite de pescado en las dietas acuícolas, debido a que los peces destinados al consumo humano serán fuente de EPA y DHA.

#### **4.4 Conversión alimenticia**

De acuerdo al análisis de la varianza presentado en el Anexo 6, la conversión alimenticia no presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para el efecto del tipo de aceite. El tipo de aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado numéricamente obtuvo mejor respuesta en la conversión alimenticia de 1,18, en comparación al aceite crudo de pescado y crudo de soya, 1,34 y 1,31 respectivamente, esto se puede observar en la Tabla 7. Lo que podemos inferir que el aceite de ácidos grasos neutralizados de pescado, ha mostrado mejor performance en comparación al aceite crudo de pescado y aceite crudo de soya. En el Anexo 6 - Tabla 14 la clase grande el aceite crudo de soya y de pescado presentan similares resultados 1,42 y 1,47 correspondientemente, en comparación con el aceite de ácidos grasos neutralizados de pescado que logró 1,31 en la conversión alimenticia. Aunque entre la clase grande y pequeña la diferencia es numérica es grande, esto se puede deber a que los peces grandes utilizan los alimentos para su mantenimiento y engorde, mientras que los pequeños lo asimilen de mejor manera el aceite para aprovechar la energía en su crecimiento.

Según para la FAO (2010), no existe suficiente experiencia de cultivo de *Brycon* en jaulas, pero se ha demostrado que posee una buena adaptación a este sistema de cultivo, al menos en la fase inicial durante la cual se ha obtenido un factor de conversión alimenticia de 1,3; sin embargo, cuando comenzó esta evaluación la mayoría de los peces se encontraban terminando la fase inicial. Es por ello que se obtuvieron los resultados presentados en el Anexo 6 - Tabla 14, donde los peces pequeños que fueron alimentados con ACP y AGN obtuvieron numéricamente mejor conversión alimenticia, 1,14 y 1,09 respectivamente. Así mismo afirman que en su gran mayoría no se tienen evaluadas las tasas de conversión alimenticia por especie, ya que se desconoce en forma precisa lo que cada especie consume en los diferentes casos.

Comparando los resultados obtenidos en esta evaluación, la dieta que incluye AGN presenta 1,18 de C.A en promedio, siendo superior a los resultados de la evaluación de Vergara *et al.*, 2016, quienes determinaron el requerimiento de energía digestible utilizando el método de evaluación dosis – respuesta en alevines de sábalo cola roja; donde se formularon cinco dietas

con niveles de energía digestible de 3,10; 3,20; 3,35; 3,5 y 3,60 Mcal ED/kg de alimento. Los resultados indican un crecimiento ascendente para ganancia de peso con cada nivel de energía digestible hasta el nivel 3,5 Mcal de ED, luego se hace constante, al igual que la conversión alimenticia (1,21); cabe resaltar que la fuente de energía fue aceite crudo de soya, pero que es menor numéricamente a mis resultados con la dieta que incluye aceite crudo de soya, cuya C.A. es de 1,31.

#### **4.5 Sobrevivencia**

Frente a los resultados obtenidos, se puede decir que el tipo de aceite ya sea aceite crudo soya, aceite crudo de pescado o aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado, no afecta la salud de los peces, ya que se obtuvo un 100 por ciento de sobrevivencia durante toda la evaluación.

#### **4.6 Costo de alimento por kilogramo de ganancia de peso**

En este punto se muestra la evaluación del costo de la dieta por tratamiento, observando un incremento en el costo del tratamiento que incluye en la dieta aceite crudo de pescado. Para Lopez, 2017, esto probablemente se deba a una pobre utilización del alimento (C.A de 1,34). La dieta que presenta menor costo por tratamiento es la que incluye en la dieta aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado, esto debido a la mejor utilización del alimento (C.A de 1,18).



## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones realizadas el presente estudio de investigación y en función a los resultados obtenidos, puede establecerse las siguientes conclusiones.

