



**Efecto de dietas elaboradas a base de harina de larvas de *Hermetia illucens* sobre parámetros zootécnicos y hematológicos de alevines de *Oncorhynchus mykiss***

Muñoz Játiva, Carla Estefanía

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Tigrero Salas, Juan Oswaldo (Director)

Ing. Rivera Mayo, Patricia Margarita (Codirectora)

22 de febrero del 2022



## Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

### Carrera de Ingeniería Agropecuaria

#### Certificación

Certifico que el trabajo de titulación “**Efecto de dietas elaboradas a base de harina de larvas de *Hermetia illucens* sobre parámetros zootécnicos y Hematológicos de alevines de *Oncorhynchus mykiss*”** fue realizado por la Srta. **Muñoz Játiva, Carla Estefanía**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 22 febrero del 2022



Firmado electrónicamente por:  
**JUAN OSWALDO  
TIGRERO SALAS**

.....  
**Ing. Tigreiro Salas, Juan Oswaldo**

C.I: 0996001681



**Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura**

**Carrera de Ingeniería Agropecuaria**

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, **Muñoz Játiva, Carla Estefanía**, con cédula de ciudadanía N.º 1724542210 declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación **"Efecto de dietas elaboradas a base de harina de larvas de *Hermetia illucens* sobre parámetros zootécnicos y Hematológicos de alevines de *Oncorhynchus mykiss*"** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 22 febrero del 2022

**Muñoz Játiva, Carla Estefanía**

C.I: 1724542210



**Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura**

**Carrera de Ingeniería Agropecuaria**

**Autorización de Publicación**

Yo, **Muñoz Játiva, Carla Estefanía**, con cédula de ciudadanía N.º 1724542210 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **"Efecto de dietas elaboradas a base de harina de larvas de *Hermetia illucens* sobre parámetros zootécnicos y Hematológicos de alevines de *Oncorhynchus mykiss*"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad

Sangolquí, 22 febrero del 2022

.....  
**Muñoz Játiva, Carla Estefanía**

C.I: 1724542210

## Reporte de verificación de similitud de contenidos



Identical Words	810
Words with Minor Changes	172
Paraphrased Words	186
Omitted Words	0



JUAN OSWALDO  
TIGRERO SALAS

**Ing. Tigrero Salas, Juan Oswaldo**

C.I: 0996001681

## **Dedicatoria**

A mis padres, por ser el soporte incondicional, mi fortaleza y sobre todo por haberme brindado cada día amor, paciencia y felicidad en este trayecto que me forjo tanto profesional como personal. Por ayudarme a levantarme en cada caída y no dejarme sola en cada obstáculo, por ser siempre los primeros en animarme y por ser quienes fueron el motivo principal de seguir adelante.

A mis hermanos que, con cada palabra, abrazo, me hicieron sentir fuerte e importante. Por no dejar de creer en mí y mis capacidades. Por ser mis mejores amigos y demostrar que juntos podemos construir maravillosas cosas. A mi sobrina Sofía que fue la respuesta de Dios, que llenó mi vida de amor y dicha. A mis pequeños sobrinos Sebastián y Camila por ser la esperanza de tiempos difíciles.

A mis amigos, quienes formaron parte fundamental de mi vida, en especial a Max y Copo, que transmiten de una manera especial el amor, cariño y la lealtad.

Muñoz Játiva, Carla Estefanía.

## **Agradecimiento**

A Dios por ser el principal autor de mi vida, por guiarme en cada decisión y oportunidad. Por ser responsable de mi dicha y mi gracia, por permitirme conocerlo y confiar en él en todo momento. Por darme la fortaleza de seguir adelante y aprender que “por FE andamos, no por vista” (2 Corintios 5:7).

Expreso mi sincero agradecimiento especial y profundo al Ing. Juan Tigrero quién además de forjar mis conocimientos profesionales y apoyarme en mi trabajo de investigación, es un amigo incondicional. A la Ing. Margarita Rivera por demostrar que no existen límites en una mujer, por su apoyo y dedicación en cada trabajo y sobre todo por ser una gran amiga.

Agradezco al Ing. Alejandro de la Roche por brindarme su apoyo en cada situación, su amabilidad y enseñanza. Al equipo que conforma CENIAC, por la apertura a mi investigación y el apoyo brindando. Al Doc. Fabio Sala quién me transmitió el conocimiento sobre nutrición y junto su equipo BIOMIX se elaboró la dieta para el proyecto.

Al Doc. Juan Ortiz y a la Ing. Daysi Muñoz quienes me brindaron la ayuda para poder realizar los análisis de laboratorio del IASA.

Al Sr. Renán Flores productor de Sucumbíos que, con gran esfuerzo, perseverancia ha logrado obtener producción de mosca soldado y, al Ing. Miguel Tipán, a través de quien pudimos establecer contacto y trabajar conjuntamente.

A mis padres por apoyarme en todo momento, por brindarme amor y sabiduría en todas mis decisiones. A mis hermanos por acompañarme a recorrer este trayecto. A mis sobrinos que son la alegría de mi vida.

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE", noble Institución que me acogió durante estos años, en especial a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, por haberme enseñado en cada uno de sus módulos. A mis profesores, trabajadores y a todos quienes conforman esta linda Carrera. A mis amigos Denisse, Gustavo, Javier, Mauricio, Belén, Wendy, Carlos, Gabriel, Jorge, Alex y Joshua por compartir momentos inolvidables y siempre haberme apoyado en todas las actividades.



## Índice de contenidos

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Responsabilidad de Autoría.....	3
Autorización de Publicación.....	4
Reporte de verificación de similitud de contenidos .....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento .....	7
Resumen .....	17
Abstract.....	18
Capítulo I .....	19
Antecedentes.....	19
Justificación .....	21
Objetivos.....	21
Objetivo General .....	21
Objetivos Específicos .....	21
Hipótesis.....	22
Hipótesis nula:.....	22
Hipótesis alterna:.....	22
Capítulo II.....	23
Revisión de Literatura.....	23
Generalidades de la acuicultura.....	23
La Acuicultura a nivel mundial.....	23

	10
La Acuicultura en el Ecuador.....	23
La trucha arcoíris .....	24
Origen y distribución.....	24
Taxonomía .....	24
Morfología .....	25
Hábitat.....	25
Etapa de alevinaje en trucha arcoíris.....	25
Alimentación en alevinaje .....	26
Sistema digestivo de la trucha arcoíris.....	27
Harina de pescado.....	27
Obtención y Perspectivas.....	27
Composición .....	28
Harina de pescado en el Ecuador.....	28
Costo ambiental por la producción de harina de pescado .....	29
Origen de la Mosca soldado .....	30
Características .....	30
Taxonomía .....	31
Morfología de la mosca soldado.....	31
Ciclo biológico de la mosca soldado.....	33
Producción de mosca soldado en el Ecuador .....	33
Capítulo III.....	35
Metodología .....	35
Ubicación de la Investigación.....	35
Ubicación Política.....	35
Ubicación geográfica.....	35

Material experimental.....	35
Biológicos.....	35
Insumos del Campo .....	35
Equipos .....	36
Insumos de laboratorio.....	36
Reactivos .....	37
Métodos.....	37
Instalación del ensayo.....	37
Unidades experimentales y tratamientos.....	38
Siembra de peces .....	39
Mediciones .....	39
Alimentación y manejo del cultivo.....	40
Obtención de la Harina de Mosca soldado ( <i>Hermetia illucens</i> L.).....	42
Diseño experimental .....	44
Modelo del diseño experimental.....	44
Variables para medir.....	44
Parámetros morfométricos y productivos.....	44
Variables hematológicas .....	46
Análisis del aparato digestivo .....	49
Análisis de indicadores financieros.....	50
Capítulo IV.....	51
Resultados y Discusión .....	51
Variables morfométricas .....	51
Peso (g).....	51
Longitud y ancho total .....	53

Parámetros productivos .....	56
Ganancia de peso (GP) e Índice de Condición Corporal (ICC) .....	56
Tasa de Crecimiento Específico, Eficiencia alimenticia .....	59
Mortalidad .....	60
Variables Hematológicas .....	61
Hematocrito y Glucosa .....	61
Proteína Total (PT) Y Albúmina (Alb) .....	62
Análisis del aparato digestivo interna de la trucha arcoíris .....	63
Análisis Financiero .....	68
Análisis del valor de la harina de mosca soldado .....	68
<i>Análisis de costos parciales y marginales</i> .....	71
Capítulo V .....	73
Conclusiones y Recomendaciones .....	73
Conclusiones .....	73
Recomendaciones .....	74
Bibliografía.....	75

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b>	<i>Requerimientos nutricionales de trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) para etapa de alevinaje.....</i>	<i>26</i>
<b>Tabla 2</b>	<i>Descripción de un factor de inclusión de harina de mosca y niveles de estudio.....</i>	<i>38</i>
<b>Tabla 3</b>	<i>Medias <math>\pm</math> desviación estándar del peso corporal de <i>Oncorhynchus mykiss</i> bajo una dieta con cuatro niveles de inclusión de probiótico durante el experimento.....</i>	<i>51</i>
<b>Tabla 4</b>	<i>Medias <math>\pm</math> desviación estándar del peso corporal de <i>Oncorhynchus mykiss</i> .....</i>	<i>52</i>
<b>Tabla 5</b>	<i>Media <math>\pm</math> error estándar de la longitud y ancho totales de <i>Oncorhynchus mykiss</i> bajo una dieta con tres niveles de Harina de Mosca Soldado durante el experimento .....</i>	<i>54</i>
<b>Tabla 6</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> error estándar del largo y ancho totales de <i>Oncorhynchus mykiss</i> bajo una dieta con tres niveles de proteína de Harina de Mosca Soldado.....</i>	<i>54</i>
<b>Tabla 7</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> error estándar de la Ganancia de Peso e Índice de la Condición Corporal de <i>Oncorhynchus mykiss</i> bajo una dieta con tres niveles de proteína de Harina de Mosca Soldado .....</i>	<i>57</i>
<b>Tabla 8</b>	<i>Media <math>\pm</math> desviación estándar de la tasa de crecimiento específico (TCE), factor de conversión alimenticia (FCA) y eficiencia alimenticia (EA) de <i>Oncorhynchus mykiss</i> bajo una dieta con tres niveles de proteína de Harina de Mosca Soldado.....</i>	<i>59</i>
<b>Tabla 9</b>	<i>Mortalidad por tratamiento en inclusión de harina de mosca soldado.....</i>	<i>60</i>

<b>Tabla 10</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> desviación estándar de la tasa de hematocrito y glucosa de <i>Oncorhynchus mykiss</i> bajo una dieta con tres niveles de proteína de Harina de Mosca Soldado.....</i>	61
<b>Tabla 11</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> desviación estándar de proteína total y albúmina de <i>Oncorhynchus mykiss</i> bajo una dieta con tres niveles de proteína de Harina de Mosca Soldado.....</i>	63
<b>Tabla 12</b>	<i>Inversiones para la producción de Harina de mosca soldado.....</i>	69
<b>Tabla 13</b>	<i>Precio por kg de cada tratamiento de inclusión de harina de mosca soldado.....</i>	70
<b>Tabla 14</b>	<i>Análisis de costos parciales de la harina de mosca soldado .....</i>	71
<b>Tabla 15</b>	<i>Beneficio neto, costo variable y Tasas internas de retorno marginal para cada tratamiento de inclusión de harina de mosca soldado .....</i>	72

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b>	<i>Centro de Investigaciones acuícolas CENIAC.....</i>	35
<b>Figura 2</b>	<i>Instalación del ensayo.....</i>	38
<b>Figura 3</b>	<i>Disposición de las unidades experimentales.....</i>	39
<b>Figura 4</b>	<i>Preparación de ingredientes para la elaboración del alimento con inclusión de harina de mosca soldado .....</i>	40
<b>Figura 5</b>	<i>Preparación del alimento balanceado con la inclusión de harina de mosca soldado .....</i>	41
<b>Figura 6</b>	<i>Proceso de mezcla, secado y granulación del balanceado con inclusión de harina de mosca soldado .....</i>	41
<b>Figura 7</b>	<i>Pasos para la obtención de la harina de mosca soldado.....</i>	42
<b>Figura 8</b>	<i>Análisis bromatológico de la harina de mosca soldado .....</i>	43
<b>Figura 9</b>	<i>Promedio del peso corporal (g) de <i>Oncorhynchus mykiss</i> bajo la inclusión de diferentes porcentajes de Harina de mosca soldado .....</i>	52
<b>Figura 10</b>	<i>Promedio de la longitud (cm) de <i>Oncorhynchus mykiss</i> bajo la inclusión de diferentes porcentajes de Harina de mosca soldado .....</i>	55
<b>Figura 11</b>	<i>Promedio del ancho (cm) de <i>Oncorhynchus mykiss</i> bajo la inclusión de diferentes porcentajes de Harina de mosca soldado.....</i>	55
<b>Figura 12</b>	<i>Ganancia de peso (g/día) de <i>Oncorhynchus mykiss</i> bajo la inclusión de diferentes porcentajes de Harina de mosca soldado.....</i>	57
<b>Figura 13</b>	<i>Índice de Condición Corporal de <i>Oncorhynchus mykiss</i> bajo la inclusión de diferentes porcentajes de Harina de mosca soldado.....</i>	58
<b>Figura 14</b>	<i>Descripción del aparato digestivo de la trucha arcoíris.....</i>	64

<b>Figura 15</b> <i>Problemas hepáticos en trucha arcoíris por enfermedades y nutrición.....</i>	<b>64</b>
<b>Figura 16</b> <i>Sistema digestivo interna de <i>Oncorhynchus mykiss</i> bajo la inclusión de 0% de Harina de mosca soldado.....</i>	<b>65</b>
<b>Figura 17</b> <i>Sistema digestivo interna de <i>Oncorhynchus mykiss</i> bajo la inclusión de 0% de Harina de mosca soldado.....</i>	<b>66</b>
<b>Figura 18</b> <i>Sistema digestivo interna de <i>Oncorhynchus mykiss</i> bajo la inclusión de 15% de Harina de mosca soldado.....</i>	<b>66</b>
<b>Figura 19</b> <i>Sistema digestivo interna de <i>Oncorhynchus mykiss</i> bajo la inclusión de 15% de Harina de mosca soldado.....</i>	<b>67</b>
<b>Figura 20</b> <i>Sistema digestivo interna de <i>Oncorhynchus mykiss</i> bajo la inclusión de 20% de Harina de mosca soldado.....</i>	<b>67</b>
<b>Figura 21</b> <i>Sistema digestivo interna de <i>Oncorhynchus mykiss</i> bajo la inclusión de 20% de Harina de mosca soldado.....</i>	<b>68</b>



## Resumen

El reemplazo parcial o total de la harina de pescado por otras fuentes de proteína, es uno de los principales objetivos en la industria acuícola, en especial con las especies carnívoras que presentan elevados requerimientos proteicos en etapas iniciales como la trucha arcoíris. La producción de harina de pescado ha surgido recientemente como una alternativa para este fin, sin embargo, su obtención, ha provocado un grave daño ambiental e incluso desbalances en las cadenas tróficas. En el estudio se evaluaron los efectos de la inclusión de tres niveles de proteína (0%, 15% y 20%) de harina de mosca soldado en la alimentación de alevines de *Oncorhynchus mykiss*. La investigación se realizó en el Centro de Investigaciones acuícolas de Papallacta "CENIAC", se trabajó con 540 peces de peso inicial de  $1 \pm 0.5$  g, distribuidos en 18 unidades experimentales con 30 animales en cada unidad. Para el análisis estadístico se aplicó un (DCA), con 6 repeticiones por tratamiento. Se evaluó el peso, longitud total, ancho total, cada 15 días hasta llegar a un peso final de  $7,51 \pm 0,99$  g, donde se realizaron análisis hematológicos y la disección de los peces. No se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ); en cuanto a peso ( $F_{2,4} = 3,973; p = 0,0634$ ), longitud ( $F_{2,4} = 1,303; p = 0,324$ ), y ancho ( $F_{2,4} = 1,303; p = 0,324$ ). Los peces alimentados con 20 % de inclusión de harina de mosca soldado presentaron acumulación de grasa a nivel intestinal, a lo que indicaría una ingesta superior a lo necesario del contenido de nutrientes requeridos por los peces.

