

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN**



**“DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO DE PROTEÍNA
BRUTA DE ALEVINOS DE SÁBALO COLA ROJA (*Brycon
erythropterum*)”**

Presentado por:

KARIN MARYCELY CALDERÓN BAILÓN

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

Lima – Perú

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE ZOOTECNIA

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN

**“DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO DE PROTEÍNA
BRUTA DE ALEVINOS DE SÁBALO COLA ROJA (*Brycon
erythropterum*)”**

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

Presentado por:

KARIN MARYCELY CALDERÓN BAILÓN

Patrocinada por:

Mg.Sc. Víctor Vergara Rubín

Sustentada y aprobada ante el siguiente Jurado:

Dr. Carlos Vílchez Perales
Presidente

Ing° Víctor Vergara Rubín
Patrocinador

Dr. Víctor Guevara Carrasco
Miembro

Ing° Jessie Vargas Cárdenas
Miembro

La presente investigación está dedicada a mis padres y hermanos, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años a lo largo de mi carrera universitaria y de mi vida, es un privilegio ser su hija y hermana. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano. A ti en especial madre que me enseñaste que la vida está llena de retos y que debemos aprender a levantarnos más fuertes cada vez que caemos; a ti papá que me enseñaste que tan importante es la constancia en nuestras vidas.

INDICE

| | | |
|--------|--|----|
| I. | INTRODUCCION | 1 |
| II. | REVISION DE LITERATURA | 2 |
| 2.1. | Sábalo Cola Roja (<i>Brycon erythropterus</i>) | 2 |
| 2.1.1. | Generalidades | 2 |
| 2.1.2. | Hábitos alimenticios..... | 3 |
| 2.1.3. | Morfología digestiva..... | 4 |
| 2.1.4. | Requerimientos nutricionales | 5 |
| 2.2. | Proteína en peces | 11 |
| 2.3. | Requerimiento de proteína en sábalo cola roja | 12 |
| 2.4. | Factores que influyen en el requerimiento de proteína | 13 |
| 2.5. | Metodología para determinar el requerimiento de proteína | 14 |
| 2.5.1. | Método dosis respuesta | 15 |
| 2.5.2. | Método de regresión lineal..... | 15 |
| 2.5.3. | Método de regresión no lineal (línea quebrada) | 15 |
| 2.6. | Condiciones de agua en el cultivo para sábalo cola roja | 16 |
| 2.7. | Evaluaciones en otras especies acuícolas | 17 |
| III. | MATERIALES Y MÉTODOS..... | 18 |
| 3.1. | Lugar y Periodo de Duración de la Fase Experimental | 18 |
| 3.2. | Animales Experimentales | 18 |
| 3.3. | Instalaciones y Equipos | 18 |
| 3.4. | Tratamientos | 19 |
| 3.5. | Dietas Experimentales | 19 |
| 3.6. | Análisis Proximal | 22 |
| 3.7. | Manejo Experimental | 22 |
| 3.8. | Evaluación de la Calidad del Agua | 22 |
| 3.8.1. | Temperatura | 22 |
| 3.8.2. | Oxígeno Disuelto | 23 |
| 3.8.3. | pH..... | 23 |
| 3.8.4. | Dureza..... | 23 |
| 3.8.5. | Nitrógeno Amoniacal total | 23 |
| 3.8.6. | Nitrato..... | 23 |
| 3.9. | Evaluaciones Biológicas y Productivas | 24 |
| 3.9.1. | Peso Unitario y Talla | 24 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.9.2. | Ganancia de Peso (G)..... | 24 |
| 3.9.3. | Incremento de Talla (L)..... | 26 |
| 3.9.4. | Consumo de Alimento..... | 26 |
| 3.9.5. | Conversión Alimentaria (CA)..... | 26 |
| 3.9.6. | Tasa de Crecimiento..... | 26 |
| 3.9.7. | Retención de Eficiencia Proteica (REP)..... | 27 |
| 3.9.8. | Sobrevivencia..... | 27 |
| 3.10. | Diseño Experimental..... | 27 |
| IV. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 29 |
| 4.1. | Estimación del requerimiento mediante pruebas de rango múltiple (Duncan)..... | 29 |
| 4.1.1. | Peso y Ganancia de Peso..... | 29 |
| 4.1.2. | Talla y ganancia de talla..... | 31 |
| 4.1.3. | Consumo de Alimento..... | 32 |
| 4.1.4. | Conversión Alimentaria..... | 32 |
| 4.1.5. | Tasa de Crecimiento..... | 33 |
| 4.1.6. | Retención de eficiencia proteica (REP)..... | 34 |
| 4.1.7. | Sobrevivencia..... | 35 |
| 4.2. | Determinación del requerimiento mediante modelo línea quebrada..... | 35 |
| 4.3. | Determinación del requerimiento mediante regresión polinomial de segundo orden..... | 38 |
| 4.4. | Comparación de los diferentes análisis..... | 41 |
| V. | CONCLUSIONES..... | 42 |
| VI. | RECOMENDACIONES..... | 43 |
| VII. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 44 |
| VIII. | ANEXOS..... | 55 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1: Características fisicoquímicas del agua de cultivo de sábalo de cola roja..... | 16 |
| Cuadro 2: Fórmulas y contenido nutricional de las dietas utilizadas..... | 20 |
| Cuadro 3: Composición de la premezcla de vitaminas y minerales que contiene la dieta experimental | 21 |
| Cuadro 4: Parámetros de Calidad de Agua..... | 25 |
| Cuadro 5: Efecto de los diferentes Niveles de Proteína en Sábalo Cola Roja | 30 |
| Cuadro 6: Comparativo de requerimientos obtenidos mediante diferentes métodos..... | 41 |

INDICE DE GRAFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1. Curva de regresión línea quebrada para determinar el requerimiento de proteína bruta en alevines de sábalo cola roja utilizando la variable ganancia de peso diaria..... | 36 |
| Gráfico 2. Curva de regresión línea quebrada para determinar el requerimiento de proteína bruta en alevines de sábalo cola roja utilizando la variable conversión alimenticia..... | 37 |
| Gráfico 3. Curva de regresión polinomial de segundo orden para determinar el requerimiento de proteína bruta en alevines de sábalo cola roja utilizando la variable ganancia de peso diaria..... | 39 |
| Gráfico 4. Curva de regresión polinomial de segundo orden para determinar el requerimiento de proteína bruta en alevines de sábalo cola roja utilizando la variable ganancia de peso diaria..... | 40 |

INDICE DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| ANEXO 1: Distribución de las unidades experimentales | 56 |
| ANEXO 2: Laboratorio de investigación en nutrición y alimentación en peces y crustáceos (LINAPC) | 57 |
| ANEXO 3: Instalaciones y equipos de LINAPC..... | 58 |
| ANEXO 4: Análisis químico proximal de las dietas experimentales..... | 59 |
| ANEXO 5: Registro de los parámetros de calidad de agua..... | 59 |
| ANEXO 6: Peso vivo y ganancia de peso (g) | 60 |
| ANEXO 7: Biomasa y ganancia de biomasa (g)..... | 60 |
| ANEXO 8: Análisis de varianza de la biomasa inicial..... | 61 |
| ANEXO 9: Análisis de varianza del peso inicial..... | 61 |
| ANEXO 10: Análisis de varianza de la biomasa inicial..... | 61 |
| ANEXO 11: Análisis de varianza de la ganancia de biomasa..... | 61 |
| ANEXO 12. Análisis de varianza del peso final..... | 62 |
| ANEXO 13. Análisis de varianza de la ganancia de peso..... | 62 |
| ANEXO 14. Análisis de varianza de la talla inicial..... | 62 |
| ANEXO 15. Análisis de varianza de la talla final..... | 62 |
| ANEXO 16. Análisis de varianza del incremento de talla..... | 63 |
| ANEXO 17. Incremento de longitud (cm)..... | 63 |
| ANEXO 18. Análisis de varianza del consumo de alimento..... | 63 |
| ANEXO 19. Consumo de alimento (g)..... | 64 |
| ANEXO 20. Análisis de varianza de la conversión alimentaria..... | 64 |
| ANEXO 21. Conversión alimentaria por tratamiento..... | 65 |
| ANEXO 22. Análisis de varianza de la tasa de crecimiento..... | 65 |
| ANEXO 23. Tasa de crecimiento por tratamiento | 66 |
| ANEXO 24. Análisis de varianza de la retención de eficiencia proteica..... | 66 |
| ANEXO 25. Análisis de varianza de la sobrevivencia..... | 66 |

RESUMEN

El sábalo cola roja (*Brycon erythropterus*), es una especie ampliamente distribuidas en las cuencas del Río Amazonas y el Orinoco, su producción en los últimos años ha tenido un incremento dentro de la cosecha nacional de recursos hidrobiológicos en la acuicultura. Dada la importancia de la nutrición en el impacto de los costos de producción en el desarrollo de los cultivos, es importante profundizar en la determinación del nivel óptimo del uso de los nutrientes en las formulaciones de dietas; sin embargo, existe poca información acerca de los requerimientos nutricionales, así como de los valores nutricionales utilizados en su alimentación. Por lo tanto es necesario investigaciones relacionadas a estimar los requerimientos nutricionales de la especie y así poder ofrecer dietas ideales para su desarrollo dentro de la producción. El presente trabajo de investigación fue realizado en el laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de peces y crustáceos del Departamento Académico de Nutrición de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina, el objetivo del experimento fue determinar el requerimiento de proteína bruta de alevines de sábalo cola roja. Para establecer el requerimiento proteico se utilizó 180 alevines de sábalo cola roja de 3.6 g de peso vivo distribuidos en cinco tratamientos, con tres repeticiones cada uno, alimentados durante 4 semanas con 5 niveles de proteína bruta de 30, 32, 34, 36 y 38% (uno para cada tratamiento); en base al análisis de regresión cuadrático y tomando como variables respuesta la ganancia de peso y la conversión alimenticia, el requerimiento obtenido de proteína en la dieta es de 35.92% y 36.18% respectivamente.

Palabras Claves: Sábalo cola roja, requerimiento de proteína.

I. INTRODUCCION

La acuicultura surge como una alternativa a considerar, para obtener una producción sostenida, con grandes posibilidades de desarrollo y extenderse así en varias regiones del Perú. El género *Brycon* presenta alrededor de cuarenta especies, que están ampliamente distribuidas en las cuencas del Río Amazonas y el Orinoco. En su medio natural puede alcanzar hasta 56 cm de longitud y 4 kg de peso. Dentro de estas especies se encuentra el Sábalo cola roja (*Brycon erythopterum*), el cual es cultivado en la cuenca amazónica, presentado un gran potencial por su óptima calidad de carne y su rápido crecimiento.

Dentro de los costos de producción, la alimentación constituye el rubro más importante, excediendo el 70 % de los gastos totales, debido a la gran complejidad de los alimentos requeridos en acuicultura, justificando así la necesidad de profundizar en los aspectos de nutrición y alimentación (Abimorad y Carneiro, 2004).

Sin embargo, es escasa la información con respecto a los requerimientos nutricionales que demanda dicho estadio de la especie en estudio, lo cual genera la formulación de dietas insuficientes en los niveles óptimos que son requeridos. Por lo tanto, siendo la proteína el nutriente más caro en el alimento para peces, es importante determinar el nivel óptimo de su uso.

En base a lo expuesto, la presente investigación tiene por objetivo determinar el requerimiento de proteína bruta de alevinos de sábalo cola roja, a través de parámetros como la ganancia de peso y conversión alimentaria, utilizando el modelo estadístico de regresión polinomial de segundo orden y el análisis de regresión de línea quebrada.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Sábalo Cola Roja (*Brycon erythropterum*)

2.1.1. Generalidades

Brycon uno de los géneros de peces dulceacuícolas neo tropicales de talla mediana, con un gran número de especies, la mayoría con buena alternativa para la piscicultura en América Latina (Babilonia et al., 2011). Es una especie que pertenece a la clase Actinopterygii, orden Characiformes, familia Characidae, subfamilia Bryconinae, género *Brycon* y especie *Brycon sp.* Su nombre científico es el *Brycon erythropterum*, se encuentra en aguas con temperaturas medias entre 21.2 – 31.6 °C, pH entre 0.8 – 9.5 (Vela, citado por Canepa, 1988). Es una especie reófila de la cuenca Amazónica del Perú y del Brasil (Babilonia et al., 2011).

En el Perú existen dos especies del Género *Brycon* dentro de ellas está el sábalo de cola roja (*B. erythropterum*) y el sábalo de cola negra (*B. melanopterum*). En Brasil, Colombia y Venezuela, se les nombra como “mantrincha”, “yamú” y “palambra”, respectivamente (Aguilar y Torres, 2010).

Entre las características de la especie puede mencionarse que posee cuerpo hidrodinámico, cabeza pequeña y ancha de perfil ligeramente convexo. Su boca presenta dientes en el maxilar superior tricúspides y posee dientes más pequeños en el maxilar inferior, además de poseer dientes faríngeos que son usados para triturar las semillas (FAO, 2010).

Presenta la región dorsal 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. Alcanza la madurez sexual a los 2 años, produce hasta 200 000 huevos en el primer desove y su reproducción es anual. Se han encontrado ejemplares de hasta 56 cm de longitud total y de 4 kg de peso (Pereyra, 2013).

El *Brycon cephalus* llega al estadio juvenil 48 horas después de la fertilización, se podrá ver entonces que los alevinos presentan estructuras similares a los especímenes adultos, el cuerpo totalmente pigmentado, escamas plateadas y aletas caudales y pectorales bien formadas. (Romagosa et al. 2001).

2.1.2. Hábitos alimenticios

El *Brycon erythropterum* es omnívoro, teniendo preferencia por el alimento de origen vegetal, en un 75%; siendo los frutos y las semillas los más consumidos y el 25 % alimento de origen animal, está constituido principalmente por insectos y peces menores (Canepa, 1988). En estadios juveniles es carnívoro, alimentándose de insectos, peces, crustáceos, entre otros (PRODUCE, 2010).

En épocas de vaciante prefiere zonas quebradas frecuentemente lagunas someras, mientras que, en épocas de creciente, se le encuentra desplazándose en la floresta inundada, en busca de alimento que cae de los árboles, alimentándose de frutos, semillas e insectos (Canepa, 1988).

Brycon hilarii, presenta un mayor consumo de restos de insectos (16%) y restos vegetales (63%, principalmente semillas y frutos) en época lluviosa, mientras que en época seca disminuye en consumo de restos vegetales (30%) e insectos (1.4%) y aumenta el consumo de peces (54%). (Cortijo, 2012).

Arias (2006), indica que el *Brycon amazonicus*, es una especie de régimen alimenticio omnívoro y oportunista. Pero al igual que otros congéneres prefiere consumir productos vegetales en especial frutos y semillas. La cantidad y composición de los contenidos estomacales varía según la estación del año.

En el primer estadio uno de los mayores problemas en la cría de larvas de especies nativas es la relación entre la primera alimentación y la aparición del canibalismo en algunas especies (Kennedy y Zaniboni, 2001), conducta que también ha sido reportada en la larvicultura del género *Brycon*. El cultivo de las larvas de peces en el laboratorio permite investigaciones más detalladas de los hábitos, preferencias alimentarias y el comportamiento de las larvas. Esta información es extremadamente importante para el

desarrollo de la piscicultura, debido a que la supervivencia de las larvas en sus primeros días de vida dará un pleno desarrollo a los sistemas de producción intensivos (Sipauba-Tavares, 1993).

2.1.3. Morfología digestiva

En el género *brycon* los dientes están dispuestos en una serie de tres, son gruesos y multicuspidados, las hendiduras branquiales son más gruesas, más separadas entre sí y en menor número. Aun siendo una especie omnívora, la dentición oral está bien desarrollada, este tipo de dentición probablemente sirve para la preparación pre-digestiva de alimentos de origen vegetal y para capturar de alimentos de origen animal (Silva 2007).

Estudios realizados por Arias (2006), con relación al *Brycon amazonicus* donde la descripción de la morfología macro y microscópica del esófago, estómago y ciegos pilóricos de la especie, fijó la atención en estos últimos como estructuras de gran importancia fisiológica en el manejo digestivo y metabólico de los alimentos.

Londoño et al. (2017), realizaron la descripción anatómica e histológica del aparato digestivo para *Brycon henni*, donde encontraron la presencia de una lengua voluminosa y bien diferenciada, ocupando gran parte de la cavidad bucal y los dientes a nivel de los labios (viliformes), más desarrollados en la mandíbula inferior, concluyendo que el patrón digestivo en cuanto a la clase de dientes, branquiespinas, estómago, longitud y estructura intestinal, sugiere que es una especie de hábito alimenticio omnívoro, pero con tendencia carnívora.

El tracto digestivo se puede dividir en dos segmentos: intestino anterior (esófago y estómago), y el intestino medio, siendo este último subdividido en, bolsa intestinal en la región proximal, tubo rectilíneo con pliegues transversales en la región media y el intestino estrecho en la región distal, con pliegues longitudinales paralelos en el segmento rectal, además de la presencia de ciegos pilóricos (Freitas 2010 citado por Gadhela y Araujo 2013).

