



**Efecto de tres niveles de grasa sobre el desempeño productivo de *Oncorhynchus mykiss* en fase de alevinaje**

Masabanda Manopanta, José Luis

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal, PhD.









18 de marzo de 2021



## Document Information

<b>Analyzed document</b>	Urkund Masabanda (2).docx (D102459687)
<b>Submitted</b>	4/21/2021 4:29:00 PM
<b>Submitted by</b>	Ortiz Tirado Juan Cristobal
<b>Submitter email</b>	jcortiz@espe.edu.ec
<b>Similarity</b>	10%
<b>Analysis address</b>	jcortiz.espe@analysis.orkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Barrera-Barros-Tesis final (2).docx</b> Document Barrera-Barros-Tesis final (2).docx (D46393831) Submitted by: jcortiz@espe.edu.ec Receiver: jcortiz.espe@analysis.orkund.com	 2
<b>SA</b>	<b>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / [Tesis Jefferson Molina].docx</b> Document [Tesis Jefferson Molina].docx (D30622479) Submitted by: jrmolina3@espe.edu.ec Receiver: jcortiz.espe@analysis.orkund.com	 2
<b>SA</b>	<b>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Tesis Alejandro Flores.docx</b> Document Tesis Alejandro Flores.docx (D30383969) Submitted by: afflores2@espe.edu.ec Receiver: jcortiz.espe@analysis.orkund.com	 2
<b>SA</b>	<b>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Gualichicomín-Urkund 1.docx</b> Document Gualichicomín-Urkund 1.docx (D46204236) Submitted by: jcortiz@espe.edu.ec Receiver: jcortiz.espe@analysis.orkund.com	 3
<b>SA</b>	<b>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS ALEJANDRO FLORES 1.docx</b> Document TESIS ALEJANDRO FLORES 1.docx (D30628753) Submitted by: afflores2@espe.edu.ec Receiver: jcortiz.espe@analysis.orkund.com	 3
<b>SA</b>	<b>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Tesis Masabanda Manopanta, José Luis (Urkund 1).docx</b> Document Tesis Masabanda Manopanta, José Luis (Urkund 1).docx (D98547438) Submitted by: jcortiz@espe.edu.ec Receiver: jcortiz.espe@analysis.orkund.com	 1
<b>SA</b>	<b>Tesis de Cristian Alcívar (2).docx</b> Document Tesis de Cristian Alcivar (2).docx (D64566185)	 2
<b>SA</b>	<b>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Trabajo de titulación Carol Crespo urkund.docx</b> Document Trabajo de titulación Carol Crespo urkund.docx (D40418413) Submitted by: jotigrero@espe.edu.ec Receiver: jotigrero.espe@analysis.orkund.com	 4

**INFORME FINAL DE INVESTIGACION IP-FIPA\_ USO DE PREBIOTICOS COMO PROMOTORES DE CREC ...**



Formado electrónicamente por:  
JUAN  
CRISTOBAL  
ORTIZ TIRADO

Ortiz Tirado, Juan Cristóbal, PhD

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “Efecto de tres niveles de grasa sobre el desempeño productivo de *Oncorhynchus mykiss* en fase de alevinaje”, fue realizado por el señor **Masabanda Manopanta, José Luis** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 18 de marzo de 2021

Firma:



Firmado digitalmente por:  
JUAN  
CRISTOBAL  
ORTIZ TIRADO

Ortiz Tirado, Juan Cristóbal, PhD

C. C: 1709998163



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo , **Masabanda Manopanta, José Luis**, con cédula de ciudadanía N° 172313572-7, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: “Efecto de tres niveles de grasa sobre el desempeño productivo de *Oncorhynchus mykiss* en fase de alevinaje”, 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, 18 de marzo de 2021

Firma



Firmado electrónicamente por:  
JOSE LUIS  
MASABANDA  
MANOPANTA

.....  
**Masabanda Manopanta, José Luis**

C.C.: 172313572-7



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Masabanda Manopanta, José Luis**, con cédula de ciudadanía N° 172313572-7, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: “Efecto de tres niveles de grasa sobre el desempeño productivo de *Oncorhynchus mykiss* en fase de alevinaje” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 18 de marzo de 2021

Firma



Firmado electrónicamente por:  
JOSE LUIS  
MASABANDA  
MANOPANTA

.....  
**Masabanda Manopanta , José Luis**

C.C.172313572-7

### **Dedicatoria**

A Dios por brindarme el Don de la perseverancia y constancia a lo largo de la Carrera

A mi Madre por su inmensa bondad y apoyo incondicional en cada momento.