**Palabras clave:** Harina de mosca soldado, proteína, alevinaje, daño ambiental.

### Abstract

The partial or total replacement of fishmeal by other sources of protein is one of the main objectives in the aquaculture industry, especially with carnivorous species that have high protein requirements in the initial stages, such as rainbow trout. The production of fishmeal has recently emerged as an alternative for this purpose, however, obtaining it has caused serious environmental damage and even imbalances in food chains. In the study, the effects of the inclusion of three protein levels (0%, 15% and 20%) of soldier fly meal in the feeding of *Oncorhynchus mykiss* fingerlings. The research was carried out at the Aquaculture Research Center of Papallacta "CENIAC", working with 540 fish with an initial weight of  $1\pm 0.5$  g, distributed in 18 experimental units with 30 animals in each unit. For the statistical analysis, a (DCA) was applied, with 6 repetitions per treatment. Weight, total length, and total width were evaluated every 15 days until reaching a final weight of  $7.51\pm 0.99$  g, where hematological analyzes and fish dissection were performed. No significant differences were found ( $p\leq 0.05$ ); in terms of weight ( $F_{2,4} = 3,973; p = 0,0634$ ), length ( $F_{2,4} = 1,303; p = 0,324$ ), and width ( $F_{2,4} = 1,303; p = 0,324$ ). The fish fed with 20 % inclusion of soldier fly meal showed accumulation of fat at the intestinal level, which would indicate a higher than necessary intake of the content of nutrients required by the fish.

**Keywords:** Soldier fly meal, protein, fry, environmental damage.

## Capítulo I

### Antecedentes

La producción de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* ha incrementado a nivel mundial. El crecimiento del cultivo de esta especie se ve reflejado en los datos de la FAO (2020), quienes indican que para el año 2018 se produjeron más de 178,5 millones de toneladas de trucha arcoíris a nivel mundial, representando un valor mayor a 200 mil millones de dólares por conceptos de exportación. Ecuador no es la excepción y al ser un país con ventajas naturales para el desarrollo de esta actividad, se ha venido fomentando la producción de esta especie en los últimos años, de hecho, según la FAO (2020), en nuestro país se produjeron 6 mil toneladas de trucha arcoíris para ese año, lo que contribuyó con el 7 % de total del Producto Interno Bruto Agropecuario Nacional comprendido en un rubro de casi 3 millones de dólares en la economía nacional.

Las producciones del cultivo de trucha arcoíris en ambientes controlados incluyen una adecuada nutrición, sanidad, manejo, etc. De estos factores, la alimentación de los peces representa alrededor de un 60 % de los costos de producción en el cultivo (Filou, 2020), esto debido a que, al ser una especie carnívora, la trucha presenta un alto requerimiento de proteína animal, que es a su vez el componente más costoso del balanceado. Adicionalmente la dieta de la trucha arcoíris se complementa con otras fuentes que le proveen de ácidos grasos, aminoácidos, carbohidratos y otros elementos necesarios para el desarrollo (Rivas, 2010). Lastimosamente la mayor parte de proteína animal proviene de la harina de pescado, cuya obtención se basa en la extracción de recursos pesqueros, en algunos casos, con sobrexplotación de poblaciones silvestres con lo que, como lo indican (D. F. Barrera & Barros, 2018), se ocasionan una grave afectación ecológica y ambiental.

Debido a lo mencionado anteriormente es indispensable buscar fuentes alternativas con las que se pueda sustituir una parte o la totalidad de proteína animal

adecuada para las exigencias nutricionales de la especie. Recientemente Borgogno et al. (2019) analizaron el reemplazo de harina de mosca soldado en porcentajes de 0%, 25% y 50%, en lugar de la harina de pescado en la alimentación de trucha arcoíris destinada a engorda, como estrategia de alimentación, en la investigación se evaluaron los perfiles sensoriales de los filetes obtenidos de los peces con mejoras significativas en variables de calidad, sabor y textura de la carne. Por otro lado, Bruni et al. (2019) encuentran ventajas económicas y ecológicas significativas al usar la harina de mosca soldado en la alimentación de otro salmónido como lo es *Salmo salar*. Con lo expuesto se ve en la harina de mosca soldado una alternativa sostenible a nivel económico y ambiental para la alimentación de especies carnívoras como la trucha arcoíris.

Bajo este contexto, la presente investigación busca evaluar el efecto de dietas elaboradas a base de harina de larvas de *Hermetia illucens* sobre parámetros zootécnicos y hematológicos de alevines de *Oncorhynchus mykiss*, a fin de brindar una alternativa económica y sostenible de producir para sustituir o bajar la demanda de la harina de pescado en la composición del alimento tradicional. Para ello se trabaja en conjunto con el Centro de Investigaciones Acuícolas (CENIAC), principal Institución Pública de producción de semillas de trucha arcoíris en el Ecuador, con productores rurales de mosca soldado de Sucumbíos, con la Industria productora de alimentos balanceados (BIOMIX) y la academia (ESPE).

## **Justificación**

Siendo un pez carnívoro las exigencias nutricionales de la trucha arcoíris son elevadas especialmente en proteína y principalmente en las primeras etapas de desarrollo. Los requerimientos proteicos de la especie se satisfacen en gran parte con la harina de pescado cuya producción tiene un grave costo ambiental, lo que se nota incluso en el desequilibrio de la cadena alimenticia de otras especies acuáticas por la presión extractiva de recursos pesqueros a partir de los cuales se fabrica el balanceado de trucha. Por lo tanto, cualquier elemento económicamente rentable con el que se puede sustituir ese elemento en la elaboración del balanceado es beneficioso.

Entre las alternativas para la inclusión de fuentes proteicas en la nutrición de la trucha arcoíris se ve en la harina de mosca soldado un recurso sostenible, cuya inclusión aún en mínimos porcentajes, como se menciona en varios estudios, se ha consolidado como una fuente de proteína, aminoácidos y nutrientes para especies de cultivo como la trucha arcoíris y cuya producción podría presentarse como una estrategia económicamente viable para el productor y se constituiría a su vez como una herramienta para contrarrestar el daño ambiental provocado por las grandes pesquerías.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto de dietas elaboradas a base de harina de las larvas *Hermetia illucens* sobre parámetros zootécnicos y hematológicos de alevines de *Oncorhynchus mykiss*.

### **Objetivos Específicos**

Analizar los parámetros zootécnicos en alevines de trucha arcoíris alimentados con dietas elaboradas con la inclusión de tres porcentajes de harina de mosca soldado.

Analizar parámetros hematológicos en alevines de trucha arcoíris alimentados con dietas elaboradas con la inclusión de tres porcentajes de harina de mosca soldado.

Comparar la viabilidad económica de la inclusión de harina de mosca soldado para la alimentación de alevines de trucha arcoíris con dietas tradicionales.

### **Hipótesis**

#### **Hipótesis nula:**

Los alevines de trucha arcoíris alimentados con dietas elaboradas a base de harina de *Hermetia Illucens* no mejoran significativamente sus parámetros zootécnicos y hematológicos.

#### **Hipótesis alterna:**

Los alevines de trucha arcoíris alimentados con dietas elaboradas a base de harina de *Hermetia Illucens* mejoran significativamente sus parámetros zootécnicos y hematológicos.

## Capítulo II

### Revisión de Literatura

#### Generalidades de la acuicultura

##### La Acuicultura a nivel mundial

En las últimas décadas la actividad acuícola ha incrementado significativamente, según FAO (2020), la demanda de productos acuícolas representó alrededor de 256 millones de USD a nivel mundial, con 82 millones de toneladas para consumo humano y 22 millones de toneladas en producción de harina y aceite de pescado en el año 2018. Con estas estadísticas notamos que hay un 46% de producción total y el 52% del pescado para consumo humano, lo que revela una clara importancia del desarrollo de esta actividad en el mundo.

El Covid-19 ha influenciado, en la producción acuícola, presentando cambios en su desarrollo como lo señala OCDE (2021), indicando que, para el año 2030 la producción mundial acuícola tendría un crecimiento de 1,2 % anual, alcanzando aproximadamente 201 millones de toneladas, es decir, un 12,8 % en comparación del año 2018; al contrario, la producción de harina y aceite de pescado presentaron un incremento favorable para las industrias, lo que se estima de 5,8 millones de toneladas, es decir, un 0.9 % anual más del periodo 2018. Como se nota, los cambios han sido positivos y negativos pero la industria acuícola sigue en constante evolución.

##### La Acuicultura en el Ecuador

Ecuador es uno de los países que va creciendo en la pesca y acuicultura debido a su ubicación oceanográfica y sobre todo en la producción de trucha arcoíris, Cachama, Paiche y otras especies en la región amazónica, dando lugar al puesto 18 de industrias a nivel nacional con casi \$600 millones de dólares en el año 2019 (0,5 % del PIB) (Sánchez, Vayas, Mayorga, & Freire, 2021).

Actualmente la mayor actividad acuícola corresponde al cultivo de camarones, el cual tiene como fin la exportación.

## La trucha arcoíris

### Origen y distribución

La trucha arcoíris es una especie nativa de las costas del Pacífico de Norte América, fue introducida a nivel mundial desde el año 1874 a excepción de la Antártida, con fines recreativos para pesca deportiva y producción (FAO, 2009). En Ecuador la trucha arcoíris se introdujo en el año 1930, de acuerdo con el censo realizado por el Centro de Investigaciones Acuícolas de Papallacta, en el 2007, en el país existían 213 criaderos distribuidos en distintas provincias, produciendo 982,3 toneladas al año, con un rubro aproximadamente de 3 millones de dólares (Buenaño, M., 2020).

### Taxonomía

- **Reino:** Animal
- **Phylum:** Chordata
- **Subphylum:** Vertebrata
- **Clase:** Osteichthyes
- **Orden:** Salmoniformes
- **Familia:** Salmonidae
- **Género:** *Oncorhynchus*
- **Especie:** *Mykiss*
- **Nombre científico:** *Oncorhynchus mykiss*
- **Nombre común:** trucha arcoíris

**Fuente:** (Maiz, Lacruz, & Piñero, 2010).



## **Morfología**

La trucha arcoíris tiene como características morfológicas, una forma aerodinámica fusiforme, posee dos aletas pares y tres impares, con un pedúnculo caudal, características que hace de una fácil adaptación a la crianza en cautiverio (Ortiz J. , 2015). En cautiverio, el tamaño de esta especie puede oscilar entre 70 centímetros de longitud y unos 5 kilogramos aproximadamente en 3 años, y en su ambiente natural pueden alcanzar hasta 10 kilogramos (Maraver, 2013).

## **Hábitat**

La trucha arcoíris como otros salmónidos habitan en zonas de agua fría, siendo la mayoría dulceacuícola (Imaki, 2003). Esta especie puede habitar en una temperatura de 0-27 °C, y según de la forma de alimentarse llegan a su madurez.

## **Etapas de alevinaje en trucha arcoíris**

La producción tecnificada de la trucha empieza desde el desove artificial de los huevos, utilizando para ello peces reproductores maduros de 3 o 4 años. La proporción sexual de los reproductores suele ser un macho por cada tres hembras. Eventualmente el éxito de la eclosión de los huevos está en la correcta fertilización, es decir, la mezcla de los huevos y el semen. Los huevos son incubados hasta que llegan a la etapa de huevos embrionados o con ojos visibles, posterior a 21 días aproximadamente, estos eclosionan y se los llama "alevines", comenzando a buscar su propio alimento, cuando llegan a medir entre 8 a 10 cm se han convertido en un juvenil, requiriendo mayor espacio con flujo de agua abierto, hasta que alcanzan un tamaño de 30 a 40 cm que son considerados como animales de engorde o comercial, todo este ciclo dura alrededor de 9 meses según las condiciones del lugar de cría (Jacumar, 2019).

Maraver, (2013), menciona que la etapa de alevinaje comienza después de que los animales terminan de reabsorber totalmente su saco vitelino, comienzan a

alimentarse de forma instintiva, lo que permite, el crecimiento rápido y la ganancia de peso. La alimentación adecuada en la etapa de alevinaje es la más importante, debido a que es la base del desarrollo de las nuevas generaciones productoras. Esta etapa comprende una talla promedio de 2.0 cm hasta 10 cm con un peso de 0.15 g. a 13 g. con una duración de 3 meses aproximadamente, dependiendo de las condiciones del lugar (FONDEPES, 2014).

### **Alimentación en alevinaje**

En la acuicultura el objetivo de una buena dieta es suplir las necesidades de los alevines, sobre todo cumplir el requerimiento de la proteína. En alevines el porcentaje de proteína requerida es alto (Tabla 1) y, entre más aumente su crecimiento menor es la necesidad de proteína (Barrera & Barros, 2018). Los alevines son alimentados con dietas iniciales desde cuando aproximadamente un 50% de peces han alcanzado la etapa de nado libre, tiempo en el que se debe suministrar el alimento en porcentaje de 10 % del peso del pez durante 2- 3 semanas (Mendoza & Palomino, 2004).

**Tabla 1**

*Requerimientos nutricionales de trucha arcoíris (**Oncorhynchus mykiss**) para etapa de alevinaje*

<b>Nutrientes</b>	<b>%</b>
<b>Proteína</b>	45-50
<b>Carnohidratos</b>	40-45
<b>Grasas</b>	9-12
<b>Fibra</b>	2-5
<b>Humedad</b>	12

Nota: Porcentaje de nutrientes que necesita la trucha arcoíris en las primeras etapas. Tomado de: (COALBO, 2020).