- El uso de aceite crudo de soya, aceite crudo de pescado y el aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado en el nivel de 5 por ciento en el alimento de alevines de sábalo cola roja, no afecta el rendimiento productivo.
- El uso de aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado en el nivel de 5 por ciento, reduce el costo por ganancia de peso en 12 por ciento y 18 por ciento en comparación al aceite crudo de soya y el aceite crudo de pescado, respectivamente.

## **VI. RECOMENDACIONES**

A partir del presente trabajo se recomienda lo siguiente:

- Se puede utilizar el aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado en la formulación de las dietas para los sábalos cola roja.
- Realizar mayores investigaciones sobre el aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado en la performance de otras especies amazónicas nativas o especies convencionales.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguas amazónicas. (2017). Sábalo. Recuperado de <http://aguasamazonicas.org/fish/sabalo/>
2. Agua Verde Acuicultura. (2011). Yamú - *Brycon amazonicus*. Ficha Técnica de Calidad de Agua para Bocachico. Recuperado de [http://www.aguaverdeacuicultura.com/Portals/4/PDF\\_Productos/Yamu.pdf](http://www.aguaverdeacuicultura.com/Portals/4/PDF_Productos/Yamu.pdf)
3. Aguilar, J. & Torres, Y. (2010). Estudio comparativo de dos tipos de dietas comerciales en la alimentación de alevinos de sábalo cola roja, *Brycon erythropterum*, (Characidae), cultivados en corrales en el Centro de Desarrollo Pesquero Nuevo Horizonte-FONDEPES-Iquitos. Recuperado de <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1766/T-636.084-A31.pdf?sequence=1>
4. Babilonia, J., Flores, M. & Chiquipiondo, C. (diciembre 2014) Reproducción inducida del sábalo cola roja, *Brycon cephalus* (Günther, 1869). Amazonía peruana: Iquitos. Instituto del Mar del Perú. Informe ISSN 0378-7702. Recuperada de <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/2319>
5. Bazán, L. (2002). Utilización del aceite acidulado de pescado en reemplazo del aceite compuesto para la alimentación de truchas arco iris, *Oncorhynchus mykiss* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, La Molina – Lima.
6. Berrú, F. Y. (2011). Control de Procesos en la línea de producción de harina y aceite de pescado de la planta pesquera harinera Hayduck – Paita. (Tesis Pregrado, Universidad Nacional del Callao). Recuperada de <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/343>
7. Borba, M., Fracalossi, D. & Pezzato, L. (2006). Dietary energy requirement of piracanjuba fingerlings, *Brycon orbignyanus*, and relative utilization of dietary carbohydrate and lipid. *Aquaculture Nutrition*, 12(3). Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2095.2006.00401.x>
8. Calderón Bailón, K. (2019). Determinación del Requerimiento de Proteína Bruta en Sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*). (Tesis Pre-grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, La Molina – Lima.