A mis hermanos por las enseñanzas, consejos y palabras de aliento cuando más lo necesitaba.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por darme la vida y sobre todo por bendecirme todas las mañanas a lo largo de la Carrera.

A mi madre por su inmensa bondad, perseverancia, paciencia, dedicación y sobre todo por su apoyo incondicional cuando más lo necesitaba.

Al Doctor Juan Ortiz, por ser mi mentor y sobre todo por brindarme su confianza y apoyo incondicional en cada momento, además de los consejos recibidos de parte de su persona los cuales me han hecho crecer de manera profesional.

A mis hermanos, que a pesar de las circunstancias siempre han estado gustosos de extenderme la mano, brindarme valiosos consejos y forjarme como ser humano.

A Evelyn Obando, por convertirse en un pilar fundamental en la etapa final de mi Carrera, con su infinita bondad y paciencia supo llevarme a conquistar un gran logro.

A mis amigos, que cada uno de ellos aportó un granito de arena en cada etapa vivida a lo largo de la vida de estudiantil.

***José Masabanda***

## Índice de contenido

Carátula .....	1
Reporte Urkund.....	2
Certificación .....	3
Responsabilidad de autoría .....	4
Autorización de publicación .....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenido .....	8
Índice de tablas .....	13
Índice de figuras .....	15
Resumen.....	17
Abstract .....	18
Capítulo I .....	19
Introducción .....	19
Antecedentes .....	19
Justificación .....	21
Objetivos .....	23
<i>General</i> .....	23
<i>Específicos</i> .....	23
Hipótesis .....	24



Capítulo II .....	25
Revisión de Literatura .....	25
La Acuacultura en el Ecuador .....	25
Cultivo de trucha arcoíris .....	25
<i>Origen y distribución</i> .....	25
<i>Generalidades</i> .....	26
<i>Características de la especie</i> .....	27
<i>Clasificación taxonómica</i> .....	28
<i>Morfología</i> .....	28
<i>Parámetros Generales para el cultivo de trucha</i> .....	29
Calidad del agua.....	29
Temperatura .....	29
Oxígeno disuelto.....	29
pH.....	30
Recambio de agua .....	30
Amoníaco.....	30
Alimentación .....	31
Nutrición en peces .....	31
<i>Requerimientos nutricionales</i> .....	32
Proteína .....	33
<i>Fuentes de Proteína</i> .....	34
<i>Aporte Nutritivo y Energético</i> .....	34

	10
<b>Lípidos</b> .....	<b>34</b>
<i>Fuentes de Lípidos</i> .....	<b>36</b>
<i>Aporte Nutritivo y Energético</i> .....	<b>36</b>
<b>Carbohidratos</b> .....	<b>36</b>
<i>Fuentes de glúcidos</i> .....	<b>37</b>
<i>Aporte Nutritivo y Energético</i> .....	<b>37</b>
<b>Vitaminas</b> .....	<b>37</b>
<b>Minerales</b> .....	<b>37</b>
<b>Relación proteína / energía</b> .....	<b>38</b>
<b>Digestibilidad de Alimentos Balanceados</b> .....	<b>39</b>
<b>Capítulo III</b> .....	<b>40</b>
<b>Metodología</b> .....	<b>40</b>
<b>Ubicación del lugar de investigación</b> .....	<b>40</b>
<i>Ubicación política</i> .....	<b>40</b>
<i>Ubicación geográfica</i> .....	<b>40</b>
<i>Ubicación ecológica</i> .....	<b>40</b>
<b>Materiales</b> .....	<b>41</b>
<i>Biológicos</i> .....	<b>41</b>
<i>Físicos</i> .....	<b>41</b>
<i>Campo</i> .....	<b>41</b>
<i>Laboratorio</i> .....	<b>41</b>
<b>Métodos</b> .....	<b>42</b>