## **Sistema digestivo de la trucha arcoíris**

El sistema digestivo de los peces está conformado, de una boca dotada de hileras de dientes afilados, una faringe, un esófago, un estómago y un intestino que termina en un orificio anal (MAGAP, 2009).

- El estómago de la trucha arcoíris le define la forma, debido a que se llenan por el esfínter cardiaco y pilórico.
- El intestino dado que la trucha es un animal carnívoro se caracteriza por ser acortada y dobleces que corresponden a tejidos lisos que fijan las grasas como sustancias de reserva. Tienen además ciegos pilóricos con la presencia de grasas adheridas a ellos.
- El hígado de los peces es muy grande con relación al cuerpo, es de color café rojizo, teniendo como función eliminar las toxinas del cuerpo.

## **Harina de pescado**

### **Obtención y Perspectivas**

La obtención de la harina de pescado se da por la sobreexplotación pesquera es un problema que va de la mano con el abastecimiento de la humanidad (Filou, 2020). Cada año el número de habitantes aumenta y con ello las pesquerías incrementan para satisfacer las necesidades alimenticias de la población, capturando más peces de los que nacen, sin dejar el tiempo suficiente para las poblaciones silvestres de las especies acuícolas se regeneren (Fernández, 2020). De hecho, la FAO, (2016), menciona que los pequeños peces pelágicos representan las mayores capturas para grandes y medianas industrias entre el 20% y el 30% del total de desembarques del pescado, lo cual podría afectar la desaparición de algunas especies dentro del ecosistema y cadena alimenticia.

De acuerdo con la FAO, (2018), en el año 2030 la contribución promedio de la acuicultura al consumo mundial de pescado aumentará al 54 %, por lo que la formula

convencional con harina y aceite de pescado seguirá siendo la materia prima clave para el consumo. Lo que se estima aproximadamente el 16 % del rendimiento de la pesca de captura, obteniendo un alto volumen de 5.3 millones de toneladas. Como se puede ver, el excesivo incremento de la producción de harina y aceite de pescado puede tener riesgos ambientales; contaminación de aguas, aire y suelos y a su vez una sobreexplotación de recursos biológicos, presión de las pesquerías.

### **Composición**

La harina de pescado, ingrediente principal de las dietas de especies carnívoras como la trucha arcoíris debido a su alto contenido proteico, se produce de peces pequeños o restos de la pesca. La tecnología de producir la harina tiene un efecto en la calidad del producto, influyendo en el contenido de humedad y proteína, digestibilidad, contenido de lípidos y anti nutrientes, así como la granulometría (IFFO, 2020). Con las tecnologías de procesamiento, de secado y atomización química, se influencia sobre la composición del producto final, siendo así que después de estas etapas, la harina de pescado llega a contener el 64% a 67% de proteína, grasa hasta 12% y entre 10% a 20% de ceniza (PROTEINSEC, 2021).

### **Harina de pescado en el Ecuador**

La harina y aceite de pescado, al ser uno de los ingredientes más nutritivos en las dietas acuícolas tiene un alto valor comercial y un uso cada vez más selectivo para maximizar su aprovechamiento. En el Ecuador, el incremento de las producciones de camarón, tilapia, trucha arcoíris y otros se han mantenido con el abastecimiento local de la harina y aceite de pescado, lo que ha generado grandes inversiones en la industria de la materia prima para balanceados (Anastacio, 2020).

Ecuador se sitúa actualmente en la segunda industria más importante en producir harina y aceite de pescado, luego de la manufactura de atún en conserva.

Según la Superintendencia de Compañías los ingresos que ha provocado desde el año 2018 oscilan entre 250 millones de dólares anuales, generando grandes ingresos económicos agroindustriales al país (Anastacio, 2020).

### **Costo ambiental por la producción de harina de pescado**

Aproximadamente un tercio de la pesca mundial anual se utiliza para elaborar la harina y aceite de pescado. La mayoría de los países latinoamericanos se han convertido en grandes productores de harina de pescado, creando diversas tecnologías que permiten modificar algunas variables del proceso a fin de optimizar el rendimiento y calidad como en frescura de la materia prima más importante para los balanceados. Sin embargo, uno de los problemas que se han presentado es la liberación de sangre en el agua durante el almacenamiento de la materia prima, llamado sanguaza. (Silva, 2003).

Uno de los problemas más comunes es el agua de cola, llamado por los residuos sólidos que se acumulan en los líquidos generados por la centrifugación, que generan las maquinas evaporadoras por obtener la mayor cantidad de sólidos completos. Asimismo, dentro de los efluentes generados en este tipo de industrias son productos de limpieza que usualmente tiene cantidades considerables de soda y restos orgánicos, los cuales son desechados al mar sin ningún tratamiento (GMP, 2015).

Además de ser contaminadas las aguas, en la etapa productiva de secado emitiendo vapores de agua las cuales consisten en gases que tienen un intenso olor, son vertidos al aire, provocando una contaminación olorosa en las zonas cercanas a estas plantas pesqueras (GMP, 2015). El mal manejo de los residuos en las industrias pesqueras no solo causo un grave contaminante al medio ambiente, sino que atenta a la vida acuática, ya que existe un alto índice de mortalidad de una serie de especies entre peces y mariscos, provocando un desequilibrio en la cadena alimenticia e incluso en la alimentación humana.

## Origen de la Mosca soldado

*Hermetia illucens* es un díptero estratiomido (Diptera: Stratiomyidae), llamado “mosca soldado-negra” (Black Soldier Fly, BSF por sus siglas en inglés), por su origen tropical esta especie actualmente se encuentran en zonas cálidas de todo el mundo (Marcanti, 2018). Aunque es nativa de América, la especie fue reportada por primera vez en una compañía de Hilo Sugar, ubicada en las islas de Hawái, las moscas soldado se han ido introduciendo en las regiones tropicales y subtropicales (Cabrera & López, 2021). Dado que es difícil controlar las condiciones ambientales para el desarrollo de dichas moscas, es susceptible de ser criada a escala industrial y los estadios larvarios pueden alimentarse de multitud de restos orgánicos de muy diverso origen (Aguirre, 2019).

## Características

Los Dípteros están entre las cuatro órdenes megas diversas de insectos existentes, comprendido por 188 familias y aproximadamente 159.000 especies descritas, comprendidas entre el 10-12 % de la biodiversidad mundial. La mosca soldado trabaja como polinizador, es decir, a más de cumplir un rol importante en la descomposición de la materia orgánica que utilizan como fuente de alimento, es sustrato para oviposición de la misma mosca (Aguirre, 2019).

Las larvas de *Hermetia illucens* generalmente poseen seis estadios y pueden medir tres centímetros de longitud en su última etapa larval, además, cambian de coloración en su desarrollo, variando de color blanquecino (estadios iniciales) al amarelado (estadios finales). Poseen características en la quetotaxia larval (dorsal y central), como posición y el tipo de cerdas, importantes para la taxonomía del grupo (Aguirre, 2019). Las larvas y pre- pupas poseen alrededor de 62% de proteína cruda y hasta 39 % de grasa y no almacenan pesticidas o micotoxinas, por lo que se consideran

una alternativa para la sustitución de la harina de pescado (Jaramillo, Valencia, & Machado, 2019).

Finalmente, los insectos mosca soldado son responsables de grandes consumos de materia orgánica, siendo considerados como convertidores de biomasa.

Desempeñan una función fundamental en el control biológico, pues se inhiben y controlan la oviposición (Aguirre, 2019).

### **Taxonomía**

- **Reino:** Animalia
- **Filo:** Arthropoda
- **Clase:** Insecta
- **Orden:** Diptera
- **Suborden:** Brachycera
- **Infraorden:** Stratiomyomorpha
- **Familia:** Stratiomyidae
- **Subfamilia:** Hemetiinae
- **Género:** *Hermetia*
- **Especie:** *Hermetia illucens*

**FUENTE:** (Aguirre, 2019).

### **Morfología de la mosca soldado**

En su etapa adulta se asemeja a una avispa, con la diferencia de la falta de aguijón, una especie hemisinantrópica, originario de la Región Neotropical, fue ampliamente introducida por las actividades humanas en Australasia, Europa, África y Asia (Chirinos, 2019). Sus larvas tienen una longitud de 1-4cm, con un grosor de 0.5 mm y su coloración varía desde el amarilla, verde, negro o azul con cierto aspecto metálico. Los adultos miden 20 mm de largo, tienen una coloración azulada- negra con

tarsos amarillo- blanco y dos puntos traslúcidos laterales en el segundo segmento abdominal (Burgos, 2020).

Los estadios de la mosca soldado se describen a continuación:

- **Huevo**

Son de forma ovoide, oscilan entre 0.9 a 1 mm de longitud, de color variable, entre blanco a dorado, y textura lisa. A medida que avanza la incubación, el color de los huevos se va acentuando a dorado claro casi amarillo, después de 60 horas pueden observarse los ojos (manchas rojas) y a las 72 horas se aprecia la cápsula cefálica (Jaramillo, Valencia, & Machado, 2019).

- **Larvas**

Son de color café oscuro, cuando se encuentran próximas a empupar miden entre 2,7 a 3,0 cm. La cápsula cefálica es parcialmente expuesta y las mandíbulas tienen formato falciforme, en general es una larva fusiforme, alargada y deprimida dorso ventralmente; el tegumento endurecido es formado por placas calcáreas, redondeadas, con segmentación visible en el extremo anterior ahusado y el posterior redondo, dividiéndose en tres regiones: cápsula cefálica, tres segmentos torácicos y ocho segmentos abdominales (Jaramillo, Valencia, & Machado, 2019).

- **Pupas**

Son formados con la exuvia del último instar larval. Las pupas son de tipo coartada y color café opaca (Jaramillo, Valencia, & Machado, 2019).

- **Adulto**

Las hembras tienen aproximadamente un tamaño de 22 mm y los machos de 16 mm, son de color café oscuro a negro. Tienen como característica principal en las alas una celda discal redondeada y algunas ramas de la vena M. Dadas a su especie, presentan el primer segmento abdominal de



coloración más clara que el resto del abdomen (Jaramillo, Valencia, & Machado, 2019).

### **Ciclo biológico de la mosca soldado**

Jaramillo, Valencia, & Machado (2019), en su estudio denominado “Uso Potencial de *Hermetia illucens* (LUNNAEUS) (DIPTERA: STRATIOMIDAE) PARA TRANSFORMACIÓN DE PULPA DE CAFÉ: ASPECTOS BIOLÓGICOS” determinó el período de incubación de los huevos de mosca soldado es de 3,06 días, con el 98% de los huevos viables en sustrato de cacao. Cociendo con otros autores donde mencionan que la hembra oviposita en grupos de más de 20 huevos por postura, con una duración larval de 22 días aproximadamente, al terminar dicha etapa las moscas soldado buscan un lugar seco, oscuro y protegido ya que la prepupa necesita endurecer la cutícula. El autor indica que, el desarrollo de la pupa fue entre los 18 a 20 días. En conclusión la duración desde el huevo hasta adulto fue de 46 días, aunque puede variar según el alimento y la temperatura del lugar de cría de la mosca.

Algunos autores discuten que las moscas soldado (*Hermetia illucens*) necesitan dos semanas o más para alcanzar su desarrollo completo. Chirinos (2019), realizó un estudio en Nueva Zelanda, donde se manejan a una temperatura de 27,8 °C, contribuyó de manera considerable a los conocimientos sobre el ciclo de vida con el período de incubación de los huevos de cinco a 14 días, el período de larva de 31 días y el de pupa de 9 a 10 días, obtuvo un ciclo total de 38 días a una temperatura de 29,3 °C para la cría de huevos hasta adultos.

### **Producción de mosca soldado en el Ecuador**

En los últimos 15 años en el mundo se comenzó a usar de manera industrial el insecto. Por ello y razones medioambientales Ecuador desde el 1 de diciembre de 2021 empezó el proyecto para industrializar la harina de mosca siendo el primer país en

producir a nivel de América Latina (Mendoza M. , 2021). Aprovechando los residuos orgánicos que son bajo en valor nutritivo, como cáscaras, productos que expiran, sobrantes de comida y entre otros, y, que actualmente van a un botadero o relleno sanitario, este material se tritura y compacta y servirá de alimento para la larva de la mosca Soldado Negra. La mosca lo digiere y se transforma en 45 % de proteína, 26% de grasa y todos los aminoácidos requeridos para la alimentación animal y humana. La principal etapa de la mosca es la pupa ya que esta se deshidrata, se muele y se convierte en harina, la mosca adulta no se alimenta solo absorbe agua, por lo tanto, no transmite enfermedades ni es una plaga, lo que se puede utilizar como abono, fertilización en cultivos a más de uso de proteína en balanceados para animales (Mendoza M. , 2021).

Al aprovechar los recursos agroindustriales se promueve la economía y se evita la carga de gas metano, que causa el efecto invernadero, y 25 veces más dañino que el dióxido de carbono. Se ha comprobado que la harina de mosca soldado está comprobada que puede reemplazar a la harina de pescado, tecnificando su producción de cría (Mendoza M. , 2021).

## Capítulo III

### Metodología

#### Ubicación de la Investigación

##### Ubicación Política

La presente investigación se realizó en el Centro de Investigaciones CENIAC, ubicado en la parroquia Papallacta, cantón Quijos, provincia Napo (Figura 1).

##### Ubicación geográfica

Geográficamente está localizada a una altitud de 3380 msnm, en los declives de la cordillera oriental, latitud: 0° 22' 37" S y longitud: 78° 08' 26" O (Inamhi, 2011). La temperatura mínima del sitio es de 10 °C. y máxima de 25.3 °C., la humedad relativa del 95% y la precipitación media anual de 178.8 mm (Weather Atlas, 2020).

#### Figura 1

*Centro de Investigaciones acuícolas CENIAC*



Nota: Ubicación de la instalación del proyecto  
Tomado de (Google Maps, 2020).

#### Material experimental

##### Biológicos

- ✓ 540 truchas arcoíris con un peso promedio inicial de  $1 \pm 1,5$  g
- ✓ 6kg Pupas de mosca soldado deshidratadas

##### Insumos del Campo

- ✓ 1 piscina rectangular 5.90 m x 2.1 m x 0.95 m

- ✓ 1 rollo de malla de 100 m
- ✓ 10 tiras de madera
- ✓ 3 lb de clavos
- ✓ 2 cernideros
- ✓ 1 tina plástica de 100 litros
- ✓ 3 baldes de 20 litros
- ✓ 1 molino
- ✓ 10 kg Alimento balanceado
- ✓ Ictómetro
- ✓ 2 redes de pesca

### **Equipos**

- ✓ Balanza digital
- ✓ Sonda Multiparaméto Hanna
- ✓ Estufa HANNA
- ✓ Hornilla eléctrica
- ✓ Centrífuga marca ® Dynac
- ✓ Refrigerador Indurama

### **Insumos de laboratorio**

- ✓ Envases de vidrio
- ✓ Bisturí
- ✓ Guantes
- ✓ Fundas ziploc
- ✓ Cajas petri de vidrio
- ✓ Vaso graduado
- ✓ Matraz Erlenmeyer

- ✓ Jeringas de 3 ml
- ✓ Microcapilares
- ✓ Micropipeta (1000  $\mu$ L)
- ✓ Micropipeta (20  $\mu$ L)
- ✓ Micropipeta (200  $\mu$ L)
- ✓ Plastilina
- ✓ Puntas papa pipetas 0.1, 1 mL
- ✓ Tabla de micro- hematocrito
- ✓ Tubos de ensayo de 10 mL
- ✓ Tubos de ensayo de 5 mL
- ✓ Tubos de Eppendorf de 0.5 y 1 mL.