2.1.4. Requerimientos nutricionales

La Nutrición establece los nutrientes a los animales cultivados de la manera más equilibrada posible, de acuerdo con sus requerimientos específicos. (Vergara, 1992).

El requerimiento de un nutriente puede ser definido como la cantidad a ser proporcionada en la dieta, para atender las necesidades de mantenimiento y producción, en condiciones ambientales compatibles con la buena salud del animal (Campos et al., 2000). Con la excepción de agua y energía, los requerimientos de nutrientes dietarios de todas las especies animales cultivadas pueden considerarse bajo cinco diferentes grupos: proteínas, lípidos, hidratos de carbono, vitaminas y minerales.

a. Proteínas y aminoácidos

Las proteínas y aminoácidos son los factores más importantes para la vida y crecimiento de los peces. Estos nutrientes crean dependencia exterior en muchos países y su alto precio en el mercado, encarece considerablemente la formulación de dietas comerciales y condiciona, en muchas ocasiones, la rentabilidad de la producción piscícola. (De La Higuera, 1987).

Existen de 20 a 23 aminoácidos conocidos. Los peces tienen la capacidad de tomar algunos aminoácidos para la estructuración de otros o formar estos a partir de una fuente de carbono adecuada y de los grupos aminos provenientes de otros aminoácidos o de compuestos simples, como el citrato de amonio (Tratado de cooperación amazónica, 2010).

Hay varios aminoácidos que no pueden ser capaces de ser sintetizados dentro del cuerpo del animal, o bien no lo son a una velocidad adecuada que permita cubrir las necesidades fisiológicas del animal en crecimiento y por lo tanto deben ser suministrados en la dieta, estos son llamados aminoácidos esenciales siendo para los peces los siguientes: Treonina, leucina, metionina, lisina, arginina, valina, isoleucina, triptófano, histidina y fenilalanina (FAO, 1989). En peces, los aminoácidos no esenciales como alanina, ácido aspártico y ácido glutámico son potencialmente importantes como sustratos gluconeogénicos (Jurss y Bastrop citado por Rojas, 2005).

Los peces requieren de una dieta equilibrada en aminoácidos esenciales (Pezzato et al., 2004), que debe estar presente en proporciones adecuadas en las dietas obtenidas mediante la combinación de ingredientes o complementado en forma sintética (Storebakken et al., 2000).

El *Brycon cephalu*, requiere en su dieta diez aminoácidos 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 las especies de peces (Santamaría, 2014).

Aquino, (2007), evaluó la influencia de la adición del aminoácido tirosina en el crecimiento temprano, canibalismo y supervivencia para *Brycon Amazonicus*, realizando dos experimentos de cuatro tratamientos cada uno, el primer experimento contenía nauplios de artemia con diferentes niveles de tirosina (0, 6.5, 13 y 26 mg). Para el segundo experimento se utilizó una ración comercial con diferentes niveles de tirosina (0, 1.5, 4.5 y 10,5 g / 100 g). Los resultados para el primer experimento los tratamientos no afectaron a los parámetros, en el experimento dos, la ración que contenía 5.39 g de tirosina/g de ración mostro los mejores resultados (mayor crecimiento y supervivencia).

Gutiérrez et al. (1995), formularon dietas para juveniles de gamita (*Colosooma macropomum*), con la finalidad de estimar con dietas prácticas el nivel mínimo de proteína y el suministro suficiente de aminoácidos azufrados, capaces de satisfacer las demandas de crecimiento y mantener un estado fisiológico normal, por lo que diseñaron cuatro dietas prácticas isocalóricas con, 0.90, 1.02 y 1.32 % de metionina + cistina, como porcentaje de la dieta. Los resultados obtenidos indican que la dieta con 25.94 % de proteína, 2700 kcal/kg de alimento, 1.02 % de metionina + cistina en la dieta y una relación Energía Digestible/Proteína de 10.41 kcal/g de proteína fue la más eficientemente utilizada ($P < 0.01$) en términos de ganancia de peso y proteína.

b. Relación Energía - Proteína

Uno de los principales requisitos para cualquier especie animal es la energía, esencial para el mantenimiento, el crecimiento y la reproducción. Estudios realizados por Salinas et al. (2012), en el que probaron dietas con diferentes concentraciones de proteína y con un nivel de energía bruta en *Brycon siebenthalae*, encontraron índices más bajos con respecto al incremento de peso, la tasa específica de crecimiento y eficiencia alimenticia debido probablemente a la deficiencia energética que presentaron las dietas con niveles mayores de proteína, provocando en estas un desbalance en la relación proteína: energía.

Hayashi et al; Furuya, citado por Lopera-Barrero et al. (2009), señalan que la concentración óptima de proteína en la dieta del pez está marcada por un delicado balance entre la proteína y la energía, tomando en cuenta la calidad proteica, al padrón adecuado de aminoácidos esenciales y a las fuentes de energía no proteica, lípidos y carbohidratos, además expresan que en dietas de peces dicha relación ha variado entre 8.55 a 12.35 Kcal de energía digestible por gramo de proteína bruta, independiente del hábito alimenticio.

La deficiencia o el exceso de energía digestible en la dieta puede reducir las tasas de crecimiento en los peces (NRC, 1993). Es importante destacar que, los peces regulan la ingesta de alimentos especialmente la cantidad de energía de la dieta. Por lo tanto, si la dieta contiene altos niveles de energía, la saciedad se puede llegar antes que los peces hayan consumido la cantidad de nutrientes necesarios para la obtención de una buena tasa de crecimiento (Vásquez, 2004).

Vinicius y Machado (2002), realizaron estudios en alevinos de *Brycon orbignyanus* para determinar la exigencia proteica y la correspondiente relación de energía / proteína, formulando seis dietas semi-purificadas isocalóricas de 3000 kcal de EM/kg y concentraciones de proteína bruta de 24, 26, 32, 36 y 42%. Presentando relaciones EM/PB iguales a 12.3; 11.6; 10.4; 9.2; 8.5; y 7.1 Kcal/g respectivamente. Generando una mayor ganancia de pesos la dieta que contenía una concentración de 29% de proteína bruta con la relación de E/P igual a 10.4 kcal EM/g PB.

En experimentos realizados en *Brycon amazonicus* con dietas semipurificadas de 17, 21 y 25% de proteína y energía de 2,6, 2,9 y 3,2 kcal/g, la relación que produjo el mejor

crecimiento fue la de 21% de proteína con 3,2 kcal/g (Salinas et al.; López et al.; citado por Nieto, 2012).

Trabajos realizados por Mercado et al. (2003), en juveniles de *Brycon moorei sinuensis* para determinar la relación energía: proteína, utilizando dietas balanceadas (proteína bruta) y la cantidad de energía (Kcal/Kg) suministrada fueron: Tratamiento 1: 20% y 2637; tratamiento 2: 32% y 3127; tratamiento 3: 28% y 2852; tratamiento 4: 24% y 2751, respectivamente. Dando como resultado que la dieta con 28% de proteína bruta (tratamiento 3) muestra los mejores resultados.

Vergara *et al.* (2006), evaluó la influencia de la energía y proteína sobre algunos parámetros reproductivos en sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*) a través de 3 dietas con una similar relación energía: proteína, las cuales fueron de 30% de PC con 3 Mcal de ED/ Kg., 35% de PC con 3.5 Mcal de ED/ Kg. y 40% de PC con 4 Mcal de ED/ Kg. Se obtuvo una mejor motilidad y densidad espermática con 30% de PC y un mayor volumen espermático con 35% de PC, en machos; así como una mayor presencia de ovarios maduros con una dieta del 40% de PC y una mayor presencia de ovarios en maduración con dietas de 30% de PC, en hembras.

La energía dietética para los peces proviene de la utilización de la proteína, lípidos y carbohidratos. Con el uso cada clase de estos nutrientes varía, por lo general, de acuerdo con el balance de alimentación, y los requerimientos de cada especie (Pezzato, 1997).

La relación proteína/energía resulta una consideración nutricional fundamental en la producción comercial de peces. La utilización de adecuados niveles de energía digestible permite el ahorro de proteína, optimizando el crecimiento. Además, se pueden obtener bajos índices de crecimiento, o baja rentabilidad económica, cuando se utilizan fórmulas de bajo contenido energético (Cho, 1987).

El adecuado manejo de la alimentación es vital para el éxito del cultivo del sábalo cola roja, sin embargo, los requerimientos nutricionales de esta especie aun no son del todo conocidos. Una dieta bien equilibrada que contenga todos los nutrientes esenciales no solo da como resultado una producción más elevada, sino que promueve la recuperación a enfermedades y ayuda a los peces a superar los efectos de las tensiones debidas a acciones ambientales (Shepherd y Bromage, 1999).

c. Lípidos

El aporte de lípidos en la alimentación de los peces, al igual que en la de mamíferos es fundamental para satisfacer los requerimientos de ácidos grasos esenciales, ácidos grasos no sintetizables por el organismo y necesarios para el metabolismo celular (para la síntesis de prostaglandinas y compuestos similares), así como para el mantenimiento de la integridad de la estructura de membrana. Los lípidos también sirven como precursores de vitaminas liposolubles y pigmentos carotenoides en el momento de la absorción intestinal (Guillaume et al., 2004). Se observa generalmente baja actividad lipolítica en el estómago de los peces. La producción de lipasa se observa en el páncreas y en las células intestinales (Tocher, 2003).

A medida que el pez alcanza mayores tamaños se incrementa los niveles de lípidos en dieta. Esto puede llegar a ser peligroso ya que un incremento de los ácidos grasos en las dietas está directamente relacionado con un incremento de la oxidación de los lípidos, los cuales, si no están lo suficientemente protegidos, pueden llegar a generar efectos negativos en el organismo como la disminución de la respuesta inmune, generando que los peces no puedan soportar situaciones de estrés. Por esta razón, variaciones en los niveles de lípidos en la dieta deben estar necesariamente relacionados a una adecuación de requerimientos de otros nutrientes o componentes funcionales que cumplen roles protectores de la oxidación (Castelló, 2013).

d. Carbohidratos

Después de las proteínas y lípidos, los carbohidratos representan el tercer grupo de compuestos orgánicos más abundantes en el cuerpo animal, en contraste, los carbohidratos constituyen los nutrientes orgánicos principales del tejido vegetal. El grupo de los carbohidratos incluye importantes compuestos como la glucosa, fructosa, sucrosa, almidón, glicógeno, quitina y celulosa (FAO, 1989).

Los peces no producen enzimas como la celulasa para digerir la celulosa, pero los carbohidratos estructurales deben ser mejor estudiados desde el punto de vista de su acción en el tracto digestivo. Los estudios han demostrado que es posible la utilización de fibra bruta hasta 9,0% en la alimentación de peces nativos de hábito omnívoro, sin dañar el rendimiento de los animales (Pedron et al., 2008).

Si bien los lípidos son reconocidos por su alta energía, las características físicas atractivas y disponibles de un bajo costo de los carbohidratos podrían favorecer su inclusión en las dietas comerciales (Erfanullah et al., citado por Yamakami, 2012).

La adición de carbohidratos o lípidos como fuente de energía en dietas para peces mejora la utilización de la proteína para el crecimiento. Siendo así Muñoz et al. (2003), evaluaron el uso de cinco dietas isoprotéicas (26% PB) con diferentes relaciones de carbohidratos/lípidos 16,7, 7,5, 4,4, 2,9 y 2,0) para el crecimiento de juveniles de *Piaractus mesopotamicus*, obtenidas por medio de la disminución gradual del extractivo no nitrogenado (50, 45, 40, 35, 30%) y el simultaneo incremento en el nivel de lípidos (3, 6, 9, 12 y 15%), siendo los mejores resultados encontrados para las dietas con las más altas (T 50:3) o más bajas (T 30:15) relaciones de carbohidratos/lípidos, indicando que la utilización de los máximos niveles de lípidos o de carbohidratos, mejoró el aprovechamiento de la proteína de la dieta.

e. Vitaminas y minerales

Los requerimientos vitamínicos en la dieta de peces se han determinado mediante pruebas de alimentación con dietas purificadas o semi-purificadas, conteniendo niveles graduales de cada vitamina, en condiciones de laboratorio o considerando el “punto de inflexión” como el requerimiento dietético, en base a la respuesta en el crecimiento observado, la eficiencia alimenticia o la concentración de la vitamina en el tejido (FAO, 1989).

Los peces requieren dos vitaminas: la colina, también necesaria en aves, y el inositol. Dos vitaminas el calciferol y la vitamina K, parece tener una función más limitada en peces que en vertebrados superiores, pero a la inversa, las vitaminas E y C tienen una mayor importancia, al menos desde un punto de vista aplicado (Guillaume et al., 2004).

Backer citado por Boscolo et al. (2011), indican que se han realizado estudios para la determinación de las necesidades de vitaminas de los peces nativos; la mayoría están relacionados con la vitamina C, por el hecho que los peces tropicales no tienen la enzima gulonolactona oxidasa y su acción es importante como un cofactor en varias reacciones en el organismo animal.

Los minerales también forman parte de las proteínas y lípidos, participan en la activación de algunas enzimas y contribuyen manteniendo del equilibrio osmótico (Landines, 2011).

El selenio es un micronutriente esencial en la nutrición humana y animal, incluidos los peces. Es un componente de muchas enzimas que tienen múltiples funciones, en particular la protección antioxidante contra el daño celular. Por lo que Monteiro et al. (2007), realizaron estudios en *Brycon cephalus* para evaluar los efectos de la inclusión de selenio en las dietas, dando como resultado que el suplemento de selenio en la dieta es importante, en particular para el crecimiento y la protección de las células contra el estrés oxidativo por aumento de las defensas antioxidantes. Vásquez et al. (2002) señalaron que una dieta semipurificada suplementada con macrominerales y vitaminas con un 32,3% de proteína era la adecuada para la nutrición de juveniles de *P. brachypomus*.

2.2. Proteína en peces

En la alimentación de los peces se precisan dietas ricas en proteínas para un máximo crecimiento. Estos niveles de proteína en la dieta son excesivos para los mamíferos, en los que provocan un menor crecimiento por tener que excretar el exceso de nitrógeno (Castelló, 1993). Sin embargo, los peces pueden eliminar con mayor facilidad el amonio metabólico por conducto de las branquias y el amonio representa el 70 – 90 % del total de nitrógeno de desecho, en comparación con el 5 – 15% que se excreta como urea en otras especies, todo lo cual opera a favor de las dietas altas en proteína y de que en general los peces sean más eficientes (Shimada, 2010).

La proteína es utilizada por el organismo con tres fines fundamentales: mantenimiento, repleción de los tejidos depleccionados y crecimiento o formación de nuevas estructuras proteicas (De La Higuera, 1987). El nivel óptimo de proteína está íntimamente relacionado con el balance de energía/proteína, la composición de aminoácidos, la digestibilidad, la cantidad y calidad de la fuente de energía no proteica, en general las necesidades de proteína están influenciadas por factores ambientales, en especial la temperatura y de manera particular por la edad del animal (Guevara, 2003).

Considerando que el mayor constituyente nutricional en el alimento vivo es la proteína, la capacidad proteolítica para la digestión del alimento puede ser considerada como la más importante durante la fase larvaria temprana de los peces (Palacios y Ceballos, 2005).

Por lo que el primer alimento externo es el zooplancton compuesto principalmente por: protozoarios, rotíferos, cladóceros, copépodos entre otras especies. La calidad nutricional de los copépodos se caracteriza por altos niveles de proteína (44% -52%) con un buen perfil de aminoácidos. El *Brycon cephalus*, ha demostrado necesidad del uso de alimentos vivos, teniendo preferencia por pequeños cladóceros, naupilos y copepoditos de copépodos y rotíferos (Prieto et al., 2008).

Atencio-García et al. (2003) obtuvieron sobrevivencia de 70% en la larvicultura de *Brycon amazonicus*, cuando alimentaron durante 24 horas con cuatro larvas recién eclosionadas de cachama blanca *Piaractus brachypomus* por cada larva de *Brycon amazonicus*; además registraron una sobrevivencia de 74% en los estanques de alevinaje.

Gomes, (1998), en *Brycon cephalus*, observó que para una mayor sobrevivencia en la etapa de alevinaje fue necesario la inclusión de larvas de otras especies como alimento vivo en su primera alimentación. En tanto, Aguirre y Muñoz, (2015), encontraron una mayor ganancia de peso por día promedio, utilizando en las dietas 24% de proteína para juveniles de *Brycon henni*, resultados similares a los obtenidos por Sain-Paul y Werder, (1981), para *Brycon melanopterus*.

2.3. Requerimiento de proteína en sábalo cola roja

Desde las primeras tentativas en la utilización de alimento balanceado, se hizo un gran esfuerzo en definir el nivel óptimo de proteína en las dietas, encontrándose que estos niveles son mucho más altos en comparación a los mamíferos y aves. (Guillaume et al., 2004).

