

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA



**“EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE ENERGÍA
MANTENIENDO CONSTANTE LA RELACIÓN CALORÍA:
PROTEÍNA EN JUVENILES DE SÁBALO COLA ROJA
(*Brycon erythropterum*)”**

Presentada por:

JUAN TABOADA LEÓN

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

Lima – Perú

2021

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE ZOOTECNIA

**“EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE ENERGÍA
MANTENIENDO CONSTANTE LA RELACIÓN CALORÍA:
PROTEÍNA EN JUVENILES DE SÁBALO COLA ROJA
(*Brycon erythropterum*)”**

Presentada por:

JUAN TABOADA LEÓN

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Carlos Vilchez Perales
Presidente

Dr. Víctor Guevara Carrasco
Miembro

Ing. Jessie Vargas Cárdenas
Miembro

Ing. Víctor Vergara Rubín
Asesor

DEDICATORIA

A Dios y a mi familia, que me dan fuerza, fortaleza y amor para dar cada paso en mi vida.

A mis padres por su apoyo constante y dedicación inconmensurable.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Víctor Vergara por su dedicación en la orientación, apoyo y asesoramiento para el desarrollo de esta investigación.

A la Estación Acuícola “Amazonic Aquaculture Service” por el apoyo a la investigación.

Al Equipo de Laboratorio de Investigación de Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos por su constante apoyo y recibimiento.

A Roberto Camacho y Andrea Marchán por su aportes, comentarios y apoyo.

A los miembros del Jurado por la predisposición a la mejora de la investigación con sus valiosos aportes.

A mi familia y amigos por su dedicación y apoyo para el desarrollo de cada etapa en mi vida.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. Sábalo cola roja (<i>Brycon erythropterum</i>)	2
2.1.1. Aspectos generales	2
2.1.2. Requerimientos de proteína y energía	4
2.1.3. Alimentación	5
2.1.4 Tasa y frecuencia de alimentación	6
2.1.5 Calidad de agua	6
2.2. Energía.....	9
2.3. Proteína bruta (PB).....	10
2.4. Relación energía a proteína	11
2.4.1. Comportamiento productivo.....	12
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Lugar y periodo de duración de la fase experimental.....	13
3.2. Animales experimentales.....	13
3.3. Instalaciones y equipos.....	13
3.4. Diseño experimental.....	14
3.5. Dietas experimentales.....	14
3.6. Análisis proximal	16
3.7. Manejo experimental.....	17
3.8. Evaluación de la calidad de agua	17
3.9. Evaluaciones biológicas y productivas.....	18
3.9.1. Peso unitario y talla	18
3.9.2. Ganancia de peso (G) e incremento de talla (L).....	18
3.9.3. Manejo del alimento.....	19
3.9.4. Conversión alimentaria (CA)	19

3.9.5. Relación de eficiencia proteica (PER).....	19
3.9.6 Tasa de crecimiento (TC).....	19
3.9.7 Costo de alimentación por kilogramo de ganancia de peso (C).....	20
3.10. Análisis estadístico	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
4.1. Calidad de agua	21
4.2. Peso y ganancia de peso	22
4.3. Talla e incremento de talla	24
4.4. Consumo de alimento	25
4.5. Conversión alimentaria.....	26
4.6. Tasa de crecimiento.....	27
4.7. Relación de eficiencia proteica (PER).....	27
4.8. Costo de alimentación por kilogramo de ganancia de peso	28
V. CONCLUSIONES.....	29
VI. RECOMENDACIONES	30
VII. BIBLIOGRAFÍA	31
VIII. ANEXOS	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Taxonomía del sábalo cola roja.....	2
Tabla 2: Pesos por fase de cultivo en investigaciones en el género Brycon	3
Tabla 3: Valores de parámetros del agua en investigaciones del género Brycon.....	8
Tabla 4: Fórmula de las dietas experimentales y su contenido nutricional	15
Tabla 5: Contenido de vitaminas y minerales traza por Kg. de alimento.....	16
Tabla 6: Metodología para la medición de la calidad de agua	18
Tabla 7: Parámetros de calidad de agua	22
Tabla 8: Efecto de las distintas dietas con igual relación caloría/proteína en el desarrollo productivo de juveniles de sábalo cola roja.....	23
Tabla 9: Consumo estimado de los componentes nutricionales de las dietas (g).....	25

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Distribución de unidades experimentales	39
Anexo 2: Análisis químico proximal de las dietas experimentales	39
Anexo 3: Registros de los parámetros de calidad de agua	40
Anexo 4: Peso vivo e incremento de peso (g)	41
Anexo 5: Biomasa y ganancia de peso (g)	41
Anexo 6: Incremento de longitud (cm).....	42
Anexo 7: Consumo de alimento (g).....	42
Anexo 8: Conversión alimentaria (CA).....	43
Anexo 9: Tasa de crecimiento (TC)	43
Anexo 10: Relación de eficiencia proteica (PER).....	44
Anexo 11: Evaluación del costo de alimentación por kilogramo de ganancia de peso	44
Anexo 12: Análisis de variancia del peso.....	45
Anexo 13: Análisis de variancia de la biomasa.....	46
Anexo 14: Análisis de variancia de la longitud.....	47
Anexo 15: Análisis de variancia del consumo total de alimento.....	48
Anexo 16: Análisis de variancia de la conversión alimentaria.....	48
Anexo 17: Análisis de variancia de la tasa de crecimiento	48
Anexo 18: Análisis de variancia de la relación de eficiencia proteica	48
Anexo 19: Análisis de variancia de costo de alimentación por kg de ganancia de peso	49
Anexo 20: Costos de las dietas	49

Anexo 21: Instalaciones y equipos del Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC).....	50
Anexo 22: Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC).....	51

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de diferentes niveles de energía manteniendo constante la relación caloría:proteína de 10 kcal energía digestible (ED)/g proteína bruta (PB), en juveniles de sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*). El experimento fue realizado en el Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC), del Departamento Académico de Nutrición, de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Los animales fueron acondicionados y alimentados con una dieta comercial durante 15 días y luego, fueron suministradas las dietas evaluadas *ad libitum* 3 veces al día durante 35 días, se utilizaron 72 juveniles de sábalo cola roja. Los peces se obtuvieron de la Estación Acuícola “Amazonic Aquaculture Service” (AAS) en Iquitos. Los datos obtenidos fueron analizados mediante un diseño de bloques completamente al azar, siendo el criterio de bloque el tamaño de los peces (pequeño, mediano y grande); se utilizó la prueba de Duncan para evaluar las diferencias entre los promedios de los tratamientos. Los tratamientos fueron formulados con diferentes niveles de energía, 2.9, 3.1 y 3.3 Mcal de ED/Kg, respectivamente con una relación de 10 kcal ED/g PC; el alimento fue formulado por programación lineal al mínimo costo. Los animales fueron asignados en grupos de 8 según el peso en acuarios. Se registraron 5 periodos de 7 días cada uno, al final de cada periodo fue determinado el consumo de alimento. La ganancia de peso e incremento de talla fueron determinados al final de la investigación. El incremento de energía manteniendo constante la relación caloría:proteína no afectó el consumo de alimento, ganancia de peso, el incremento de talla, la conversión alimentaria, la tasa de crecimiento, la relación de eficiencia proteica y el costo de alimentación, sin embargo, la dieta con 3.3 Mcal ED/kg y 33% de PC promovió los mejores parámetros productivos y costo de alimentación en esta fase del pez.

Palabras clave: sábalo cola roja, juveniles, relación caloría:proteína.

ABSTRACT

The purpose of this investigation was to determine the effect of different energy levels maintaining constant calorie:protein ratio of 10 kcal digestible energy (DE)/g crude protein (CP), in sábalo cola roja juveniles (*Brycon erythropterum*). The experiment was performed at the Laboratory of Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans (LINAPC), Academic Department of Nutrition of Universidad Nacional Agraria La Molina. The animals were acclimated and fed with commercial diet during 15 days and after, test diets were administered *ad libitum* three times a day during 35 days, 72 sábalo cola roja juveniles were used. Fish were obtained from “Amazonic Aquaculture Service” (AAS) fish farm from Iquitos. Data were analyzed using randomized complete block design, with the standard block size of fishes (small, medium and large), Duncan’s test was used to evaluate differences between means of treatment. The treatments were formulated with differences levels of energy, 2.9, 3.1 and 3.3 Mcal of DE/Kg, respectively with calorie:protein ratio of 10 kcal DE/g PC; the feed was made by least-cost linear programming. Fish were assigned to groups of 8 according to weight and located in tanks. Five periods of seven days each were registered, at the end of each period the feed intake was determined. Weight gain and body size growth was determined at the end of the research. Increased energy maintaining constant calorie:protein ratio did not affect feed intake, weight gain, body size growth, feed conversion, growth rate, protein efficiency rate and feed cost, however, diets with 33% PB and 3.3 Mcal DE/ kg improved productive parameters and feed cost in this stage of fish.

Keywords: sábalo cola roja, juveniles, calorie:protein ratio

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura en el Perú ha tenido un desarrollo importante en los últimos años, llegando a tener un crecimiento notable en la última década. Aquí se incluye el cultivo del sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*), un carácido neotropical, propio de la cuenca amazónica que ha demostrado un gran potencial para la acuicultura llegando a tener un incremento en su cosecha de 52 TM en el año 2008 a 84 TM en el año 2017 (PRODUCE, 2019).

Esta actividad es aún de carácter incipiente teniendo posibilidades de mejorar, pudiendo llegar a ser un rubro de producción económica muy importante por las condiciones que ofrece el territorio nacional en cuanto al clima y gran extensión de los espejos de agua propicios para la actividad acuícola (FAO, 2005). La información que se tiene sobre nutrición y alimentación en tecnología del cultivo para sábalo cola roja es insuficiente. Actualmente existen evaluaciones en Iquitos en temas de reproducción inducida y respuesta del alimento en parámetros reproductivos (Vergara *et al.*, 2016). Si bien se ha estudiado el efecto del nivel de energía manteniendo el nivel de proteína constante determinando una relación 10 kcal ED/g PB (Ferrer *et al.*, 2014), no hay estudios evaluando el efecto de la energía manteniendo constante la relación caloría:proteína.

La presente investigación tiene como objetivo determinar el efecto de tres niveles de energía manteniendo constante la relación caloría:proteína de 10 kcal ED/g PB, con niveles de 2.9, 3.1 y 3.3 Mcal de ED/Kg de alimento respectivamente, para juveniles sábalo cola roja mediante los parámetros productivos de ganancia de peso, incremento de longitud, consumo de alimento, conversión alimentaria, tasa de crecimiento, relación de eficiencia proteica y costo de alimentación por Kg de ganancia de peso.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*)

2.1.1. Aspectos generales

Esta especie se encuentra en el río Amazonas, básicamente en Perú y Bolivia, en un clima tropical en aguas con temperaturas medias entre 22 y 26°C y un pH entre 5.5 y 7.5. Las principales zonas de cultivo en nuestro país son en Loreto, Ucayali, Madre de Dios y San Martín (PRODUCE, 2016).

Tabla 1: Taxonomía del sábalo cola roja

Taxonomía	
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinopterygii
Orden	Characiformes
Familia	Bryconidae

FUENTE: Fishbase (2017)

Es típicamente fusiforme, con cuerpo hidrodinámico, su tamaño máximo es de hasta 56 cm de longitud y 4 Kg de peso. Posee la región dorsal de color 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, ubicada detrás de la aleta dorsal, y en menor medida las demás aletas y el opérculo (Arroyo, 2010; Pereyra, 2013).