9. CAMAR PERU. (2014). Aceite crudo de Pescado. Recuperado de <http://www.camarperu.com/productos/aceite-crudo-de-pescados>
10. Carrillo, S., Ávila, E., Vásquez, C., Calvo, C., Carranco, M. E. & Pérez-Gil, F. (2012). Modificación en la composición de ácidos grasos del huevo al incluir aceite de sardina y ácido linoleico conjugado en dietas para gallinas ponedoras. Archivos de medicina veterinaria. 44(3), Recuperado de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0301-732X2012000300006](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X2012000300006)
11. Cultivando peces amazónicos. (2006). Seleccionando el Lugar del Cultivo. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. San Martín – Perú. Recuperado de <http://www.iiap.org.pe/upload/Publicacion/M006.pdf>
12. De Borba, M., Fracalossi, D., Pezzato, L., Menoyo, D. & Bautista, J. (2003). Growth, lipogenesis and body composition of piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) fingerlings fed different dietary protein and lipid concentrations. Aquatic Living Resources. 16 (4), Recuperado de <https://www.alr-journal.org/articles/alr/abs/2003/04/alr3021/alr3021.html>
13. Elguera Vega, M. (2016). Reemplazo del aceite crudo de soya por aceite acidulado en dietas comerciales para alevines de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en Pachacayo, Junín. (Tesis Pre-grado). Universidad Nacional Agraria La Molina. La Molina - Lima
14. Fernández, A., Schenone, N., Pérez, A. & Volpedo, A. (2010). Calidad de agua para la producción de especies animales tradicionales y no tradicionales en Argentina. Recuperado de <https://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/view/89/72>
15. Frasca-Scorvo, C., Carneiro, D. & Braga, E. (2007). Efecto del manejo de la alimentación en el rendimiento de matinxâ (*Brycon amazonicus*) en tanques de cultivo. Recuperado de [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0044-59672007000400018](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672007000400018)
16. IFFO. (2017). Beneficios del Uso de los Ingredientes Marinos. Recuperado de <http://www.iffonet.es/beneficios-del-uso-de-los-ingredientes-marinos>
17. Izel, A., Pereira-Filho, M., Da Silva, L. & Vasconcelos, J. (2004). Evaluación de los niveles de proteínas para la nutrición de matrinxâ (*Brycon cephalus*). 34 (2). Recuperado de [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0044-59672004000200005](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672004000200005)
18. Kam, M., Cárnica, M., Vega, G. & Cáceres, Y. (2006). Propuesta de mejora para línea de producción de aceite de pescado semirrefinado en la empresa Green S.A. (Tesis Pre-grado) Universidad Nacional Agraria La Molina. La Molina – Lima.
19. Koenig, H. (1972). La industria de transformación del aceite pescado. SIPEDI, Lima-Perú.

20. López, Y., Vásquez, W. & Wills, A. (2004). Evaluación de diferentes proporciones de energía/ proteína en dietas para juveniles de yamú, *Brycon siebenthalae*, (Eigenmann, 1912). Recuperado de <https://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/189/651>
21. López Vásquez, T. (2017). Evaluación de dos niveles de proteína y energía digestible en dietas peletizado para alevines de paiche (*Arapaima gigas*). (Tesis Pre-grado). Universidad Nacional Agraria La Molina. La Molina – Lima.
22. Loza Ortiz, S. & Parra Arias, O. (2012). Refinación de aceite de soya por desgomado enzimático. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/4697>
23. Lui, T., Bittencourt, F., Neu, D., Dallagnol, J., Boscolo, W. & Feiden, A. (2012). Índice de acidez del aceite de pez en la nutrición de alevines de pacú, *Piaractus mesopotamicus*. Recuperado de <https://scholar.google.com.pe/scholar?um=1&ie=UTF8&lr&q=related:qXba8jHbF0JUH>  
<M:scholar.google.com/>
24. Marchán Timorán, A. (2018). Digestibilidad de Ingredientes Energéticos y Determinación del Requerimiento de Energía del Sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*). (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina. La Molina – Lima.
25. Matsuura Sánchez, L. A. (1983). Obtención de ácidos grasos a partir de la borra de neutralización del aceite crudo de pescado por los métodos de acidulación, mixto y enzimático. (Tesis de Maestría). La Molina – Lima.
26. Miranda Cabrera, D. (2001). Determinación de energía metabolizable del aceite compuesto y aceite residual de fritura en pollos de carne por los métodos de colección total y ceniza insoluble en ácido. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina. La Molina – Lima.
27. Moreno, J., Muñoz, A. & Wills, G. (2013). Efecto de la inclusión de diferentes fuentes de lípidos sobre parámetros productivos y composición proximal del filete de tilapia nilótica- (*Oreochromis niloticus*) cultivada en jaulas flotantes. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfmvz/v60n2/v60n2a04.pdf>
28. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2010). Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del Estado de Desarrollo Tecnológico de su Cultivo. Recuperada de <http://www.fao.org/docrep/014/i1773s/i1773s.pdf>