Según Beveridge y McAndrew (2000), los requerimientos de proteína generalmente son divididos en dos partes a considerar, los requerimientos cuantitativos (el nivel de proteína total en la dieta) y los requerimientos cualitativos (los niveles de aminoácidos esenciales y su disponibilidad).

Estudios realizados por Zaniboni et al. (2006), en el que trabajo con dietas semipurificadas e isocalóricas (3000 Kcal de EM/Kg de alimento) y seis concentraciones de proteína bruta (24% - 42%) para alevines de *Brycon Orbignyana* se observó un mejor desempeño con 29% de proteína bruta.

Uchoa et al. (2004), probaron cinco niveles de proteína bruta que variaron entre (16-28%), todas con niveles (EB = 390 Kcal/100 g) para juveniles de *Brycon cephalus* en el que se encontró mejores resultados cuando la dieta contenía 28% de proteína bruta, proporcionando el mayor crecimiento de peso/día – 4.0 g/día.

Pereira et al. (1994), para juveniles de *Brycon cephalus* en el que formulo dietas con un diseño factorial donde los niveles de proteína (19, 25 y 31%) y los de fibra (2, 10 y 20%) se obtuvo mayores pesos finales con niveles intermedios en la dieta de proteína y fibra, concluyendo que la concentración de fibra en la dieta no influye de manera significativa en el peso final de los peces.

Pimentel et al. (2005), estudiaron las respuestas metabólicas del aumento de la proteína en la dieta para *Brycon cephalus*, con cuatro dietas hipocalóricas (3500 kcal/kg) que contienen entre (20-41%) de proteína se observó que la mayor concentración de glucosa en plasma y tejido fue cuando se dio la dieta con más alto porcentaje de proteína, sin embargo los niveles de triglicéridos y ácidos grasos libres bajaron tanto como la concentración de lactato, pero aumento la concentración de piruvato y aminoácidos en plasma lo mismo que el nivel de glucógeno hepático, piruvato y aminoácidos, concluyendo que el aumento de la proteína cruda en la dieta y la disminución de los hidratos de carbono empuja al músculo y a el hígado a realizar el catabolismo de las reservas de grasa y azúcar para satisfacer demandas energéticas, por lo que contenidos de proteína cruda por encima de 34%, no se recomiendan para *B. cephalus*, si el hidrato de carbono no compensa la demandas metabólicas.

2.4. Factores que influyen en el requerimiento de proteína

a. Especie

El requerimiento total de proteínas de los peces presenta variaciones bastante grandes de una especie a otra. Sin duda, la variabilidad real es inferior a la resultante de las diferentes metodologías de medida, pero está claro que existen grandes diferencias, las cuales también son atribuidas a la dieta alimentaria natural de los peces, siendo las especies carnívoras más exigentes en proteínas que las especies con tendencia herbívora. (Guillaume et al., 2004).

b. Edad del pez

Los requerimientos de proteína como proporción de la dieta disminuyen según el pez llega a su maduración sexual (NRC, 1993).

Las dietas con niveles proteicos que excedan los requerimientos del crecimiento suponen un gasto energético de los aminoácidos, que no es deseable, desde el punto de vista de los índices de conversión y rentabilidad en la dieta. En estas circunstancias se incrementa considerablemente el destino gluconeogénicos de los aminoácidos, aumentando las actividades de las enzimas implicadas (Cowey, 1974).

c. Condiciones del agua

Barletta (2003), menciona que el incremento de la temperatura del agua acelera el metabolismo basal y el crecimiento de los peces aumentando su requerimiento proteico.

En el caso de la relación temperatura - requerimiento proteico, por lo general se acepta el hecho de que, al ser los peces poiquiloterms, su metabolismo se ve influenciado por la temperatura (Sanz, 2009).

2.5. Metodología para determinar el requerimiento de proteína

Para determinar los requerimientos nutricionales en peces, pueden ser utilizados tres métodos. El método dosis respuesta, método de regresión lineal y el método de regresión no lineal (línea quebrada), precisando de un mínimo de 4 niveles alimenticios para la investigación de un nutriente (Fraga, 1996).

En animales marinos esos experimentos resultan aún más complejos debido a las transformaciones que pueden experimentar el alimento en el agua y la poca confiabilidad de los datos de consumo (Galindo et al., 1996).

2.5.1. Método dosis respuesta

Este método determina los requerimientos con base en la respuesta del desempeño de los animales, alimentados con dietas que contienen niveles crecientes del nutriente estudiado, y se determina la respuesta a parámetros predefinidos, como ganancia de peso, conversión alimenticia, retención de eficiencia proteica, entre otros, en un periodo determinado (Toledo, 2004).

En este método, se determina la dosis mínima necesaria, o bien el porcentaje óptimo de proteína o de un aminoácido concreto. El principio del método consiste en la comparación de resultados o de otras características en varios lotes de peces alimentados con dietas que contienen dosis crecientes de proteínas o de aminoácidos esenciales (Guillaume et al., 2004).

2.5.2. Método de regresión lineal

Este método permite estudiar la relación entre una variable dependiente y una o más independientes con un doble propósito:

- Averiguar en qué medida la variable dependiente puede estar explicada por la o las variables independientes.
- Obtener predicciones en la variable dependiente a partir de la o las variables independientes.

2.5.3. Método de regresión no lineal (línea quebrada)

Es un método de análisis simple, rápido y eficiente en la determinación de los requerimientos nutricionales que resultan de los datos tomados en experimentos de ganancia de peso para peces (Portz et al., 2000).

Según Robbins (1986) el modelo de regresión se divide en dos partes, una línea inclinada arriba o hacia abajo seguido por una línea de horizontal, donde sus puntos de intersección determinarán el punto de equilibrio. Este modelo de una pendiente es más adecuado para estimar los parámetros de crecimiento.

La ecuación general del modelo de línea quebrada es:

$$y = \langle M ; \text{si } x > \text{requerimiento} \mid |M - b * (R - x) ; \text{si } x \leq \text{requerimiento} \rangle$$

Donde y es la respuesta del animal, x es la concentración del nutriente, M es la ganancia máxima cuando x es mayor al requerimiento y b es la pendiente

2.6. Condiciones de agua en el cultivo para sábalo cola roja

Gonzales (2008), menciona que la calidad del agua es un factor fundamental en cualquier proceso acuícola, ya que de ella dependerá que el desarrollo de los organismos sea bueno, así como los rendimientos que se prevean obtener, debido a que el agua tiene influencia en los tres niveles básicos, el crecimiento, la reproducción y la supervivencia. Por tanto, la disponibilidad de esta con calidad adecuada es importante para todos los sistemas de producción, aunque fundamentalmente lo es en el caso de los cultivos intensivos.

De acuerdo con FONDEPES (2017), las condiciones fisicoquímicas del agua de cultivo para el sábalo cola roja son:

Cuadro 1: Características fisicoquímicas del agua de cultivo de sábalo de cola roja.

| | Parámetros | Unidad | Rango |
|---------------------|----------------------|----------|-----------|
| Parámetros físicos | Temperatura del agua | °C | 26 - 31 |
| | Pluviosidad | mm | > 250 |
| | Transparencia | cm | 30-60 |
| Parámetros químicos | Oxígeno disuelto | mg/l | > 3.0 |
| | pH | Unidades | 6.0 - 8.0 |
| | Amoniaco | mg/l | < 0.02 |

2.7. Evaluaciones en otras especies acuícolas

Gutiérrez et al. (1996), evaluaron dos niveles de proteína bruta (27.4 y 29.8%) y tres niveles de energía digestible (2700, 2900 y 3100 Kcal/ Kg de alimento), en juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*), determinando que nivel de 29.8% de PB y 2700 Kcal/Kg de ED, mejoró el peso y la eficiencia de retención de proteína.

Escobar et al. (2006), evaluaron seis dietas en alevinos de tilapia (*Oreochromis niloticus*) con dos niveles de energía (3300 y 3600 Kcal/Kg) y tres niveles de proteína (35,40 y 45%) generando seis diferentes relaciones energía/proteína (10,28; 9,42; 9,00; 8,25; 8,00 y 7,33 kcal ED/g PC), los mejores resultados para la ganancia de peso fueron con las relaciones de 8,25 y 9,42.

Padilla (2000), evaluó en gamitana (*Colossoma macropomum*) con el fin de estudiar el efecto de dos niveles de proteína bruta (18.50 % y 24,69 %) y de energía bruta (345,91 y 353,78 kcal/g) sobre el crecimiento de los peces, dando como resultado que la dieta con el nivel de 24,69% de proteína bruta y 353,78 Kcal/g de energía, tuvo mejores efectos sobre el crecimiento de los peces.

Visbal et al. (2013), evaluaron cuatro dietas isocalóricas con niveles crecientes de proteína cruda (15, 25,35 y 45%), en alevines de *Prochidolus mariae*, para determinar el óptimo proteico en su alimentación, dando como resultado que una dieta con 35% de proteína, es adecuada para un bien desarrollo del pez en este estadio.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

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 Universidad Nacional 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 La Molina Calidad Total Laboratorios (LMCTL). El periodo de evaluación fue de 42 días y se realizó entre enero y febrero del 2016.

3.2. Animales Experimentales

Se utilizaron 180 alevines de sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*), procedentes de la Piscigranja Amazonian Aquaculture Service EIRL de Iquitos. El peso promedio de los peces fue de $3.66 \pm 0.10\text{g}$, los cuales fueron distribuidos al azar en 15 acuarios (unidades experimentales) de 12 alevines por acuario (Anexo 1). Los peces, llegaron a un peso promedio de $39.69 \pm 7.07\text{g}$.

3.3. Instalaciones y Equipos

Las instalaciones del LINAPC (Anexo 2), cuenta con un moderno sistema de recirculación, el cual permite el control de los estándares de calidad de agua y manejo de los peces para la alimentación, óptimo para la especie en estudio. El laboratorio cuenta con 2 acuarios de adaptación (120L de capacidad), 18 acuarios para pruebas de crecimiento (55 a 75L de capacidad, de 50 cm de alto, 47 cm de ancho y 47 cm de profundidad) y 9 acuarios tipo *Guelph* (54 L de capacidad) para pruebas de digestibilidad. El Anexo 3 presenta más detalles sobre las instalaciones y equipos.

Durante el manejo de los alevines se utilizaron mallas Sera, recipientes de plástico para el control biométrico, una balanza marca METTER TOLEDO modelo ML1602 con 0.01g de precisión y capacidad 1602g para la obtención del peso individual de cada alevín, además una cinta métrica para medir la talla de los peces y de esta manera obtener el incremento de talla total de la respectiva unidad experimental. En la medición del control de la calidad del agua se utilizaron kits colorimétricos de Sera y LaMotte (Sera, 2010 y LaMotte, 2010).

3.4. Tratamientos

Para el presente trabajo de investigación se establecieron 5 niveles de proteína, en dietas isocalóricas de 3.7 Mcal ED/Kg, dando origen a 5 tratamientos:

T1: Dieta con 30% de proteína bruta

T2: Dieta con 32% de proteína bruta

T3: Dieta con 34% de proteína bruta

T4: Dieta con 36% de proteína bruta

T5: Dieta con 38% de proteína bruta

3.5. Dietas Experimentales

Se formularon cinco dietas experimentales, isocalóricas, establecidas como tratamientos en base a estudios preliminares en pacos (Lafeta et al., 2010), sábalo cola roja (Ferrer et al., 2014) y referencias bibliográficas, utilizando la formulación al mínimo costo, por programación lineal. Las dietas fueron isocalóricas (3.7 Mcal ED/Kg). 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, se utilizó una mezcladora horizontal de cintas, la mezcla se dio durante 5 minutos. Posteriormente se utilizó la peletizadora marca *Buhler*, obteniendo pellets de 2.0 mm de diámetro, luego fueron granulados, obteniéndose un tamaño de partícula de 1.18mm.

El Cuadro 1, muestra las fórmulas de las dietas experimentales con su valor nutritivo calculado y el Cuadro 2 el aporte nutricional de la premezcla de vitaminas y minerales para la acuicultura, utilizado en la preparación de las dietas.

Cuadro 2: Fórmulas y contenido nutricional de las dietas utilizadas

| Proteína bruta (%) | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 |
|-------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Energía digestible (Mcal/Kg) | 3.7 | 3.7 | 3.7 | 3.7 | 3.7 |
| INGREDIENTES | | | | | |
| Maíz amarillo | 39.55 | 32.95 | 26.34 | 19.74 | 13.14 |
| Torta de soya, 47 | 24.89 | 30.38 | 35.88 | 41.37 | 46.86 |
| Hna. Pescado prime, 66 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 |
| Harinilla de trigo | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 |
| Aceite de soya | 4.63 | 5.74 | 6.85 | 7.96 | 9.07 |
| Sal común | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.41 |
| Premezcla vitaminas y minerales | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| Inhibidor de hongos | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| Cl. Colina, 60 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| Moldsap | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| Antioxidante | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| TOTAL | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| CONTENIDO NUTRICIONAL (%) | | | | | |
| Materia Seca % | 89.00 | 89.36 | 89.73 | 90.09 | 90.45 |
| Proteína % | 30.00 | 32.00 | 34.00 | 36.00 | 38.00 |
| Fibra % | 2.16 | 2.26 | 2.35 | 2.44 | 2.54 |
| Grasa % | 9.59 | 10.48 | 11.37 | 12.25 | 13.14 |
| ED Sábalo (Mcal/Kg) | 3.70 | 3.70 | 3.70 | 3.70 | 3.70 |
| Lisina % | 1.96 | 2.11 | 2.27 | 2.42 | 2.57 |
| Metionina % | 0.67 | 0.69 | 0.72 | 0.74 | 0.77 |
| Cistina % | 0.35 | 0.39 | 0.43 | 0.47 | 0.50 |
| Arginina % | 1.96 | 2.14 | 2.31 | 2.48 | 2.66 |
| Treonina % | 1.22 | 1.30 | 1.38 | 1.47 | 1.55 |
| Triptófano % | 0.37 | 0.40 | 0.43 | 0.47 | 0.50 |
| Valina % | 1.59 | 1.70 | 1.81 | 1.92 | 2.03 |
| Metionina. + Cistina % | 1.09 | 1.14 | 1.19 | 1.24 | 1.30 |
| Ácidos grasos. n-3 % | 1.11 | 1.19 | 1.27 | 1.34 | 1.42 |
| Ácidos grasos. n-6 % | 3.23 | 3.65 | 4.08 | 4.51 | 4.94 |
| Fosf. Total % | 0.85 | 0.87 | 0.88 | 0.90 | 0.92 |
| Calcio % | 0.83 | 0.84 | 0.86 | 0.87 | 0.88 |
| Sodio % | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 |
| Colina (ppm) | 2514.98 | 2606.56 | 2698.33 | 2789.91 | 2881.50 |
| Prot. Dig | 25.31 | 26.72 | 28.12 | 29.53 | 30.93 |

Cuadro 3: Composición de la premezcla de vitaminas y minerales que contiene la dieta experimental

| Nutriente | Cantidad |
|------------------------|-----------------|
| Vitamina A , UI | 9333.3 |
| Vitamina D3, UI | 1866.7 |
| Vitamina E, UI | 93.3 |
| Vitamina K3,UI | 5.3 |
| Tiamina b1, mg | 12 |
| Riboflavina (B2), mg | 13.3 |
| Niacina, mg | 100 |
| Ácido Pantoténico, mg | 33.3 |
| Piridoxina (B6), mg | 10 |
| Biotina, mg | 0.5 |
| Ácido fólico, mg | 2.7 |
| Ácido ascórbico, mg | 400 |
| Vitamina B12, mg | 0 |
| Cloruro de colina, mg | 400 |
| Manganeso, mg | 26.7 |
| Hierro, mg | 13.3 |
| Zinc, mg | 13.3 |
| Cobre, mg | 1 |
| Yodo, mg | 1 |
| Selenio, mg | 0.2 |
| Cobalto, mg | 0.1 |
| Antioxidante, mg | 80 |
| Excipientes c.s.p , mg | 2000 |

*Composición por 1 Kg. de alimento

Fuente: DSM Nutritional Products Perú S.A. (2014)

3.6. Análisis Proximal

Los análisis químicos de las dietas experimentales fueron realizados en La Molina Calidad Total Laboratorios de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Los resultados muestran que el contenido nutricional de las dietas es similar al estimado en la formulación, lo que indica que la molienda y el mezclado fueron adecuados. El Anexo 4 presenta los resultados del análisis proximal de las dietas.

3.7. Manejo Experimental

En la biometría inicial, los alevines fueron uniformizados y separados según su peso corporal por tratamiento y distribuidos al azar en 15 acuarios (unidades experimentales) de 12 alevines por acuario con peso inicial de 3.66 ± 0.10 . Durante la biometría, los peces de cada acuario se colocaron en recipientes con agua, mientras los acuarios eran limpiados con esponjas húmedas, posteriormente eran pesados y tallados, finalmente retornaban a sus respectivos acuarios. Las biometrías se realizaron al inicio y al final del experimento, al final de estas se agregó sal disuelta en agua al 0.3 por ciento a cada acuario con el fin de disminuir la carga bacteriana. El Anexo 1, muestra la distribución de los peces en los acuarios, con sus respectivos tratamientos.