Es un pez reófilo y de hábito alimenticio omnívoro, en ambientes naturales tiene una alta preferencia por los insectos, seguido por zooplancton, larvas de peces y/o alevines, fitoplancton y las macrófitas; además, tiene tendencia a la predación y al canibalismo,

confirmándose esto a través de observaciones en condiciones naturales (Alcántara & Guerra, 1990). Posee dientes faríngeos para triturar las semillas, actuando como dispersador de las mismas. En estadios juveniles es carnívoro, alimentándose de insectos, peces, crustáceos, entre otros (PRODUCE, 2016). Los pesos por fase del cultivo en el género Brycon se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2: Pesos por fase de cultivo en investigaciones en el género Brycon

Fase	Peso (g)	Especie
Alevín	0.74	<i>Brycon amazonicus</i> (Pereira, 2013)
	1.00	<i>Brycon cephalus</i> (Murrieta & Rengifo, 2016)
	3.60	<i>Brycon erythropterum</i> (Calderón, 2019)
	5.25	<i>Brycon orbygnianus</i> (Borba <i>et al.</i> , 2006)
	8.38	<i>Brycon orbygnianus</i> (Sá & Fracalossi, 2002)
Juvenil	9.00 - 21.00	<i>Brycon siebenthalae</i> (López <i>et al.</i> , 2004)
	23.20	<i>Brycon cephalus</i> (Izel <i>et al.</i> , 2004)
	58.30	<i>Brycon cephalus</i> (Guimaraes & Storti, 2003)
	125.00	<i>Brycon cephalus</i> (Pereira <i>et al.</i> , 1995)
	184.08	<i>Brycon erythropterum</i> (Espinoza, 2018)
	219.40	<i>Brycon cephalus</i> (Arbelaez <i>et al.</i> , 2002)
Adulto	> 1000	<i>Brycon amazonicus</i> (FONDEPES, 2017)
	1250 - 2000	<i>Brycon erythropterum</i> (Vergara <i>et al.</i> , 2006)

Los mejores resultados con esta especie, se logran en policultivos, porque tanto la gamitana, paco, boquichico o lisa no consumen los bujurquis o mojarra que son peces plaga que compiten por el alimento, en cambio el sábalo los aprovecha, por su tendencia a ser carnívoro en estadios juveniles, teniendo una conversión alimenticia de 1.5 a 1 (PRODUCE, 2016). En contraste, Kohler *et al.* (2007) indican una alta conversión alimentaria de 1.7, cuando consume alimento peletizado posee un rápido crecimiento. Muchas especies del género Brycon son apreciados por su valor y el sabor de su carne (Sá & Fracalossi, 2002).

La cosecha de sábalo cola roja, propio de la actividad de la acuicultura, ha incrementado en los últimos años desde el 2014, registrando 84 toneladas en el 2017. Loreto es el principal departamento donde se realiza esta actividad para dicha especie. La mayor participación en la cosecha por especie por la acuicultura en el Perú está dada por la trucha con 54,878 toneladas, seguido por la tilapia con 3,042 toneladas y paco con 1,624 toneladas en el año 2017 (PRODUCE, 2018).

2.1.2. Requerimientos de proteína y energía

Los peces, como ocurre en todos los animales, necesitan una adecuada nutrición para poder crecer y sobrevivir. Junto con la continua expansión y mejoramiento de la acuicultura, también son exigidos permanentes avances en la nutrición. Dentro de estas exigencias están las cantidades de nutrientes (proteína, lípidos, energía, vitaminas y minerales) que deben ser ofrecidas a una determinada especie de pez, para su mejor desarrollo corporal, productivo y económico (Lopera & Poveda, 2009).

Ferrer *et al.* (2014) evaluaron dietas con niveles de proteína bruta entre 28 a 42% en sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*), determinando un mejor desempeño para ganancia de peso en dietas con 37% de PB, la conversión alimenticia no presentó diferencias significativas entre los tratamientos. Además, evaluaron niveles de energía digestible que variaron entre 3.1 a 3.6 Mcal ED/Kg de alimento para la misma especie, presentando mejores resultados en ganancia de peso y conversión alimenticia con dietas de 3.5 Mcal ED/Kg de alimento.

Otros resultados son muy variables, Sá & Fracalossi (2002) reportan para la piraicanjuba (*Brycon orbignyianus*), que dietas con 36% de PB produjeron una mejor ganancia de peso, además Borguetti *et al.* (1991), citado por López *et al.* (2004), mencionan que dietas con 35 y 40% de proteína bruta son satisfactorias para la crianza intensiva de juveniles de la misma especie. Sin embargo, la FAO (2010) recomienda estanques con zooplancton, normalmente suplementados con alimento de 34 a 40% de proteína para juveniles y en adultos con alimento de 28 a 32% de proteína. Salinas *et al.* (2002) realizaron un experimento en yamú (*Brycon siebenthalae*), con 9 dietas isoenergéticas con niveles de proteína entre 16 y 40%, la dieta con 24% de PB mostró un mejor desempeño de crecimiento. Izel *et al.* (2004) realizaron un experimento en juveniles de *Brycon cephalus*, con niveles de proteína de 16 a 28% de PB, donde la dieta con 28% de PB produjo una mayor ganancia de peso, mejor conversión alimenticia y un mayor crecimiento corporal.

Pereira *et al.* (1995) evaluaron dietas en *Brycon cephalus* con niveles de proteína de 19, 25 y 30% y niveles de fibra entre 2 y 20%, observando una mayor ganancia de peso en los peces que recibieron mayores niveles de proteína independiente del nivel de fibra empleado. Pero, García *et al.* (1999), citado por Zaniboni *et al.* (2006), observaron que el *Brycon orbignyianus* ganó más peso cuando fue alimentado con dietas que contienen 9% de fibra bruta, a pesar de que este porcentaje es muy superior al convencionalmente empleado

(cerca de 3%), con este tipo de dieta se obtuvo bajos niveles de grasa en la carne, sin perjuicios en el desempeño zootécnico.

2.1.3. Alimentación

Para garantizar el éxito en el cultivo, el plan de alimentación debe ser manejado según sus necesidades nutricionales. En la producción intensiva, se debe usar alimento balanceado que aporten una dieta completa (adecuados niveles de proteína, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales), basándose en insumos como harina de pescado, subproducto de trigo, torta de soya, premezcla de vitaminas y minerales, entre otros, logrando así obtener un aumento de peso y rápido crecimiento. Además, las características de la dieta que deben considerarse en la alimentación incluyen el buen sabor, el tamaño de las partículas, el color, la textura y la densidad (Pond *et al.*, 2004).

La FAO (1989), citado por Camacho (2012), nos indica que el éxito de la alimentación, se basa en una dieta completa a partir del uso de alimentos peletizados semihúmedos o secos, dependiendo de varios factores importantes: las características nutricionales de la dieta formulada, los procesos de manufactura usados para producir las raciones alimenticias, las características físicas de la dieta, el manejo y almacenamiento de las dietas manufacturadas antes de ser usada en la alimentación, el método de alimentación empleado, ya sea a mano o mecanizada, la frecuencia de alimentación, la tasa de alimentación y la calidad de agua del sistema de cultivo, dado por la temperatura, el oxígeno disuelto, la concentración de minerales, amonio, la salinidad y la turbidez.

El *Brycon cephalus* cuando comienza una alimentación exógena durante los primeros 20 días se observó una mejor sobrevivencia cuando se combinó zooplancton (cladóceros y copépodos) y alimento con un contenido de 31.24% de proteína bruta; y un mayor crecimiento con sólo zooplancton (Lopes *et al.*, 1994). Sin embargo, Gomes (1998) citado por Zaniboni *et al.* (2006), usó sólo alimento vivo para enfrentar al canibalismo, las cuales fueron larvas de paco (*Piaractus mesopotamicus*), gamitana (*Colossoma macropomum*) y boquichico (*Prochilodus spp.*) ya que éstos muestran menor tamaño y nadan de forma más lenta que las larvas *Brycon cephalus*, facilitando su consumo. Similar a lo recomendado por la FAO (2010), donde 30 horas después de la eclosión requieren larvas de peces forrajeros como los del género *Leporinus*, *Colossoma*, *Piaractus* y *Prochilodus* para evitar el canibalismo. En los primeros 3 días de larvicultura en las incubadoras, se recomiendan de 2.5 a 5 larvas forrajeras por ejemplar de *Brycon* diariamente.

2.1.4 Tasa y frecuencia de alimentación

La tasa de alimentación es la cantidad de alimento a suministrar en base al porcentaje de la biomasa o peso total existente en el cultivo. Está determinada por varios factores como la especie del pez, el tamaño y la edad, la temperatura del agua, el oxígeno disuelto y otros parámetros. En condiciones adecuadas de temperatura y calidad de agua, la tasa de alimentación va disminuyendo conforme al crecimiento del pez. Durante la fase de larvicultura son alimentados a una tasa de 15-20% del peso vivo, en el alevinaje de 3 a 5% y en acabado a una tasa de 1% (Vásquez, 2004).

La frecuencia de alimentación se refiere al número de veces que se debe suministrar alimento a los peces por día (Kohler *et al.*, 2007). Normalmente se divide la cantidad de alimento calculado para cada día en varias raciones.

Frasca *et al.* (2007) nos indica que la matrinxá (*Brycon amazonicus*) no presenta diferencias significativas en la ganancia de peso y conversión alimentaria cuando es alimentado una, dos o tres veces al día.

2.1.5 Calidad de agua

Lopera & Poveda (2009), nos indican que la eficiencia de los nutrientes varía en relación a ciertos factores ambientales como concentración de minerales, temperatura y pH del agua, es por ello que se realizó una constante determinación y monitoreo de dichos parámetros, además de otros como oxígeno disuelto, concentración de nitritos y nitrógeno amoniacal. La calidad del agua en el cultivo de peces es un aspecto a tomar en consideración. La Tabla 3 presenta las condiciones de calidad óptimas para el género Brycon.

La temperatura es una de las variables más importantes en el cultivo de peces ya que, disponer de la temperatura idónea para un crecimiento más rápido permite la reducción del tiempo de producción y una mejor eficiencia alimenticia, con el consecuente ahorro de pienso (Calderer, 2001). La temperatura incrementa proporcional y positivamente la tasa de crecimiento hasta alcanzar su nivel óptimo, después de los cuales tiene efectos negativos (Pepe *et al.*, 2012).

Pezzato *et al.* (2004), citado por Lopera & Poveda (2009), explican que variaciones térmicas normalmente no afectan las exigencias cuantitativas de proteína y energía de algunas especies, pero modifican la cantidad de ingesta total, la velocidad de crecimiento y los índices de la utilización de los nutrientes.

Según Kohler *et al.* (2007), la temperatura adecuada para el cultivo del sábalo tiene un rango de 27 a 30°C, y excepcionalmente puede soportar por pocas horas hasta 36°C. Sin embargo, la FAO (2010), nos indica que la temperatura debe encontrarse en un rango de 25-28°C. Guimaraes & Storti (2003) observaron el efecto de los cambios bruscos de temperatura en el *Brycon cephalus*, concluyendo que dicho pez tolera temperaturas de entre 18 a 36°C, teniendo una mortalidad del 100% cuando es sometido a temperaturas fuera de este rango.

Calderer (2001) expone que existe una concentración crítica de oxígeno disuelto (OD) en el agua para el crecimiento, por debajo del cual la disminución de la tasa de crecimiento es directamente proporcional a la disminución de la concentración de oxígeno disuelto: el descenso de 1 ppm puede reducir la tasa de crecimiento en un 30%. Toledo (2005), citado por Camacho (2012), nos describe que los bajos valores de oxígeno producen inapetencia y letargia, afectan la tasa de crecimiento, aumentan la conversión del alimento, susceptibilidad a enfermedades y disminuye la capacidad reproductiva. Por ello, el OD es de suma importancia en el crecimiento y sobrevivencia de los peces en el cultivo.

Peña *et al.* (2006) usó una concentración de 3.1 mg/L de oxígeno disuelto como adecuado para el *Brycon sinuensis* en un ensayo. En contraste, cuando los niveles de oxígeno disuelto son cercanos a cero (aproximadamente 0.5 mg/L), en el sábalo se observa una dilatación del labio inferior hacia adelante y hacia los lados (Kohler *et al.*, 2007).