	11
<b>Fase de campo</b> .....	<b>42</b>
<b>Adecuación, limpieza y desinfección de las piscinas</b> .....	<b>42</b>
<b>Siembra de organismos</b> .....	<b>42</b>
<b>Alimentación de los organismos</b> .....	<b>43</b>
<b>Tratamiento sanitario</b> .....	<b>43</b>
<b>Parámetros morfométricos</b> .....	<b>43</b>
<b>Parámetros Productivos</b> .....	<b>44</b>
<b>Parámetros físico-químicos del Agua</b> .....	<b>44</b>
<b>Fase de laboratorio</b> .....	<b>45</b>
<b>Parámetros de calidad del agua</b> .....	<b>45</b>
<b>Histología</b> .....	<b>45</b>
<b>Diseño experimental</b> .....	<b>46</b>
<b>Área de trabajo</b> .....	<b>46</b>
<b>Factor a evaluar</b> .....	<b>46</b>
<b>Tratamientos</b> .....	<b>46</b>
<b>Croquis experimental</b> .....	<b>47</b>
<b>Modelo matemático</b> .....	<b>47</b>
<b>Variables a medir</b> .....	<b>48</b>
<b>Análisis estadístico</b> .....	<b>48</b>
<b>Capítulo IV</b> .....	<b>50</b>
<b>Resultados y Discusión</b> .....	<b>50</b>
<b>Condiciones fisicoquímicas del agua</b> .....	<b>50</b>

	12
<b>Variables morfométricas .....</b>	<b>52</b>
<i>Peso Corporal .....</i>	<b>52</b>
<i>Longitud total.....</i>	<b>55</b>
<i>Longitud parcial .....</i>	<b>58</b>
<i>Ancho .....</i>	<b>61</b>
<b>Índices Productivos .....</b>	<b>64</b>
<i>Factor de conversión Alimenticia (F.C.A) .....</i>	<b>64</b>
<i>Eficiencia Alimenticia (E.A).....</i>	<b>66</b>
<i>Índice de condición corporal (I.C.C) .....</i>	<b>68</b>
<i>Tasa de crecimiento específico .....</i>	<b>70</b>
<i>Ganancia de peso .....</i>	<b>73</b>
<i>Tasa de mortalidad .....</i>	<b>76</b>
<b>Variables Histológicas.....</b>	<b>78</b>
<i>Análisis de cortes histológicos hepáticos .....</i>	<b>78</b>
<b>Discusión.....</b>	<b>81</b>
<b>Capítulo V .....</b>	<b>87</b>
<b>Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>87</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>87</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>88</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>89</b>

### Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Parámetros Físicos y Químicos para la trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)</i> .....	31
<b>Tabla 2</b> <i>Tratamientos empleados en la alimentación de alevines de Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) en fase de alevinaje</i> .....	46
<b>Tabla 3</b> <i>Variables morfométricas y productivas a evaluar</i> .....	48
<b>Tabla 4</b> <i>Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos del ambiente y el agua registrados durante el desarrollo del ensayo</i> .....	50
<b>Tabla 5</b> <i>Promedio <math>\pm</math> error estándar de la variable peso (g) bajo el efecto de diferentes concentraciones de grasa en la dieta balanceada para alevines de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)</i> .....	52
<b>Tabla 6</b> <i>Promedio <math>\pm</math> error estándar del peso alcanzado al culminar la fase de campo para cada una de las concentraciones de grasa</i> .....	54
<b>Tabla 7</b> <i>Promedio <math>\pm</math> error estándar de la variable longitud total (cm) bajo el efecto de diferentes concentraciones de grasa en la dieta balanceada para alevines de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)</i> .....	56
<b>Tabla 8</b> <i>Promedio <math>\pm</math> error estándar de la longitud total alcanzada al culminar la fase de campo para cada una de las concentraciones de Grasa</i> .....	57
<b>Tabla 9</b> <i>Promedio <math>\pm</math> error estándar de la variable longitud parcial (cm) bajo el efecto de diferentes concentraciones de Grasa en la dieta balanceada para alevines de Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)</i> .....	59
<b>Tabla 10</b> <i>Promedio <math>\pm</math> error estándar de la longitud parcial alcanzada al culminar la fase de campo para cada una de las concentraciones de Grasa</i> .....	60