3.8. Evaluación de la Calidad del Agua

El agua utilizada para alimentar el sistema de recirculación provenía de la red de agua potable pública del Distrito de La Molina.

Se monitoreó los siguientes parámetros:

3.8.1. Temperatura

Se utilizaron termómetros electrónicos de la marca *Sper Scientific*, este dispositivo permite configurar la T° min/máx. y emitir una alarma en caso varíe el rango de T° configurado. Su rango de medición es de 20 – 70 °C, con 0.1°C de precisión. Se registró la temperatura en las mañanas (8:00 am), medio día (12:00 pm) y en la tarde (4:00pm) de tres acuarios al azar, tres veces por semana.

3.8.2. Oxígeno Disuelto

Se utilizó un monitor de oxígeno de la marca *PinPoint II*, el cual puede mostrar una lectura digital para el oxígeno disuelto. Su rango de medición es de 0.0 – 20.0 mg/L. La medición se realizó en todos los acuarios, tres veces por semana.

3.8.3. pH

La medida del pH se realizó con un medidor de pH, marca *Oaklon*, con rango de medición de 1.0 – 15.0 pH, con 0.1 de precisión. La medición digital se realizó en todos los acuarios, tres veces por semana.

3.8.4. Dureza

Se utilizó el kit colorimétrico de dureza marca *LaMotte*, el cual utiliza el valorador de lectura directa, que proporcionan una exactitud dentro de la gama habitual de 0-200 ppm, con una sensibilidad de 4 ppm de carbonato de calcio (CaCO_3). La medición de la dureza se registró tres veces por semana, a las 10:00am, la muestra fue tomada directamente del tanque sumidero.

3.8.5. Nitrógeno Amoniacal total

Ambos parámetros fueron medidos mediante el kit colorimétrico de la marca *Sera*. El rango de medición para el amonio es de 0.5 – 10.0 mg/L. El amoníaco se halló indirectamente, tomando como referencia el contenido de amonio y el pH, siendo el rango de medición de 0.003 – 3.60 mg/L. La muestra fue tomada directamente del tanque sumidero, tres veces por semana.

3.8.6. Nitrato

Fue medido mediante el kit colorimétrico de tres reactivos de la marca *Sera*. El rango de medición es de 0.0 – 400.0 mg/L. La muestra fue tomada directamente del tanque sumidero, tres veces por semana.

Los parámetros de calidad de agua se muestran en el Cuadro 4 y Anexo 5, para la temperatura, pH, oxígeno disuelto y nitrógeno amoniacal, los cuales fueron óptimos para el desarrollo del Sábalo cola roja. La temperatura del agua en los acuarios durante la fase experimental fue en promedio de 28.5 °C, estando dentro del rango recomendado por (Loja, 2010), quien menciona que la temperatura favorable para el cultivo de esta especie se encuentre entre 25 y 32 °C. Asimismo, Arias, (2006) indica que los rangos óptimos de temperatura encontrados en el aguas donde habita el *Brycon amazonicus*, varía entre 26 – 30 °C y el nivel de oxígeno disuelto en el agua se encuentre entre 4 – 7 mg/l, parámetro que en la presente investigación se mantuvo en 5.42 mg/l.

Respecto a la medida del potencial de hidrogeno (pH) el valor promedio durante la fase experimental fue de 7.36 mg/l, valor que se encuentra en el rango óptimo para (Carazo et al., 1999), quien recomienda el rango de 6,5 y 9, señalando que valores por debajo o por encima a estos niveles son inadecuados, llegando a afectar el crecimiento de la especie. Peña-Buitrago et al. (2006), evaluó la densidad de siembra del *Brycon sinuensis*, con lo que pudo determinar que a una densidad de siembra muy alta el agua mostro un nivel de pH muy bajo, por lo que se pudo inferir que los peces estuvieron en aguas ligeramente acidas, lo que afecto el crecimiento y el desarrollo del cultivo en estudio. Avnimelech (2009), la concentración letal del nitrógeno amoniacal varía entre especies en un rango de 1 – 2 mg/L, agudizándose cuando la concentración de oxigeno es baja, en el presente experimento se mantuvo un promedio de nitrógeno amoniacal de 0.07 mg/L, el cual se encuentra muy por debajo del rango señalado, asegurando así la calidad del agua.

3.9. Evaluaciones Biológicas y Productivas

3.9.1. Peso Unitario y Talla

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

3.9.2. Ganancia de Peso (G)

La ganancia de peso fue hallada por la diferencia entre el peso final (W_t) y el peso inicial (W_0). (Guillaume, 2004).

$$G = W_t - W_0$$

Cuadro 1: Parámetros de Calidad de Agua.

| Parámetros | Hora | Promedio |
|---------------------------------------|-------------|-----------------|
| Temperatura en el acuario (°C) | 8.00 am | 28.2 |
| | 12.00 m | 28.7 |
| | 4.00 pm | 28.7 |
| Temperatura ambiental (°C) | 8.00 am | 27 |
| | 12.00 m | 29.5 |
| | 4.00 pm | 29.4 |
| Oxigeno disuelto (mg/L) | | 5.42 |
| Dureza (ppm) | | 130 |
| pH | | 7.36 |
| Nitrogeno amoniacal (mg/L) | | 0.07 |

3.9.3. Incremento de Talla (L)

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

$$L = L_t - L_0$$

3.9.4. Consumo de Alimento

La cantidad de alimento ofrecido fue calculado considerando la biomasa total de peces por acuario, comenzando con una tasa alimenticia de 8 por ciento y disminuyendo a medida que se observaba que el alimento no era consumido en su totalidad, llegando a un 5 por ciento al final del experimento. El alimento se dividió en seis raciones a lo largo del día, durante los siete días de la semana. La ración de alimento correspondiente fue pesada en un vaso de plástico etiquetado con el número del acuario, luego se pesó el alimento restante y por diferencia se obtuvo la cantidad de alimento consumido.

3.9.5. Conversión Alimentaria (CA)

Se obtuvo la conversión alimenticia dividiendo el alimento consumido entre la ganancia de peso. (Díaz y López, 1995)

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

3.9.6. Tasa de Crecimiento

Se obtuvo la Tasa de crecimiento, mediante la diferencia del peso final (W_t) y el peso inicial (W_0), dividido entre el tiempo de evaluación (t). (Guillaume, 2004).

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

3.9.7. Retención de Eficiencia Proteica (REP)

Se obtuvo la Retención de proteína, mediante la división del incremento en peso húmedo entre la proteína ingerida. (Guillaume, 2004).

$$\text{REP} = \frac{\text{Incremento en peso húmedo (gramos)}}{\text{Proteína ingerida (gramos)}}$$

3.9.8. Supervivencia

La supervivencia se determinó mediante porcentaje, expresando el número de peces sobrevivientes (N_f) al final del periodo de evaluación, con respecto al número de peces iniciales (N_o). (Guillaume, 2004).

$$S = 1 - \frac{N_o - N_f}{N_o} \times 100$$

3.10. Diseño Experimental

Se utilizó el Análisis de varianza (ANOVA) con cinco tratamientos (niveles de proteína bruta) y tres repeticiones cada uno. La unidad experimental está definida por cada acuario y conformada por 12 alevines de sábalo cola roja. Para la comparación de promedios de los parámetros se empleó la prueba de Duncan ($p < 0.05$) (Calzada 1984). Para estos análisis se utilizó el *Software SAS System for Windows V8* (1998).

El modelo es el siguiente:

$$Y_{ik} = \mu + T_i + e_{ik}$$

Dónde:

Y_{ik} = el valor observado del i -ésimo tratamiento y la k -ésima repetición

μ = media general

T_i = efecto del tratamiento i , siendo i = las diferentes dietas

e_{ik} = error aleatorio asociado a cada observación

Para la determinación del requerimiento de proteína se utilizó el análisis de regresión teniendo como variable independiente el nivel de proteína bruta de la dieta y como variables respuesta la ganancia de peso y la conversión alimenticia. Se utilizaron las ecuaciones de regresión de la línea quebrada y polinomial planteados Robbins et al. (1986) y Zeitoun et al. (1976), respectivamente.

Ecuación para el análisis de regresión línea quebrada.

$$Y = \langle M; \text{ si } x > \text{requerimiento} \mid \mid M - b * (R - x) ; \text{ si } x \leq \text{requerimiento} \rangle$$

Dónde:

Y = ganancia de peso diaria (g) o conversión alimenticia.

x = valor ED del alimento (Kcal/Kg)

M = es la ordenada en el punto de inflexión del modelo.

R = es la abscisa en el punto de inflexión del modelo.

b = pendiente

Ecuación para el análisis de regresión polinomial de segundo orden

El punto máximo de la curva se obtuvo sacando la derivada e igualando a cero la ecuación. La curva se caracteriza por tener un punto máximo único a lo largo de su rango que corresponde a la concentración del nutriente que produce la máxima respuesta.

La ecuación de la regresión polinomial de segundo orden es:

$$Y = B_0 + B_1X + B_2X^2$$

Dónde:

X = es la concentración del nutriente evaluado

$B_{0,1,2}$ = Coeficientes de la regresión

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estimación del requerimiento mediante pruebas de rango múltiple (Duncan)

4.1.1. Peso y Ganancia de Peso

Los pesos y biomasa obtenidos al inicio y al final de la evaluación, se muestran en el Cuadro 5 y Anexo 6. El Anexo 7, presenta la biomasa inicial, la biomasa final y la ganancia de peso por biomasa.

El análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos con respecto a la biomasa inicial y el peso inicial (Anexos 8 y 9). Para la biomasa final y la ganancia de biomasa el análisis de varianza indica que existen diferencias significativas ($P < 0.05$), anexo 10 y 11. El análisis de varianza para el peso final y la ganancia de peso, presentaron diferencia altamente significativa ($P < 0.01$). Anexo 12 Y 13.

La ganancia de peso aumento con el incremento del nivel de proteína de 30% hasta 34%, luego se hace constante con tendencia a disminuir. Se obtiene hasta 12% mayor peso final al brindar dietas con 34 % de proteína bruta en comparación a la dieta con 30%, lo que indica que el nivel de proteína que se incluye en la dieta influye sobre la ganancia de peso.

Este resultado fue superior a los reportados por Aguirre y Muñoz, (2015), para juveniles de *Brycon henni*, quienes obtuvieron una mayor ganancia de peso con dietas semi-purificadas que contenían 24% de proteína, esta diferencia podría ser por la variedad de la especie, el diferente estado fisiológico de desarrollo y que la evaluación fue en estanques con la inclusión de fito y zooplancton en su alimentación durante un mes. Del mismo modo Uchoa et al. (2004), obtuvieron mayor ganancia de peso a los 210 días de iniciada la investigación con dietas que contenían 28% de proteína bruta, para juveniles de *Brycon cephalus*, esta diferencia podría ser por la variedad de la especie, la densidad de siembra, el diferente estado fisiológico de desarrollo y la talla inicial de los peces, las comparaciones entre los niveles de proteína en la dieta, se realizaron utilizando (ANOVA), para aquellas variables en la que

la prueba F presento significancia ($p < 0.05$) se utilizó el análisis de regresión por polinomios ortogonales.

Cuadro 5: Efecto de los diferentes Niveles de Proteína en Sábalo Cola Roja

| Parámetros | Nivel de proteína bruta (%) | | | | |
|---------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 |
| Biomasa inicial (g) | 43.69 ^a | 43.58 ^a | 43.58 ^a | 43.58 ^a | 43.55 ^a |
| Biomasa final (g) | 473.51 ^c | 510.40 ^{bc} | 569.92 ^a | 536.43 ^{ab} | 548.97 ^{ab} |
| Ganancia biomasa (g) | 429.81 ^c | 466.82 ^{bc} | 526.35 ^a | 492.85 ^{ab} | 505.43 ^{ab} |
| Peso inicial (g) | 3.64 ^a | 3.63 ^a | 3.63 ^a | 3.63 ^a | 3.63 ^a |
| Peso final (g) | 41.79 ^b | 42.53 ^b | 47.49 ^a | 45.95 ^a | 45.75 ^a |
| Ganancia peso (g) | 38.14 ^b | 38.90 ^b | 43.86 ^a | 42.31 ^a | 42.12 ^a |
| Ret. Efic. Proteica (%) | 3.04 ^a | 2.93 ^b | 3.17 ^a | 2.73 ^c | 2.59 ^c |
| Tasa de crecimiento (g/d) | 0.91 ^b | 0.93 ^b | 1.04 ^a | 1.01 ^a | 1.00 ^a |
| Consumo (g) | 39.60 ^b | 40.45 ^{ab} | 40.13 ^{ab} | 42.69 ^a | 42.25 ^{ab} |
| Conversión Alim. | 1.04 ^b | 1.04 ^b | 0.91 ^a | 1.01 ^b | 1.01 ^b |
| Talla inicial (cm) | 6.11 ^a | 6.11 ^a | 6.10 ^a | 6.11 ^a | 6.10 ^a |
| Talla Final (cm) | 12.83 ^a | 12.86 ^a | 12.95 ^a | 13.38 ^a | 13.34 ^a |
| Ganan. Talla (cm) | 6.71 ^a | 6.75 ^a | 6.85 ^a | 7.28 ^a | 7.23 ^a |
| Sobrevivencia (%) | 94.44 ^a | 100.00 ^a | 100.00 ^a | 97.22 ^a | 100.00 ^a |

a, b, c en la misma fila expresan diferencias significativas

DCA, con Prueba de medias de Duncan ($\alpha=0.05$)

Sin embargo, los resultados obtenidos por Vinicius y Machado (2002) y Zaniboni et al. (2006), utilizando dietas semi-purificadas e isocalóricas (3000 Kcal de EM/kg) con contenido de proteína de 24 - 42% en ambos experimentos se concluyó que productivamente los mejores resultados para el peso y la ganancia de peso fueron con niveles de 36 % de proteína bruta, para alevines de *Brycon orbignyanus*. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) y, cuando hubo una diferencia significativa entre tratamientos fueron comparados por la Prueba de Tukey usando el software "SigmaStat para Windows 2.0". También se aplicó análisis de regresión no lineal para evaluar el efecto de la concentración de PC en la dieta sobre la ganancia en peso.

Así mismo Pimentel et al. (2005), obtuvieron los mejores resultados para el peso medio final con dietas hipocalóricas (3500 Kcal de EM/kg) que contenían 34% de proteína bruta, concluyendo que el aumento de los niveles de proteína en la dieta reorganiza el metabolismo intermediario del *Brycon cephalus*. Desde el punto de vista metabólico también se puede asumir que los contenidos superiores a 34% de proteína en la dieta no se recomiendan para esta especie cuando el contenido de carbohidratos no compensa la demanda metabólica.

4.1.2. Talla y ganancia de talla

Los resultados obtenidos de ganancia de talla se muestran en el Cuadro 5 y en el Anexo 17. El análisis de variancia indica que no existen diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos para la talla inicial, final e incremento de talla (Anexo 14, 15, 16).

Los resultados numéricos demuestran que se obtiene una mayor talla final e incremento de talla al utilizar dietas con 34, 36 y 38% en comparación a la utilización de 30 y 32% de proteína bruta. Se obtiene hasta 4.1% y 8.5% mayor talla final e incremento de talla, respectivamente al brindar dietas con 36% de proteína cruda en comparación con la dieta que contiene 30%.

Este resultado fue mayor a los reportados por Mercado et al. (2003), para juveniles de *Brycon moorei sinuensis*, quienes encontraron un mayor incremento de talla con dietas que contenían 28% de proteína, esta diferencia podría ser por la variedad de la especie, la talla inicial con la que los peces comenzaron el estudio; la cual fue en promedio de 17.8 cm; la densidad de siembra y que la evaluación fue en jaulas flotantes y la contribución de la productividad natural de los estanques. Por otro lado, Murillo et al. (2003), encontraron un

mayor incremento de talla en alevines de *Brycon siebenthalae*, con dietas que contenían 30% de proteína bruta, esta diferencia podría deberse a la inclusión de fito y zooplancton como fertilizante del estanque en él fue desarrollada la investigación.

4.1.3. Consumo de Alimento

Los resultados obtenidos del consumo de alimento se muestran en el Cuadro 5 y en el Anexo 19. El análisis de variancia indica que no existen diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos para el consumo de alimento (Anexo 18). Sin embargo, las dietas que contienen más de 32% de proteína cruda presentaron mayor consumo de alimento, según la prueba de Duncan.

Los resultados reportados por Aguirre y Muñoz, (2015), trabajando con juveniles de *Brycon henni*, mostraron un mayor consumo de alimento con la dieta que contenía 26% de proteína bruta. López et al. (2004) reportan en juveniles de *B. amazonicus*, mayor consumo de alimento con la proteína del 22%. Vásquez et al., (2002) indicaron que, en los peces, las exigencias de proteína para crecimiento pueden variar en función de la especie, hábito alimenticio, estado fisiológico, condiciones de cultivo, fuentes de proteína, fuentes y nivel energético de la dieta, así como también de la metodología utilizada para la determinación.