El pH es un factor que indica el grado de acidez o alcalinidad del agua para el cultivo de los peces. Los niveles óptimos de pH para el cultivo de peces están comprendidos entre 6.5 a 9. Valores inferiores o superiores a estos niveles son inadecuados para los peces en cultivo debido a que se produce un menor crecimiento. Los niveles letales de pH son menores a 4 o superiores a 11, ya que se produce demasiada acidez o alcalinidad (Tratado de Cooperación Amazónica, 1999). Frasca *et al.* (2007) realizaron ensayos con *Brycon amazonicus* indicando como adecuado un pH de 8; sin embargo, Ferreira *et al.* (2013) realizaron ensayos con la misma especie con un pH de 6.4.

La dureza expresa la cantidad de calcio y magnesio disueltos en el agua. El rango de valor óptimo de dureza en el agua para el cultivo de peces es de 20 a 350 mg/L de CaCO₃, niveles altos afectan principalmente a los peces en su mecanismo de osmorregulación, los peces se ven afectados a nivel de branquias reduciendo su capacidad respiratoria y metabólica, provocando lento crecimiento que se expresa en bajos rendimientos

productivos (Camacho, 2012). Por otro lado, Wurts (1993) expresa que un rango aceptable está entre 63 a 250 mg/L de CaCO₃.

El nitrógeno amoniacal (NH₃ + NH₄⁺), es excretado por los peces a través de sus branquias y orina, y es producido también por la descomposición microbiana del alimento no consumido y de las excretas por medio de las bacterias (Ingle *et al.*, 2003). Timmons *et al.* (2002), citado por Sánchez (2011), indica que para exposiciones a largo plazo, las concentraciones permisibles de NH₃ dependen de la temperatura de cultivo de la especie, pero como regla general debe mantenerse bajo 0.05 mg/L. El amonio es más tóxico a altas temperaturas, en tilapias los niveles de tolerancia se encuentran entre 0.6 a 2.0 ppm. Concentraciones altas de amonio en el agua causa bloqueo del metabolismo, daño en las branquias, afecta el balance de sales, produce lesiones en los órganos internos, inmunosupresión y susceptibilidad a enfermedades, reducción del crecimiento y sobrevivencia, exoftalmia (ojos brotados) y ascitis (acumulación de líquidos en el abdomen) (Popma & Lovshin, 1996).

Tabla 3: Valores de parámetros del agua en investigaciones del género Brycon

Parámetros	Sá & Fracalossi (2002)	Izel <i>et al.</i> (2004)	Aguilar & Torres (2010)	Atencio <i>et al.</i> (2006)	Borba <i>et al.</i> (2006)
Temperatura (C°)	23.7-30.2	27.5-29.7	26.15-28.75	29.8-30.3	28.4±1.2
Ph	5.17-6.75	5.50-6.30	7.00-8.00	7.7±0.3	
Nitrito (mg/L)	0.01-0.20		0.01		
Nitrógeno amoniacal (mg/L)	0.00-0.25			0.02-0.04	
Dureza (ppm)				145.5-150.8	
Oxígeno disuelto (mg/L)	4.73-9.73	3.60-6.10	3.1- 4.1	2.5-3.0	
Especie	<i>B. orbignyanus</i>	<i>B. cephalus</i>	<i>B. erythropterum</i>	<i>B. sinuensis</i>	<i>B. orbignyanus</i>

2.2. Energía

La energía es un no nutriente liberado durante la oxidación del metabolismo de los carbohidratos, lípidos y aminoácidos. Lovell (1998) menciona que la utilización de la energía por los animales es para procesos esenciales, tales como el mantenimiento, actividad y formación de tejidos.

Cuantitativamente, la energía es el componente más importante de la dieta ya que el consumo en animales que son alimentados *ad libitum* es, en gran parte, regulado por la concentración de energía en la dieta (Tucker & Hargreaves, 2004).

La energía bruta (EB) es la cantidad de calor proveniente de la oxidación completa del alimento y puede medirse en un calorímetro de bomba adiabático como el incremento de la temperatura de una cantidad conocida de agua en la oxidación completa de una muestra del material (Pond *et al.*, 2004). Blanco (1995), menciona que la energía bruta puede ser cuantificada usando los valores calóricos: 5.65 Kcal/g, 9.45 Kcal/g y 4.10 Kcal/g para proteína, lípidos y carbohidratos, respectivamente.

La energía digestible (ED) de un alimento es la energía total o bruta del alimento menos la energía contenida en las heces. Es aparente porque se toma en cuenta la energía precedente de las sustancias endógenas contenidas en las heces. La digestibilidad de la energía en una dieta es el resultado de la de sus ingredientes. En los peces, la digestibilidad de la energía de un nutriente dado está poco influenciada por el resto de ingredientes del alimento, a excepción del almidón crudo (Guillaume *et al.*, 2004). Lovell (1998) reporta estudios de modelos para calcular la ED realizados en truchas por Cho y Kaushik (1990) indican que 3.56 Mcal de energía digestible se requieren para producir 1.91 Mcal de energía recuperada en 1 Kg. de biomasa de peces con una relación eficiente de energía recuperada/energía digestible de 0.54, el cual es similar al valor de 0.56 para estudios de crecimiento reportados en bagres de canal, realizado por Gatlin *et al.* (1986).

La energía metabolizable (EM) es la energía del alimento menos la energía perdida en las heces, orina y branquias. Vásquez (2004) nos indica que la energía metabolizable representa entre el 63 a 73% del total de la energía ingerida en el alimento.

Mientras que la energía neta (EN) es la energía contenida en el alimento que es retirada, siendo utilizada para el mantenimiento y para producción. También es conocida como energía líquida (Lopera & Poveda, 2009). Tacon (1989) indica que los requerimientos

energéticos para el mantenimiento de organismos acuáticos, es mucho más bajo que el de los animales terrestres principalmente por dos razones, los peces en contraste con los animales de sangre caliente, son organismos ectotérmicos, por lo que no tienen que gastar energía en el mantenimiento de la temperatura corporal a un valor más elevado que el ambiente; y porque los peces son capaces de obtener un 10–20% más de energía a partir del catabolismo de proteínas, en comparación con los animales terrestres, ya que los primeros no tienen que convertir el amoníaco (producto final del catabolismo proteínico) a sustancias menos tóxicas (por ejemplo, urea o ácido úrico) antes de su excreción. En aves el requerimiento de energía de mantenimiento por unidad de peso corporal es casi cinco veces mayor que el de la carpa común a 23°C.

2.3. Proteína bruta (PB)

Determinar un óptimo nivel de proteína en la dieta para todas las fases del animal es poco práctico por diversos factores que pueden influenciar, éstos incluyen la temperatura del agua, el tamaño del pez, la cantidad de energía no proteica en la dieta, la calidad de la proteína utilizada y la disponibilidad de organismos naturalmente existentes como fuentes de alimento (Lovell, 1975; Robinson & Wilson, 1985; citado por Brown & Robinson, 1989).

Las condiciones de cultivo, condiciones ambientales, estado fisiológico y desarrollo de los individuos son factores a considerar para el requerimiento de proteína (Vásquez, 2004). Sin embargo, no siempre una ración con alto contenido de proteína promueve el mejor desempeño productivo de los peces; más importante que la cantidad es su calidad, determinada por el contenido de aminoácidos esenciales, ya que son estos lo que finalmente serán depositados en los tejidos bajo la forma de nuevas proteínas (Kim, 1997).

Numerosos trabajos han sido realizados para determinar los requerimientos nutricionales para la mayoría de las especies de peces de cultivo, especialmente para definir los niveles óptimos de proteína en las dietas y el balance más eficiente de aminoácidos esenciales. Según NRC (1993), los peces exigen mayores niveles de proteína dietética que otros animales, éstas contienen entre 24 a 50% de proteína bruta, a diferencias de las aves (19 a 23% aproximadamente) y cerdos (14 a 16%).

2.4. Relación energía a proteína

El nivel de proteína en la dieta puede ser menor sin afectar la ganancia de peso, la conversión alimenticia o calidad del producto, especialmente cuando la dieta está balanceada en energía y otros nutrientes (Brown & Robinson, 1989). La concentración óptima de proteína en la dieta del pez está marcada por el balance entre la proteína y la energía, tomando en cuenta la calidad proteica, al patrón adecuado de aminoácidos esenciales y a las fuentes de energía no proteica, lípidos y carbohidratos. En las dietas de peces la relación ha variado entre 8.55 a 12.35 Kcal de energía digestible por gramo de proteína bruta (Lopera & Poveda, 2009).

Las fuentes energéticas no proteicas son de gran importancia, debido a que la concentración de proteína y energía para peces deben estar balanceadas para proporcionar buenos índices de conversión alimenticia y retención de proteína en carcasa (Ellis & Reigh, 1991; citado por Signor *et al.*, 2010). Dietas con una relación energía:proteína desbalanceada puede provocar un bajo rendimiento en los sistemas de producción de peces (Santos *et al.*, 2013).

El balance de la energía en la dieta en relación al contenido de otros nutrientes es importante, principalmente porque una deficiencia en energía no proteica resulta más cara ya que genera que la proteína sea usada para satisfacer los requerimientos de energía. También, si la energía en la dieta es excesivamente elevada, disminuye el consumo de alimento, reduciendo la ingesta de nutrientes esenciales o una elevada relación energía:nutriente puede producir un indeseable nivel de grasa visceral o tejido, característica indeseable en los peces (Pezzato *et al.*, 2000, Lovell, 1998; Robinson *et al.*, 2001; citado por Tucker & Hargreaves, 2004). La excesiva deposición de grasa puede reducir el rendimiento del canal y reducir la vida útil de productos congelados (Tucker & Hargreaves, 2004).

Adicionalmente, una baja relación de energía a proteína en la dieta puede reducir la tasa de crecimiento específico debido al aumento de la demanda metabólica para la excreción de nitrógeno (Pezzato *et al.*, 2000), produciendo un efluente con mayor potencial contaminante (Kaushik & Oliva-Teles, 1986; citado por Sá & Fracalossi, 2002).

2.4.1. Comportamiento productivo

Evaluaciones de Ferrer *et al.* (2014) con dietas isoproteicas de 34.30% de PB y niveles de 3.1 a 3.6 de Mcal ED/Kg de alimento, mostraron mejores resultados en ganancia de peso y conversión alimenticia en dietas con niveles de 3.55 Mcal ED/Kg de alimento y una relación de 10.35 Kcal ED/g PB para el sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*).

En otros peces amazónicos, Gutiérrez *et al.* (2009), evaluó para la gamitana (*Colossoma macropomum*) el efecto de la interacción de dos niveles de proteína (25 y 35%) y tres niveles de energía digestible (2.3, 2.5 y 2.7 Kcal/g de alimento) obteniendo un mejor rendimiento cuando fue alimentada con una dieta de 2.7 kcal ED/g y 25% de proteína, es decir una relación de energía digestible: proteína de 10.8 kcal ED/g PB.

En juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*), Gutiérrez *et al.* (1996) indicó en su evaluación de 6 dietas que contenían dos niveles de proteína bruta (27.4 y 29.8%) y 3 niveles de energía digestible (2700, 2900 y 3100 kcal/Kg de alimento); los niveles de 29.8% de PB y 2700 kcal de ED/Kg de alimento brindan al paco una adecuada ganancia de peso y una eficiente retención de proteína, con una relación energía digestible (kcal):proteína (g) de 9.

González & Wills (2005), determinaron la relación adecuada de proteína cruda (PC)/energía digestible calculada (EDC) en alevines de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) a través de 6 dietas experimentales de 34 y 36% de PC y tres niveles de EDC de 3000, 3100 y 3200 kcal/Kg, la mayor ganancia de peso y mayor tasa de crecimiento se presentó en la dieta de 36% de PC y 3100 kcal/ Kg de EDC, correspondiendo a 8.6 kcal de EDC/g de PC.