### **Reactivos**

- ✓ Agua destilada
- ✓ Eugenol
- ✓ Gelatina sin sabor
- ✓ Heparina sódica 500 ml
- ✓ Lugol
- ✓ Etanol absoluto
- ✓ Sal en grano
- ✓ Kit albumin liquicolor
- ✓ Kit glucosa liquicolor
- ✓ Kit total protein liquicolor

### **Métodos**

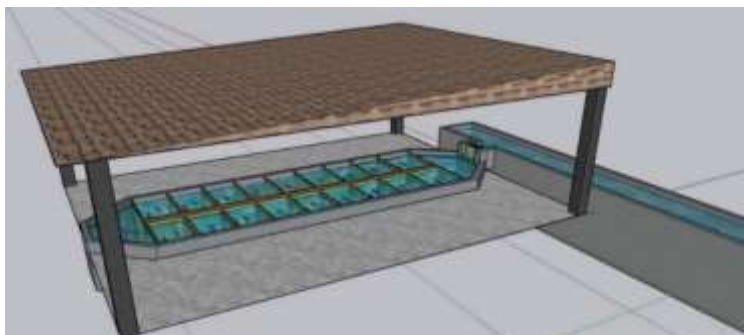
#### **Instalación del ensayo**

Se trabajó en un estanque de flujo abierto con dimensiones de 5.90 m x 2.1 m x 0.95 m. Este estanque se dividió en 18 espacios de 0.5m \* 0.61m \* 0.95 m cuya

separación era de mallas para individualizar cada unidad experimental de acuerdo con los tratamientos.

## Figura 2

*Instalación del ensayo*



Nota: Distribución e instalación del proyecto en el CENIAC (Muñoz, 2021)

## Unidades experimentales y tratamientos

El estudio contempla un total de 3 tratamientos que comprendían la inclusión de tres porcentajes de Harina de mosca soldado en la dieta de los alevines (Tabla 2.)

**Tabla 2**

*Descripción de un factor de inclusión de harina de mosca y niveles de estudio*

Harina de Mosca (H.M.)	% Inclusión	Nomenclatura	Tratamiento
	0	P0	tratamiento 1
	15	P1	tratamiento 2
	20	P2	tratamiento 3

Nota: Donde P= inclusión de porcentajes de proteína de Harina de Mosca con (Niveles 3: (P0=0% de H.M., P1= 15% de H.M., P2= 20% de H.M.) tomado de (Muñoz, 2021).

Se obtuvieron 18 unidades experimentales correspondientes a las divisiones del estanque descritas en la (Figura 2), donde los animales se distribuyeron aleatoriamente de acuerdo con cada tratamiento (Figura 3).

### Figura 3

*Disposición de las unidades experimentales.*

P0	P0	P2	P1	P0	P2	P1	P0	P1
P1	P2	P1	P0	P2	P0	P2	P1	P2

Nota: Donde P= inclusión de porcentajes de proteína de Harina de Mosca; con (Niveles 3: (P0=0% de H.M., P1= 15% de H.M., P2= 20% de H.M.) cada tratamiento con 6 repeticiones y 30 alevines en cada unidad experimental (Muñoz, 2021).

### Siembra de peces

Dentro de cada espacio descrito anteriormente se distribuyeron 30 alevines dando una totalidad de 540 peces para este estudio. Los peces fueron seleccionados con un peso promedio inicial entre  $1 \pm 1,5$ g y fueron transferidos a los espacios correspondientes (Figura 2). Los espacios destinados para el estudio se efectuaron después de un período de adaptación en el que todos los alevines fueron separados en un solo estanque y alimentados con una misma dieta convencional sin harina de mosca soldado durante dos semanas.

### Mediciones

Se realizó las mediciones iniciales de los 540 peces, de peso (g), longitud total (cm), longitud parcial (cm), y ancho (cm) con la ayuda de una balanza digital y un ictiómetro. A partir de ello, la medición de las variables se realizó cada 15 días hasta que los animales alcanzaron un peso promedio de 7 g.

### Alimentación y manejo del cultivo

El cálculo de la alimentación y su preparación con los diferentes porcentajes de harina de mosca soldado se realizó de acuerdo con el peso promedio del pez, como se detalla en la Figura 6 y se puede observar en la Figura 4 y 5. La alimentación se llevó a cabo con una frecuencia de 6 veces al día y cada tratamiento fue suministrado de forma ascendente, es decir desde la parte baja hacia la parte inicial del estanque donde se alimentó a los peces en cada subdivisión de manera pausada para evitar que el alimento se mezcle en las unidades experimentales.

#### Figura 4

*Preparación de ingredientes para la elaboración del alimento con inclusión de harina de mosca soldado*



Nota: Preparación en los laboratorios del CENIAC



## Figura 5

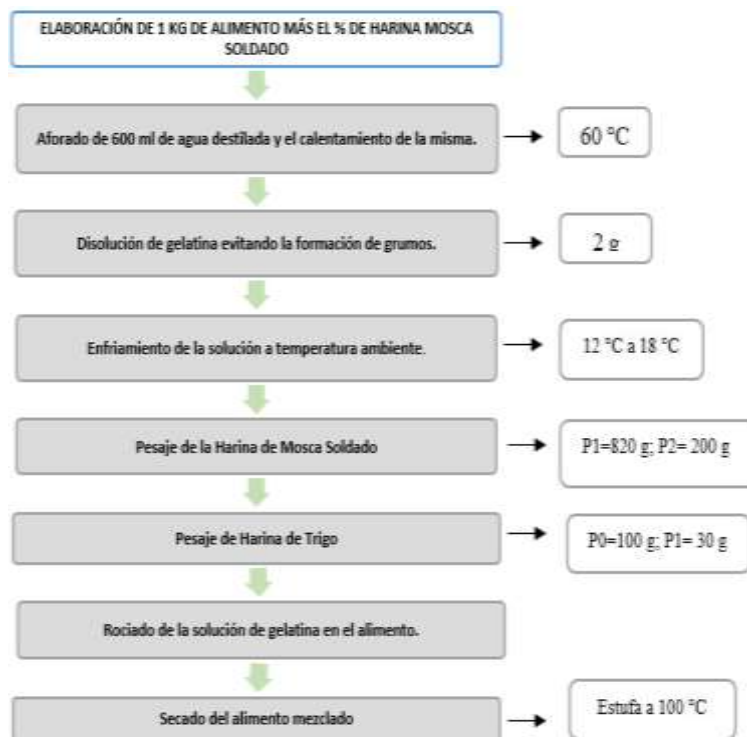
*Proceso de mezcla, secado y granulación del balanceado con inclusión de harina de mosca soldado*



Nota: Guía por la Ing. Margarita Rivera, el proceso del alimento fue en los laboratorios del CENIAC.

## Figura 6

*Preparación del alimento balanceado con la inclusión de harina de mosca soldado*



Nota: Descripción de la formulación para el alimento de cada tratamiento en un diagrama de flujo.

En cuanto a la limpieza de los tanques, está se llevó a cabo una vez por semana, con el propósito de eliminar impurezas. Además, se extrajo los peces muertos y se calculó el porcentaje de mortalidad.

### **Obtención de la Harina de Mosca soldado (*Hermetia illucens* L.).**

La elaboración de la harina de mosca soldado se realizó en Shushufindi, para ello se contó con la colaboración y supervisión del Sr. Renán Flores, productor que ha venido desarrollando un protocolo de crianza de la mosca soldado y obtención de la harina desde varios años, para lo cual se sigue las etapas Figura 7.

#### **Figura 7**

##### *Pasos para la obtención de la harina de mosca soldado*



Nota: La producción se obtuvo en Shushufindi, gracias a la colaboración del Sr. Renán Flores

- Se realizó un análisis bromatológico de la harina obtenida para conocer el porcentaje de la proteína, grasa, ceniza, fibra y humedad (Figura 8 y Tabla 3).

### Figura 8

*Análisis bromatológico de la harina de mosca soldado*



Nota: análisis bromatológicos realizados en el laboratorio del IASA I

### Tabla 3

*Resultados de Análisis de bromatología de la harina de mosca soldado*

<b>Parámetros</b>	<b>Resultados</b>	<b>Unidad</b>
<b>Humedad</b>	7,18	%
<b>Proteína</b>	31,64	%
<b>Grasa</b>	44,17	%
<b>Ceniza</b>	5,59	%
<b>Fibra Bruta</b>	4,13	%
<b>Carbohidratos</b>	7,29	%
<b>Calorías</b>	553,25	kcal/100g

Nota: Análisis realizado en el laboratorio del IASA.

- Se formuló los tratamientos en base a la cantidad de proteína que den como resultados en el análisis bromatológico, cubriendo las necesidades proteicas del alevín de trucha arcoíris.

### **Diseño experimental**

#### **Modelo del diseño experimental**

El experimento se dispuso mediante un diseño completamente al azar, con un solo factor que es el porcentaje de proteína con 3 niveles, y 6 repeticiones cada tratamiento. El modelo matemático que se empleó en este estudio es el siguiente:

$$Y_{ij}=u+P_i+E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$ =Ganancia de peso de los alevines de trucha arcoíris (g)

$u$  = Media general de la ganancia de peso de los alevines de trucha arcoíris

$P_i$ = Efecto de i-ésima proteína de la harina de mosca soldado

$E_{ij}$ = error experimental

Las variables de estudio inicialmente se caracterizaron mediante estadística descriptiva (media y desviación estándar), así como la valoración de normalidad y homocedasticidad. Para evaluar el efecto de las dietas con diferentes porcentajes de proteína sobre las variables de respuesta se realizó un análisis de varianza (ANAVA). Posteriormente se utilizó una prueba de comparación de medias de Tukey para las dietas. Y para completar se analizó regresiones en todas las variables. Todos los análisis se realizaron en el software Infostat con un nivel de significancia del 5%.

### **Variables para medir**

#### **Parámetros morfométricos y productivos**

Durante 90 días, cada 15 días, los 30 alevines de cada unidad experimental fueron capturados con una red, se anestesiaron por inmersión temporal en una solución

de Eugenol en dosis de 0.5 ml/10 litros de agua, y se midió de cada pez las variables morfométricas de peso (g), longitud total (cm), longitud parcial (cm), y ancho (cm) con la ayuda de una balanza electrónica de  $200 \pm 0.1\text{g}$  y un ictiómetro de madera. Con los datos morfométricos se determinará:

- **Aumento de peso diario**

$$GP = \frac{PF - PI}{T}$$

**Donde:**

PF= Peso Final

PI= Peso Inicial

T= Tiempo

- **Índice de condición corporal (ICC)**

Para conocer el estado nutricional y morfológico de los peces, se utilizó la siguiente relación volumétrica:

$$ICC = \frac{PT (g)}{LT^3(cm)} * 100$$

**Donde:**

PT= Peso total del animal

$LT^3$ = Longitud total del animal al cubo

- **Tasa de crecimiento específico (TCE)**

Se determinó el crecimiento de los peces en función de la diferencia de pesos entre la toma de datos de la masa corporal:

$$TCE (\%) = \frac{(\ln(\textit{peso final}) - \ln(\textit{peso inicial}))}{tf - ti(\textit{días})} * 100$$

- **Factor de conversión alimenticia (FCA)**

Este valor nos indicó el consumo de alimento balanceado que es necesario para la ganancia de 1 g de peso.

$$FAC = \frac{\text{Cantidad de alimento suministrado (Kg) en un periodo } t}{\text{Ganancia de peso o incremento de biomasa (Kg) en el periodo } t}$$

- **Eficiencia de conversión alimenticia ECA**

Esta variable se calculó con el inverso del factor de conversión alimenticia:

$$ECA = \frac{1}{FCA} * 100$$

- **Mortalidad**

Se determinaron el porcentaje de supervivencia

$$\text{Mortalidad (\%)} = \frac{\text{Número de alevines muertos}}{\text{Total de alevines por tratamiento}} * 100$$

### **Variables hematológicas**

Se seleccionaron 10 alevines por tratamiento en forma aleatoria de cada unidad experimental, dando un total de 30 animales en el experimento.

- **Toma de muestra de sangre**

Los animales fueron capturados de cada espacio en un peso promedio a  $10 \pm 3g$ , seguidamente serán anestesiados por inmersión temporal en una solución de Eugenol en dosis de 0.5 ml/10 litros de agua, se procedió a extraer de 0.5 a 1 mL de sangre de la vena caudal con una jeringa que contuvo una gota de solución de Heparina sódica 500 UI/mL para evitar la coagulación de sangre. La punción se realizó en un ángulo de  $30^\circ$  a  $45^\circ$ , tomando como referencia la intersección entre la línea media y el poro genital del pez. Se introdujo la aguja hasta llegar a la zona de la columna vertebral, por donde pasa la arteria caudal, se colectó la sangre necesaria para el estudio, las 30 muestras de sangre fueron colocadas en tubos eppendorf de 1 mL rotulados, almacenados bajo refrigeración después de extraer la sangre necesaria para el análisis del hematocrito y ser centrifugados.

- **Análisis de hematocrito**

El hematocrito midió el porcentaje de glóbulos rojos que contuvo una muestra de sangre, cabe recalcar que este análisis permitió de manera indirecta detectar la presencia de enfermedades como anemia y otros trastornos sanguíneos. Para este estudio se utilizó 0.5 ml de sangre con un anticoagulante heparina, se realizó 1 medición por muestra de sangre utilizando micro capilares sin anticoagulante debido a que las muestras ya contaban con heparina sódica. Los capilares fueron sellados con plastilina luego colocados en tubos de ensayo con una base de algodón y debidamente rotulados. Los tubos fueron centrifugados durante 10 minutos a 3500rpm utilizando una centrífuga ® Dynac.

- **Análisis de glucosa (Gluc)**

El análisis de glucosa midió la concentración de azúcar en la sangre. La obtención de la glucosa de las muestras se realizó mediante la utilización del kit Human glucose de la empresa Liquicolor. Para el análisis de las 30 muestras se utilizó 32 tubos correctamente rotulados en los cuales se colocaron 1 mL del reactivo, en un tubo se colocó 10 µL del estándar y en los 30 restantes 10 µL de plasma sanguíneo, obtenido anteriormente mediante la centrifugación de 1 mL de sangre, el tubo restante se utilizó como blanco para calibrar el espectrofotómetro. Las soluciones fueron incubadas a temperatura ambiente por 5 minutos. Las muestras fueron leídas utilizando un espectrofotómetro Thermo Spectronic a 546 nm, encerrado con el blanco y calibrado con el estándar.