4.1.4. Conversión Alimentaria

Los resultados obtenidos de la conversión alimenticia se muestran en el Cuadro 5 y en el Anexo 21. El análisis de variancia indica que existen diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos para la conversión alimenticia (Anexo 20).

Los resultados demuestran que se obtiene una mayor eficiencia en convertir alimento en peso vivo al utilizar 34% de proteína cruda en la dieta, en comparación con la utilización de 30, 32, 36 y 38%. Se obtiene hasta 14.29% menor conversión alimenticia al brindar dietas con 34% de proteína bruta en comparación a la dieta con 30%, esto indica que los alevines que consumieron la dieta con 34% de proteína, obtuvieron mayor ganancia de peso en relación con el consumo de alimento de las otras dietas.

Estos datos difieren con los reportados por Vinicius y Machado (2002), donde concluyeron que productivamente los mejores resultados para la conversión alimenticia fueron con

niveles de 36% de proteína bruta utilizando seis dietas semi-purificadas isocalóricas (3000 EM/kg) , para alevines de *Brycon orbignyanus*. El valor reportado en dicha investigación fue de 1.06 para la conversión alimenticia, siendo este valor 14.15% mayor que el reportado en la presente evaluación.

Santamaría (2014), indica que alimentar a los peces al máximo de su capacidad de consumo, aunque puede acelerar el crecimiento aumenta los riesgos de desperdicio de alimento; por otro lado, niveles elevados de ingestión aceleran la velocidad de tránsito gastrointestinal, reduciendo la eficiencia digestiva y perjudicando la conversión alimentaria. Finalmente, los peces sobre alimentados tienden a depositar más grasa en la carcasa, desmejorando la calidad organoléptica de la misma.

Sin embargo, Uchoa et al. (2004) obtuvieron las mejores tasas de conversión alimenticia con dietas que contenían 25 y 28% de proteína bruta, para juveniles de *Brycon cephalus*, esta diferencia podría ser por el diferente estado fisiológico de la especie, el tiempo de evaluación (201 días) y la densidad de siembra. Por otro lado, Rodríguez et al. (2014), obtuvieron una menor conversión alimenticia para *Brycon moorei*, con una densidad de siembra de 2 peces/m², indicando que una densidad de siembra adecuada generará una menor conversión alimenticia, por lo tanto, una mayor productividad.

4.1.5. Tasa de Crecimiento

Los resultados obtenidos de la tasa de crecimiento se muestran en el cuadro 5 y en el anexo 23. El análisis de variancia presenta diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los tratamientos para la tasa de crecimiento (Anexo 22).

Los resultados demuestran que se obtiene una mayor tasa de crecimiento al utilizar 34% de proteína cruda en la dieta, en comparación con la utilización de 30, 32, 36 y 38%. Se obtiene hasta 12.5% mayor tasa de crecimiento al brindar dietas con 34% de proteína bruta en comparación a la dieta con 30%.

Resultados reportados por Yudy et al. (2004), utilizando dietas semi-purificadas que contenían entre 17 y 25% de proteína y con un peso inicial entre 9 – 21 g, para *Brycon siebenthalae*, registraron una mayor tasa de crecimiento con dietas de 21% de proteína con 3.2 kcal/g. Los autores suponen que la disminución de la tasa de crecimiento observada con

niveles de proteína por encima de los exigidos para máxima ganancia de peso puede ser debida a la reducción de la energía disponible para crecimiento, básicamente por un desequilibrio entre niveles de proteína y de energía, concluyendo que los datos colectados sugieren que los índices de desempeño de crecimiento podrían mejorar con el incremento del nivel energético por encima del máximo utilizado 3.2 kcal ED/g. Así mismo, Sá et al. (2000), trabajó dietas semi-purificadas y observó mejor desempeño de crecimiento con 29% de proteína en juveniles de *B orbignyana*. En *B. cephalus*, Cyrino et al. (1986), evaluó la substitución parcial y total de las fuentes de proteína animal por ingredientes de origen vegetal en dietas isoprotéicas (35% de proteína bruta) e isocalóricas (3200 kcal ED/kg) observando que el crecimiento era semejante e independiente de la fuente proteica.

Las diferencias en los resultados de estos trabajos podrían estar relacionados con el sistema de cultivo, la composición y tipo de alimentos, talla inicial, densidad, temperaturas y tiempo de cultivo.

4.1.6. Retención de eficiencia proteica (REP)

Los resultados obtenidos de REP se muestran en el Cuadro 5. El análisis de variancia indica que existen altas diferencias significativas ($P < 0.01$) entre los tratamientos para la retención de eficiencia proteica (Anexo 24).

Los resultados demuestran que se obtiene una mayor retención de eficiencia proteica al utilizar 34% de proteína cruda en la dieta, en comparación con la utilización de 30, 32, 36 y 38%. Se obtiene hasta 18.3% mayor REP al brindar dietas con 34% de proteína bruta en comparación a la dieta con 38%. Lo que indica que a medida que aumenta el nivel de proteína en la dieta, la retención de proteína disminuye. Es decir, el pez tuvo capacidad para aprovechar de manera más eficiente pequeñas cantidades de proteína y en general convertir alimento en tejidos.

4.1.7. Supervivencia

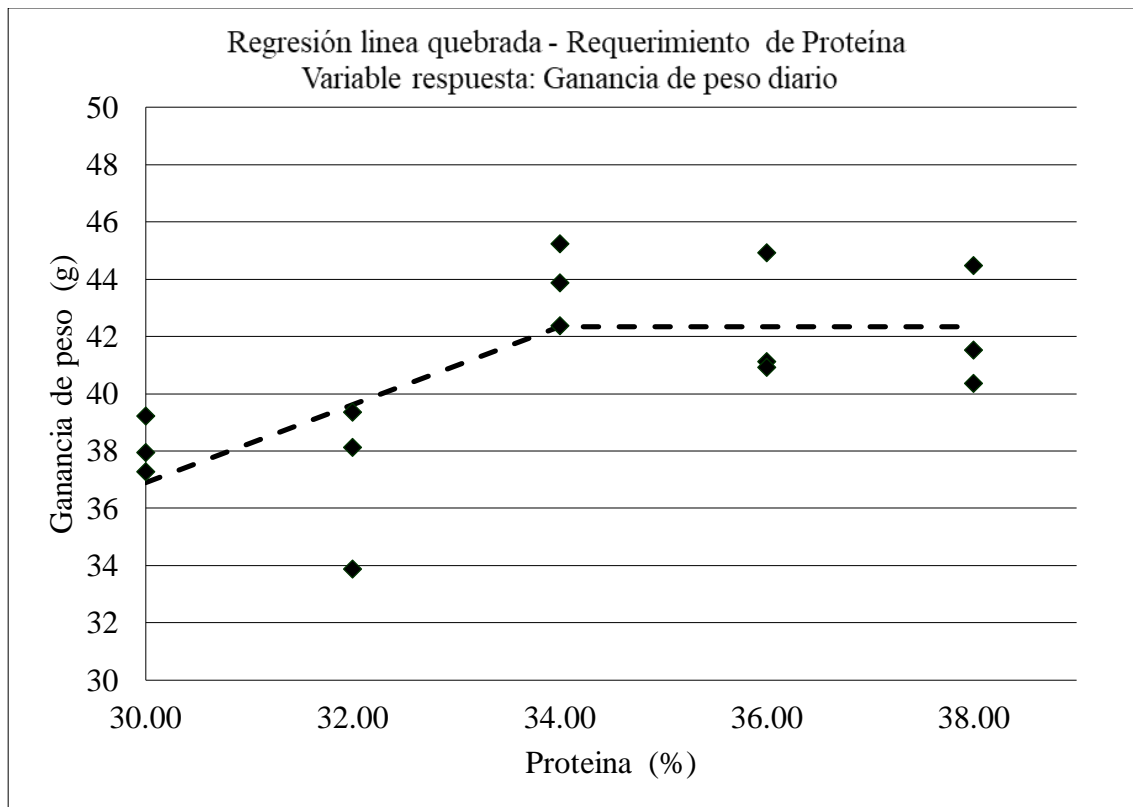
Los resultados obtenidos de supervivencia se muestran en el Cuadro 5. El análisis de variancia indica que no existen diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos para la supervivencia (Anexo 25).

Se obtuvo 100 por ciento de supervivencia, a lo largo de toda la fase experimental, con excepción de los tratamientos 1 y 4, sin embargo, no presentaron diferencia significativa respecto a los demás tratamientos, encontrando que no existe un efecto negativo de los tratamientos sobre la supervivencia de los peces, lo cual se relaciona con la ausencia de enfermedades, a la calidad nutricional de las dietas y la calidad óptima del agua.

4.2. Determinación del requerimiento mediante modelo línea quebrada

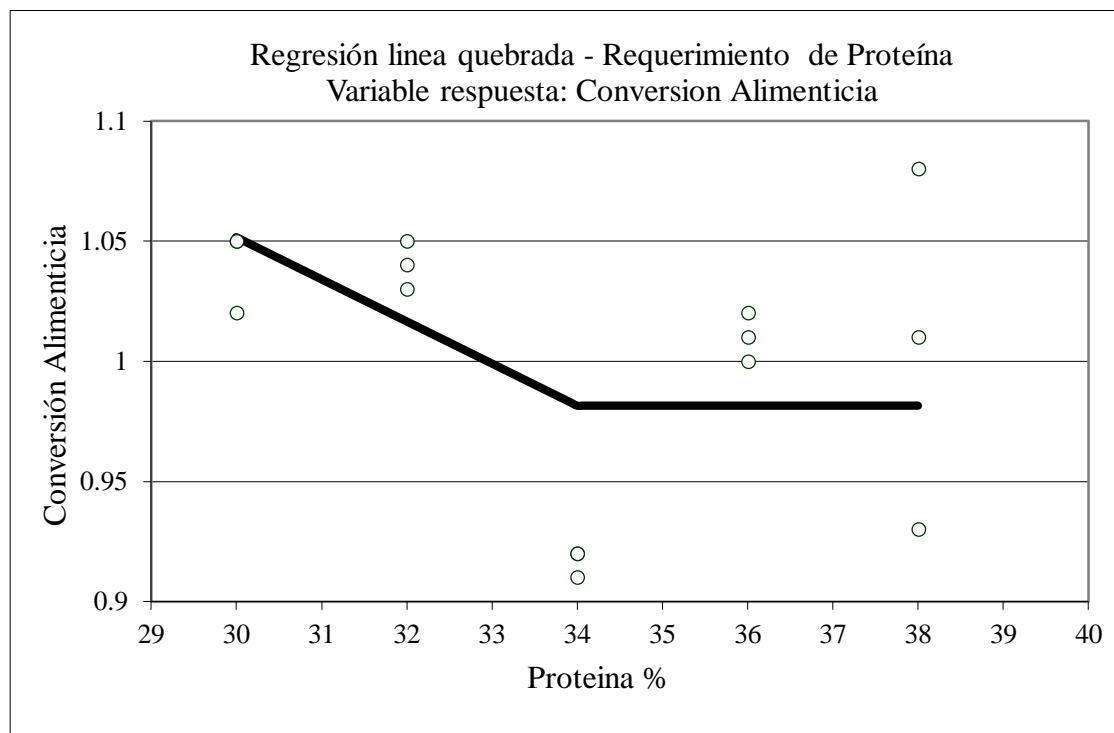
Los gráficos 1 y 2, muestran las curvas generadas para el requerimiento proteico, tomando las variables respuestas de ganancia de peso diario y conversión alimenticia, respectivamente.

El modelo de línea quebrada ha sido desestimado por varios investigadores (Fisher et al., 1973; Curnow, 1973; Robbins et al., 1979), indican que generalmente este procedimiento subestima el requerimiento del animal; por lo que podríamos decir que el nivel de requerimiento proteico es mayor a lo determinado con el modelo de línea quebrada en esta edad del alevín de sábalo cola roja.



$$y = \begin{cases} 1.0136, & \text{if } x > 34 \\ 1.0136 - 0.0298*(34 - x) & \text{if } x \leq 34; R^2 = 0.999 \end{cases}$$

Gráfico 1. Curva de regresión línea quebrada para determinar el requerimiento de proteína bruta en alevines de sábalo cola roja utilizando la variable ganancia de peso diaria



$$y = \begin{cases} 0.9817, & \text{if } x > 34 \\ 0.9817 + 0.0175*(34 - x) & \text{if } x \leq 34; R^2 = 0.998 \end{cases}$$

Gráfico 2. Curva de regresión línea quebrada para determinar el requerimiento de proteína bruta en alevines de sábalo cola roja utilizando la variable conversión alimenticia.

Utilizando el modelo de línea quebrada, se puede observar que el requerimiento de proteína bruta para maximizar la ganancia de peso diaria y la conversión alimenticia es de 34 %, sin embargo, existen puntos que generan una mayor ganancia de peso en relación con el requerimiento determinado, los cuales son desestimados por este método.

Por otro lado, Lafeta et al. (2010) obtuvo como requerimiento proteico a través de línea quebrada para alevines de paco 30.15% utilizando la variable respuesta ganancia de peso y 29.2% utilizando como variable respuesta la conversión alimenticia.

4.3. Determinación del requerimiento mediante regresión polinomial de segundo orden

Analizando los datos mediante la regresión cuadrática se obtiene que el requerimiento de proteína para alevines de sábalo cola roja es de 35.92% utilizando los datos de ganancia de peso (grafico 3) y de 36.18% utilizando los datos de conversión alimenticia (grafico 4).

Sin embargo, el coeficiente de determinación (R^2) es más alto con los valores de ganancia de peso por lo tanto nos informa que hay mayor porcentaje de varianza que está explicado por la función que ajusta los datos y por lo tanto es el valor que será elegido como el requerimiento.

Para otras especies de peces amazónicos se obtienen valores similares en el requerimiento de proteína en la etapa de alevinaje.

Mejías, D. (2013) determinó el requerimiento proteico en alevines de Cachamoto (*Colossoma macropomum x Piaractus brachypomus*) utilizando dietas experimentales elaboradas a base de músculo de juveniles de Cachamoto (24, 28, 32 y 38% proteína bruta) dando como resultado que con una dieta de 32% de proteína los peces alcanzaron la mayor ganancia de peso en comparación con el resultado obtenido en esta investigación que fue de 35.92% de proteína, esta diferencia obedece a que se utilizó como fuente de proteína la harina de musculo del propio pez, lo que supone una garantía para poder cubrir el requerimiento, los datos se analizaron mediante un análisis de varianza utilizando el test de Tukey para comparaciones múltiples de medias ($P < 0.5$).

Gutiérrez et al. (2009), en alevines de Gamitana (*Colossoma macropomum*) emplearon dietas compuestas de harina de anchoveta y harina de torta de soya como fuente proteica así como maíz amarillo duro, sub producto de trigo y sub producto de cervecera como fuente de energía, fueron dietas con dos niveles de proteína (25 y 35 %) y tres niveles de energía digestible (2.3, 2.5 y 2.7 kcal/g de alimento) dando como resultado que el mejor comportamiento productivo se obtuvo con una dieta de 2.7 kcal/g de energía digestible y 35 % de proteína.

La literatura muestra un amplio rango de variación en relación a la concentración de proteína en la dieta de peces de similares hábitos alimenticios, fluctuando entre 20 y 45%.