III. METODOLOGÍA

3.1. Lugar y periodo de duración de la fase experimental

La evaluación biológica se realizó en el Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación en Peces y Crustáceos (LINAPC) del Departamento Académico de Nutrición, de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Agraria La Molina, la elaboración del alimento balanceado en la Planta de Alimentos del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos (PIPSA) y los análisis proximales en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA). El periodo de evaluación duró 35 días y comprendió entre abril y mayo del 2014.

3.2. Animales experimentales

Se utilizaron 72 juveniles de sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*), los cuales fueron donados por Estación Acuícola Amazonic Aquaculture Service de Iquitos. El peso promedio de los peces fue de 10.039 a 33.704 g, los cuales fueron ubicados en 9 acuarios (unidades experimentales) de 8 peces cada uno clasificados de acuerdo al peso, correspondiendo 3 acuarios para los peces pequeños, medianos y grandes, respectivamente (Anexo 1). El experimento culminó a los 35 días, cuando los juveniles llegaron a pesos promedios entre 33.948 y 105.113 g.

3.3. Instalaciones y equipos

Las instalaciones del LINAPC (Anexos 21 y 22), cuentan con un moderno sistema de recirculación, el cual permite el control de los estándares de calidad de agua y manejo de los peces para la alimentación, óptima para la especie en estudio. Se utilizó 9 acuarios de 54 litros de capacidad.

Durante el manejo de los juveniles se utilizaron mallas *Sera*, recipientes de plástico para el control biométrico, una balanza analógica marca Mettler Toledo modelo ML1602 con 0.01 g de precisión y capacidad de 1620 g, utilizada para el pesaje del alimento y obtención del

peso individual de cada juvenil, además un ictiómetro, para medir la talla de los peces y de esta manera obtener el incremento de longitud. En la medición del control de la calidad de agua se utilizó un termómetro digital *Hanna*, un oxímetro PinPoint II, kit's de reactivos y colorimétricos *La Motte* y *Sera* y un pHmetro lápiz *Phestr 10*.

3.4. Diseño experimental

Para el presente trabajo de investigación, los juveniles fueron uniformizados y separados según su peso corporal en tres bloques (grandes, medianos y pequeños) por tratamiento y distribuidos al azar en 9 acuarios (unidades experimentales) de 8 juveniles cada uno. La separación en bloques se realizó teniendo en consideración el comportamiento agresivo en los peces de género *Brycon* (Gomes *et al.*, 1999), con problemas de baja supervivencia debido al intenso canibalismo (Zaniboni *et al.*, 2006).

Se establecieron 3 tratamientos:

Tratamiento 1: Dieta con 2.9 Mcal ED/Kg y 29% de proteína cruda.

Tratamiento 2: Dieta con 3.1 Mcal ED/Kg y 31% de proteína cruda.

Tratamiento 3: Dieta con 3.3 Mcal ED/Kg y 33% de proteína cruda.

3.5. Dietas experimentales

Se formularon tres dietas experimentales, utilizando la formulación al mínimo costo, por programación lineal. La elaboración de las dietas se realizó en la Planta de Alimentos de la UNALM. Los distintos ingredientes y sus respectivas cantidades determinadas para cada dieta fueron mezclados, incorporando los ingredientes de mayor a menor cantidad con tiempo de mezclado de 5 minutos. Las dietas se peletizaron utilizando una máquina Buhler a 60°C y 506 kPa de presión, obteniendo pellets de 2.0 mm de diámetro. La Tabla 4 muestra la fórmula de las dietas experimentales y su contenido nutricional; la Tabla 5, el contenido de vitaminas y minerales traza por kg de alimento.

Tabla 4: Fórmula de las dietas experimentales y su contenido nutricional

	Tratamientos		
Energía Digestible (Mcal/ Kg.)	2.9	3.1	3.3
Proteína Bruta (%)	29	31	33
Relación ED (kcal ED): PB (g)	10	10	10
Ingredientes (%)			
Harinilla de trigo	38.72	53.02	40.46
Torta de soya, 47%	28.89	32.81	41.79
Subproducto de trigo	14.93	0	0
Harina de pescado prime, 66%	10.00	10.00	10.00
Melaza	5.15	0	0
Aceite de soya	0	1.50	4.86
Carbonato de calcio	0.95	1.24	1.46
Sal	0.64	0.64	0.64
Cloruro de colina, 60	0.20	0.20	0.20
Inhibidor de hongos	0.20	0.20	0.20
Premezcla de vitaminas y minerales	0.30	0.30	0.30
Antioxidante	0.02	0.10	0.10
TOTAL	100	100	100
Contenido nutricional (%)			
Materia seca	88.72	89.03	90.24
Proteína	29	31	33
Fibra	4.39	3.91	3.6
Grasa	3.94	5.49	8.5
Energía digestible (Mcal/Kg)	2.9	3.1	3.3
Lisina	1.76	1.93	2.08
Metionina	0.51	0.55	0.57
Cistina	0.44	0.48	0.51
Arginina	1.98	2.18	2.35
Treonina	1.10	1.20	1.29
Triptófano	0.38	0.41	0.44
Metionina + cistina	0.96	1.04	1.09
Calcio	0.96	0.98	1.00
Fósforo	0.41	0.43	0.45

Tabla 5: Contenido de vitaminas y minerales traza por Kg. de alimento

Nutriente	Cantidad
Vitamina A, UI	14000
Vitamina D3, UI	2800
Vitamina E, UI	140
Vitamina K3, g	0.008
Tiamina B1, g	0.02
Riboflavina (B2), g	0.02
Niacina, g	0.15
Ácido Pantoténico, g	0.05
Piridoxina (B6), g	0.02
Biotina, g	0.0008
Ácido fólico, g	0.004
Ácido ascórbico, g	0.60
Vitamina B12, g	0.00003
Cloruro de colina, g	0.60
Manganeso, g	0.04
Hierro, g	0.02
Zinc, g	0.02
Cobre, g	0.002
Yodo, g	0.002
Selenio, g	0.0003
Cobalto, g	0.0002
Antioxidante, g	0.12
Excipientes c.s.p	3 000.000

3.6. Análisis proximal

Los análisis químicos de las dietas experimentales fueron realizados en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) mediante métodos establecidos por la A.O.A.C (2005). Los resultados de los contenidos nutricionales de cada dieta, no muestra variaciones, lo que indica que la molienda y el mezclado fueron adecuados. El Anexo 2 presenta los resultados del análisis proximal de las dietas.

3.7. Manejo experimental

Durante 15 días los peces fueron aclimatados a las condiciones del laboratorio en acuarios de adaptación los cuales eran cubiertos para evitar el ingreso de luz y reducir el estrés durante esta etapa, la alimentación era con una dieta estándar. Diariamente, se iba retirando más la cubierta de los acuarios para la adaptación de los peces al ambiente de las instalaciones.

Al inicio del experimento los animales se sometieron a un tratamiento profiláctico con solución salina de 1% (López *et al.*, 2004). Los 72 alevines de sábalo cola roja fueron uniformizados y separados según su peso corporal en tres bloques (grandes, mediano y pequeños) por tratamiento y distribuidos al azar en 9 acuarios (unidades experimentales) de 8 juveniles por acuario. El Anexo 1 muestra la distribución de los peces en los acuarios, con sus respectivos tratamientos, bloques y dietas.

Durante los 35 días se les ofreció alimento hasta aparente saciedad, 3 veces al día (7.30 am, 12.30 pm y 5.30 pm). Para la biometría, los peces de cada acuario fueron colocados en un recipiente con agua para ser pesados en una balanza electrónica, para la medición de la longitud del pez se utilizó un ictiómetro, donde se midió desde la boca hasta el punto medio de la aleta caudal, finalmente retornaban a sus respectivos acuarios.

Las mediciones para la determinación de consumo se realizaron semanalmente, mientras que los parámetros productivos como ganancia de peso, incremento de talla, conversión alimenticia, tasa de crecimiento y relación de eficiencia proteica se realizaron al final del periodo experimental.

3.8. Evaluación de la calidad de agua

El agua utilizada para alimentar el sistema de recirculación provenía de la red de agua potable pública del Distrito de La Molina, donde previamente pasaba por un ablandador y diversos filtros.

La medición de temperatura se realizó en tres acuarios al azar y la medición oxígeno se realizó en todos los acuarios, ambas dos veces al día, a las 09.00 am y 04.00 pm, dos veces por semana. La medición de pH se realizó en todos los acuarios, las mediciones de dureza, nitrógeno amoniacal y nitritos en un solo acuario, a las 08.00 am y a las 05.00 pm, dos veces por semana.

Tabla 6: Metodología para la medición de la calidad de agua

Parámetro	Equipo	Metodología	Horario*
Temperatura del acuario	Termómetro <i>Hanna Instruments</i>	Lectura digital en acuarios, su rango de medición es de 20 – 70°C con 0.1°C de sensibilidad.	9:00 am y 4:00 pm
Oxígeno disuelto	Monitor de oxígeno <i>PinPoint II</i>	Lectura digital en acuarios, su rango de medición 0 – 20 mg/L.	9:00 am y 4:00 pm
Potencial de hidrógeno	Medidor <i>phTestr 10</i>	Lectura digital, su rango de medición es de -1 - 15 pH con 0.1 de precisión.	8:00 am y 5:00 pm
Dureza	Kit colorimétrico <i>LaMotte</i>	Utiliza un valorador de lectura directa, que proporcionan una exactitud dentro de la gamma habitual de 0 – 200 ppm con una sensibilidad de 4 ppm de carbonato de calcio (CaCO ₃).	8:00 am y 5:00 pm
Nitritos	Kit colorimétrico <i>Nitri-Test(NO2) Sera</i>	Lectura para 5 niveles de coloración, indicando un valor de nitritos (NO ₂): 0.3, 0.9, 1.6, 3.3 y 16.5 mg/L	8:00 am y 5:00 pm
Nitrógeno amoniacal	Kit colorimétrico <i>LaMotte</i>	Lectura para un rango de medición para el amonio de 1.0 – 8.0 mg/L; el amoniaco se halló indirectamente, tomando como referencia el contenido de amonio y pH siendo el rango de medición de 0.003 – 3.60 mg/L	8:00 am y 5:00 pm

Mediciones realizadas dos días por semana

3.9. Evaluaciones biológicas y productivas

3.9.1. Peso unitario y talla

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

Se utilizó una balanza electrónica *Mettler Toledo* con una precisión de 0.1 gr. para pesar a los animales, previamente eran secados cuidadosamente. Para la medición de la longitud total se utilizó un ictiómetro.

3.9.2. Ganancia de peso (G) e incremento de talla (L)

La ganancia de peso (G) fue hallada por la diferencia entre el peso final (W_t) y el peso inicial (W_0) y el incremento de la longitud (L) fue hallado por la diferencia entre la longitud final (L_t) y la longitud inicial (L_0) (Valencia & Valiente, 2015).

$$L = L_t - L_0$$

$$G = W_t - W_0$$

3.9.3. Manejo del alimento

La cantidad de alimento ofrecido fue calculado considerando la biomasa total de peces por acuario, comenzando con una tasa de alimentación de 8% y variándola hasta llegar al punto de saciedad. El alimento se colocó en un recipiente rotulado con el número del acuario, luego se pesó el alimento restante y por diferencia se obtuvo la cantidad de alimento consumido.

El suministro del alimento fue realizado tres veces al día, a las 07.30 am, 12.30 pm y 5.30 pm y se ofreció pellet por pellet para asegurar el consumo y evitar el desperdicio.

3.9.4. Conversión alimentaria (CA)

Muestra la relación del alimento consumido por incremento de peso (Sandre *et al.*, 2017).