29. Panduro, P. & Ramírez, E. (2012). Efecto de dos dietas balanceadas en el crecimiento y composición corporal de alevinos de *Myleus schomburgkii* (Jardine, 1841) banda negra cultivados en corrales. Recuperado de <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2433/Efecto%20de%20dos%20dietas%20balanceadas%20en%20el%20crecimiento%20y%20composicion%20corp%20oral.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
30. Paucar, L., Salvador, R., Guillén, J., Capa, J. & Moreno, C. (2015). Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. Recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2077-99172015000400005](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172015000400005)
31. Pérez Herrera, P. (2003). Estudio de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de aderezo tipo italiano elaborado con aceite de soya. Recuperada de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lia/perez\\_h\\_p/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/perez_h_p/)
32. Pilares Figueroa, D. A. (1997). Determinación de la energía metabolizable de la grasa ácida, estearina y ácidos grasos de pescado en pollos de carne. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina. La Molina – Lima
33. Reis, R. & Lima, F. (2009). *Brycon amazonicus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2009. Recuperado de <http://www.iucnredlist.org/details/167645/0>
34. Salas, A., Ayala, M. & Albrecht, M. (2002). Contenido de EPA y DHA en aceite crudo de pescado producido en el Perú durante el periodo 1996–2000. Recuperado de <http://www.oannes.org.pe/upload/20160922132922833226065.pdf>
35. Santamaría Merchán, S. (2014). Nutrición y alimentación de peces nativos. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2697/23591903.pdf;jsessionid=C975050087F4C7836C62155C8DEDBCEB.jvm1?sequence=1>
36. Sanz, F. (2009). La nutrición y la alimentación en la piscicultura. Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Volumen I. Recuperado de [https://books.google.com.pe/books?id=NEqkj2BykEC&pg=PA665&lpg=PA665&dq=Kestemont+y+Baras+\(2001\),&source=bl&ots=TMefOJ2Lha&sig=ACfU3U1XIrL6gt5YFLYCco\\_LFuEiFpR9w&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwiAstjUv6HmAhXZJbkGHVY6BYwQ6AEwC3oECAyQAQ#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=NEqkj2BykEC&pg=PA665&lpg=PA665&dq=Kestemont+y+Baras+(2001),&source=bl&ots=TMefOJ2Lha&sig=ACfU3U1XIrL6gt5YFLYCco_LFuEiFpR9w&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwiAstjUv6HmAhXZJbkGHVY6BYwQ6AEwC3oECAyQAQ#v=onepage&q&f=false)
37. Shekina Company. (2011). Productos y Servicios. Recuperado de <http://www.shekinacompany.com/productos.html>

38. Soria, C. & Sánchez, O. (2014). Efecto del ensilado biológico de víscera de pollo en el crecimiento y en la composición corporal de alevinos de gamitana, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) criados en corrales. Recuperado de [http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3500/C%C3%A9sar\\_Tesis\\_Titulo\\_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3500/C%C3%A9sar_Tesis_Titulo_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
39. Taboada, J. (2016). Evaluación de Tres Dietas con Igual Relación Energía/Proteína para Alevinos de Sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*). (Tesis Pre-grado inédita). Universidad Nacional Agraria La Molina. La Molina – Lima.
40. Tratado de Cooperación Amazónica. (2015). Piscicultura Amazónica con Especies Nativas. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Recuperado de <http://www.iiap.org.pe/upload/Publicacion/CDinvestigacion/iiap/iiap1/TEXTO.htm#TopOfPage>
41. Valenzuela, A., Sanhueza, J. & De La Barra, F. (2012). El aceite de pescado: ayer un desecho industrial, hoy un producto de alto valor nutricional. Revista Chilena de Nutrición, 39(2). Recuperado de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182012000200009](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182012000200009)
42. Vergara, V., Camacho, R., Bustamante, P. & Ferrer, S. (2016). Determinación del requerimiento de Proteína Cruda para sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*). Conferencia Latinoamericana de Acuicultura. Recuperado de <https://www.was.org/meetings/ShowAbstract.aspx?Id=44585>
43. Zaniboni, E., Reynalte, D. & Weingartner, M. (2006). Potencialidad del género Brycon en la piscicultura brasileña. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 19(2). Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-06902006000200017](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902006000200017)

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1 RESULTADO DEL ANÁLISIS QUÍMICO.

a. Ensayos físicos/ químicos por los laboratorios de calidad total

Tabla 8: De 100 g de muestra original que contiene aceite crudo de pescado.