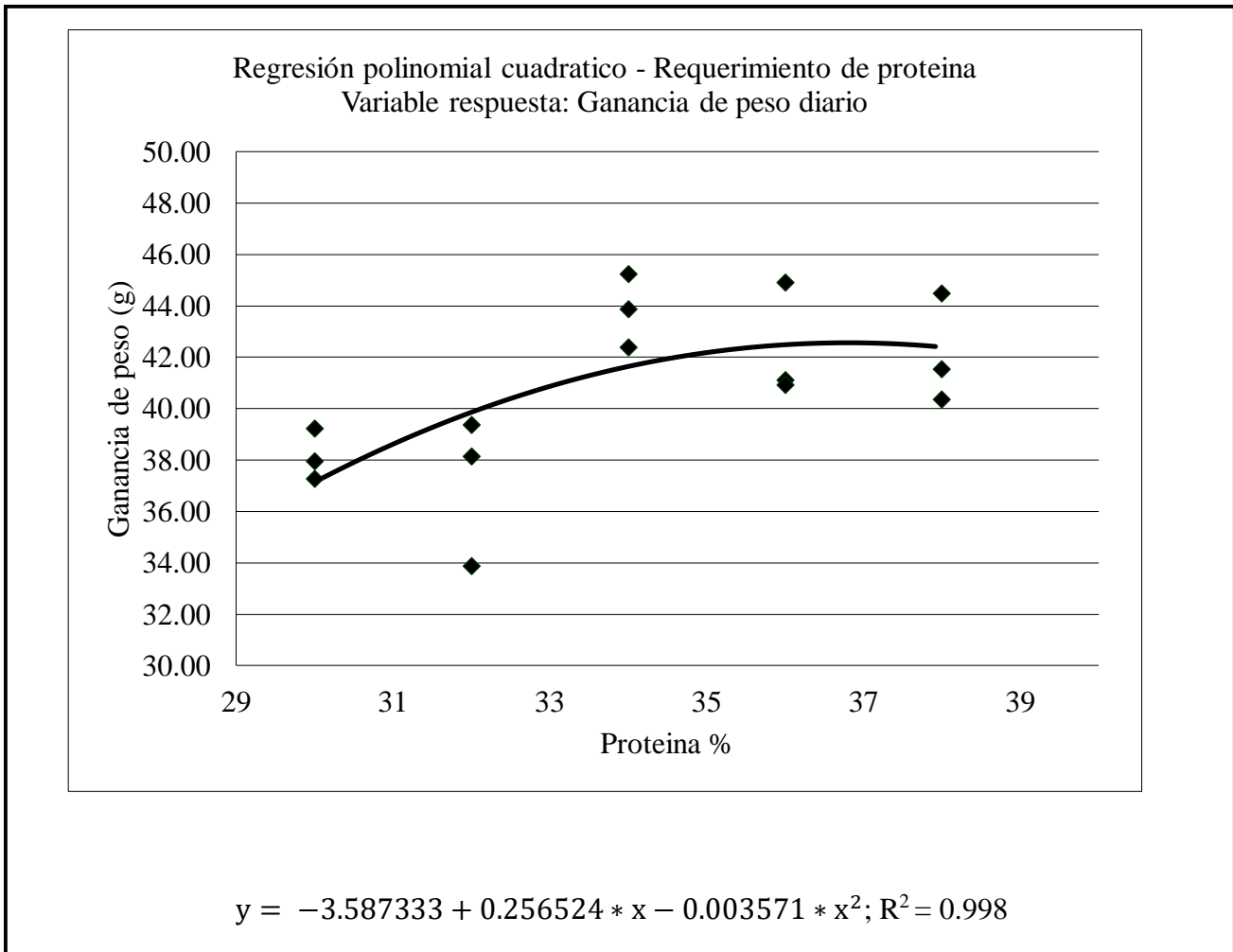
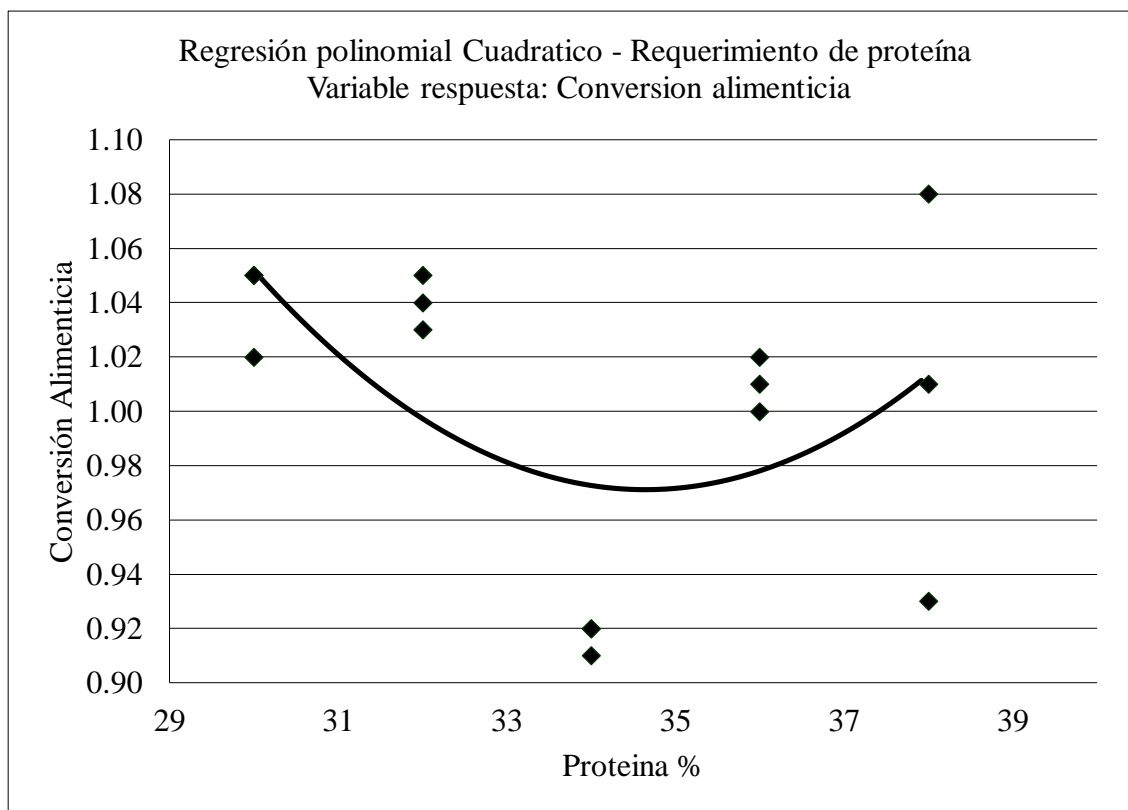


Gráfico 3. Curva de regresión polinomial de segundo orden para determinar el requerimiento de proteína bruta en alevines de sábalo cola roja utilizando la variable ganancia de peso diaria.



$$y = 5.472 - 0.25833 * x + 0.00375 * x^2; R^2 = 0.953$$

Gráfico 4. Curva de regresión polinomial de segundo orden para determinar el requerimiento de proteína bruta en alevines de sábalo cola roja utilizando la variable ganancia de peso diaria.

4.4. Comparación de los diferentes análisis

Los resultados de los diferentes enfoques utilizados para la determinación del requerimiento de proteína se muestran en el Cuadro 5.

Los requerimientos obtenidos mediante la regresión polinomial de segundo orden, es mayor a lo obtenido mediante la línea quebrada y Duncan, lo cual está de acuerdo con Pesti et al. (2009), quien menciona que el análisis de línea quebrada subestima los requerimientos y entrega requerimientos menores a los reales.

Indicando así, que mayor es el ajuste de la regresión polinomial con el coeficiente de determinación más alto para la variable de ganancia de peso diaria (0.998), dándole más confianza al valor obtenido como requerimiento de proteína para alevines de sábalo cola roja

Cuadro 6: Comparativo de requerimientos obtenidos mediante diferentes métodos.

| | Método de Análisis | | | | |
|--|--|------------------------------|----------------------|---|----------------------|
| | Prueba de rango múltiple Duncan | Modelo línea quebrada | R² | Modelo polinomial de segundo orden | R² |
| Requerimiento de proteína para ganancia de peso diaria (%) | 34 | 34 | 0.999 | 35.92 | 0.998 |
| Requerimiento de proteína para conversión alimenticia (%) | 34 | 34 | 0.998 | 36.18 | 0.953 |

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló el presente trabajo de investigación y en función a los resultados obtenidos, se concluye que:

1. Mediante el método convencional de Línea quebrada se obtiene que el requerimiento de proteína bruta utilizando 3.7 Mcal/ kg de energía digestible, para el alevín de sábalo cola roja es de 34% utilizando los parámetros ganancia de peso y conversión alimenticia.
2. El requerimiento de proteína bruta para el alevín de sábalo cola roja determinado por el método de regresión polinomial de segundo grado es de 35.92%, utilizando el parámetro de ganancia de peso diaria, para una energía digestible de 3.7 Mcal/ kg.
3. El requerimiento de proteína bruta para el alevín de sábalo cola roja determinado por el método de regresión polinomial de segundo grado es de 36.18%, utilizando el parámetro de conversión alimenticia, para una energía digestible de 3.7 Mcal/ kg.

VI. RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones en las que se realizó la investigación y en base a los resultados obtenidos, se pueden establecer las siguientes recomendaciones:

1. Utilizar en la formulación de alimentos balanceados para alevines de sábalo cola roja, el nivel de 35.92% de proteína bruta, determinado por el método de regresión polinomial de segundo grado.
2. Realizar evaluaciones en las diferentes etapas productivas, como crecimiento, acabado y reproductiva en sábalo cola roja.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abimorad E; Carneiro, D. 2004 Métodos de colecta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia dos alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus*. Rev. Bras. Zootec. 33. 1101- 1109.

Aguilar J; Torres, Y. 2010. Estudio comparativo de dos tipos de dietas comerciales en la alimentación de alevinos de Sabalo cola roja (*Brycon Erythopterus*), Characidae, cultivados en corrales en el centro de desarrollo pesquero nuevo horizonte – FONCODES - IQUITOS. Tesis para optar el título profesional de Biólogo acuicultor. Iquitos - Perú. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

Aguirre G, M; Muñoz, L. 2015. Evaluación de dos niveles de proteína en dietas para juveniles de Sabaleta *Brycon Henni*. Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales Volumen 2, Enero - Diciembre 2015, p 61 – 68.

Arias, C. 2006. Contribución al conocimiento biológico de los peces de los llanos, yamú (*Brycon amazonicus*) y Sapuara (*Semaprochilodus laticeps*), con fines de cultivo. Informe Final. Universidad de los Llanos - Colciencias 2006; 65 p.

Aquio, M. 2007. Enriquecimento da alimentação das larvas de matrinxã (*Brycon amazonicus*) com aminoácidos. Influência no crescimento inicial e sobrevivência das larvas. Tesis Mestre em Zootecnia. Sao Paulo- Brasil. Universidad estadual paulista.

Atencio-Gracia, v; Zaniboni, e; Pardo-Carrasco, Sandra; Arias-Castellanos, a. 2003. Influência da primeira alimentação na larvicultura e alevinagem do yamú *Brycon siebenthalae* (Characidae). Maringá, v. 25, no. 1, p. 61-72, 2003.

Avnimelech Y. 2009. Biofloc Technology – A practical Guide Book. The World Aquaculture Society. 272 pp.

Babilonia M, J; Flores, M; Chiquipiondo, C. 2011. Reproducción inducida del sábalo cola roja, *Brycon cephalus* (Günther, 1869) en confinamiento, en la Amazonía Peruana, Iquitos-Perú.

Barletta, L. 2003. Portal veterinaria: importancia de la proteína en los peces (en línea). Consultado el 17 de julio del 2016. Disponible en: <http://portalveterinaria.com.ar/print.php?artid=52>.

Beveridge, M; Mcandrew, B. 2000. Tilpias: biology and exploitation: Nutritional requirements. Dordrecht, the Netherlands. Kluwer Academic Publishers 25:327 – 329p.

Boscolo r, M; Azambuja, J; Bittencourt, F. 2011. Nutrição de peixes nativos. Revista Brasileira de Zootecnia. v.40, p.145-154, 2011.

Canepa, J. 1988. Boletín de Lima. Revista Cultural Científica. Comportamiento alimenticio del sábalo cola roja *Brycon eythoterum*. Pag 23-29. ISSN 0253-0015.

Calzada, J. 1984. Métodos Estadísticos para la Investigación, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.527p.

Campos, A; salguero, S; Albino, L; Rostagno, H. 2000. Aminoácidos en la Nutrición de pollos de engorde: Proteína ideal. Departamento de Zootecnia, Universidad federal de Viçosa, Brasil.

Calzada, J. 1984. Métodos Estadísticos para la Investigación, Universidad Nacional Agraria La Moilina, Lima-Perú.527p.

Carazo, v; Delgado, A; Hernández, L; Santana, A. 1999. Manual de Piscicultura del Paiche (*Arapaima gigas* Cuvier). Secretaria Pro Tempore. Caracas-Venezuela.

Catelló, F. 1993. Acuicultura marina: fundamentos biológicos y tecnología de la producción. Barcelona, ES, Libertype, SL. p. 186 – 195.

Castelló, F. 2013. Piscicultura marina en Latinoamérica: bases científicas y técnicas para su desarrollo, Barcelona, ES. Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona. p. 46-71.

Cho, C. 1987. Nutrición de Acuicultura II: la energía en la nutrición de los peces. Madrid, ES, Eds. J Espinosa; U Labarta. Industrias gráficas, p. 197 -199.

Cortijo, A. 2012. Alimentación natural de peces Characiformes: *Brycon hillarii* y *leporinus friderici* en la parte baja del Río Palcazú (Oxapampa – Pasco). Tesis para optar el título profesional de Biólogo con mención en Hidrobiología y Pesquería. Lima - Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Cowey, C. 1974. Protein and amino acids requirements of finfish. *Finfish nutrition and fish feed technology 1* (1974): 3 – 16.

Curnow, R.N. 1973. A smooth population response curve based on an abrupt threshold and plateau model for individuals. *Biometrics*. 29:1-10.

Cyrino, J.E.P., Castagnolli, N., Pereira Finho, M. 1986. Digestibilidade da proteína de origen animal e vegetal pelo matrinhã, *Brycon cephalus* GUNTER 1869. In: Simposio Brasileiro de Acuicultura, 4, Cuiabá MG. p. 49-62.

De La Higuera, M; Young, C; Watanabe, T. 1987. Nutrición en acuicultura II – CAICYT. Industrias gráficas España. Madrid, ES. p. 53 – 98.

Díaz, F. J. y López, R.A. 1995. El cultivo de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y de la cachama negra (*Colossoma macropomum*): Fundamentos de Acuicultura Continental. Instituto Nacional del Pesca y Acuicultura (INPA). Rodríguez, Polo y Salazar Eds. Santafé de Bogotá. p. 207 – 221.

DMS Nutritional Products Peru S.A. 2014. Premezcla de vitaminas y minerales para suplementar. Lima, PE.

Escobar, J; Del Rosario, V; Landinez, M. 2006. Efecto del nivel de energía y proteína en la dieta sobre el desempeño productivo de alevinos de *Oreochromis niloticus*, variedad chitralada. *Revista de Medicina Veterinaria* N^o 12: 89-97.

FAO (Food and Agriculture Organization, IT). 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. Serie Acuicultura en Latinoamérica. 204 p.

FAO (Food and agricultura Organization, IT). 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación. (en línea). Consultado el 15 de Marzo del 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/3/contents/60051bb9-bd0e-5631-b5e1-9b5ec8e51998/AB492S00.htm#TOC>

Fisher, C; Morris T.R. y R.G. Jennings. 1973. A model for the description and prediction of the response of laying hens to amino acid intake. Br. J. Poult. Sci. 14:469- 484.

FONCODES (Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero). 2017. Protocolo de reproducción del sábalo cola roja (*Brycon amazonicus*). Lima - Perú.

Feiden, A; Signor, A; Boscolo, W. 2009. Exigência de proteína de alevinos de piavuçu. Ciencia rural, Santa María, v39, n3, p. 859-865, mai-jun, 2009.

Ferrer, S; Vergara, V; Camacho, R. 2014. Determinación de los requerimientos de proteína cruda y energía digestible en Sábalo cola roja (*Brycon erythrortherum*), Reporte LINAPC.

Fraga, I. 1996. Estudios nutricionales en postlarvas de langosta espinosa *Panulirus argus*. Rev. Cub. Invest. Pesq. 20(2): 16-21.

Gadelha, E.S. y Araújo, J.C. 2013. Criação de Matrinxãemcativeiro. PUBVET, Londrina, V. 7, N. 5, Ed. 228, Art. 1507.

Galindo, J; Jaime, B; Alvarez, J. 1996. Influencia de la tasa de alimentación sobre el engorde del camarón blanco *Penaeus schmitti*. Rev. Inv. Mar. 17(2-3): 235-242.

Gomes, L.1998. Influência da densidade de estocagem na sobrevivência, crescimento e produtividade de larvas do Matrinxã (*Brycon cephalus*) em tanques. Bol. Téc. CEPTA, São Paulo, n. 11, p.1-12. 1998.

Gonzales, R. 2008. Influencia de la calidad del agua en la productividad acuícola. Bayamo – Cuba.

Guevara, W. 2003. Formulación y elaboración de dietas para peces y crustáceos. Tesis para optar el título de Ingeniero. Perú, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. p. 13-29.

Guillaume, J; Kaushik, S; Bergot, P; Metailler, R. 2004. Nutrición y alimentación de peces y crustáceos: Nutrición Proteica. Madrid, España, Mundi-Prensa. p. 147-180.

Gutiérrez, W; Zaldivar, J; Alfaro, R. 1995. Utilización de dietas prácticas con diferentes niveles de aminoácidos azufrados totales para el crecimiento de Gamitana (*Colossoma macropomum*), Pisces characidae. Folia Amazónica vol. 7 (1-2) – 1995.

Gutiérrez, W.; Zaldivar, J.; Deza, S.; Rebaza, M. 1996. Determinación de los requerimientos de proteína y energía de juveniles de paco, *Piaractus brachypomus* (Pisces Characidae).

Gutiérrez, W.; Zaldivar, J.; Contreras, G. 2009. Efecto de varios niveles de energía digestible y proteína en la dieta sobre el crecimiento de Gamitana (*Colossoma macropomum*). Rev. investig. vet. Perú v.20 n.2 Lima, 2009.