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

3.9.5. Relación de eficiencia proteica (PER)

Muestra la relación de ganancia de peso vivo por proteína bruta consumida, también llamada tasa de eficiencia proteica o eficiencia de utilización de proteína (López *et al.*, 2004; Gutiérrez *et al.*, 2010).

$$PER = \frac{\text{Ganancia de peso vivo } g}{PB \text{ consumida } g}$$

3.9.6 Tasa de crecimiento (TC)

También llamada ganancia de peso diaria, se determina mediante la diferencia del peso final (W_t) y el peso inicial (W_0), dividido entre el tiempo de evaluación (t) (Borba *et al.*, 2006).

$$TC \left(\frac{g}{\text{día}} \right) = \frac{W_t - W_0}{t}$$

3.9.7 Costo de alimentación por kilogramo de ganancia de peso (C)

Se realizó el cálculo del costo de alimentación mediante el producto del costo de la dieta experimental (PA), presentado en el Anexo 20, y la conversión alimenticia (CA), la cual muestra la relación entre el alimento consumido por la ganancia de peso ganado durante el periodo de evaluación.

$$C = PA \times CA$$

3.10. Análisis estadístico

Se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 3 tratamientos (dietas con igual relación caloría/proteína) y 3 bloques (peces grandes, medianos y pequeños). La unidad experimental está definida por cada acuario y conformada por 8 juveniles de sábalo cola roja. Para la comparación de promedios de los parámetros se empleó la prueba de Duncan ($P < 0.01$). Para el análisis estadístico se utilizará el *Software* Statistical Analysis System (SAS, 1998). El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

$i=1, 2, 3$ tratamientos
 $j=1, 2, 3$ bloques

Donde:

Y_{ij} = Observación en la unidad experimental

μ = media poblacional

τ_i = efecto de i -ésimo tratamiento

β_j = efecto del j -ésimo bloque

ϵ_{ij} = desvío al azar de la j -ésimo bloque del i -ésimo tratamiento (error experimental)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Calidad de agua

Las condiciones de calidad durante el periodo experimental no afectaron las evaluaciones de la investigación. Los parámetros de calidad de agua se muestran a detalle en la Tabla 7 y Anexo 3.

La temperatura promedio de los acuarios fue de 27.45°C, similar a las condiciones que se manejó con *Brycon orbignyanus* (Sá & Fracalossi, 2002; Borba *et al.*, 2006) y *Brycon cephalus* (Izel *et al.*, 2004).

Con respecto al potencial de hidrogeno (pH), el valor promedio obtenido en el agua fue de 7.5, similar al pH manejado para el *Brycon erythropterum* (Aguilar & Torres, 2010). Sin embargo, el pH es superior al manejado en investigaciones para el *Brycon henni* (Aguirre & Muñoz, 2015) con valores entre 6.5 a 7.1 y superior para el *Brycon amazonicus* (Sousa *et al.*, 2016) con valor de 6.75.

Los valores para nitrógeno amoniacal y nitritos fueron menores a 1.0 y 0.3 mg/L, respectivamente, similares a los manejados para el *Brycon orbygnanus* con valores de nitrito en un rango de 0.01 y 0.20 mg/L y amonio en un rango de 0 a 0.25 mg/L (Sá & Fracalossi, 2002).

Para la dureza, se tuvo un valor promedio de 92.33 ppm, inferior a lo manejado para el *Brycon sinuensis* donde se reporta un rango de 145.5 a 150.8 ppm (Atencio *et al.*, 2006).

Para la mayoría de peces tropicales, la concentración mínima de oxígeno disuelto para el cultivo debe ser mayor a 4.0 mg/L, niveles más bajos convertirían el ambiente estresante y el crecimiento se vería comprometido (Gomes & Urbinati 2005, citado por Gadelha & Araujo 2013). El oxígeno disuelto promedio fue de 7.42 mg/L, valor dentro del rango de manejo para el *Brycon orbignyanus* (Sá & Fracalossi, 2002) y mayor para el *Brycon amazonicus* (Sousa *et al.*, 2016).

Tabla 7: Parámetros de calidad de agua

Parámetros	Horario	Promedio
Temperatura del acuario	09.00 am	27.40
	04.00 pm	27.50
pH	08.00 am	7.48
	05.00 pm	7.52
Nitrógeno amoniacal (mg/L)	09.00 am	<1
	05.00 pm	<1
Nitritos (mg/L)	09.00 am	<0.3
	05.00 pm	<0.3
Dureza (ppm)	09.00 am	93.33
	05.00 pm	91.33
Oxígeno disuelto (mg/L)	08.00 am	7.40
	04.00 pm	7.45

4.2. Peso y ganancia de peso

Los pesos unitarios obtenidos al inicio y al final de la evaluación, se muestran en la Tabla 8 y Anexo 4. El Anexo 5, presenta la biomasa final y la ganancia de peso por biomasa. El análisis de variancia indica que no existen diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos para el peso inicial, el peso final, la ganancia de peso, la biomasa inicial, la biomasa final y la ganancia de biomasa. Existe diferencia muy significativa ($P<0.01$) para los bloques, es decir entre tamaños de los peces (Anexo 12 y 13).

Sin embargo, se observaron mayores valores numéricos, de peso y ganancia de peso, cuando se suministró dietas con mayor contenido de proteína bruta y energía digestible. La mayor ganancia de peso se obtuvo con la dieta que contenía 3.3 Mcal de ED y 33% de PB, obteniéndose 40 por ciento más de peso, en comparación con la dieta que contenía 29% de PB y 2.9 Mcal de ED, y 19 por ciento más de peso, que la dieta que contenía 31% de PB y 3.1 Mcal de ED.

Esto, debido a que la dieta con 3.3 Mcal de ED y 33% de PB presentó mayores niveles de fuentes de energía no proteica, en este caso de lípidos, similar a la investigación realizada por Borba *et al.* (2006) en la piracanjuba (*Brycon orbignyanus*), indicando que la utilización óptima de la proteína se puede lograr aumentando la concentración de energía dietética mediante la inclusión de energía no proteica, como la de los lípidos, además, ésta es eficientemente mejor utilizada que la energía de los carbohidratos.

Tabla 8: Efecto de las distintas dietas con igual relación caloría/proteína en el desarrollo productivo de juveniles de sábalo cola roja

Niveles nutricionales	Dietas con igual relación caloría: proteína		
Energía digestible (Mcal)	2.9	3.1	3.3
Proteína Bruta (%)	29	31	33
Parámetros			
Biomasa (g)			
Inicial	161.803	160.773	160.463
Final	429.836	476.035	537.918
Ganancia de biomasa (g)	268.032 ^a	315.262 ^a	377.454 ^a
Peso (g)			
Inicial	20.225	20.097	20.058
Final	53.729	59.504	67.240
Incremento de peso	33.504 ^a	39.408 ^a	47.182 ^a
Talla unitaria (cm)			
Inicio	10.000	10.033	10.400
Final	13.633	14.633	15.083
Incremento de talla	3.633 ^a	4.600 ^a	4.683 ^a
Tasa de crecimiento	0.957 ^a	1.126 ^a	1.348 ^a
Relación de eficiencia proteica (PER)	2.60 ^a	2.50 ^a	2.82 ^a
Total de alimento consumido por juvenil (g)	47.390 ^a	50.519 ^a	50.884 ^a
Conversión alimentaria	1.337 ^a	1.297 ^a	1.080 ^a
Costo de alimento S/. /Kg	1.519	1.674	1.869
Costo de alimentación por Kg de ganancia de peso	2.031 ^a	2.171 ^a	2.018 ^a

Marchán (2019) reporta que la relación de 9.7 kcal ED/g PB para el sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*) presenta los mejores resultados para ganancia de peso, valor muy similar a esta investigación. En otras especies del género *Brycon*, se registra una mejor ganancia de peso una relación de 13.9 kcal EB/ gr PC y 28% PC para el *Brycon cephalus* (Izel *et al.*, 2004), para la piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) la mayor ganancia de peso presenta la dieta con una relación de 10.4 kcal EM/g PC con 29% de PC, en donde mayores incrementos de PC no muestran una mejora (Sá & Fracalossi, 2002).

4.3. Talla e incremento de talla

Los resultados obtenidos del incremento de talla se muestran en la Tabla 8 y en el Anexo 6. El análisis de variancia indica que no existen diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos para la longitud inicial, la longitud final y el incremento de la longitud total, y entre bloques para el incremento de la longitud total; en cambio, es muy significativo ($P<0.01$) entre los bloques para la longitud inicial y la longitud final (Anexo 14). Sin embargo, numéricamente la dieta que contenía 3.3 Mcal de ED y 33% de PB , registra 28 por ciento mayor incremento de longitud que la dieta con menor nivel de proteína.

Estudios realizados por Ferrer *et al.* (2014) muestran que el incremento de proteína bruta en la dieta mejora el incremento de longitud hasta determinado nivel, luego del cual no produce mejoría, probablemente a que el exceso de proteína genera un desbalance en la relación caloría:proteína. Para la presente investigación, los incrementos de niveles de energía y proteína fueron proporcionales no afectando el balance de la relación caloría:proteína, mejorando el incremento de longitud. Los resultados obtenidos, coinciden con el mayor consumo de alimento, nutrientes y energía digestible (Tabla 9) durante el periodo de evaluación.

Tabla 9: Consumo estimado de los componentes nutricionales de las dietas (g)

Niveles nutricionales	Dietas con igual relación caloría:proteína		
Energía digestible (Mcal)	2.9	3.1	3.3
Proteína bruta (%)	29	31	33
Nutrientes (g)			
Materia seca	42.04	44.98	45.92
Proteína total	13.74	15.66	16.79
Lípidos	1.87	2.77	4.33
ED (Mcal)	1.37	1.57	1.68
Lisina	0.83	0.98	1.06
Metionina	0.24	0.28	0.29
Arginina	0.94	1.10	1.20
Triptófano	0.18	0.21	0.22
Metionina + cistina	0.45	0.53	0.55
Calcio	0.45	0.50	0.51
Fósforo	0.19	0.22	0.23

4.4. Consumo de alimento

Los resultados obtenidos del consumo de alimento se muestran en la Tabla 8 y el Anexo 7. El análisis de variancia no muestra diferencias significativas ($P > 0.05$) para el consumo final acumulado de los tratamientos; en cambio, muestra diferencias muy significativas ($P < 0.01$) para los bloques (Anexo 15). Sin embargo, la dieta que contenía 3.3 Mcal de ED y 33% de PB, presentaba un mayor consumo de alimento, registrándose hasta un 7 por ciento mayor consumo con la dieta que contenía 2.9 Mcal de ED y 29% de PB.

Tucker & Hargreaves (2004) señalan que si la energía en la dieta es excesivamente elevada, el consumo de alimento disminuye, reduciendo la ingesta de nutrientes esenciales. Para el caso de esta investigación, mayores niveles de energía no afectaron el consumo, ni la ingesta de nutrientes esenciales. Signor *et al.* (2010) reportan que a partir de determinado nivel de nutrientes, la dieta pasa a ser perjudicial en el crecimiento, porque los

animales demandan energía para metabolizar o excretar el exceso de nutrientes de la dieta. Por lo tanto, los niveles de energía usados en la dieta no afectaron el consumo ni los rendimientos productivos.

Los resultados de consumo, presentan similitud a los de Salinas *et al.* (2002), registrando que el aumento del nivel de proteína manteniendo el de energía, aumentó el consumo aparente de alimento hasta determinada concentración, luego del cual presentó una notable disminución del consumo para juveniles de yamú (*Brycon siebenthalae*). En cambio, López *et al.* (2004) indican que el consumo fue inversamente proporcional al nivel proteico sin efecto de la energía en su comportamiento para la misma especie.

4.5. Conversión alimentaria

En la Tabla 8 y el Anexo 8, se observan los resultados de la conversión alimentaria. El análisis de variancia no muestra diferencias significativas (Anexo 16) entre los tratamientos y bloques ($P > 0.05$). Los valores obtenidos estuvieron entre 1.08 y 1.34, demostrando que los tratamientos tuvieron similar efecto sobre la relación alimento consumido y ganancia de peso.

A pesar que no presentaron diferencias significativas, los juveniles que consumieron la dieta con mayor nivel de ED y PB (3.3 Mcal y 33%), obtuvieron una mejor conversión en comparación con las otras dietas, hasta 20 y 23 por ciento menos comparado al tratamiento con 31% de PB y 3.1 Mcal y al 29% de PB y 2.9 Mcal, respectivamente.