Se aplicó la siguiente fórmula para obtener el contenido de glucosa en sangre en mg/dL.

$$Glucosa (mg/dl) = 100 * \frac{ABS\ muestra}{ABS\ STD}$$

mg: Miligramo

dl: Decilitro

ABS: Absorbancia

STD: Estándar

- **Análisis de proteína total (PT)**

El análisis de proteína total midió el contenido total de proteína que es el resultado de la suma de albumina y globulina. Se utilizó el kit Human total protein de Liquicolor, para el análisis de 30 muestras, se utilizaron 32 tubos correctamente etiquetados en los cuales se colocaron 1mL de reactivo (Método de Biuret), uno de ellos sirvió como blanco, utilizando una micropipeta se adicionó 20 µL de (STD) en un tubo, en los 30 restantes se adicionaron 20 µL del plasma sanguíneo. La muestra incubada por 15 minutos se mantuvo a una temperatura de 37°C. Se obtuvieron las lecturas utilizando un espectrofotómetro Thermo Spectronic a 546 nm, encerado con el blanco y calibrado con el estándar.

Para el cálculo del contenido de proteína total en sangre en g/L se utilizó la siguiente fórmula.

$$PT (g/dL) = 80 * \frac{ABS\ muestra}{ABS\ STD}$$

PT: Proteína Total

g: Gramo

dL: Decilitro

ABS: Absorbancia

STD: Estándar



- **Albúmina (Alb)**

La albúmina fue un indicador directo de problemas hepáticos o renales, además es un indicador de deficiencias nutricionales y la respuesta a posibles ascitis. Se utilizó el kit Human TOTAL albumin de Liquicolor. Para el análisis de las 30 muestras se utilizaron 32 tubos correctamente etiquetados en los cuales se colocaron 1 mL del reactivo en 32 tubos de ensayo debidamente rotulados, uno de ellos sirvió como blanco, utilizando una micropipeta se adicionó 10 µL del estándar STD en un tubo, en los 30 restantes se colocaron 10 µL del plasma sanguíneo. Las soluciones incubadas por 5 minutos a temperatura ambiente. Se obtuvieron las lecturas de muestras utilizando un espectrofotómetro Thermo Spectronic a 546 nm, encerado con el blanco y calibrado con el estándar.

Para obtener el contenido de albúmina total en sangre en g/L se aplicó la siguiente fórmula:

$$Alb (g/L) = 40 * \frac{ABS \text{ muestra}}{ABS \text{ STD}}$$

Alb: Albúmina

g: Gramo

L: litro

ABS: Absorbancia

STD: Estándar

### **Análisis del aparato digestivo**

El análisis del aparato digestivo se realizó al llegar un peso promedio de 7,51±0,99 g después de 100 días de haber suministrado la dieta con harina de mosca soldado.

- **Toma de muestras**

Se seleccionó 10 animales por tratamiento cuando haya llegaron a los  $7,51 \pm 0,99g$ :

- Los peces fueron colocados en la cubeta de disección, se reconoció las partes externas del animal. Se cortó el opérculo y se observó las branquias en el interior.
- Se realizó un corte rectangular en un lado, se empezó cortando la aleta pectoral. Desde el inicio de dicha aleta y siguiendo una línea recta, se cortó hasta el ano (delante de la aleta anal).
- Se cortó paralelamente desde la primera incisión hasta la altura de la base de la aleta pectoral, terminando se retiró el trozo de musculatura y se observaron las vísceras del pez.

### **Análisis de indicadores financieros**

El análisis económico se realizó en base a los trabajos de análisis financieros de Perrin (2011), donde se calculó: costos de inversión, gastos operativos y para el cálculo de indicadores financieros se utilizó el software para evaluación de proyectos de inversión.

## Capítulo IV

### Resultados y Discusión

#### VARIABLES MORFOMÉTRICAS

##### Peso (g)

El análisis estadístico para el peso (g) no presentó diferencias significativas entre tratamientos ( $F_{2,4} = 3,973; p = 0,0634$ ) los animales sometidos a una inclusión de harina de mosca soldado del 15 % y 20 % presentaron valores similares al tratamiento testigo (Tablas 4, 5; Figura 9).

**Tabla 4**

*Medias  $\pm$  desviación estándar del peso corporal de **Oncorhynchus mykiss** bajo una dieta con cuatro niveles de inclusión de probiótico durante el experimento.*

Inclusión de H. M.	Tiempo (días)	Peso promedio (g)
0%	15	2,65 $\pm$ 0,10
	30	3,64 $\pm$ 0,10
	45	5,19 $\pm$ 0,27
	60	5,86 $\pm$ 0,33
	75	6,77 $\pm$ 0,38
15%	15	2,86 $\pm$ 0,09
	30	3,67 $\pm$ 0,38
	45	5,16 $\pm$ 0,34
	60	5,96 $\pm$ 0,48
	75	6,82 $\pm$ 0,56
20%	15	2,77 $\pm$ 0,05
	30	3,68 $\pm$ 0,20
	45	5,20 $\pm$ 0,20
	60	6,05 $\pm$ 0,37
	75	6,9 $\pm$ 0,41

Nota: Datos realizados en el programa de Infostat

**Tabla 5**

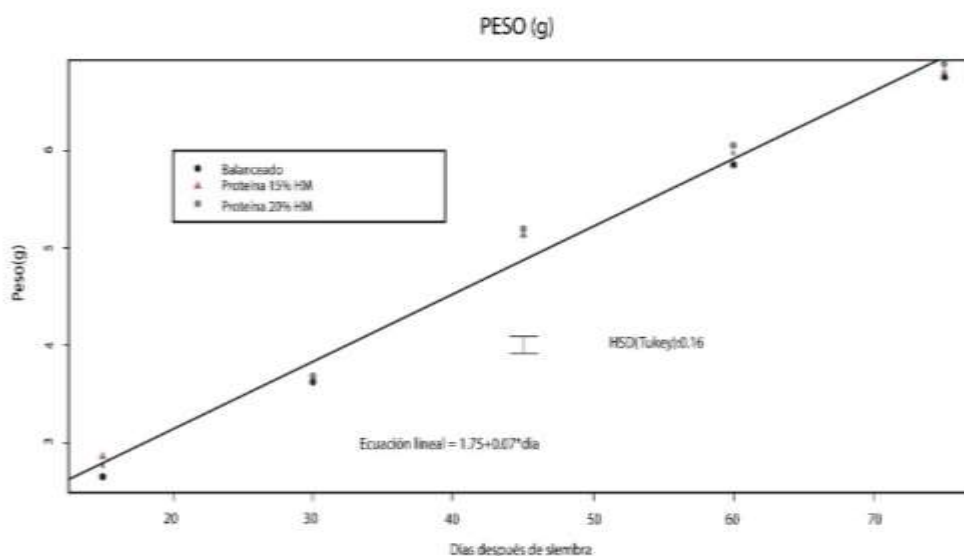
Medias  $\pm$  desviación estándar del peso corporal de *Oncorhynchus mykiss*

Inclusión de H.M.	PESO CORPORAL (g)
0%	4,82 $\pm$ 1,67 a
15%	4,89 $\pm$ 1,62 a
20%	4,92 $\pm$ 1,69 a

Nota: Columnas con letra semejante son estadísticamente iguales (HSD Tuckey;  $p < 0.05$ )

**Figura 9**

Promedio del peso corporal (g) de *Oncorhynchus mykiss* bajo la inclusión de diferentes porcentajes de Harina de mosca soldado



Nota: Gráfica realizada en el programa de infostat

Como se nota en las tablas (4 y 5) y figura 9, con la inclusión de diferentes porcentajes de harina de mosca en harina de pescado en la alimentación de alevines de *Oncorhynchus mykiss* no presentaron diferencias significativas en el peso total entre tratamientos durante el ensayo. Esto puede deberse a que la inclusión de harina de

mosca soldado corresponde a un ingrediente nuevo en la dieta de los peces, por lo tanto, en este punto lo indispensable sería constatar la asimilación de esta nueva dieta por parte de los alevines, más aun conociendo que la trucha arcoíris una especie carnívora, estricta y muy selectiva en su alimentación.

Por otro lado, si bien los estudios sobre la inclusión de harina de mosca soldado en etapa de alevinaje, es escasa, debido a que se realiza mayor énfasis en etapas juveniles, los efectos de dicha inclusión pueden ser corroborados en estudios como los de Cami, y otros, (2021), quienes evaluaron porcentajes de 0 al 50% de inclusión de harina de mosca en dietas para esta especie en peces de aproximadamente de 100 g, sin encontrar diferencias significativas en los parámetros morfométricos lo que corresponde con lo encontrado en nuestro estudio.

### **Longitud y ancho total**

El análisis de varianza para la longitud estadísticamente no se encontró un efecto significativo entre tratamiento, ( $F_{2,4} = 1,303; p = 0,324$ ), al igual que el ancho ( $F_{2,4} = 1,303; p = 0,324$ ). Los animales sometidos diferentes porcentajes de inclusión de proteína de harina de mosca soldado crecen en similitud de longitud y ancho con animales de tratamiento testigo (Tabla 6, Tabla 7, Figura 10 y 11).

En la tabla 6, se observará el promedio de longitud y ancho con respecto al tiempo, lo que nos indica que el alimento no efectuó un cambio en estas variables dentro del animal, siendo una característica favorable para la industria de la producción de harina de mosca, que buscan alternativas de reemplazar la harina de pescado en los alimentos balanceados de animales.

**Tabla 6**

Media  $\pm$  error estándar de la longitud y ancho total de *Oncorhynchus mykiss* bajo una dieta con tres niveles de Harina de Mosca Soldado durante el experimento

Inclusión de H.M.	Tiempo (días)	Longitud total (cm)	Ancho total (cm)
0%	15	5,99 $\pm$ 0,03	0,91 $\pm$ 0,00
	30	7,03 $\pm$ 0,10	1,48 $\pm$ 0,02
	45	7,72 $\pm$ 0,21	1,72 $\pm$ 0,07
	60	8,16 $\pm$ 0,14	1,76 $\pm$ 0,03
	75	8,55 $\pm$ 0,17	1,87 $\pm$ 0,04
15%	15	6,16 $\pm$ 0,06	1,01 $\pm$ 0,00
	30	6,97 $\pm$ 0,17	1,46 $\pm$ 0,06
	45	7,66 $\pm$ 0,19	1,68 $\pm$ 0,05
	60	8,18 $\pm$ 0,19	1,76 $\pm$ 0,06
	75	8,50 $\pm$ 0,23	1,86 $\pm$ 0,07
20%	15	6,10 $\pm$ 0,02	1,01 $\pm$ 0,00
	30	7,00 $\pm$ 0,09	1,46 $\pm$ 0,03
	45	7,74 $\pm$ 0,11	1,69 $\pm$ 0,04
	60	8,27 $\pm$ 0,22	1,86 $\pm$ 0,25
	75	8,61 $\pm$ 0,20	1,89 $\pm$ 0,04

**Tabla 7**

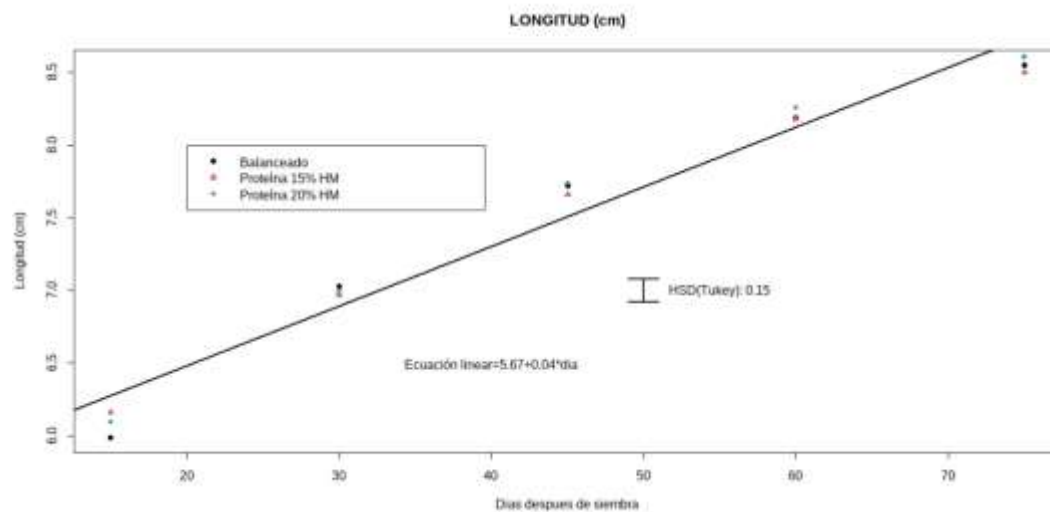
Promedio  $\pm$  error estándar del largo y anchos totales de *Oncorhynchus mykiss* bajo una dieta con tres niveles de proteína de Harina de Mosca Soldado

Inclusión de H.M.	Longitud total (cm)	Ancho total (cm)
0%	7,50 $\pm$ 1,02 a	1,55 $\pm$ 0,38 a
15%	7,49 $\pm$ 0,94 a	1,55 $\pm$ 0,34 a
20%	7,54 $\pm$ 1,01 a	1,58 $\pm$ 0,36 a

Nota: Columnas con letra semejante son estadísticamente iguales (HSD Tuckey;  $p < 0.05$ )

**Figura 10**

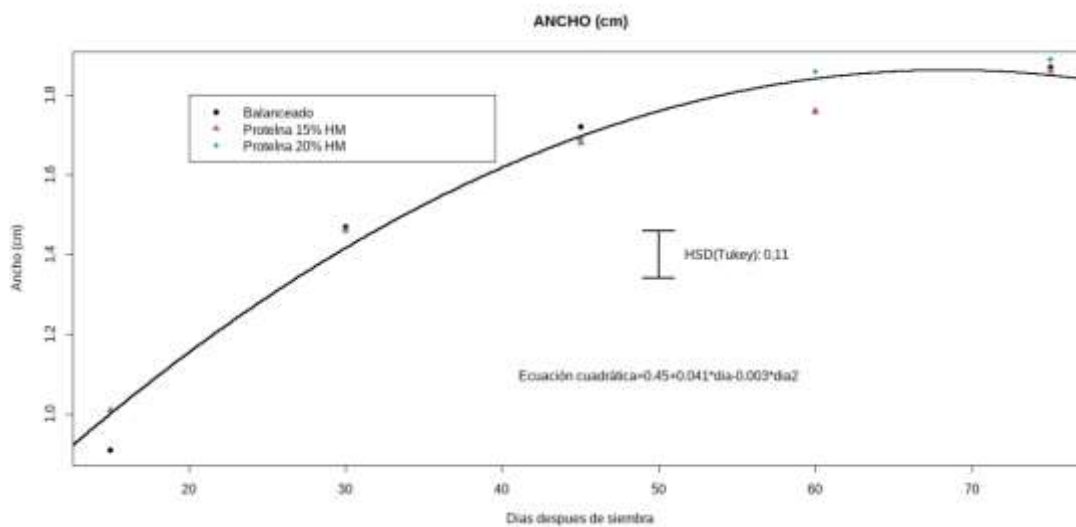
Promedio de la longitud (cm) de *Oncorhynchus mykiss* bajo la inclusión de diferentes porcentajes de Harina de mosca soldado



Nota: Gráfica realizada en el programa de infostat

**Figura 11**

Promedio del ancho (cm) de *Oncorhynchus mykiss* bajo la inclusión de diferentes porcentajes de Harina de mosca soldado.