Kennedy, R; Zaniboni, E. 2001. Utilização de diferentes dietas na primeira alimentação don amarelo (*Pimelodus maculatus*, Lacépède). Maringá, v. 23, n. 2, p. 483 – 489, 2001.

Lafeta, Y; Vergara, V; Camacho, R. 2010. Determinación de los requerimientos de proteína cruda y energía digestible en Pacos (*Piaractus brachypomus*), Reporte LINAPC.

Landines, M. 2011. Estrategias de alimentación para cachama y Yamú a partir de prácticas de restricción alimenticia. p. 19 – 25.

Londoño-Franco, L; Laverde-Trujillo, L; Muñoz-García, F. 2017. Descripción anatómica e histológica del aparato digestivo de la Sabaleta (*Brycon henni*), Antioquia, Colombia. Rev. Inv. Vet. Perú 2017; 28(3): 490-50

Loja, R. 2010. Adaptabilidad del Sábalo (*Brycon sp.*), en condiciones de cautividad. Tesis para optar el título de ingeniero, **Ecuador**, Universidad Nacional de Loja. p. 3-17.

Lopera-Barrero, N; Poveda-Parra, A. 2009. Exigencias nutricionales en peces tropicales: factores y métodos de estimación. Revista Colombiana de Ciencia Animal 2(2): 54-65.

López, M; Yudy, O; Vázquez, W; Wills. 2004. Evaluación de diferentes proporciones energía/ proteína en dietas para juveniles (*Brycon amazonicus*), Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos y Universidad Nacional.

Mejías, D. 2013. Requerimiento proteico en el levante de alevines de cachamote (*Colossoma macropomum x Piaractus brachypomus*). Trabajo de Grado. Universidad del Zulia. Facultad de Ingeniería. División de Estudios para Graduados. Maracaibo, Venezuela. 62p.

Mercado, I; García, J; Rosado, R. 2003. Evaluación del cultivo de la dorada (*Brycon moorei sinuensis*) em jaulas flotantes utilizando cuatro alimentos concentrados. Revista MVZ- Córdoba;8: (2), 331.

Monteiro, D; Rantin, F; Kalinin, A. 2007. Uso do selênio na dieta de Matrinxã, (*Brycon cephalus*). Rev. Bras. Saúde Prod. An., v.8, n.1, p. 32-47, 2007.

Muñoz A, P; Carneiro, D; Abimorad, E. 2003. Relaciones carbohidratos : lípidos en dietas para juveniles de Pacu (*Piaractus Mesopotamicus*): I. digestibilidad de nutrientes y tiempo de transito gastrointestinal.

Murillo, R; Garcia, J. 2003. Evaluación del crecimiento del Yamú (*Brycon siebenthalae*) durante la etapa de levante, alimentos con dos dietas artesanales, Colombia, Universidad de los Llanos.

Nieto, S. 2012. Efecto de la restricción alimenticia sobre el desempeño productivo y fisiológico de yamú (*Brycon amazonicus*), Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia.

NRC (National Research Council, EU). 1993. Nutrient requirements of fishes and shellfishes: nutrients requirements of domestic animals. Washington, D.C.: 114p.

NRC (National Research Council, EU). 2011. Nutrient requirements of fishes and shellfishes: nutrients requirements of domestic animals. Washington, D.C.: 392p.

Padilla, P. 2000. Efecto del contenido proteico y energético de dietas en el crecimiento de alevinos de gamitana (*Colossoma macropomum*). FOLIA AMAZÓNICA VOL. 10 (1-2) – 2000 81-82.

Palacios, P; Ceballos, L. 2005. Seguimiento del desarrollo Post- Larvario del Sábalo Amazónico (*Brycon melanopterus*) en un estanque excavado en la estación piscícola del centro experimental amazónico de corpoamazonia. Departamento del putumayo. Colombia.

Pedron, A; Radünz, J; Emanuelli, T. 2008. Cultivo de jundiás alimentados com dietas com casca de soja ou de algodão. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, n.1, p.9398.

Peña-Buitrago, G; Olaya-Nieto, C; Atencio-Garcia, V, Segura-Delgado, A; Tordecilla, G; Segura, F; Brú, S. 2006. Evaluación del cultivo de dorada (*Brycon sinuensis* Dahl, 1955) en estanques a diferentes densidades de de siembra. Rev Colom Cienc Pecua. 2006;19 (2): 212-220.

Pereira, M; Castagnolli, N; Graef, E; Storli, A; Oliveira, M. 1994. Protein and crude fiber levels in diets for Young matrinxa (*Brycon cephalus*), an Amazonian fish. Instituto National de Pesquisas da Amazonia. Aquaculture 124 (1994) 61-66.

Pereyra, G. 2013. Guía técnica de Piscicultura. 26 p.

Pesti, G.M; Vedenov, D; Cason J.A. y I. Billard. 2009. A comparison of methods to estimate nutritional requirements from experimental data. Br. Poult. Sci. 50:16–32.

Pezzato, L. 1997. Estabelecimento das exigências nutricionais das espécies de peixes cultivadas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 1, 1997, Piracicaba. Anais. Piracicaba- SP. p. 45-62.

Pezzato, L; Barros, M; Fracalossi, D. 2004. Nutrição de peixes. In: Tópicos especiais em piscicultura de agua doce tropical intensiva. São Paulo: Tec Art, 2004. 533p.

Pimentel V, V; Kioshi, L; Moraes, G. 2005. Metabolic responses of matrinxa~ (*Brycon cephalus*) to dietary protein level. Universidade Federal de Santa Maria. Brazil.

Prieto, M; Atencio, V. 2008. Zooplankton en la larvicultura de peces neotropicales. Rev. MVZ Córdoba 13(2):1415-1425.

PRODUCE (Ministerio de la Producción). 2010. Especies Cultivadas en el Perú. Ministerio de la producción. Dirección General de Acuicultura. Perú. 20 p.

Portz, L; Tadeu Dos Santos, C; Possebon, J. 2000. Regressão segmentada como modelo na determinação de exigencias nutricionais de peixes. Scientia Agricola, v.57, n.4, p.601-607.

Robbins, L. 1986. A method, SAS program, and example for fitting the broken-line to growth data. Tennessee: University of Tennessee, Agricultural Experiment Station, 1986. 8p.

Robbins, R; Saxton, A. y Southern, L. 2006. Estimation of nutrient requirements using broken-line regression analysis. J. Anim. Sci. 84(E. Suppl.):E155-E165.

Rodríguez, N; Castañeda, G; Ruales, C. 2014. Ensayo preliminar de engorde de dorada (*Brycon moorei*) en dos densidades de siembra, Universidad de los Llanos - Villavicencio, Meta. Colombia Vol. 18 - No 2 - Año 2014.

Rojas, P. 2005. Efecto de la dieta sobre los niveles plasmáticos de insulina y glucagon en Trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) y Dorada (*Sparus aurata*) y caracterización del transportador de glucosa de dorada. Tesis doctoral. Barcelona, España, Universidad de Barcelona. p. 93-101.

Romagosa, E., Narahara, M. Y., y Fenerich-Verani, N. 2001. Stages of embryonic development of the “matrinxã”, *Brycon cephalus* (Pisces, Characidae). Bol. Inst. Pesca, 27(1), 29-32.

Sá, M. 2000. Exigencia proteica e relação energia/proteína para alevinos de Piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-Brasil. 30 p.

Sain-Paul U; Werver, U. 1981. The potential of some Amazonian fishes for warm water aquaculture. In: Tiews K, editor. Proc World Symp on Aquaculture in Heated Effluents and Recirculation Systems. Vol. II. p. 275-287.

Santamaría, S. 2014. Nutrición y alimentación de peces nativos. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Sanz, F. 2009. La nutrición y alimentación en piscicultura. Volumen I. Fundación observatorio español de acuicultura, Madrid. 119-122 p.

Salinas, J; Torres, V; Franco, W; Martínez, N. 2012. Estudio preliminar para la determinación de los requerimientos de proteína cruda en juveniles de Yamù (*Brycon siebenthale*). Universidad Nacional de Colombia.

SAS (Statistical Analysis System, EU). 1998. Aplicaciones del SAS en la investigación científica. Eds. E Flores; G Gutiérrez, Lima, PE.

Sheperp, J; Bromage, N. 1999. Piscicultura Intensiva. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, ES. p. 151 – 158.

Shimada, A. 2010. Nutrición animal: nutrición y alimentación de peces. 2 ed. México, Editorial Trillas, S.A. p. 357 – 364.

Silva, S. A. A. D. 2007. Dieta natural de Bryconsp. n. “Cristalino” –matrinxã no Parque Estadual Cristalino, região norte de Mato Grosso

Sipaúba-Tavares, L.H. 1993. Análise da seletividade alimentar em larvas de tambaqui (*Colossoma macropomum*) e tambacu (híbrido, pacu - *Piaractus mesopotamicus* – e tambaqui - *Colossoma macropomum*) sobre os organismos aquáticos. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 6, p.114-1132,1993.

Storebakken, T; Shearer, K; Baeverfjord, G. 2000. Digestibility of macronutrients, energy and amino acids, absorption of elements and absence of intestinal enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with wheat gluten. **Aquaculture**, v.184, p.115-132, 2000.

Tocher, D. 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in Fisheries Science*, v.11, n.2, p.107184.

Toledo, R. 2004. Exigência Nutricional de Lisina e de Proteína Bruta para Frangos de Corte Criados em Ambiente Limpo e Sujo. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, 102 p, 2004.

Tratado de cooperacion amazonica. 2010. Piscicultura Amazónica con Especies Nativas, Lima, Perú, Secretaria Pro Tempore.

Uchoa I, A; Pereira, M; Da Silva, L. 2004. Avaliação de níveis protéicos para a nutrição de juvenis de matrinxã (*Brycon cephalus*). *Acta Amazonica*. Vol. 34(2) 2004: 179 – 184.

Vásquez, R; Gonzales, S; Rodriguez, A, Mourente, G. 1994. Biochemical composition and fatty acid content of fertilized eggs, yolk sac stage larvae and first feeding larvae of the Senegal sole (*Solea senegalensis* Kaup). *Aquaculture*. p. 119-286.

Vásquez, w. 2004. Principios de la nutrición aplicada al cultivo de peces. Colombia, Universidad de los Llanos, 2004.

Vásquez, W; Pereira, M; Arias-Castellanos, J. 2002. Estudos para Composição de uma Dieta Referência Semipurificada para Avaliação de Exigências Nutricionais em Juvenis de Pirapitinga, *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818), R. Bras. Zootec., v.31, n.1, p.283-292, 2002.

Vergara, J. 1992. Nutrición en Acuicultura: Requerimientos nutritivos de la Dorada. Departamento de Biología. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. España. 20 p.

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.

Vinicius, M; Machado, D. 2002. “Exigência protéica e relação energia/proteína para alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*)”. *Aqüicultura 1* (2002): 1-10.

Visbal, T; Morillo, S; Altuve, P; Aguirre, P; Medina, A. 2013. Nivel óptimo de proteínas en la dieta para alevines de *Prochilodus mariae*, Rev Chil Nutr Vol. 40, N°2, Junio 2013.

Yamakami, R. 2012. Efeitos de carboidratos no desempenho, na digestão e no metabolismo de matrinxã (*Brycon amazonicus*) e híbridos de pintado (*Pseudoplatystoma corruscans* x *Pseudoplatystoma fasciatum*) em um período curto de alimentação. Universidade Federal De Sao Carlos Centro de Ciencias Biologicas e da saúde programa de Pos-graduacao em genética e evolucao.

Yudy, M.; López, O; Vásquez, T.; Wills, F. 2004. Evaluación de diferentes proporciones de energía/ proteína en dietas para juveniles de Yamú, *Brycon siebenthalae*, (Eigenmann, 1992), Universidad de Los Llanos, Meta, Colombia, Orinoquia, vol. 8, núm. 1, 2004, pp. 64 – 76.

Zaniboni F, E; Reynalte, D; Weingartener, M. 2006. Potencial del género *Brycon* en la piscicultura brasileña. Rev Col Cienc Pec Vol. 19:2.

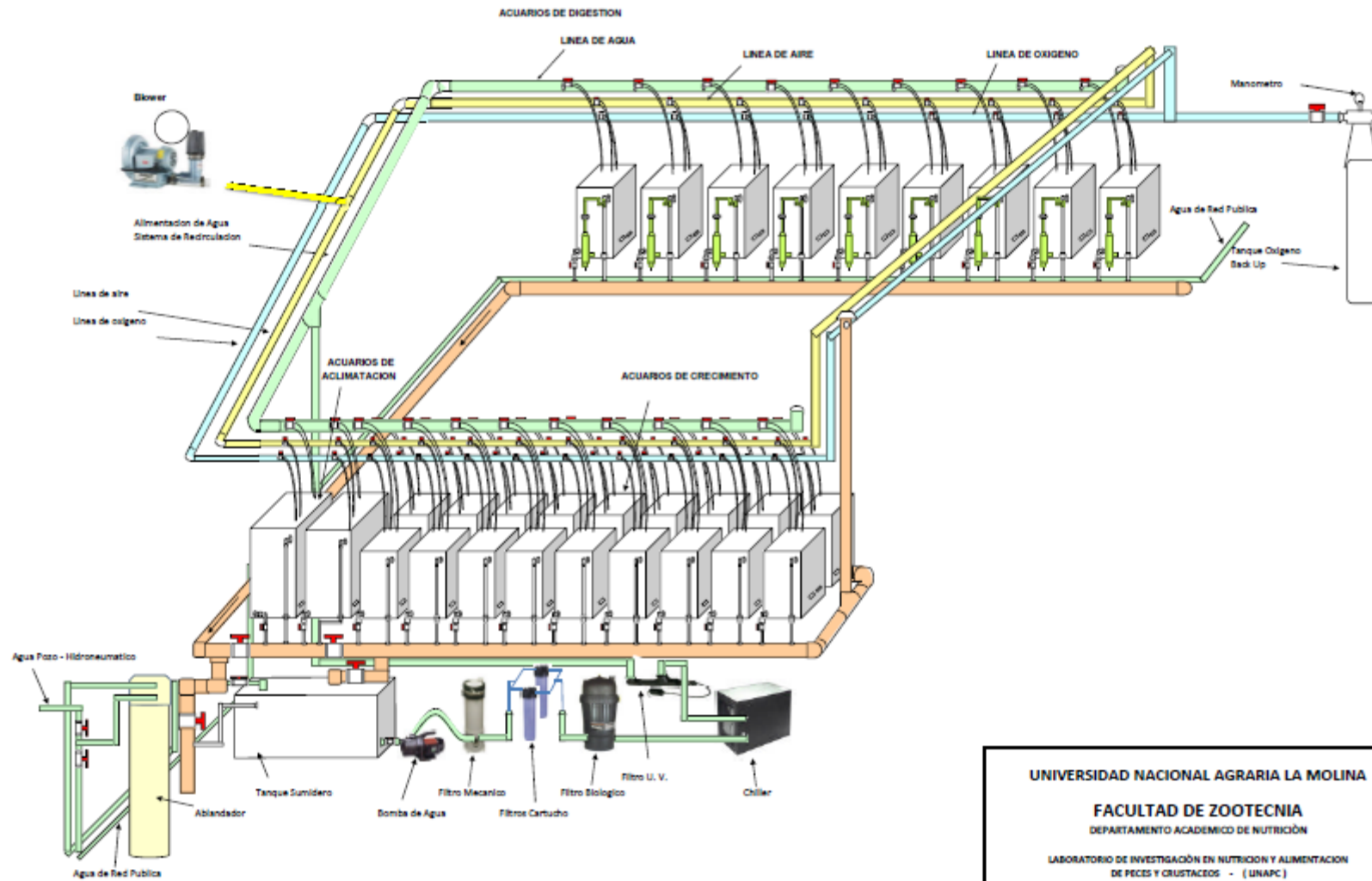
Zeitoun, I; Halver, J; Ullrey, D. y Tack, P. 1973. Influence of salinity on protein requirements of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fingerlings. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1867-1873.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Distribución de las unidades experimentales

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|
| ACUARIO | 7 | 15 | D-5 | 6 | 13 | D-1 | 2 | 17 | D-8 | 3 | 14 | D-4 | 8 | 11 | D-2 |
| TRATAMIENTO | T-1 | | | T-2 | | | T-3 | | | T-4 | | | T-5 | | |
| NIVEL DE PROTEINA (%) | 30 | | | 32 | | | 34 | | | 36 | | | 38 | | |

ANEXO 2: Laboratorio de investigación en nutrición y alimentación en peces y crustáceos (LINAPC)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN
DE PECES Y CRUSTACEOS - (LINAPC)

ANEXO 3: Instalaciones y equipos de LINAPC

| EQUIPO | UNIDAD | FUNCIÓN |
|---|--------------------|--|
| Ablandador de agua | 1 m ³ | Al poseer el agua de La Molina 1500 ppm (concentración de iones de 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 | 2 HP de potencia | Enfriar 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 digestibilidad | 9 | 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 0.47ancho x 0.47 profundidad x0.50 altura (cm) y pendiente de 13°. |