Similar resultado registran Sá & Fracalossi (2002), concluyendo que el incremento de proteína bruta mejora la conversión alimentaria hasta un determinado nivel, mayores niveles, los peces no son capaces de convertir el alimento en ganancia de peso de forma eficiente probablemente a que el exceso de proteína fue empleada para producción de energía, siendo la CA más eficiente de 1.06 en una dieta con 36% de PB y 8.5 kcal EM/ g PB para alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). En la presente investigación, el incremento del nivel de proteína no afectó la CA, probablemente a que también incrementó proporcionalmente el nivel de energía, no generando un desbalance caloría:proteína, conduciendo a que la proteína consumida sea empleada para la conversión eficiente en ganancia de peso.

4.6. Tasa de crecimiento

La Tabla 8 y el Anexo 9 muestran la tasa de crecimiento durante la evaluación. El análisis de variancia no muestra diferencias significativas ($P>0.05$), para los tratamientos durante la evaluación; sin embargo, fue muy significativo ($P<0.01$) para los bloques (Anexo 17). Aún así, se registró una mayor tasa de crecimiento cuando se incrementaba los niveles de energía y proteína en la dieta, aumentando hasta un 40 por ciento la tasa de crecimiento cuando la dieta contenía 33% de PB y 3.3 Mcal de ED comparado a la dieta con 29% de PB y 2.9 de ED, y hasta un 19 por ciento más comparado a la dieta con 31% de PB y 3.1 Mcal de ED.

En investigaciones en el yamú (*Brycon siebenthalae*), López *et al.* (2004), registraron dietas adecuadas para tasa de crecimiento con niveles de 3.2 Mcal de ED y 15.2 kcal ED/g PB indicando que el aumento del nivel proteico no necesariamente genera una mejor tasa de crecimiento ya que los niveles de proteína por encima de los exigidos, reducen la energía disponible para crecimiento, por incremento de la demanda metabólica y el desperdicio de aminoácidos excedentes, limitando el crecimiento por un desbalance en la relación energía: proteína. En esta evaluación, los incrementos de niveles de proteína no afectaron la TC ya que los niveles de energía aumentaron de manera proporcional, por la constante relación caloría: proteína.

4.7. Relación de eficiencia proteica (PER)

El Anexo 10 muestra la relación de eficiencia proteica durante la evaluación. El análisis de variancia no muestra diferencias significativas ($P>0.05$), para los tratamientos y bloques durante la evaluación para la relación de eficiencia proteica (Anexo 18). Sin embargo, la dieta que contenía 3.3 Mcal de ED y 33% de PB registró 2.82, el más alto valor, siendo la más eficiente en convertir la proteína de la dieta en peso corporal.

Esto puede deberse a la mayor ingesta de lípidos en el tercer tratamiento (Tabla 9), ya que Sandré *et al.* (2017) indicaron que si se incorporan en cantidades adecuadas nutrientes no proteicos como los carbohidratos y lípidos para aumentar la energía en la dieta, el uso de las proteínas se puede optimizar debido a que la tasa de conversión de proteína a energía decrece, la proteína de la dieta puede ser usada para el crecimiento y formación de tejidos, proceso conocido como efecto ahorrador de proteína.

Vidal *et al.* (1999) reportaron en el tambaquí (*Colossoma macropomum*) que incrementos de PB reducen los valores de PER pudiendo estar asociados a la falta de energía de fuentes no proteicas (baja relación energía: proteína) siendo la dieta con 21% de PB y 14.76 kcal EM/ g PB y un valor PER de 2.94. En la presente investigación, los incrementos de PB no afectaron la relación de eficiencia proteica debido a la constante relación caloría:proteína.

López *et al.* (2004) en el yamú (*Brycon siebenthalae*) registraron diferencias significativas al aumentar niveles de proteína y energía para la misma especie, siendo la dieta con 3.2 Mcal ED de 14.4 kcal de ED/g de PB la que tuvo mejor comportamiento con un PER de 2.9, valor muy similar al de la presente investigación.

4.8. Costo de alimentación por kilogramo de ganancia de peso

La Tabla 8 y el Anexo 11 muestran la evaluación del costo de alimento por kilogramo de ganancia de peso. El análisis de variancia no muestra diferencias significativas ($P > 0.05$), para los tratamientos y bloques durante la evaluación para los costos de alimentación (Anexo 19). Sin embargo, numéricamente la dietas que contenían 33% de PB y 3.3 Mcal de ED presentó hasta un 7 por ciento menor costo de alimentación por kilogramo de ganancia de peso, por una mejor conversión alimentaria a pesar de un mayor costo por kilogramo de alimento.

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales llevadas en la presente investigación, se concluye que:

- El aumento del nivel energético, manteniendo constante la relación caloría:proteína dietas para juveniles de sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*), no afecta el comportamiento productivo en el peso, longitud, consumo de alimento, conversión alimentaria, tasa de crecimiento, relación de eficiencia proteica y costo de alimentación por kilogramo de peso.
- La dieta con mayor nivel de energía y proteína, reduce en 7 por ciento el costo de alimentación por kilogramo de peso.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda un nivel de 3.3 Mcal/Kg, para una relación de 10 kcal ED/gr PB, en dietas para juveniles de sábalo cola roja.
- Determinar la relación caloría:proteína bruta para otras fases del cultivo en sábalo cola roja.
- Replicar el experimento evaluando la excreción del nitrógeno.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara, F. & Guerra, H. (1990). Aspectos de alevinaje de las principales especies nativas en piscicultura en la Amazonia Peruana. *Folia amazónica IIAP*, 2: 139-161.
- A.O.A.C. (2005). *Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists* (18° edición). Maryland, USA: AOAC International.
- 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 Centro de Desarrollo Pesquero Nuevo Horizonte – FONDEPES – Iquitos (Tesis Biólogo Acuicultor). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú.
- Aguirre, M. & Muñoz, L. (2015). Evaluación de dos niveles de proteína en dietas para juveniles de sabaleta *Brycon henni* (Eigenmann, 1993). *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 2: 61-68.
- Arbelaez, G.; Machado, D. & Indrusiak, J. (2002). Composición corporal de tambaqui, *Colossoma macropomum* y matrinxã, *Brycon cephalus*, en sistemas de cultivo intensivo, en Igarapé, y Semi-Intensivo, en viveros. *R. Bras. Zootec.*, 31(3): 1059-1069.
- Arroyo, Y. (2010). Caracterización seminal y evaluación de dilución de semen de dos peces amazónicos *Doncella (Pseudoplatystoma fasciatum)* y sábalo (*Brycon erythropterum*) (Tesis Ing. Zootecnista). Universidad Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Atencio, V.; Pardo, S.; & Barrera, U. (2006). Efecto de la densidad de siembra en el alevinaje de la dorada (*Brycon sinuensis* Dahl,1955). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 19(2): 197-203.
- Blanco, C. (1995). *La trucha: cría industrial* (2° edición). Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

- 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: 183-191.
- Brown, P. & Robinson, E. (1989). Comparison of practical catfish feeds containin 26 or 30% protein. *Progressive Fish-Culturist*, 51: 149-151.
- Calderer, A. (2001). Influencia de la temperatura y la salinidad sobre el crecimiento y consumo de oxígeno de la dorada (*Sparus aurata L.*) (Tesis Doctor en Ciencias Biológicas). Universitat de Barcelona, Barcelona, España.
- Calderón, K. (2019). Determinación del requerimiento de proteína bruta de alevinos de sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*) (Tesis Ing. Zootecnista. Lima). Universidad Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Camacho, R. (2012). Evaluación de tres niveles de harina de subproducto de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en dietas para alevines de tilapia roja (*Oreochromies spp.*) (Tesis Ing. Zootecnista). Universidad Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Del Risco, M.; Velásquez, J.; Sandoval, M.; Padilla, P.; Moripinedo, L. & Chu-Koo, F. (2008). Efecto de tres niveles de proteína dietaria en el crecimiento de juveniles de paiche, *Arapaima gigas* (Shinz, 1822). *Folia Amazonica*, 1(2): 29-37.
- Espinoza, A. (2018). Digestibilidad de nutrientes y energía digestible de torta de soya (*Glycine max*) en juveniles de sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*) (Tesis Ing. Zootecnista). Universidad Agraria La Molina, Lima, Perú.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2005). Visión general del sector acuícola en el Perú. Recuperado de http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_peru/es
- _____. (2010). Peces nativos de agua dulce de América del Sur: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/014/i1773s/i1773s.pdf>
- Ferrer, S.; Vergara, V. & Camacho, R. (2014). Evaluación de diferentes niveles de energía en dietas isoproteicas para el sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*). Reporte LINAPC. Lima, Perú: Departamento Académico de Nutrición UNALM.

- _____. (2014). Evaluación de diferentes niveles de proteína en dietas isoenergéticas para el sábalo cola roja (*Brycon erythropterus*). Reporte LINAPC. Lima, Perú: Departamento Académico de Nutrición UNALM.
- Ferreira, M.; Aride, P.; Silva, M. & Val, A. (2013). Efecto de la cantidad de proteína en la dieta y entrenamiento físico sobre parámetros fisiológicos y zootécnicos en matrinxá (*Brycon amazonicus*, Günther 1869). Acta amazónica, 43(4): 439-443.
- Fishbase. (2017). *Brycon erythropterus* (Cope, 1872). Recuperado de <http://www.fishbase.org/summary/Brycon-cephalus.html>
- Frasca, C.; Carneiro, D. & Malheiros, E. (2007). Efecto del manejo de la alimentación sobre la performance de matrinxá (*Brycon amazonicus*) en tanques de cultivo. Acta amazónica, 37(4): 621-628.
- FONDEPES (Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero). (2017). Protocolo de reproducción del sábalo cola roja (*Brycon amazonicus*). Lima, Perú: Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero.
- Gadelha, E. & Araújo, J. (2013). Criação de Matrinxã em cativeiro. PUBVET, 7(5): Art. 1507.
- Gomes, L.; Baldisserotto, B. & Senhorini J. (1999). Efecto de la densidad de la población sobre la calidad de agua, la supervivencia y el crecimiento de larvas de matrinxá, *Brycon cephalus* (Characidae), en estanques. Aquaculture, 183: 73-81.
- González, R. & Wills, G. (2005). Relación proteína/energía digestible para alevinos de bocachico (*Prochilodus magdalenae*), Steindachner, 1878. Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica, 12(2): 69-77.
- Guillaume, J.; Kaushik, S.; Bergot, P. & Metailler, R. (2004). Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Madrid, España: Ediciones Mundi empresa.
- Guimaraes, S. & Storti, A. (2003). Observaciones preliminares sobre el efecto de cambios bruscos de temperatura sobre la sobrevivencia de juveniles de matrinxá (*Brycon cephalus*) bajo condiciones de laboratorio. Acta Amazonica, 33(4): 719-722.
- Gutiérrez, F. (2009). Efecto de varios niveles de energía digestible y proteína en la dieta sobre el crecimiento de Gamitana (*Colossoma macropomum*) Cuvier 1818. Rev. Inv. Vet. Perú, 20(2): 178-186.