Nota: Gráfica realizada en el programa Infostat

Como se ve en las tablas (6 y 7) y figuras (10 y 11), se demostró que no presentaron diferencias significativas para los parámetros de longitud y ancho total. Como se indicó anteriormente para el peso, el crecimiento va de la mano de que inicialmente haya una correcta asimilación del alimento en los alevines y para valorar diferencias en crecimiento lo más apropiado sería trabajar con etapas juveniles. Al igual que en este estudio, en la investigación de Cami, y otros, (2021), no encuentran variaciones significativas para estos parámetros.

En conclusión, ningún parámetro morfométrico presentó diferencias significativas, sin embargo, en estas etapas una valoración de mayor interés debe centrarse en la supervivencia de los peces frente a la asimilación de un nuevo componente en la alimentación. Además, al ser un estudio en etapas iniciales de trucha arcoíris, se trabajó con porcentajes de inclusión relativamente bajos, una razón más para primar la asimilación de la dieta frente al crecimiento. De tal forma que, en estudio la mortalidad fue bastante baja, lo que nos da la pauta de que ventajosamente la trucha comió lo que pusimos.

### **Parámetros productivos**

#### **Ganancia de peso (GP) e Índice de Condición Corporal (ICC).**

El análisis estadístico para ganancia de peso no presentó un efecto estadísticamente significativo para la interacción tratamiento × tiempo ( $F_{2,4} = 0,19; p = 0,826$ ) de igual forma para la variable de índice de condición corporal ( $F_{2,4} = 2,03; p = 0,166$ ).

El aumento de peso consiste en la acumulación de proteína, grasa y agua en el tiempo, observando los datos reflejados en la tabla 8, el crecimiento es similar en todas las variables mencionadas anteriormente.



**Tabla 8**

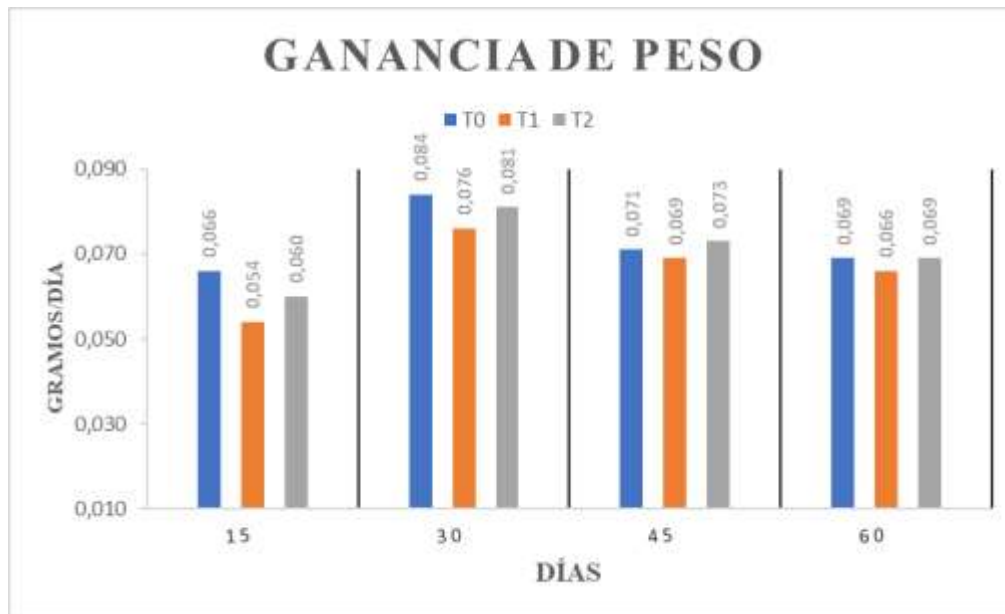
*Promedio  $\pm$  error estándar de la Ganancia de Peso e Índice de la Condición Corporal de **Oncorhynchus mykiss** bajo una dieta con tres niveles de proteína de Harina de Mosca Soldado*

Inclusión de H.M.	Ganancia de Peso (g/día)	ICC
0%	0,05 $\pm$ 0,0049	1,08 $\pm$ 0,04
15%	0,05 $\pm$ 0,01	1,11 $\pm$ 0,02
20%	0,06 $\pm$ 0,01	1,08 $\pm$ 0,02

Nota: Columnas con letra semejante son estadísticamente iguales (HSD Tuckey;  $p < 0.05$ )

**Figura 12**

*Ganancia de peso (g/día) de **Oncorhynchus mykiss** bajo la inclusión de diferentes porcentajes de Harina de mosca soldado.*



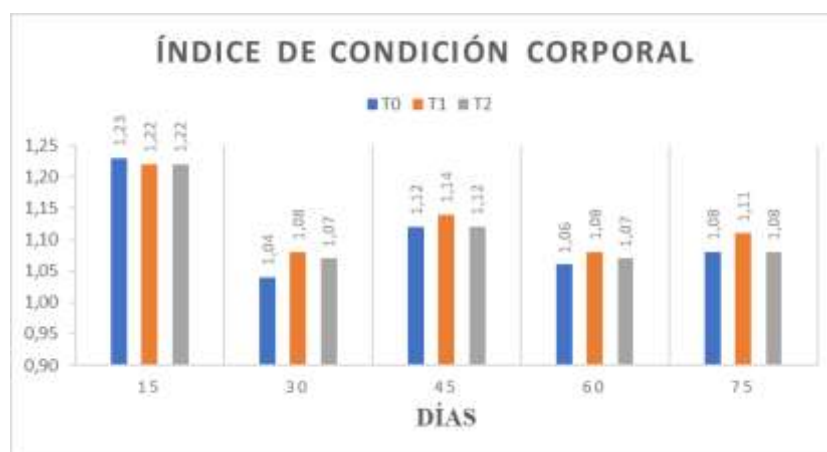
Con los resultados observados en las tabla 8 y en la figura 12 demuestra que no existe una diferencia estadísticamente significativa, para la variable ganancia de peso

entre tratamientos, es decir, la inclusión de harina de mosca soldado en la dieta, no presentó variaciones importantes en el tiempo, por su parte (Čengić-Džomba, Džomba, Muratović, & Hadžić (2020), analizaron el reemplazo de la harina de pescado con harina de insectos para trucha arcoíris; incluyendo también la harina de mosca soldado, demostrando que incluso con un reemplazo del 50 % de la harina en la dieta, no existieron diferencias significativas en ganancia de peso en animales juveniles de trucha arcoíris con peso promedio de 100g, que coincide con este estudio.

Adicionalmente se puede observar en la figura 12 los tratamientos T0 y T2 a los 30 días alcanzaron mayor ganancia de peso, resultados similares con Jahan, Monirul, Haque, & Salam (2021), en la inclusión de harina de mosca soldado para alevines de carpa, lo cual se debe a que los nutrientes estuvieron más balanceados a diferencia que el tratamiento T1

### Figura 13

*Índice de Condición Corporal de Oncorhynchus mykiss bajo la inclusión de diferentes porcentajes de Harina de mosca soldado.*



Nota: Gráficas realizadas en Excel con los datos ya calculados.

El índice de condición corporal de los alevines de la trucha arcoíris no presentó diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, de la Figura 13 podemos

destacar un incremento de este índice en los primeros 15 días, lo que puede explicarse en que, los animales pasaron un proceso de adaptación donde mayormente se alimentaron con la dieta convencional (100 % harina de pescado) por lo que lógicamente presentan mayor preferencia que el nuevo ingrediente.

A los 75 días, los alevines del T1 presentaron un ligero incremento de su condición corporal con respecto a los otros tratamientos, aun así, esta diferencia no fue significativa y coincide con lo expuesto por Rimoldi, Antonini, Gasco, Moroni, & Terova (2021), en sus estudios sobre análisis de la harina de mosca soldado en la nutrición de la trucha arcoíris en juveniles de 100 g, en inclusión de 15% a 50%.

#### **Tasa de Crecimiento Específico (TCE), Factor de Conversión alimenticia (FCA) Y Eficiencia alimenticia (EA)**

El análisis estadístico no obtuvo un efecto estadísticamente significativo entre tratamientos para las variables tasa de crecimiento específico ( $F_{2,4} = 1,31; p = 0,299$ ), factor de conversión alimenticia ( $F_{2,4} = 0,42; p = 0,662$ ), y eficiencia alimenticia ( $F_{2,4} = 0,24; p = 0,793$ ).

#### **Tabla 9**

*Media  $\pm$  desviación estándar de la tasa de crecimiento específico (TCE), factor de conversión alimenticia (FCA) y eficiencia alimenticia (EA) de *Oncorhynchus mykiss* bajo una dieta con tres niveles de proteína de Harina de Mosca Soldado*

<b>Inclusión de H.M.</b>	<b>TCE</b>	<b>FCA</b>	<b>EA</b>
<b>0%</b>	1,56 $\pm$ 0,07	1,10 $\pm$ 0,09	91,53 $\pm$ 7,13
<b>15%</b>	1,44 $\pm$ 0,17	1,16 $\pm$ 0,16	88,01 $\pm$ 13,79
<b>20%</b>	1,52 $\pm$ 0,11	1,10 $\pm$ 0,12	91,72 $\pm$ 9,64

Nota: Columnas con letra semejante son estadísticamente iguales (HSD Tuckey;  $p < 0.05$ ) EA: Eficiencia alimenticia; FCA: Factor de Conversión Alimenticia; TCE: Tasa de Crecimiento Específico

La tasa de crecimiento específico fue positiva, obteniendo un promedio  $1,50 \pm 0,11$  %/ día.

Entre los tratamientos no se encontraron diferencias significativas, sin embargo, el mejor tratamiento son los que tiene inclusión de 20 % de harina de mosca soldado con  $1,52 \pm 0,11$  % / día (Tabla 9).

El factor de conversión alimenticia se mantuvo dentro de los parámetros comerciales en todos los tratamientos ( $1,24 \pm 0,047$ ). No se encontró diferencias entre tratamiento. Sin embargo los tratamientos tuvieron un mejor conversión el tratamiento 2, con 20 % de inclusión de harina de mosca, con un FCA de  $1,10 \pm 0,12$ , y una eficiencia del 91,72% (Tabla 9).

## Mortalidad

**Tabla 10**

*Mortalidad por tratamiento en inclusión de harina de mosca soldado*

Inclusión de H.M.	Mortalidad %
0%	2,22
15%	4,44
20%	1,67

Nota: Datos calculados en base a los animales muertos durante la fase del proyecto

Como se observa en la Tabla 10, los resultados de mortalidad son bajos, como indica FAO (2020), para una producción intensiva se puede aceptar hasta el 19% de mortalidad en alevinaje nuestro estudio el porcentaje de mortalidad más elevado presenta en el tratamiento del 15 % de inclusión de harina de mosca, con 4,44%, que cabe dentro de los rangos establecidos, sin embargo, no existe ningún riesgo que se reemplace la harina de pescado por la harina de mosca soldado y pudo ser que esta

mortalidad se dio por problemas climáticos, que se presentaron durante el proyecto y a la vez a la genética del animal.

## Variables Hematológicas

### Hematocrito y Glucosa

El análisis de varianza para hematocrito y glucosa no dio como resultado un efecto estadísticamente significativo ( $F_{2,4} = 1,32; p = 0,289$ ) ( $F_{2,4} = 0,94; p = 0,408$ )

Tabla 10.

### Tabla 11

*Promedio  $\pm$  desviación estándar de la tasa de hematocrito y glucosa de *Oncorhynchus mykiss* bajo una dieta con tres niveles de proteína de Harina de Mosca Soldado*

Inclusión de H.M.	Hematocrito (%)	Glucosa (mg/dl)
0%	49,43 $\pm$ 14,56	54,89 $\pm$ 34,02
15%	58,44 $\pm$ 9,62	42,37 $\pm$ 23,70
20%	54,63 $\pm$ 8,80	59,95 $\pm$ 20,22

**Nota:** Columnas con letra semejante son estadísticamente iguales (HSD Tuckey;  $p < 0.05$ ) mg: Miligramos; dL: Decilitro; %: Porcentaje

En el estudio de Pérez (2020), sobre parámetros hematológicos en la trucha arcoíris, se señala que el hematocrito normal para esta especie está en el rango de 30% y 50%. Teniendo como base dichos datos, los valores obtenidos en el estudio, con la inclusión de harina de mosca soldado, de (15 y 20%) como se observa en la tabla 9, se encuentran dentro del rango normal para la especie. Así mismo en otro estudio de Buenaño (2010), indica que el hematocrito es el principal indicador de alteraciones

sanguíneas como anemia, nuestros resultados fueron favorables, mostrando una condición fisiológica óptima en los animales.

La concentración de glucosa plasmática en trucha arcoíris en todos los tratamientos tuvo un nivel bajo, las concentraciones promedio estuvieron entre (70 -100 mg/dl). Como menciona Huanca (2017), la glucosa es la principal fuente de energía para el metabolismo celular que se obtiene a través de la alimentación almacenada en el hígado, encargándose del mantenimiento de los niveles de glucosa en la sangre, así mismo Pérez (2020), explica que la concentración de glucosa en la sangre es un indicador de estrés en los peces debido a que en momentos de estrés los receptores celulares de insulina se ven alterados por el aumento de hormonas como adrenalina y cortisol.

Por su parte, Huanca (2017), demostró en su investigación de indicadores de estrés, que el cortisol es una hormona esteroidea producida por la glándula suprarrenal, derivada del colesterol, la cual es segregada como respuesta ante el estrés, aumentando la concentración de glucosa en la sangre a partir de la reserva de grasa, disminuye la utilización de la glucosa por la mayoría de células para aumentar el aporte de la glucosa a las células cerebrales y cardíacas, utiliza proteínas para reparar tejidos, y suprime las respuestas inmunes e inflamatorias, con estos antecedentes podemos concluir que nuestros animales estuvieron en un nivel óptimo de glucosa y concluimos que la inclusión de la dieta no genero un estrés metabólico en los peces.