ANEXO 4: Análisis químico proximal de las dietas experimentales

| Tipo de Análisis | Nivel de Proteína en la dieta (%) | | | | |
|------------------------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 |
| Humedad (%) | 9.1 | 9.3 | 9.3 | 9.0 | 9.3 |
| Proteína (%) | 31.7 | 32.9 | 34.5 | 36.3 | 38.5 |
| Grasa (%) | 8.7 | 9.5 | 10.3 | 11.3 | 12.1 |
| Energía total (Kcal/g) | 379.9 | 382.7 | 385.1 | 390.9 | 392.9 |
| Carbohidratos (%) | 43.7 | 41.4 | 38.6 | 36.0 | 32.5 |
| Cenizas (%) | 6.8 | 6.9 | 7.3 | 7.4 | 7.6 |
| Fibra cruda (%) | 2.7 | 2.8 | 3.5 | 2.7 | 2.8 |

ANEXO 5: Registro de los parámetros de calidad de agua

| Semanas | Temperatura de acuario °C | | | Temperatura ambiental °C | | | O2 mg/ | pH | Dureza ppm | Nitrogeno amoniaco |
|----------|---------------------------|-------------|------------|--------------------------|-------------|------------|-----------|------|---------------|-----------------------|
| | 8:00 a. m. | 12:00 p. m. | 4:00 p. m. | 8:00 a. m. | 12:00 p. m. | 4:00 p. m. | | | | |
| 1 | 27.5 | 27.7 | 28.2 | 25.5 | 27.3 | 29.5 | 5.7 | 7.6 | 120 | 0.07 |
| 2 | 27.4 | 28.7 | 28 | 25.9 | 28 | 28.5 | 5.6 | 7.4 | 135 | 0.07 |
| 3 | 28 | 28 | 29.1 | 26.5 | 31 | 29.5 | 5.2 | 7.3 | 132 | 0.08 |
| 4 | 29.6 | 29.2 | 29.4 | 28 | 30 | 30 | 5.1 | 7.3 | 132 | 0.07 |
| 5 | 28.6 | 29.8 | 28.9 | 30 | 31 | 29.7 | 5.4 | 7.2 | 131 | 0.07 |
| Máximo | 29.6 | 29.8 | 29.4 | 30 | 31 | 30 | 5.7 | 7.6 | 135 | 0.08 |
| Mínimo | 27.4 | 27.7 | 28 | 25.5 | 27.3 | 28.5 | 5.1 | 7.2 | 120 | 0.07 |
| Promedio | 28.22 | 28.68 | 28.72 | 27.18 | 29.46 | 29.44 | 5.4 | 7.36 | 130 | 0.072 |

ANEXO 6: Peso vivo y ganancia de peso (g)

| Tratamiento | Peso inicial (g) | Peso final (g) | Ganancia de peso (g) | Promedio |
|--------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------|
| T-1 | 3.64 | 42.86 | 39.22 | 38.14 |
| | 3.62 | 40.89 | 37.27 | |
| | 3.67 | 41.61 | 37.94 | |
| T-2 | 3.64 | 43.14 | 39.50 | 38.90 |
| | 3.66 | 42.73 | 39.07 | |
| | 3.60 | 41.73 | 38.13 | |
| T-3 | 3.64 | 46.01 | 42.37 | 43.86 |
| | 3.63 | 48.97 | 45.34 | |
| | 3.63 | 47.49 | 43.86 | |
| T-4 | 3.66 | 44.77 | 41.11 | 42.32 |
| | 3.61 | 44.54 | 40.93 | |
| | 3.62 | 48.53 | 44.91 | |
| T-5 | 3.61 | 45.14 | 41.53 | 42.12 |
| | 3.59 | 48.06 | 44.47 | |
| | 3.68 | 44.04 | 40.36 | |

ANEXO 7: Biomasa y ganancia de biomasa (g)

| Tratamiento | Biomasa inicial (g) | Biomasa final (g) | Ganancia de biomasa (g) | Promedio |
|--------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------|
| T-1 | 43.65 | 471.45 | 427.80 | 429.81 |
| | 43.43 | 449.81 | 406.38 | |
| | 44.00 | 499.26 | 455.26 | |
| T-2 | 43.66 | 517.67 | 474.01 | 466.82 |
| | 43.88 | 512.77 | 468.89 | |
| | 43.19 | 500.76 | 457.57 | |
| T-3 | 43.67 | 552.15 | 508.48 | 526.34 |
| | 43.56 | 587.69 | 544.13 | |
| | 43.50 | 569.92 | 526.42 | |
| T-4 | 43.91 | 492.47 | 448.56 | 492.85 |
| | 43.34 | 534.43 | 491.09 | |
| | 43.48 | 582.39 | 538.91 | |
| T-5 | 43.34 | 541.66 | 498.32 | 505.43 |
| | 43.13 | 576.75 | 533.62 | |
| | 44.17 | 528.51 | 484.34 | |

ANEXO 8: Análisis de varianza de la biomasa inicial

| FV | GL | SC | CM | F Value | Pr > F | NS |
|--------------------|-----------|------------|------------|----------------|------------------|-----------|
| Tratamiento | 4 | 0.03902667 | 0.00975667 | 0.08 | 0.9865 | ns |
| Error | 10 | 1.20993333 | 0.12099333 | | | |
| Total | 14 | 1.24896000 | | | | |

$R^2 = 0.031247$ C.V = 0.797910

ns: no significativo

ANEXO 9: Análisis de varianza del peso inicial

| FV | GL | SC | CM | F Value | Pr > F | NS |
|--------------------|-----------|------------|------------|----------------|------------------|-----------|
| Tratamiento | 4 | 0.00028107 | 0.00007027 | 0.08 | 0.9857 | ns |
| Error | 10 | 0.00844467 | 0.00084447 | | | |
| Total | 14 | 0.00872573 | | | | |

$R^2 = 0.032211$ C.V = 0.799911

ns: no significativo

ANEXO 10: Análisis de varianza de la biomasa inicial

| FV | GL | SC | CM | F Value | Pr > F | NS |
|--------------------|-----------|-------------|------------|----------------|------------------|-----------|
| Tratamiento | 4 | 16642.29855 | 4160.57464 | 5.70 | 0.0118 | * |
| Error | 10 | 7304.29772 | 730.42977 | | | |
| Total | 14 | 23946.59627 | | | | |

$R^2 = 0.694976$ C.V = 5.120136

*: significativo

ANEXO 11: Análisis de varianza de la ganancia de biomasa

| FV | GL | SC | CM | F Value | Pr > F | NS |
|--------------------|-----------|-------------|------------|----------------|------------------|-----------|
| Tratamiento | 4 | 16684.17788 | 4171.04447 | 5.67 | 0.0120 | * |
| Error | 10 | 7353.73314 | 735.37331 | | | |
| Total | 14 | 24037.91102 | | | | |

$R^2 = 0.694078$ C.V = 5.599922

*: significativo

ANEXO 12. Análisis de varianza del peso final

| FV | GL | SC | CM | F Value | Pr > F | NS |
|--------------------|-----------|-------------|-------------|----------------|------------------|-----------|
| Tratamiento | 4 | 70.92975040 | 17.73243760 | 6.79 | 0.0066 | ** |
| Error | 10 | 26.12315000 | 2.61231500 | | | |
| Total | 14 | 97.05290040 | | | | |

$R^2 = 0.730836$ C.V = 3.615710

** : altamente significativo

ANEXO 13. Análisis de varianza de la ganancia de peso

| FV | GL | SC | CM | F Value | Pr > F | NS |
|--------------------|-----------|-------------|-------------|----------------|------------------|-----------|
| Tratamiento | 4 | 71.10820333 | 17.77705083 | 6.73 | 0.0068 | ** |
| Error | 10 | 26.42811400 | 2.6428114 | | | |
| Total | 14 | 97.53631733 | | | | |

$R^2 = 0.729043$ C.V = 3.958458

** : altamente significativo

ANEXO 14. Análisis de varianza de la talla inicial

| FV | GL | SC | CM | F Value | Pr > F | NS |
|--------------------|-----------|------------|------------|----------------|------------------|-----------|
| Tratamiento | 4 | 0.00016240 | 0.00004060 | 0.29 | 0.8767 | ns |
| Error | 10 | 0.00139133 | 0.00013913 | | | |
| Total | 14 | 0.00155373 | | | | |

$R^2 = 0.104522$ C.V = 0.193174

ns: no significativo

ANEXO 15. Análisis de varianza de la talla final

| FV | GL | SC | CM | F Value | Pr > F | NS |
|--------------------|-----------|------------|------------|----------------|------------------|-----------|
| Tratamiento | 4 | 0.86373427 | 0.21593357 | 0.99 | 0.4568 | ns |
| Error | 10 | 2.18439333 | 0.21843933 | | | |
| Total | 14 | 3.04812760 | | | | |

$R^2 = 0.283366$ C.V = 3.576101

ns: no significativo

ANEXO 16. Análisis de varianza del incremento de talla

| FV | GL | SC | CM | F Value | Pr > F | NS |
|--------------------|-----------|------------|------------|----------------|------------------|-----------|
| Tratamiento | 4 | 0.87265373 | 0.21816343 | 1.01 | 0.4487 | ns |
| Error | 10 | 2.16790000 | 0.21679000 | | | |
| Total | 14 | 3.04055373 | | | | |

$R^2 = 0.287005$ C.V = 6.686747

ns: no significativo

ANEXO 17. Incremento de longitud (cm)

| Tratamiento | Longitud inicial (cm) | Longitud final (cm) | Incremento de longitud (cm) | Promedio |
|--------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------|
| T-1 | 6.11 | 13.10 | 6.99 | 6.71 |
| | 6.10 | 12.49 | 6.39 | |
| | 6.13 | 12.89 | 6.76 | |
| T-2 | 6.11 | 12.99 | 6.88 | 6.75 |
| | 6.12 | 12.78 | 6.66 | |
| | 6.09 | 12.80 | 6.71 | |
| T-3 | 6.10 | 13.16 | 7.06 | 6.85 |
| | 6.11 | 13.75 | 7.64 | |
| | 6.10 | 11.93 | 5.83 | |
| T-4 | 6.12 | 13.30 | 7.18 | 7.21 |
| | 6.09 | 13.10 | 7.01 | |
| | 6.10 | 13.75 | 7.65 | |
| T-5 | 6.10 | 13.43 | 7.33 | 7.23 |
| | 6.09 | 13.28 | 7.19 | |
| | 6.12 | 13.30 | 7.18 | |

ANEXO 18. Análisis de varianza del consumo de alimento

| FV | GL | SC | CM | F Value | Pr > F | NS |
|--------------------|-----------|-------------|------------|----------------|------------------|-----------|
| Tratamiento | 4 | 22.24108360 | 5.56027090 | 2.69 | 0.0932 | ns |
| Error | 10 | 20.67278733 | 2.06727873 | | | |
| Total | 14 | 42.91387093 | | | | |

$R^2 = 0.518273$ C.V = 3.504849

ns: no significativo

ANEXO 19. Consumo de alimento (g)

| Tratamiento | Repetición | Días | | | Acumulado |
|-------------|------------|------|-------|-------|--------------|
| | | 15 | 30 | 42 | |
| T-1 | R-1 | 6.81 | 12.72 | 20.29 | 39.82 |
| | R-2 | 6.66 | 12.56 | 20.08 | 39.30 |
| | R-3 | 6.38 | 12.86 | 20.45 | 39.69 |
| T-2 | R-1 | 6.07 | 13.18 | 21.37 | 40.62 |
| | R-2 | 6.75 | 10.66 | 23.76 | 41.17 |
| | R-3 | 5.95 | 10.59 | 23.02 | 39.56 |
| T-3 | R-1 | 7.11 | 14.23 | 17.05 | 38.39 |
| | R-2 | 7.68 | 14.61 | 19.27 | 41.56 |
| | R-3 | 7.43 | 14.30 | 18.71 | 40.44 |
| T-4 | R-1 | 7.03 | 13.44 | 20.68 | 41.15 |
| | R-2 | 7.26 | 13.91 | 20.44 | 41.61 |
| | R-3 | 7.62 | 14.33 | 23.35 | 45.30 |
| T-5 | R-1 | 7.63 | 13.74 | 20.39 | 41.76 |
| | R-2 | 7.19 | 12.86 | 21.16 | 41.21 |
| | R-3 | 7.93 | 14.03 | 21.81 | 43.77 |

ANEXO 20. Análisis de varianza de la conversión alimentaria

| FV | GL | SC | CM | F Value | Pr > F | NS |
|--------------------|----|------------|------------|---------|--------|----|
| Tratamiento | 4 | 0.03136627 | 0.00784157 | 5.63 | 0.0123 | * |
| Error | 10 | 0.01393333 | 0.00139333 | | | |
| Total | 14 | 0.04529960 | | | | |

$R^2 = 0.692418$ C.V = 3.726775

* : significativo

ANEXO 21. Conversión alimentaria por tratamiento

| Tratamiento | Repetición | Consumo total | Ganancia de peso | C.A | Promedio |
|-------------|------------|---------------|------------------|------|-------------|
| T-1 | R-1 | 39.82 | 39.22 | 1.02 | 1.04 |
| | R-2 | 39.3 | 37.27 | 1.05 | |
| | R-3 | 39.69 | 37.94 | 1.05 | |
| T-2 | R-1 | 40.62 | 39.5 | 1.03 | 1.04 |
| | R-2 | 41.17 | 39.07 | 1.05 | |
| | R-3 | 39.56 | 38.13 | 1.04 | |
| T-3 | R-1 | 38.39 | 42.37 | 0.91 | 0.91 |
| | R-2 | 41.56 | 45.34 | 0.92 | |
| | R-3 | 40.44 | 43.87 | 0.92 | |
| T-4 | R-1 | 41.15 | 41.11 | 1.00 | 1.01 |
| | R-2 | 41.61 | 40.92 | 1.02 | |
| | R-3 | 45.3 | 44.91 | 1.01 | |
| T-5 | R-1 | 41.76 | 41.53 | 1.01 | 1.01 |
| | R-2 | 41.21 | 44.47 | 0.93 | |
| | R-3 | 43.77 | 40.36 | 1.08 | |

ANEXO 22. Análisis de varianza de la tasa de crecimiento

| FV | GL | SC | CM | F Value | Pr > F | NS |
|--------------------|----|------------|------------|---------|--------|----|
| Tratamiento | 4 | 0.04060107 | 0.01015027 | 6.76 | 0.0067 | ** |
| Error | 10 | 0.01501133 | 0.00150113 | | | |
| Total | 14 | 0.0556124 | | | | |

R² = C.V =
0.730072 3.962412

** : altamente significativo

ANEXO 23. Tasa de crecimiento por tratamiento

| Tratamiento | Repetición | Ganancia de peso (g) | Tiempo de evaluación (días) | Tasa de crecimiento | Promedio |
|-------------|------------|----------------------|-----------------------------|---------------------|-------------|
| T-1 | R-1 | 39.22 | 42 | 0.93 | 0.91 |
| | R-2 | 37.27 | | 0.89 | |
| | R-3 | 37.94 | | 0.90 | |
| T-2 | R-1 | 39.50 | 42 | 0.94 | 0.93 |
| | R-2 | 39.07 | | 0.93 | |
| | R-3 | 38.13 | | 0.91 | |
| T-3 | R-1 | 42.37 | 42 | 1.01 | 1.04 |
| | R-2 | 45.34 | | 1.08 | |
| | R-3 | 43.87 | | 1.04 | |
| T-4 | R-1 | 41.11 | 42 | 0.98 | 1.01 |
| | R-2 | 40.92 | | 0.97 | |
| | R-3 | 44.91 | | 1.07 | |
| T-5 | R-1 | 41.53 | 42 | 0.99 | 1.00 |
| | R-2 | 44.47 | | 1.06 | |
| | R-3 | 40.36 | | 0.96 | |

ANEXO 24. Análisis de varianza de la retención de eficiencia proteica

| FV | GL | SC | CM | F Value | Pr > F | NS |
|--------------------|----|------------|------------|---------|--------|----|
| Tratamiento | 4 | 0.64104573 | 0.16026143 | 16.70 | 0.002 | ** |
| Error | 10 | 0.09596467 | 0.00959647 | | | |
| Total | 14 | 0.7370104 | | | | |

R² = C.V =
0.869792 3.388735

** : altamente significativo

ANEXO 25. Análisis de varianza de la sobrevivencia

| FV | GL | SC | CM | F Value | Pr > F | NS |
|--------------------|----|-------------|------------|---------|--------|----|
| Tratamiento | 4 | 74.0148267 | 18.5170371 | 2.00 | 0.1705 | ns |
| Error | 10 | 92.5851853 | 9.2585185 | | | |
| Total | 14 | 166.6533336 | | | | |

R² = C.V =
0.444444 3.093219

ns: no significativo