- Gutiérrez, F.; Quispe, M.; Valenzuela, L.; Contreras, G. & Zaldívar, J. (2010). Utilización de la proteína dietaria para alevinos de la gamitana, *Colossoma macropomum*, alimentados con dietas isocalóricas. *Rev. Per. Biol.*, 17(2): 219-223.
- Gutiérrez, W.; Zaldívar, J.; Deza, S. & Rebaza, M. (1996). Determinación de los requerimientos de proteína y energía de juveniles de paco, *Piaractus brachypomus* (PISCES CHARACIDAE). *Folia Amazonica*, 8(2):35-45.
- Honorato, C. & Silva, C. (2013). Caracterização bromatológica de farelos de pinhão-manso. *Scientia Plena*, 9(9): 1-7.
- Ingle, G.; Villareal, E.; Arredondo, J.; Ponce, J. & Barriga, I. (2003). Evaluación de algunos parámetros de calidad de agua en un sistema cerrado de recirculación para acuicultura, sometido a diferentes cargas de biomasa de peces. *Hidrobiológica*, 13(4): 247-253.
- Izel, A.; Pereira, M.; Melo, L. & Macêdo, J. (2004). Avaliação de níveis protéicos para a nutrição de juvenis de matrinxã (*Brycon cephalus*). *Acta Amazônica*, 34(2): 179-184.
- Kim, K. (1997). Reevaluación de requerimientos de proteína y aminoácidos en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 151: 3-7.
- Kohler, C.; Kohler, S. & Camargo, W. (2007). Cartilla de Acuicultura Amazónica. Iquitos, Perú: Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program (PD/ACRSP).
- Lowell, T. (1998). *Nutrition and feeding of fish* (2° edición). Nueva York, USA: Editorial Springer.
- Lopera, N. & Poveda, A. (2009). Exigencias nutricionales en peces tropicales: factores y métodos de estimación. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 2(2): 54-65.
- Lopes, R.; Senhorini, J. & Soares, M. (1994). Crescimento e sobrevivência de larvas de matrinxã *Brycon cephalus*, 1869, (PISCES, CHARACIDAE) sob diferentes dietas alimentares. *B. Téc. CEPTA*, 7: 41-48.
- López, Y.; Vásquez, W. & Wills, A. (2004). Evaluación de diferentes proporciones de energía:proteína en dietas para juveniles de Yamú, *Brycon siebenthalae* (Eigenmann, 1992). *Rev. Orinoquia*, 8(1): 64-76.

- Marchán, A. (2019). Energía digestible de ingredientes y determinación del requerimiento de energía del sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*) (Tesis Mg. Sc. Nutrición). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Murrieta, C. & Rengifo, F. (2016). Influencia de la densidad de siembra y de la tasa alimenticia en el crecimiento de alevinos de *Brycon cephalus* (Günther, 1869), “sábalo cola roja” (pisces, characidae) cultivados en corrales. Tesis Biologo Acuicultor. Universidad de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú.
- NRC (National Research Council). (1993). Nutrient requirements of fish. Washington, USA: National Academy Press.
- Peña, G.; Olaya, C.; Atencio, V.; Segura, A.; Tordecilla, G.; Segura, F. & Brú, S. (2006). Evaluación del cultivo de dorada (*Brycon sinuensis* Dahl, 1955) en estanques a diferentes densidades de siembra. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 19(2): 212-220.
- Pepe, R.; Silva, A.; Vega, A.; Araya, M. & Cornejo, L. (2012). Efecto del aumento de la temperatura, frecuencia de alimentación y ración de alimento en el crecimiento de juveniles de turbot (*Psetta maxima*). Int. J. Morphol., 30(3): 902-907.
- Pereira, H. (2013). Exigencia de proteína digestible para alevines de matrinxã (*Brycon amazonicus*). Goias, Brasil: Universidade Federal de Goias.
- Pereira, M.; Castagnolli, N.; Storti, A. & Oliveira, M. (1995). Efeito de diferentes níveis de proteína e de fibra bruta na alimentação de juvenis de matrinxã, *Brycon cephalus*. Acta Amazonica, 25(1): 137-144.
- Pereyra, G. (2013). Guía Técnica Piscicultura. Madre de Dios, Perú: Agrobanco.
- Pezzato, L.; Barros, M.; Pezzato A.; Miranda, E.; Quintero, P. & Furuya, W. (2000). Relación energía:proteína en la nutrición de alevinos de piauçu (*Leporinus macrocephalus*). Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 47(1): 2-6.
- Pond, W.; Church, D. & Pond, K. (2004). Fundamentos de Nutrición y Alimentación Animal (2° edición). Ciudad de México, México: Editorial Limusa Wiley.
- Popma, T. & Lovshin, L. (1996). Worldwide prospects for commercial production of tilapia. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments.. Alabama, USA: Department of Fisheries and Allied Aquacultures University Auburn

- PRODUCE (Ministerio de Producción). (2016). Especies cultivadas en el Perú. Recuperado de <http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/boletines/FI CHAS%20PRINCIPALES%20ESPECIES.pdf>
- _____. (2019). Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2017. Recuperado de <http://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/shortcode/oee-documentos-publicaciones/publicaciones-anauales/item/825-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2017>
- Salinas, J.; Vásquez, W.; Wills, A. & Martínez, N. (2002). Estudio preliminar para la determinación de los requerimientos de proteína cruda en juveniles de yamú, *Brycon siebenthalae* (EIGENMANN, 1912). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Sá, M. & Fracalossi, D. (2002). Exigência protéica e relação energia/ proteína párr alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). R. Bras. Zootec., 31(1):1-10.
- Sandre, L.; Buzollo, H.; Nascimento, T.; Neira, L.; Jomori, R. & Carneiro, D. (2017). Productive performance and digestibility in the initial growth phase of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed diets with different carbohydrate and lipid levels. Aquaculture reports, 6: 28-34.
- Sánchez, I. (2011). Sistemas de recirculación intensivos y con bajo recambio: factores limitantes y opciones de solución. Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola Universidad de Nariño, 5(5). Recuperado de <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/view/1560>
- Santos, M.; Camara, M.; Dos Santos, L.; Pereira, M.; Akifumi, E. & Gusmao, E. (2013). Estrategias de alimentación y relación entre energía y proteína sobre la performance y fisiología del tambaquí. Pesq. Agropec. Bras., 48(8): 955-961.
- Signor, A.; Boscolo, W.; Feiden, A.; Bittencourt, F.; Coldebella, A. & Reidel, A. (2010). Proteína y energía en la alimentación de pacu criados en tanques. Rev. Brasileira de Zootecnia, 39(11): 2336-2341.
- Sousa, E.; Da Silva, J.; Cavalcanti, F.; Bussons, I. & Machado, M. (2016). Use of biological silage in diets for fish of *Brycon amazonicus* (Spix & Agassiz, 1829) fingerling. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies, 4(6): 518-521.

- Tacon, A. (1989). Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados (en línea). Programa Cooperativo Gubernamental - FAO. Recuperada de <http://www.fao.org/3/ab492s/AB492S04.htm#ch7.5>
- Tratado de Cooperación Amazónica. (1999). Manual de piscicultura del paiche (*Arapaima gigas*). Caracas, Venezuela: Editorial Manatí Gráfico S.A.
- Tucker, C. & Hargreaves, J. (2004). Biology and culture of channel catfish. Amsterdam, Holanda: Editorial Elsevier.
- Valencia, N. & Valiente, L. (2015). Sustitución parcial de harina de pescado por ensilado biológico de subproductos blandos en *Argopecten purpuratus* “concha de abanico”, en el crecimiento y supervivencia de alevines de *Colossoma macropomum* “gamitana”, en laboratorio (Tesis Biología). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú.
- Vásquez, W. (2004). Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. Villavicencio, Colombia: Universidad de los Llanos.
- Vergara, V.; Valenzuela, L.; Palacios, M. & Flores M. (2006). Influencia de la energía y proteína sobre algunos parámetros reproductivos del sábalo cola roca *Brycon erythropterum*. XXXI Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal APPA 2008.
- Vidal, J.; Lopes, J.; Da Silva, A.; De Andrade, D. & Dos Santos, L. (1998). Níveis de proteína bruta para tambaqui (*Colossoma macropomum*), na fase de 30 a 250 gramas. R. Bras. Zootec., 27(3): 421-426.
- Wurts, W. (1993). Understanding water hardness. World Aquaculture, 24(1): 18.
- Zaniboni, E.; Reynalte, D. & Weingartner, M. (2006). Potencialidad del género *Brycon* en la piscicultura brasileña. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 19(2): 233-240.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Distribución de unidades experimentales

Acuario	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Bloque por tamaño del juvenil	G	G	M	P	M	G	P	P	M
Tratamiento	T-3	T-2	T-2	T-3	T-3	T-1	T-2	T-1	T-1
Energía digestible (Mcal ED/Kg)	3.3	3.1	3.1	3.3	3.3	2.9	3.1	2.9	2.9
Proteína bruta %	33	31	31	33	33	29	31	29	29
Peso inicial promedio por juvenil (g)	32.07	32.72	17.53	10.23	17.88	33.7	10.04	10.11	16.86

Bloques por tamaño: grandes (G), medianos (M) y pequeños (P)

Anexo 2: Análisis químico proximal de las dietas experimentales

Tipo de análisis	Tratamientos		
	1	2	3
Humedad (%)	9.62	9.58	9.17
Proteína (%)	29.22	31.22	32.96
E. E. (%)	4.18	5.54	8.17
Fibra (%)	4.10	3.35	3.27
Ceniza (%)	7.52	6.68	6.36
ELN (%)	45.36	43.63	40.27
ED (Mcal/Kg)**	2.966	3.091	3.258

LENA (2014), **Basado en 3.5 Mcal/Kg para carbohidratos, 3.5 Mcal/Kg para proteína y 8.5 Mcal/Kg para lípidos (Honorato & Silva, 2013)

Anexo 3: Registros de los parámetros de calidad de agua

Semanas	Temperatura °C			O ₂ (mg/L)		
	Mañana	Tarde	Promedio.	1° Toma	2° Toma	Promedio
Inicio	26.90	27.20	27.05	7.23	7.51	7.37
1	27.60	27.40	27.50	7.18	6.66	6.92
2	27.60	27.40	27.50	6.99	7.60	7.30
3	27.50	27.70	27.60	7.29	7.00	7.15
4	27.50	27.60	27.55	7.70	8.10	7.90
5	27.30	27.70	27.50	8.01	7.80	7.91
Máximo	27.60	27.70	27.60	8.01	8.10	7.91
Mínimo	26.90	27.20	27.05	6.99	6.66	6.92
Promedio	27.40	27.50	27.45	7.40	7.45	7.42

Semanas	Ph			Dureza (ppm)		
	1° Toma	2° Toma	Promedio	1° Toma	2° Toma	Promedio
Inicio	7.50	7.30	7.40	96.00	88.00	92.00
1	7.50	7.20	7.35	104.00	92.00	98.00
2	7.70	7.90	7.80	88.00	88.00	88.00
3	7.10	7.80	7.45	80.00	92.00	86.00
4	7.90	7.30	7.60	96.00	100.00	98.00
5	7.20	7.60	7.40	96.00	88.00	92.00
Máximo	7.90	7.90	7.80	104.00	100.00	98.00
Mínimo	7.10	7.20	7.35	80.00	88.00	86.00
Promedio	7.48	7.52	7.50	93.33	91.33	92.33

Semanas	Nitrógeno amoniacal (mg/L)			Nitritos (mg/L)		
	1° Toma	2° Toma	Promedio	1° Toma	2° Toma	Promedio
Inicio	< 1	< 1	< 1	<0.3	<0.3	<0.3
1	< 1	< 1	< 1	<0.3	<0.3	<0.3
2	< 1	< 1	< 1	<0.3	<0.3	<0.3
3	< 1	< 1	< 1	<0.3	<0.3	<0.3
4	< 1	< 1	< 1	<0.3	<0.3	<0.3

5	< 1	< 1	< 1	<0.3	<0.3	<0.3
Máximo	< 1	< 1	< 1	<0.3	<0.3	<0.3
Mínimo	< 1	< 1	< 1	<0.3	<0.3	<0.3
Promedio	< 1	< 1	< 1	<0.3	<0.3	<0.3

Anexo 4: Peso vivo e incremento de peso (g)

Tratamiento	Bloque	Días		Ganancia de peso (g)
		0	35	
T-1	B1	10.11	33.95	23.84
	B2	16.86	37.40	20.53
	B3	33.70	89.85	56.14
T-2	B1	10.04	35.07	25.03
	B2	17.53	44.63	27.10
	B3	32.72	98.81	66.09
T-3	B1	10.23	36.51	26.28
	B2	17.88	60.10	42.22
	B3	32.07	105.11	73.05