### **Proteína Total (PT) Y Albúmina (Alb)**

El análisis de varianza para proteína y albúmina no dio como resultado un efecto estadísticamente significativo ( $F_{2,4} = 0,89; p = 0,426$ ) ( $F_{2,4} = 1,66; p = 0,214$ ) Tabla 11.

**Tabla 12**

*Promedio  $\pm$  desviación estándar de proteína total y albúmina de *Oncorhynchus mykiss* bajo una dieta con tres niveles de proteína de Harina de Mosca Soldado*

<b>Inclusión de H.M.</b>	<b>Proteína (mg/dL)</b>	<b>Albúmina (mg/dL)</b>
<b>0%</b>	2,14 $\pm$ 1,11	1,11 $\pm$ 0,89
<b>15%</b>	2,64 $\pm$ 1,90	1,75 $\pm$ 0,94
<b>20%</b>	1,72 $\pm$ 0,61	1,12 $\pm$ 0,43

Nota: Columnas con letra semejante son estadísticamente iguales (HSD Tuckey;  $p < 0.05$ ) mg: Miligramos; dL: Decilitro.

Según el estudio (Buenaño, 2010), el contenido de proteína y albúmina en la sangre se mantuvo dentro de los parámetros normales 2,14 $\pm$ 1,11; 1,11 $\pm$ 0,89. En el estudio de Abu, Razak, Taufek, & Alias (2020), demostraron que hubo un efecto similar dentro de los parámetros hematológicos en especies omnívoras como la tilapia, al reemplazar la harina de pescado por la harina de mosca soldado considerando los hábitos alimenticios, en esta investigación trabajando con una especie totalmente carnívora, los rangos de proteína y albúmina son óptimos.

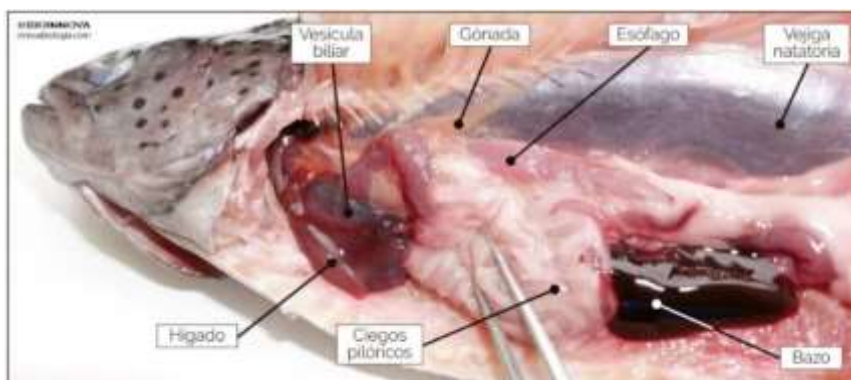
### **Análisis del aparato digestivo interna de la trucha arcoíris**

Una parte fundamental del estudio es la observación del aparato digestivo de la trucha arcoíris, mediante el cual podemos analizar la absorción de la alimentación. Como menciona Bioinnova (2021), en animales carnívoros, como la trucha arcoíris, los ciegos pilóricos forman la estructura primordial para la absorción de aminoácidos, carbohidratos, lípidos, agua e iones; al igual que las glándulas como el hígado que actúa como depósito de glucógeno, almacena grasa, asimila nutrientes, produce bilis y sintetiza proteínas. A continuación, se constata el estado de los órganos internos, donde se ve que los ciegos pilóricos son de forma de tubos glandulares bien formados, de

tamaño a relación al peso del pez, y demuestran la absorción y asimilación de los alimentos.

### Figura 14

*Descripción del aparato digestivo de la trucha arcoíris.*



Nota: Sistema digestivo de la trucha arcoíris en óptimas condiciones tomado de (Bioinnova, 2021)

### Figura 15

*Problemas hepáticos en trucha arcoíris por enfermedades y nutrición*



Nota: Coloración del hígado por enfermedades tomado de (Yunis, Anicama, Manchego, & Sandoval, 2015).

En la figura 15 algunas alteraciones hepáticas como coloración amarillenta, puntos negros, Según Yunis, Anicama, Manchego, & Sandoval (2015), los problemas



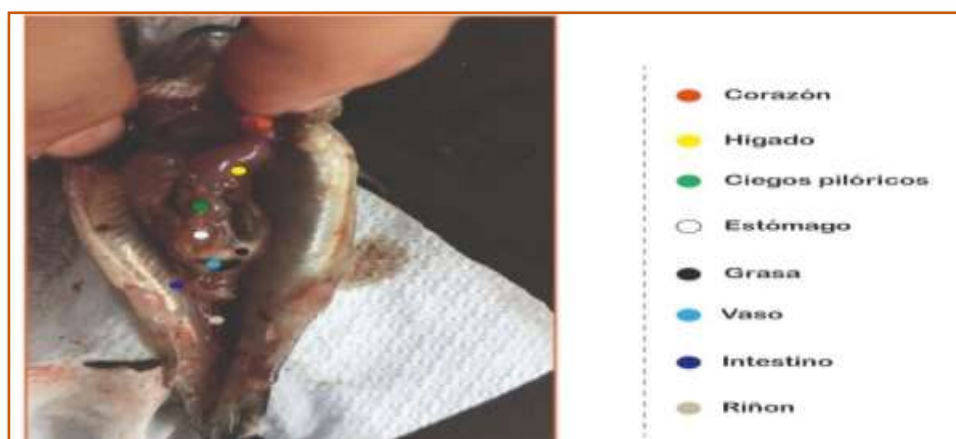
hepáticos pueden darse por enfermedades o una mala alimentación. En este caso para la trucha arcoíris, estos problemas pueden estar presentes porque es un nuevo ingrediente, más del valor alto en proteína, presenta un alto contenido de grasa (Tabla 3). Sin embargo, no son problemas exagerados o no se presentó un riesgo grave en la salud.

### **Análisis del aparato digestivo con 0% de inclusión de harina de mosca soldado**

En el tratamiento testigo se puede observar cada parte del sistema digestivo de la trucha arcoíris en perfectas condiciones. El color del hígado es rojizo, los ciegos pilóricos y estómago se muestran con formas y texturas adecuadas, el vaso presenta coloración intensa normal y hay una acumulación pequeña de grasa adherida en los ciegos pilóricos Figura 16 y 17 en comparación a la Figura 14, donde se Bioinnova (2021), nos indica una imagen en perfectas condiciones de la trucha arcoíris sin presentar ninguna anomalía, ni enfermedad.

### **Figura 16**

*Sistema digestivo interna de **Oncorhynchus mykiss** bajo la inclusión de 0% de Harina de mosca soldado*



Nota: Disección realizada en los laboratorios del CENIAC

### Figura 17

Sistema digestivo interna de *Oncorhynchus mykiss* bajo la inclusión de 0% de Harina de mosca soldado.



Nota: Partes fundamentales para la asimilación del balanceado

### Análisis del aparato digestivo al 15% de inclusión de harina de mosca soldado

El tratamiento con 15 % de inclusión de Harina de Mosca en la alimentación, refleja en la parte interna del animal óptimas condiciones, en relación con el color del hígado y formación del intestino y estómago. Sin embargo, a diferencia de los animales testigo tienen una mayor cantidad de grasa adheridas en los ciegos pilóricos y cavidad abdominal Figura 18 y 19.

### Figura 18

Sistema digestivo interna de *Oncorhynchus mykiss* bajo la inclusión de 15% de Harina de mosca soldado



Nota: La disección se realizó en los laboratorios del CENIAC.

### Figura 19

Sistema digestivo interna de *Oncorhynchus mykiss* bajo la inclusión de 15% de Harina de mosca soldado



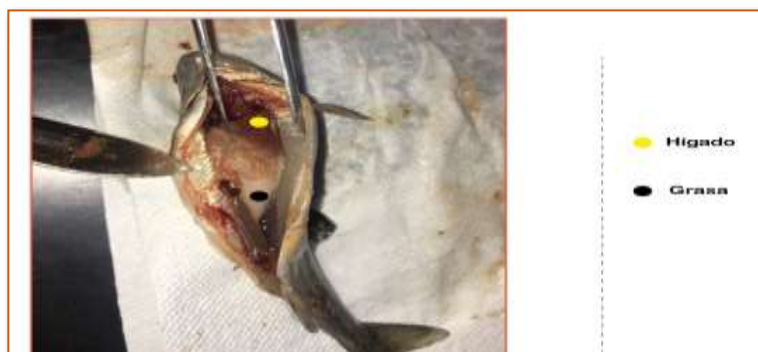
Nota: Disección realizada en los laboratorios del CENIAC.

### Análisis del aparato digestivo al 20% de inclusión de harina de mosca soldado

El tratamiento con 20 % de inclusión de Harina de Mosca en la alimentación, refleja buena condición y forma del hígado e intestino y estómago. La particularidad es la cantidad de almacenamiento de grasa a diferencia de los otros dos tratamientos, en algunos casos llegaba a cubrir en la totalidad a los ciegos pilóricos y vaso Figura 20 y 21.

### Figura 20

Sistema digestivo interna de *Oncorhynchus mykiss* bajo la inclusión de 20% de Harina de mosca soldado.



Nota: Disección realizada en los laboratorios del CENIAC

## Figura 21

*Sistema digestivo interna de **Oncorhynchus mykiss** bajo la inclusión de 20% de Harina de mosca soldado.*



Nota: Disección realizada en los laboratorios del CENIAC

Como conclusión de los análisis del sistema digestivo en todos los tratamientos podemos valorar que existió una buena asimilación del alimento con inclusión de harina de mosca soldado, la morfología interna muestra órganos en perfectas condiciones, únicamente se presentaron variaciones en la acumulación de grasa que existe en los tratamientos 15 % y 20% de inclusión de harina de mosca soldado se debe a una ingesta superior a lo necesario de nutrientes, por lo que, el adicional, se acumula en grasa. Esta acumulación es mayor o menor dependiendo de la calidad de alimento que recibe el animal.

## Análisis Financiero

### Análisis del valor de la harina de mosca soldado

Se calculó el valor de la harina de mosca soldado incluyendo todos los gastos desde la infraestructura, hasta la materia prima y gastos operarios para una producción de 10000 kg/ mes de harina de mosca soldado. En la Tabla 12. se observa desde el valor calculado de la harina de mosca por kg, En la tabla 13, se nota la inversión del alimento en los tratamientos con inclusión de 15 % y 20% de harina de mosca soldado en los balanceados.

**Tabla 13***Inversiones para la producción de Harina de mosca soldado*

<b>PRESUPUESTO DE TESIS DE LA HARINA DE MOSCA SOLADO</b>				
<b>Rubro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario (USD)</b>	<b>Valor total (USD)</b>
<b>Infraestructura</b>				
<b>Invernadero</b>	m2	400	16,67	6668
<b>Madera</b>	unidad	10	3,5	35
<b>Malla</b>	rollo	2	100	200
<b>Rejas</b>	unidad	1	100	100
<b>Laboratorio</b>	unidad	1	3600	3600
<b>Equipos</b>				
<b>Termómetro</b>	unidad	1	15	15
<b>Paila</b>	unidad	3	50	150
<b>Balanza</b>	unidad	1	180	180
<b>Molino</b>	unidad	1	48	48
<b>Materiales (Adecuación)</b>				
<b>Pie de cría</b>	kg	1	25	25
<b>Cajas plásticas</b>	unidad	10	5	50
<b>Cernidores</b>	unidad	10	0,9	9
<b>Baldes</b>	Unidad	4	50	200
<b>Malla</b>	Rollo	1	50	50
<b>Clavos</b>	lb	3	1	3
<b>Tiras de Madera</b>	unidad	15	2,75	41,25
<b>COSTO VARIABLE (Materia Prima)</b>				
<b>Residuos de frutas</b>	kg	20	1,85	37
<b>Empaque</b>	cajas	20	25	500
<b>Suplemento</b>	kg	1	4,5	4,5
<b>Subtotal</b>				\$541,50
<b>TOTAL</b>				
<b>COSTOS FIJOS</b>				
<b>Luz</b>	kw	140	0,09	12,6
<b>Mano de obra</b>	unidad	3	700	2100
<b>Gas</b>	unidad	10	3,75	37,5
<b>Transporte</b>	unidad	25	3,5	87,5
<b>Subtotal</b>				2237,6
<b>TOTAL, GENERAL</b>				\$14.153,35

Nota: Valor de un kilogramo de harina de mosca soldado en producción de 10000 kg/mes.

**Tabla 14***Precio por kg de cada tratamiento de inclusión de harina de mosca soldado*

<b>PRECIO DE LOS PRODUCTOS DE HARINA DE MOSCA</b>					
<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>HARINA DE MOSCA</b>	<b>BALANCEADO 15%</b>	<b>BALANCEADO 20%</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Unidades producidas</b>	Kg	10000	10000	10000	30000
<b>Ventas</b>	\$	22500	30000	35000	87500
<b>Precio de venta unitario</b>	\$/Kg	2,25	3	3,5	
<b>COSTOS VARIABLES</b>					
<b>Infraestructura</b>	\$	11000	11000	11000	33000
<b>Materias primas</b>	\$	541	5279,5	6404,5	12225
<b>Otros aprovisionamientos</b>	\$	378,25	378	378,25	1134,5
<b>Gastos de personal variables</b>	\$	2237,6	2237,6	2237	6712,2
<b>Otros gastos variables</b>	\$	500	500	500	1500
<b>Total, Costos Variables</b>	\$	14656,85	19395,1	20519,75	54571,7
<b>Costo variable unitario</b>	\$/Kg	1,47	1,94	2,05	
<b>Margen de beneficio bruto</b>	\$	7843,15	10604,9	14480,25	32928,3
<b>Margen de beneficio unitario</b>	\$/kg	0,78	1,06	1,45	
<b>Costos fijos</b>					<b>\$2.237,60</b>
<b>Beneficio neto total</b>					<b>\$30.690,70</b>

En la tabla 13, se puede observar el valor propuesto por kg de la harina de mosca soldado y para cada balanceado con la inclusión de 15 % y 20% utilizada en la

investigación, teniendo un margen de beneficio unitario que por 10000 kg/mes resulta favorable para la industria de reemplazar a la harina de pescado, y aceite de pescado, que, aunque el valor del producto final supere entre 0.85 ctv a 1 dólar, la calidad y los parámetros métricos y productivos del animal son los mismos a comparación del testigo. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que la producción sigue siendo pequeña en relación con la harina de pescado y aceite de pescado.

### ***Análisis de costos parciales y marginales.***

Obteniendo el valor de cada producto final, se procedió a obtener el beneficio bruto que corresponde a la ganancia de peso de los animales durante los 75 días por el valor calculado en cada tratamiento Tabla 14. De la diferencia de los beneficios brutos con los costos variables se obtuvo el beneficio neto Tabla 15.