<b>Tabla 11</b> Promedio $\pm$ error estándar de la variable ancho (cm) bajo el efecto de diferentes concentraciones de Grasa en la dieta balanceada para alevines de Trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	62
<b>Tabla 12</b> Promedio $\pm$ error estándar del ancho alcanzado al culminar la fase de campo para cada una de las concentraciones de Grasa .....	63
<b>Tabla 13</b> Promedio $\pm$ error estándar de la variable factor de conversión alimenticia .....	65
<b>Tabla 14</b> Promedio $\pm$ error estándar de la variable porcentaje de eficiencia alimenticia (%) ....	67
<b>Tabla 15</b> Promedio $\pm$ error estándar de la variable índice de condición corporal.....	68
<b>Tabla 16</b> Promedio $\pm$ error estándar de la variable índice de condición corporal en cada uno de los tratamientos .....	69
<b>Tabla 17</b> Promedio $\pm$ error estándar de la variable tasa de crecimiento específico .....	70
<b>Tabla 18</b> Promedio $\pm$ error estándar de la variable tasa de crecimiento específico en cada uno de los tratamientos.....	71
<b>Tabla 19</b> Promedio $\pm$ error estándar de la variable ganancia de peso.....	73
<b>Tabla 20</b> Promedio $\pm$ error estándar de la variable ganancia de peso en cada uno de los tratamientos.....	74
<b>Tabla 21</b> Porcentaje de mortalidad registrado a lo largo de 120 días que duró el ensayo.....	76
<b>Tabla 22</b> Promedio $\pm$ error estándar del porcentaje de mortalidad registrado a lo largo de la fase de campo .....	77

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Proyecto Acuícola Pailones, IASA 1</i> .....	40
<b>Figura 2</b> <i>Croquis del diseño experimental.</i> .....	47
<b>Figura 3</b> <i>Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del agua durante el periodo de ensayo en alevines de <i>Oncorhynchus mykiss</i> (a) temperatura del agua, (b) temperatura ambiental, (c) pH y (d) oxígeno disponible</i> .....	51
<b>Figura 4</b> <i>Evolución de la variable peso (g) bajo el efecto de tres concentraciones de Grasa en dietas balanceadas para alevines de <i>Oncorhynchus mykiss</i> durante 120 días.</i> .....	55
<b>Figura 5</b> <i>Evolución de la variable longitud total (cm) bajo el efecto de tres concentraciones de Grasa en dietas balanceadas para alevines de <i>Oncorhynchus mykiss</i> durante 120 días.</i> .....	58
<b>Figura 6</b> <i>Evolución de la variable longitud parcial (cm) bajo el efecto de tres concentraciones de Grasa en dietas balanceadas para alevines de <i>Oncorhynchus mykiss</i> durante 120 días.</i> .....	61
<b>Figura 7</b> <i>Evolución de la variable ancho (cm) bajo el efecto de tres concentraciones de Grasa en dietas balanceadas para alevines de <i>Oncorhynchus mykiss</i> durante 120 días.</i> .....	64
<b>Figura 8</b> <i>Comportamiento de la variable factor de conversión alimenticia bajo el efecto de tres concentraciones de Grasa en dietas balanceadas para alevines de <i>Oncorhynchus mykiss</i> durante 120 días.</i> .....	66
<b>Figura 9</b> <i>Comportamiento de la variable porcentaje de eficiencia alimenticia bajo el efecto de tres concentraciones de Grasa en dietas balanceadas para alevines de <i>Oncorhynchus mykiss</i> durante 120 días.</i> .....	68

- Figura 10** *Comportamiento de la variable índice de condición corporal bajo el efecto de tres concentraciones de Grasa en dietas balanceadas para alevines de *Oncorhynchus mykiss* durante 120 días. ....70*
- Figura 11** *Comportamiento de la variable tasa de crecimiento específico para cada uno de los tratamientos .....72*
- Figura 12** *Desarrollo de la variable ganancia de peso (G.P) por tratamiento .....75*
- Figura 13** *Comportamiento de la variable porcentaje de mortalidad bajo el efecto de tres concentraciones de Grasa en dietas balanceadas para alevines de *Oncorhynchus mykiss* durante 120 días. ....78*
- Figura 14** *Cortes histológicos de hígados de alevines de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) bajo el efecto de tres niveles de Grasa. Micro-vacuola de borde definido (Mva), Hepatocito (H), Sinusoide (Sn), Células endoteliales (CE), Células de Kuffer (CK), Vaso sanguíneo (Vs).....79*