Anexo 5: Biomasa y ganancia de peso (g)

Tratamiento	Bloque	Biomasa	Biomasa Final	Ganancias de Biomasa (g)
		Inicial (g)	(g)	
T - 1	B1	80.87	271.59	190.72
	B2	134.91	299.16	164.25
	B3	269.63	718.76	449.13
T - 2	B1	80.31	280.57	200.26
	B2	140.27	357.05	216.78
	B3	261.74	790.48	528.74
T - 3	B1	81.86	292.08	210.22
	B2	143.01	480.77	337.76
	B3	256.52	840.90	584.38

Anexo 6: Incremento de longitud (cm)

Tratamiento	Bloque	Longitud Inicial (cm)	Longitud Final (cm)	Incremento de Longitud (cm)
T – 1	B1	8.50	11.05	2.55
	B2	9.65	11.80	2.15
	B3	11.85	18.05	6.20
T – 2	B1	8.25	11.70	3.45
	B2	9.85	14.15	4.30
	B3	12.00	18.05	6.05
T – 3	B1	8.50	11.90	3.40
	B2	9.95	15.25	5.30
	B3	12.75	18.10	5.35

Anexo 7: Consumo de alimento (g)

Tratamiento	Bloque	Días					Acumulado (g)
		7	14	21	28	35	
T – 1	B1	3.28	5.32	6.22	6.32	9.20	30.34
	B2	3.30	4.50	5.22	5.25	5.92	24.19
	B3	10.15	13.41	17.49	20.08	26.51	87.64
T – 2	B1	3.19	5.41	5.76	6.79	7.64	28.79
	B2	4.98	7.47	7.91	9.58	10.67	40.61
	B3	10.92	12.12	15.35	19.09	24.69	82.17
T – 3	B1	2.88	4.45	4.63	5.99	8.66	26.61
	B2	5.05	8.03	10.37	10.72	16.00	50.17
	B3	10.56	11.30	14.36	17.72	21.94	75.88

Anexo 8: Conversión alimentaria (CA)

Tratamiento	Bloque	Consumo total (g)	Ganancia de peso (g)	C.A.	Promedio
T – 1	B1	30.340	23.840	1.273	1.337
	B2	24.190	20.531	1.178	
	B3	87.641	56.141	1.561	
T – 2	B1	28.785	25.033	1.150	1.297
	B2	40.605	27.098	1.498	
	B3	82.168	66.093	1.243	
T – 3	B1	26.608	26.278	1.013	1.080
	B2	50.168	42.220	1.188	
	B3	75.875	73.048	1.039	

Anexo 9: Tasa de crecimiento (TC)

Tratamiento	Bloque	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Periodo	TC (g/día)	Promedio (g/día)
				de evaluación (días)		
T – 1	B1	10.11	33.95	35	0.681	0.957
	B2	16.86	37.40	35	0.587	
	B3	33.70	89.85	35	1.604	
T – 2	B1	10.04	35.07	35	0.715	1.126
	B2	17.53	44.63	35	0.774	
	B3	32.72	98.81	35	1.888	
T – 3	B1	10.23	36.51	35	0.751	1.348
	B2	17.88	60.10	35	1.206	
	B3	32.07	105.11	35	2.087	

Anexo 10: Relación de eficiencia proteica (PER)

Tratamiento	Bloque	Consumo (g)	% PB*	Consumo de PB (g)	Ganancia		
					de peso (g)	PER	Promedio
T - 1	B1	30.34	29.22	8.87	23.84	2.69	2.60
	B2	24.19	29.22	7.07	20.53	2.90	
	B3	87.64	29.22	25.61	56.14	2.19	
T - 2	B1	28.79	31.22	8.99	25.03	2.79	2.50
	B2	40.61	31.22	12.68	27.10	2.14	
	B3	82.17	31.22	25.65	66.09	2.58	
T - 3	B1	26.61	32.96	8.77	26.28	3.00	2.82
	B2	50.17	32.96	16.54	42.22	2.55	
	B3	75.88	32.96	25.01	73.05	2.92	

*Según análisis químico proximal

Anexo 11: Evaluación del costo de alimentación por kilogramo de ganancia de peso

Tratamiento	Bloque	C.A.	Costo de la dieta (S/.)	Costo Alim./
				Kg Ganan. Peso
T - 1	B1	1.273	1.519	1.933
	B2	1.178	1.519	1.790
	B3	1.561	1.519	2.371
T - 2	B1	1.150	1.674	1.925
	B2	1.498	1.674	2.508
	B3	1.243	1.674	2.081
T - 3	B1	1.013	1.869	1.893
	B2	1.188	1.869	2.221
	B3	1.039	1.869	1.941

Anexo 12: Análisis de variancia del peso

Análisis de variancia del peso unitario inicial

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr>F	NS
Tratamiento	2	0.0461882	0.0230941	0.05	0.9522	ns
Bloque	2	805.9302282	402.9651141	864.38	<.0001	**
Error	4	1.8647604	0.4661901			
Total	8	807.8411769				

CV=3.392383

ns: no significativo, **: muy significativo

Análisis de variancia del peso unitario final

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr>F	NS
Tratamiento	2	275.727971	137.863985	4.83	0.0859	ns
Bloque	2	6640.952024	3320.476012	116.22	0.0003	**
Error	4	114.281069	28.570267			
Total	8	7030.961064				

CV=8.885130

ns: no significativo, **: muy significativo

Análisis de variancia de la ganancia de peso unitario

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr>F	NS
Tratamiento	2	282.379976	141.189988	5.02	0.0811	ns
Bloque	2	2862.622873	1431.311436	50.93	0.0014	**
Error	4	112.417087	28.104272			
Total	8	3257.419936				

CV=13.24299

ns: no significativo, **: muy significativo

Anexo 13: Análisis de variancia de la biomasa

Análisis de variancia de la biomasa inicial

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr>F	NS
Tratamiento	2	2.95260	1.47630	0.05	0.9523	Ns
Bloque	2	51579.68167	25789.84083	864.32	<.0001	**
Error	4	119.35273	29.83818			
Total	8	51701.98700				

CV=3.392535

ns: no significativo, **: muy significativo

Análisis de variancia de la biomasa final

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr>F	NS
Tratamiento	2	17645.5511	8822.7756	4.83	0.0859	ns
Bloque	2	425019.7398	212509.8699	116.22	0.0003	**
Error	4	7314.0343	1828.5086			
Total	8	449979.3252				

CV=8.885178

ns: no significativo, **: muy significativo

Análisis de variancia de la ganancia de biomasa

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr>F	NS
Tratamiento	2	18071.7018	9035.8509	5.02	0.0811	ns
Bloque	2	183206.7302	91603.3651	50.93	0.0014	**
Error	4	7194.7638	1798.6909			
Total	8	208473.1958				

CV=13.24310

ns: no significativo, **: muy significativo

Anexo 14: Análisis de variancia de la longitud

Análisis de variancia de la longitud inicial

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr>F	NS
Tratamiento	2	0.29555556	0.14777778	2.29	0.2170	ns
Bloque	2	21.95388889	10.97694444	170.33	0.0001	**
Error	4	0.25777778	0.06444444			
Total	8	22.50722222				

CV= 2.502445

ns: no significativo, **: muy significativo

Análisis de variancia de la longitud final

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr>F	NS
Tratamiento	2	3.30500000	1.65250000	2.00	0.2499	ns
Bloque	2	66.01166667	33.00583333	39.97	0.0023	**
Error	4	3.30333333	0.82583333			
Total	8	72.62000000				

CV= 6.288953

ns: no significativo, **: muy significativo

Análisis de variancia del incremento de la longitud total

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr>F	NS
Tratamiento	2	2.04388889	1.02194444	1.01	0.4425	ns
Bloque	2	11.88722222	5.94361111	5.85	0.0648	ns
Error	4	4.06111111	1.01527778			
Total	8	17.99222222				

CV= 23.40255

ns: no significativo

Anexo 15: Análisis de variancia del consumo total de alimento

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr>F	NS
Tratamiento	2	22.126758	11.063379	0.11	0.8978	ns
Bloque	2	4836.299460	2418.149730	24.21	0.0058	**
Error	4	399.486306	99.871576			
Total	8	5257.912524				

CV= 20.14924

ns: no significativo, **: muy significativo

Anexo 16: Análisis de variancia de la conversión alimentaria

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr>F	NS
Tratamiento	2	0.11493622	0.05746811	1.86	0.2683	ns
Bloque	2	0.03880822	0.01940411	0.63	0.5790	ns
Error	4	0.12350444	0.03087611			
Total	8	0.27724889				

CV= 14.19226

ns: no significativo

Anexo 17: Análisis de variancia de la tasa de crecimiento

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr>F	NS
Tratamiento	2	0.23038867	0.11519433	5.04	0.0808	ns
Bloque	2	2.33635200	1.16817600	51.07	0.0014	**
Error	4	0.09149533	0.02287383			
Total	8	2.65823600				

CV= 13.22422

ns: no significativo, **: muy significativo

Anexo 18: Análisis de variancia de la relación de eficiencia proteica

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr>F	NS
Tratamiento	2	0.16561689	0.08280844	0.75	0.5307	ns
Bloque	2	0.15397756	0.07698878	0.69	0.5516	ns
Error	4	0.44441578	0.11110394			
Total	8	0.76401022				

CV= 12.62798

ns: no significativo

Anexo 19: Análisis de variancia de costo de alimentación por kg de ganancia de peso

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr>F	NS
Tratamiento	2	0.04317800	0.02158900	0.27	0.7735	Ns
Bloque	2	0.11309600	0.05654800	0.72	0.5415	Ns
Error	4	0.31513600	0.07878400			
Total	8	0.47141000				

CV= 13.53568

ns: no significativo

Anexo 20: Costos de las dietas

Ingredientes	Costo (S./Kg)	Dietas con igual relación ED/PB		
		2.9 Mcal ED	3.1 Mcal ED	3.3 Mcal ED
		29% PB	31% PB	33%PB
Harinilla de trigo	0.865	0.335	0.459	0.350
Torta de soya, 47%	1.750	0.506	0.574	0.731
Subproducto de trigo	0.667	0.100	0.000	0.000
Harina de pescado prime, 66%	4.600	0.460	0.460	0.460
Melaza	0.320	0.016	0.000	0.000
Aceite de soya	4.200	0.000	0.063	0.204
Carbonato de calcio	2.200	0.021	0.027	0.032
Sal	0.400	0.003	0.003	0.003
Cloruro de colina, 60	2.400	0.005	0.005	0.005
MoldZap	3.540	0.007	0.007	0.007
Premix acuicultura	21.400	0.064	0.064	0.064
Antioxidante Banox	12.000	0.002	0.012	0.012
Costo total (S./.)		1.519	1.674	1.869
Costo total (\$)		0.541	0.596	0.665

Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos (PIPS)

Enero 2014

Anexo 21: Instalaciones y equipos del Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC)

EQUIPO	UNIDAD	FUNCIÓN
Ablandador de agua	1m ³	Al poseer el agua de La Molina 1500 ppm (concentración de iones Ca ⁺⁺ y Mg ⁺⁺), 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	2HP de potencia	Enfría o calienta el agua entre un rango de 13 - 32°C
Esterilizador 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	18 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 ³
Acuarios para pruebas de digestibilidad	9 unidades	Acuario del tipo <i>Guelph</i> . Alberga a los peces durante la evaluación. Cada acuario de fibra de vidrio tiene capacidad de 54 litros, de color blanco, liso por dentro y fuera, con frontis de vidrio de 6mm y dimensiones de 0.47x0.47x0.50m ³ . La base posee una pendiente la cual permite la colección de la excreta.
Acuario de adaptación	2	Alberga a los peces a su llegada al LINAPC, antes de la evaluación, a manera de adaptación. Cada acuario de fibra de vidrio tiene capacidad de 110 litros, de color blanco, liso por dentro y fuera, con frontis de vidrio de 6mm y dimensiones de 0.47x1.00x0.50m ³ .

Anexo 22: Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC)