ENSAYOS	UNIDAD	PROMEDIO
Humedad	g	8,6
Proteína	g	36,5
Grasa	g	8,8
Energía Total	Kcal	382,4
Carbohidratos	g	39,3
Cenizas	g	6,8
Fibra Cruda	g	2,4

Tabla 9: De 100 g de muestra original que contiene aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado

ENSAYOS	UNIDAD	PROMEDIO
Humedad	g	8,6
Proteína	g	36,5
Grasa	g	8,7
Energía Total	Kcal	381,9
Carbohidratos	g	39,4
Cenizas	g	6,8
Fibra Cruda	g	2,5



**ANEXO 2**  
**EFFECTOS DEL TIPO DE ACEITE EN LA PERFORMANCE DEL SÁBALO**  
**COLA ROJA.**

**Tabla 10: p-valor y significancia estadística obtenidos en el análisis de la varianza individual para el efecto de los tipos de aceite**

p- value y significancia estadística					
Fuente de Variación	Gl	Ganancia de Peso	Ganancia de Talla	Consumo	Conversión Alimentación
Tipo de Aceite	2	0,1359 <sup>ns</sup>	0,6837 <sup>ns</sup>	0,3042 <sup>ns</sup>	0,1397 <sup>ns</sup>
Bloque	2	0,0662	0,5568	0,0051	0,0501
Cuadro Medio del Error		25,85	0,21	0.03	0,01

\* Significativo con  $p < 0,05$ ; \*\* Significativo con  $p < 0,01$ ; <sup>ns</sup> No significativo con  $p > 0,05$

**Tabla 11: Ganancia de biomasa por bloque**

DIETA	BLOQUE	BIOMASA INICIAL (g)	BIOMASA FINAL (g)	GANANCIA DE BIOMASA (g)
ACS	GRANDES	421,77	768,70	346,93
	MEADIANOS	276,69	550,93	274,24
	PEQUEÑOS	218,99	409,70	190,71
ACP	GRANDES	423,41	706,18	282,77
	MEDIANOS	279,96	520,06	240,1
	PEQUEÑOS	219,19	477,33	258,14
AGN	GRANDES	423,32	810,00	386,68
	MEADIANOS	280,85	614,18	333,34
	PEQUEÑOS	219,40	491,65	272,25

**ANEXO 3**  
**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PESO**

**a. Análisis estadístico y prueba de Duncan para la variable productiva de peso.**

Se observa que con un p-valor igual a 0,1359 y con un nivel de aceptación  $p < 0,05$ ; por lo tanto, se afirma la hipótesis general, es decir, que el tipo de aceite no presenta diferencia significativa en el incremento de peso del sábalo cola roja. El análisis estadístico se presenta a continuación:

**Análisis de la varianza**

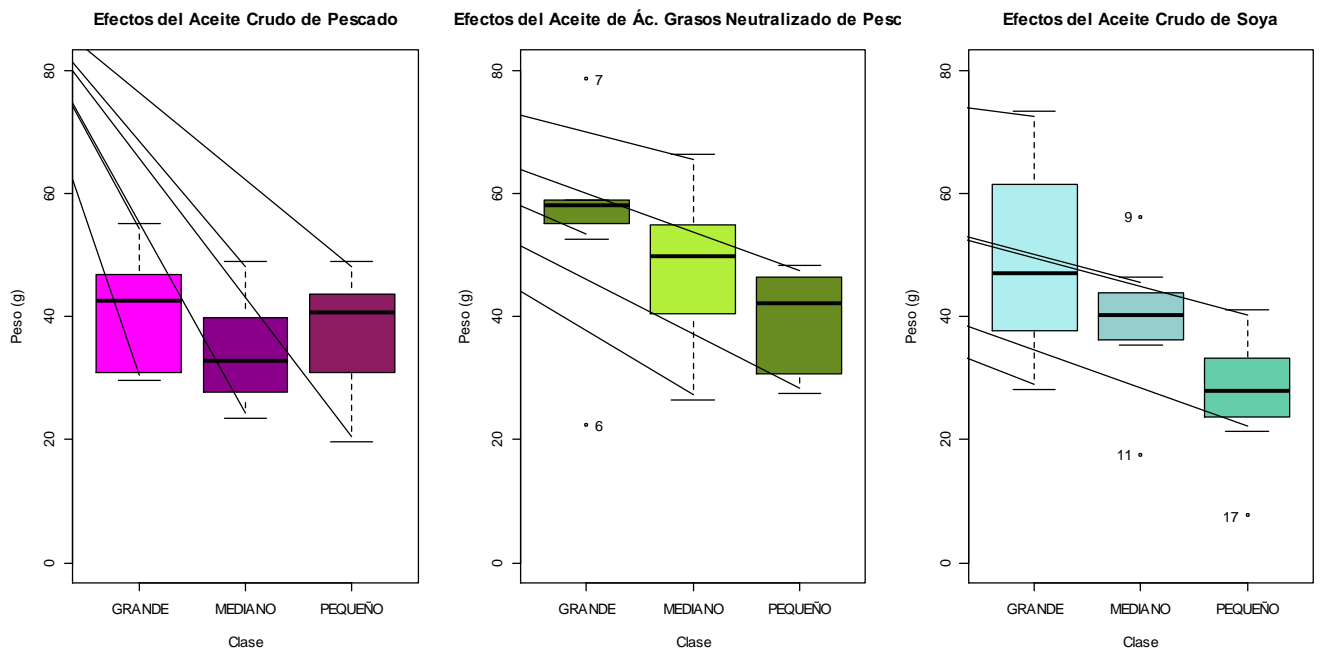
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PESO	9	0.82	0.64	12.39

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	475.68	4	118.92	4.60	0.0843
TRATAMIENTO	177.06	2	88.53	3.42	0.1359
BLOQUE	298.62	2	149.31	5.78	0.0662
Error	103.41	4	25.85		
Total	579.08	8			

**Tabla 12: Ganancia de peso promedio por bloque**

DIETA	BLOQUE	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	GANANCIA DE PESO (g)
ACS	GRANDES	60.25	109.81	49.56
	MEADIANOS	39.53	78.71	39.18
	PEQUEÑOS	31.28	58.52	27.24
ACP	GRANDES	60.49	100.89	40.40
	MEDIANOS	39.99	74.29	34.30
	PEQUEÑOS	31.31	68.19	36.88
AGN	GRANDES	60.47	115.71	55.24
	MEDIANOS	40.12	87.74	47.62
	PEQUEÑOS	31.34	70.23	38.89



**Figura 3: Diagrama box plot de los efectos de los tipos de aceite en el incremento de peso según la clase de alevín de sábalo cola roja**

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO 4**  
**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL TAMAÑO**

**a. Análisis estadístico y prueba de Duncan para la variable productiva de tamaño.**

Se observa que con un p-valor igual a 0,6837 y con un nivel de aceptación  $p < 0,05$  se afirma la hipótesis general, es decir, que el tipo de aceite no presenta diferencia significativa en el incremento de tamaño del sábalo cola roja. El análisis estadístico se presenta a continuación:

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
TAMAÑO	9	0.35	0.00	16.41

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.47	4	0.12	0.55	0.7119
TRATAMIENTO	0.18	2	0.09	0.42	0.6837
BLOQUE	0.29	2	0.14	0.68	0.5568
Error	0.85	4	0.21		
Total	1.31	8			