**Tabla 15**

*Análisis de costos parciales de la harina de mosca soldado*

<b>ANÁLISIS DE COSTOS PARCIALES</b>			
	T0	T1	T2
<b>RENDIMIENTO</b>	0,29	0,27	0,28
<b>RENDIMIENTO AJUSTADO</b>	0,2755	0,2565	0,266
<b>COSTO/ALIMENTO TESTIGO</b>	0,00215		
<b>COSTO/ALIMENTO 1</b>		0,003	
<b>COSTO/ALIMENTO 2</b>			0,0035
<b>BENEFICIO BRUTO</b>	0,068875	0,12825	0,1862
<b>BENEFICIO NETO</b>	0,066725	0,12525	0,1827
<b>COSTO VARIABLE</b>	0,00215	0,003	0,0035

**Tabla 16**

*Beneficio neto, costo variable y Tasas internas de retorno marginal para cada tratamiento de inclusión de harina de mosca soldado*

<b>ANÁLISIS MARGINAL</b>			
<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>BENEFICIO/NETO</b>	<b>COSTO/VARIABLE</b>	<b>TIRM</b>
<b>T0</b>	0,066725	0,00215	68,85
<b>T1</b>	0,12525	0,003	114,9
<b>T2</b>	0,1827	0,0035	

Colocando los beneficios netos en orden descendiente junto con los costos variables se procedió a realizar el análisis de dominancia donde el tratamiento debe presentar igual o menor beneficio neto con mayor costo variable. En esta investigación refleja que el tratamiento dominante es la inclusión de 20% de Harina de Mosca Soldado Tabla 15.

Con los tratamientos no dominados se procedió a realizar el análisis marginal determinando la mejor opción económica, siendo el caso del tratamiento de 15% de inclusión de harina de mosca soldado, pues con este tratamiento se observa mayor tasa interna de retorno marginal (Tabla 15).



## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

- El incluir la harina de pescado con harina de mosca soldado en el alimento balanceado no genera ningún efecto significativo en los parámetros zootécnicos de la trucha arcoíris. Sin embargo, se demostró la eficiencia del producto para el crecimiento, en la etapa de alevinaje que es la más difícil de cubrir las necesidades proteicas y nutricionales para un buen desempeño del animal.
- Los tratamientos tratados con inclusión de 15 % y 20 % de harina de mosca soldado en la dieta no mostraron diferencias significativas en relación con el tratamiento testigo. Además, tuvimos valores óptimos de hematocrito, proteína y albumina. El análisis visual de cada parte del sistema digestivo nos ayudó a comprobar una buena asimilación y comportamiento del animal sobre el producto, la acumulación de grasa en el tratamiento 20% se hace énfasis a una mayor ingesta de nutrientes del alimento y almacenamiento de energía en relación con el resto de los tratamientos.
- En base al análisis de costos desarrollado, la inclusión de la harina de mosca la dieta de alevines de trucha arcoíris, resulta ser ventajosa en comparación con los costos de suministrar una dieta convencional. Esto a pesar de que la producción de harina de mosca sigue siendo aún artesanal. Finalmente debe considerarse que, siendo una fuente alternativa de alimentación, la harina de mosca cubre requerimientos nutricionales para etapas iniciales del cultivo donde los requerimientos son más elevados, siendo también indispensable mencionar que el uso de esta harina se presenta como alternativa sostenible y ayuda al equilibrio ambiental.

## Recomendaciones

- Se recomienda la inclusión del 15% de Harina de mosca soldado reemplazando la proteína que da la harina de pescado en el balanceado en las etapas de alevinaje de *Oncorhynchus mykiss*, ya que cubre las necesidades proteicas de la trucha arcoíris, sin un exceso de nutrientes y el costo de alimento balanceado es óptimo para una producción intensiva.
- Se recomienda evaluar la tecnificación de la producción de harina de mosca soldado, que brinda una oportunidad a los pequeños y medianos productores acuícolas, siendo un producto alto en proteína.
- Es indispensable la contribución de la Academia para fortalecer a nivel de investigación y con posible capacitación a los agricultores de pequeña escala que promueve este tipo de producciones sostenibles, con alto componente de innovación y amigables con el ambiente.

## Bibliografía

- Abu, N., Razak, S., Taufek, N., & Alias, Z. (2020). Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae oil as meal supplementation in diets for red hybrid tilipai. *International Journal of Tropical Insect Science* , 43-50.
- Aguirre, A. (2019). *Study of the biological cycle of Hermetia illucens (Diptera: stratiomyidae) under the conditions of laboratory in irrigation majes, Caylloma Arequipa*. Arequipa - Perú: Universidad Católica de Santa María.
- Anastacio, J. (22 de abril de 2020). La producción de harina de pescado demanda seguridad jurídica y sostenibilidad. *Cámara Nacional de Pesquería*, págs. 1-10.
- AQUA FEED. (27 de 07 de 2020). *Harina de Mosca Soldado Negra: Una fuente de Proteína Altamente Digerible para Alimentos Acuícolas*. Obtenido de <https://aquafeed.co/entrada/harina-de-mosca-soldado-negra-una-fuente-de-proteina-altamente-digerible-para-alimentos-acuicolas-22751>
- AQUAHOY. (21 de 04 de 2017). *Harina de larvas de moscas puede ser usada como reemplazo de la harina de pescado en la alimentación de camarones*. Obtenido de <https://www.aquahoy.com/i-d-i/nutricion/29054-harina-de-larvas-de-moscas-puede-ser-usada-como-reemplazo-de-la-harina-de-pescado-en-la-alimentacion-de-camarones>
- Barrera, D., & Barros, L. (2018). *Evaluación de nucleótidos en la producción intensiva de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss), en etapa de crecimiento con aireación tipo airlift*. Quito: ESPE.
- Bioinnova. (2021). *Grupo de Innovación sobre la Docencia en Diversidad Biológica*. Obtenido de <https://www.innovabiologia.com/biodiversidad/diversidad-animal/anatomia-oncorhynchus->



- Cami, C., Biasato, I., Chemello, G., Belleza, S., Lussiana, C., María, V., . . . Gasco, L. (2021). Dietary inclusion of a partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larva meal in low fishmeal-based diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12-50.
- Cardinaletti, G., Randazzo, B., Messina, M., Zarantoniello, M., Giorgini, E., Zimbelli, A., . . . Tull, F. (2019). Effects of Graded Dietary Inclusion Level of Full-Fat *Hermetia illucens* Prepupae Meal in Practical Diets for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Animals*, 1-21.
- Čengić-Džomba, S., Džomba, E., Muratović, S., & Hadžić, D. (2020). Using of Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Larvae Meal in Fish Nutrition. *Faculty of Agriculture and Food Sciences*, 147-155.
- Chirinos, Y. (2019). *Estudio del Ciclo Biológico de Hermetia illucens (Diptera: stratiomyidae) bajo las condiciones de laboratorio en la irrigación majes, Caylloma Arequipa*. Arequipa: Universidad Católica de Santa María.
- COALBO. (12 de 05 de 2020). *Distribución de alimentos extruidos balanceados e insumos para la alimentación de animales y peces*. Obtenido de <http://coalbo.com/productos.php>
- Currey, C. &. (2016). *Slow basil growth .pdf. e-gro.* . Obtenido de <http://e-gro.org/pdf/E103.pdf>
- Encina, G. B. (2003). El manejo personal agrícola. En *Administración laboral agrícola* (págs. 15-23). Chile: Internacional.
- FAO. (2009). Cultured aquatic species fact sheets. *Oncorhynchus mykiss*. Multilingual.
- FAO. (2016). El estado mundial de la Pesca y la Agricultura. *Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos*. Roma: POTTUVIL.
- FAO. (2020). El Estado Mundial de la Pesca y la Agricultura. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, 2-26.

- Fernández, A. (09 de 03 de 2020). *LA VANGUARDIA* . Obtenido de <https://www.lavanguardia.com/vida/junior-report/20180122/44123111751/sobrepesca-mares-sin-peces.html>
- Filou, E. (10 de octubre de 2020). Apártate, harina de pescado: insectos y bacterias surgen como alimentos animales alternativos. *Mongabay Latam*, págs. 1-25.
- FONDEPES. (2014). Crianza de Trucha en Ambientes Convencionales. En P. Solís, J. Requejo, S. Guerrero, & O. Ayala. Lima: EINS PERÚ.
- GMP. (1 de junio de 2015). *Asegurando Inocuidad Alimentaria*. Obtenido de <https://gmp-b2.blogspot.com/2015/06/contaminacion-de-las-fabricas-de-harina.html>
- Google Maps. (2020). Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/search/CENIAC/@-0.3641192,-78.1507867,3047a,35y,90h/data=!3m1!1e3?hl=es>
- Gutierrez, G., Ruiz, R., & Vélez, H. (2004). *ANALISIS COMPOSICIONAL, MICROBIOLÓGICO Y DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA DE LA HARINA DE LARVAS DE Hermetia illuscens L (DIPTERA:STRATIOMYIIDAE) EN ANGELÓPOLIS-ANTIOQUIA, COLOMBIA*. Medellín Colombia: Solla S.A.
- Huanca, E. (2017). *Niveles de cortisol y glucosa como indicadores de estrés en "Trucha arcoíris" (Oncorhynchus mykiss), utilizando anestésicos en la laguna de arapa*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- IFFO. (2020). *La Organización de Ingredientes Marinos* . Obtenido de <https://www.iffco.com/es/produccion>
- Imaki, A. (2003). Morfología y Ecología. En *Manual de manejo y crianza de trucha arco iris* (págs. 13-18). Quito: GD Suministros empresariales.
- Inamhi. (2011). *Anuario Meteorológico*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>
- Jacumar. (2019). Trucha arcoíris. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*, 1-3.

- Jahan, R., Monirul, M., Haque, M., & Salam, A. (2021). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as a fish meal replacement in diets for nursing common carp (*Cyprinus carpio*) fry. *Researchgate*, 1-12.
- Jaramillo, M., Valencia, N., & Machado, P. (2019). Uso Potencial de *Hermetia illucens* (LUNNAEUS) (DIPTERA: STRATIOMIDAE) PARA TRANSFORMACIÓN DE PULPA DE CAFÉ: ASPECTOS BIOLÓGICOS. *Cenicafé*, 81-90.
- MAGAP. (2009). *ANATOMÍA INTERNA DE LA TRUCHA ARCOÍRIS*. Papallacta: Ceniac.
- Maiz, A., Lacruz, L., & Piñero, D. (2010). Elementos prácticos para la cría de truchas en Venezuela. *Mundo pecuario*, 1-12.
- Maraver, L. (2013). El cultivo de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*). En *Morfología y Tamaño* (págs. 9-20). Madrid: Fundación OESA.
- Marcanti, G. (2018). La mosca soldado (*Hermetia illucens*) en avicultura, Una realidad que trasciende. *Novus*, 2-8.
- McCormick, S., & Saunders, R. (1987). Preparatory Physiological Adaptations form Marine Life of Salmonids: Osmoregulation, Growth, and Metabolism. *American Fisheries Society*, 19.
- Mendoza, M. (26 de noviembre de 2021). Forbes EC. *Ecuador abre la primera productora de mosca 'soldado negro' de América Latina*, págs. 19-24.
- Mendoza, R., & Palomino, A. (2004). Tecnología del cultivo. En *Manual de Cultivo de trucha arcoiris en juala* (págs. 22-30). Lima: Fondepes.
- National Geographic. (05 de 09 de 2010). *Animales*. Obtenido de Trucha arcoiris: <https://www.nationalgeographic.es/animales/trucha-arcoiris>
- OCDE. (2021). La acuicultura mundial seguirá creciendo hasta las 103 millones de toneladas en 2020 solo a un 2% anual. *IPAC*.

- Ortiz, J. (2015). Trucha Arcoiris . En J. Ortiz, *Acuicultura* (págs. 28-35). Quito: Universidad de las Fuerzas Armadas .
- Ortiz, J., Infante, F., Quilantán, J., Gehrke, M., Castillo, A., Rosa, J. d., & Esquinca, H. (2011). *Cría de la Mosca Doméstica para Utilizarla como Polinizador de las Flores de Mango Ataulfo*. Chiapas, México: Ecosur.
- Pascual, J. (2018). *Disección de un Pez óseo*. Obtenido de <http://japt.es/animalia/claves/diseccion%20pez%20oseo.pdf>
- Pérez, L. (2020). *Efecto de un complejo bacteriano a base de Bacillus s.p. y Paracoccus sp. en la productividad de trucha arcoiris (Oncorhynchus mykiss) en la Hacienda el prado*. Sangolqui: ESPE.
- PROTEINSEC. (01 de 07 de 2021). *Harina de Pescado* . Obtenido de <https://proteinsec.com/harina-de-pescado/>
- Ramírez, J. (2018). *Establecimiento de una dieta a partir de harina de larva de mosca para juveniles de Macrobrachium sp. en condiciones de cultivo*. Querétaro: Centro Universitario Querétaro.
- Rimoldi, S., Antonini, M., Gasco, L., Moroni, F., & Terova, G. (2021). Intestinal microbial communities of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) may be improved by feeding a *Hermetia illucens* meal/low-fishmeal diet. *Fish Physiol Biochem*, 365-380.
- Rivas, E. (2010). *Manual de alimento balanceado para truchas*. Puno: aacid.
- Rivera, B., Díaz, C., & Vargas, J. (2018). “ADICIÓN DE HARINA DE LARVA DE MOSCA (*Musca domestica*) COMO ALTERNATIVA DE ALIMENTACIÓN EN POLLOS CRIOLLOS (*Gallus gallus*) EN FASE DE CRECIMIENTO”. El Salvador .
- Sánchez, A., Vayas, T., Mayorga, F., & Freire, C. (2021). Pesca y acuicultura en Ecuador . *Observatorio económico y social de Tungurahua*, 1-4.



- Silva, D. (2003). *Elaboración de Harina de Pescado* . Buenos Aires: Universidad Católica Argentina.
- Villavicencio, C., & Larriva, W. (2017). “Control Físico – Etológico de moscas domésticas, usando tres tipos de atrayentes en tres prototipos de trampas.”. Cuenca - Ecuador.
- Wang, Y.-S., & Shelomi, M. (2017). Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food. *Foods*, 1-23.
- Weather Atlas. (2020). Obtenido de Previsión meteorológica y clima mensual Papallacta, Ecuador: <https://www.weather-atlas.com/es/ecuador/papallacta-clima#rainfall>
- Yunis, J., Anicama, J., Manchego, A., & Sandoval, N. (2015). Presencia de *Piscirickettsia salmonis* en truchas de cultivo (*Oncorhynchus mykiss*) en Junín, Perú. *Investigaciones Veterinarias del Perú*, 26.

Enlace:

[https://drive.google.com/drive/folders/16H1\\_fAF4RF3rwCkld7UcTEulR9pun7P?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/16H1_fAF4RF3rwCkld7UcTEulR9pun7P?usp=sharing)