## Resumen

La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) es una especie con un alto valor comercial en Ecuador y potencial para su cultivo. El mayor desafío que presentan los piscicultores es el elevado costo operativo, destinado a los balanceados, debido a que, la mayoría de alimentos emplean en su formulación elevados porcentajes de Proteína, la cual es utilizada por el pez como una fuente alternativa de energía. Por esta razón la presente investigación tiene como objetivo Evaluar el Efecto de Tres Niveles de Grasa Sobre el Desempeño Productivo de *Oncorhynchus mykiss* en Fase de Alevinaje. El proyecto se llevó a cabo con seis unidades experimentales y 250 unidades observacionales (alevines) de Trucha Arcoíris. Durante 120 días de ensayo, se registró parámetros físico-químicos del agua, así como la temperatura ambiental. Cada diez días se tomaron datos morfométricos como el peso corporal, longitud total, longitud parcial y ancho. Además, se evaluaron parámetros productivos como la ganancia de peso, tasa de crecimiento específico, factor de conversión alimenticia, índice de condición corporal y mortalidad. También se realizaron cortes histológicos del hígado. Los tratamientos presentan diferencias significativas en parámetros morfométricos y productivos ( $p < 0,05$ ), en donde la dieta formulada con un 20 % de Grasa, presenta los mejores rendimientos a los 120 días, con una masa corporal de 17,25 g, longitud total 9,84 cm, longitud parcial 8,93 cm y ancho 2,08 cm. Sin embargo, esta dieta provocó un daño leve a nivel hepático como micro-vacuolas de borde definido, leve dilatación sinusoidal, leve vacuolización lipídica, no obstante, ésta dieta puede ser una alternativa alimenticia para mejorar rendimientos productivos, e incrementar la rentabilidad de un proyecto piscícola a pequeña y mediana escala.

**Palabras clave:** *Trucha Arcoíris, Morfométricos, Grasa, Vacuolización*

### Abstract

Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) is a species with high commercial value in Ecuador and potential for cultivation. The biggest challenge for fish farmers is the high operating cost, destined for balanced fish, because most foods use high percentages of protein in their formulation, which is used by fish as an alternative source of energy. For this reason, this research aims to Evaluate the Effect of Three Fat Levels on the Productive Performance of *Oncorhynchus mykiss* in the Fingerling Phase. The project was carried out with six experimental units and 250 observational units (juvenile) of rainbow trout. During 120 days of testing, physico-chemical parameters of the water as well as ambient temperature were recorded. Morphometric data such as body weight, total length, partial length, and width were taken every ten days. In addition, productive parameters such as weight gain, specific growth rate, food conversion factor, body condition index and mortality were evaluated. Histological slices of the liver were also performed. The treatments have significant differences in morphometric and productive parameters ( $p < 0.05$ ), where the diet formulated with 20% fat, has the best yields at 120 days, with a body mass of 17.25 g, total length 9.84 cm, partial length 8.93 cm and width 2.08 cm. However, this diet caused slight damage at liver level as microvacuoles with defined edge, slight sinusoidal dilation, mild lipid vacuolization, however, this diet can be a food alternative to improve productive yields, and increase the profitability of a small- and medium-scale fisheries project.

**Keywords:** *Rainbow Trout, Morphometric, Fat, Vacuolization*

## Capítulo I

### Introducción

#### Antecedentes

En todo el mundo la acuicultura pertenece a los sectores de producción alimentaria en constante crecimiento, en el cual se evidencia un incremento anual del 8,8% desde el año de 1970 (FAO, 2009). En Ecuador, especialmente en las zonas ubicadas en la región interandina una de las especies de más grande trascendencia en el área acuícola de agua dulce es la Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss.*), esto se debe a las privilegiadas condiciones medio ambientales y a la disponibilidad del recurso hídrico, el cual se extiende a lo largo de la cordillera de los Andes. Las provincias en las se encuentran la mayor cantidad de criaderos dedicados a la reproducción, cría, engorda y comercialización de trucha arcoíris son: Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Loja, Napo, Pichincha, Sucumbíos y Tungurahua (Muñoz, 2008).