**Tabla 13: Ganancia de tamaño promedio por bloque**

DIETA	BLOQUE	TAMAÑO INICIAL (cm)	TAMAÑO FINAL (cm)	GANANCIA DE TAMAÑO (cm)
ACS	GRANDES	14.96	17.70	2.74
	MEDIANOS	13.10	16.21	3.11
	PEQUEÑOS	12.14	14.31	2.17
ACP	GRANDES	15.15	17.44	2.29
	MEDIANOS	12.94	15.61	2.67
	PEQUEÑOS	11.94	15.21	3.27
AGN	GRANDES	15.41	18.05	2.64
	MEDIANOS	13.16	16.29	3.13
	PEQUEÑOS	12.17	15.40	3.23

**ANEXO 5**  
**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CONSUMO**

**a. Análisis estadístico y prueba de Duncan para la variable productiva de consumo.**

Se observa que con un p-valor igual a 0,3042 y con un nivel de aceptación  $p < 0,05$  se afirma la hipótesis general, es decir, que el tipo de aceite no presenta diferencia significativa en el incremento de consumo del sábalo cola roja. El análisis estadístico se presenta a continuación:

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CONSUMO	9	0.93	0.86	8.97

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.68	4	0.42	13.77	0.0131
TRATAMIENTO	0.10	2	0.05	1.63	0.3042
BLOQUE	1.58	2	0.79	25.91	0.0051
Error	0.12	4	0.03		
Total	1.80	8			

## ANEXO 6

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA

**a. Análisis estadístico y prueba de Duncan para la variable productiva de la conversión alimenticia.**

Se observa que con un p-valor igual a 0,1397 y con un nivel de aceptación  $p < 0,05$  se afirma la hipótesis general, es decir, que el tipo de aceite no presenta diferencia significativa en el incremento de consumo del sábalo cola roja. El análisis estadístico se presenta a continuación:

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
C.A.	9	0.84	0.67	6.01

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.12	4	0.03	5.14	0.0708
TRATAMIENTO	0.04	2	0.02	3.35	0.1397
BLOQUE	0.08	2	0.04	6.94	0.0501
Error	0.02	4	0.01		
Total	0.15	8			

**Tabla 14: Conversión alimenticia promedio por bloque**

C.A.	TRATAMIENTO	BLOQUE
1.31	AGN	GRANDE
1.47	ACP	GRANDE
1.42	ACS	GRANDE
1.16	AGN	MEDIANO
1.41	ACP	MEDIANO
1.24	ACS	MEDIANO
1.09	AGN	PEQUEÑO
1.14	ACP	PEQUEÑO
1.27	ACS	PEQUEÑO

**ANEXO 7**  
**COSTO DE LAS DIETAS**

<b>INGREDIENTES</b>	<b>COSTO (S./Kg)</b>	<b>ACS</b>	<b>ACP</b>	<b>AGN</b>
Torta de soya, 47	1.68	0.790	0.790	0.790
Maíz	1.15	0.322	0.322	0.322
Hna. Pescado Prime	5.77	0.866	0.866	0.866
Harinilla de Trigo	0.86	0.032	0.032	0.032
Sal	0.54	0.003	0.003	0.003
Carbonato de Calcio	0.33	0.096	0.096	0.096
Cl. de Colina, 60	5.72	0.011	0.011	0.011
Premix acuicultura	38.47	0.038	0.038	0.038
Mold zap	3.54	0.002	0.002	0.002
Antioxidante	11.00	0.002	0.002	0.002
Aceite crudo de soya	3.86	0.579	0.000	0.000
Aceite crudo de pescado	4.63	0.000	0.695	0.000
Aceite de ácidos grasos neutralizado de pescado	3.49	0.000	0.000	0.524
<b>Costo Total (S/.)</b>		<b>2.741</b>	<b>2.856</b>	<b>2.685</b>
<b>Costo / Kg de ganancia de peso</b>		<b>3.590</b>	<b>3.828</b>	<b>3.169</b>

## ANEXO 8

### INSTALACIONES Y EQUIPOS DEL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE PECES Y CRUSTÁCEOS (LINAPC)

EQUIPO	UNIDAD	FUNCIÓN
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 9

### LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE PECES Y CRUSTÁCEOS (LINAPC)