La Trucha arcoíris es una especie procedente de ríos y lagos de Norte América, la misma que ha sido introducida en América Central y América del Sur en los años 80s (FAO, 2005). En Ecuador la trucha arcoíris ha sido introducida en la década de los años veinte, destinados principalmente a repoblar ríos y lagos ubicados a lo largo de la serranía (González M. , 2017).

En principio el cultivo se llevó a cabo de manera extensiva, pero con el pasar de los años el cultivo se ha tecnificado, con la finalidad de incrementar los volúmenes de producción de esta especie. Desde el año 2010 al 2016 se presentó un incremento que va de 500 a 6500 toneladas, respectivamente (FAO, 2018)

La nutrición es uno de los parámetros fundamentales a considerar dentro de la actividad piscícola, debido a que el alimento balanceado representa hasta el 60% del costo total de producción (Patel & Yakupitiyage, 2003). Razón por la cual en la actualidad se trabaja principalmente en formulación y tecnología de los alimentos balanceados, los mismos que deben promover satisfactoriamente el crecimiento, disminuir el tiempo de engorde y mejorar la eficiencia productiva del pez en conversión alimenticia, considerando los requerimientos nutricionales de la especie a cultivar en términos de necesidades de proteína, energía, lípidos, vitaminas y minerales. Estos componentes intervienen directamente en el crecimiento, la reproducción y otras funciones fisiológicas, sin encarecer la dieta (D´Abramo, 2007).

Los requerimientos nutricionales de los peces se encuentran directamente relacionados con los hábitos alimenticios, y estos pueden variar de acuerdo a la especie, según la etapa del ciclo de vida, sexo, estado reproductivo y calidad de agua (Arregui, 2013). El aporte nutritivo de la dieta, conjuntamente con la cantidad de alimento balanceado consumido, permiten un máximo crecimiento bajo un régimen de alimentación “*ad libitum*” o “*a saciedad*”, aunque la conversión alimenticia se deteriore. Según lo mencionado, es posible pensar que, al momento de ofrecer dietas con mayor contenido energético, se podrían alcanzar los pesos de cosecha más tempranamente, con menos cantidad de alimento siempre y cuando las condiciones del cultivo sean las óptimas (González C. , 2002).

La proteína, como nutriente es utilizado para el crecimiento, mantenimiento y como fuente energética, siendo a su vez el macro componente más escaso y costoso empleado en la formulación de dietas para peces, especialmente carnívoros (León, 2006). Los procesos metabólicos de transformación energética de la proteína en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) desempeña un rol fundamental, debido a que en este

proceso ocurren una serie de reacciones catabólicas que involucran a los aminoácidos, las mismas tienen lugar en el hígado en donde se generan como productos energía y amoníaco (Blanco, 1995).

Los peces usan eficientemente la proteína como fuente de energía, debido a que un gran porcentaje de la energía digestible de la proteína es metabolizada, en gran parte esto es atribuido al eficiente mecanismo de excreción de nitrógeno de los peces. El gasto energético asociado con el metabolismo de asimilación de proteína puede ser reducida por la inclusión de lípidos en la dieta (Vásquez, 2004)

Por lo mencionado anteriormente en la actualidad se ha optado por entregar a los peces dietas con adecuadas cantidades de energía, esto se consigue mediante la incorporación de una mayor proporción de Grasa (lípidos) en la formulación. Al incrementar la concentración de lípidos en la dieta, los ácidos grasos presentes, podrían ser utilizados netamente como fuente de energía y de esta manera destinar la mayor cantidad de aminoácidos dietarios para la síntesis de proteínas, encaminadas principalmente a formar tejido muscular (González C. , 2002).

### **Justificación**

A nivel mundial la actividad acuícola ha crecido de forma continua, por la alta demanda de proteína de origen animal para consumo humano. En Ecuador el cultivo de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) ha ido creciendo de manera acelerada en zonas rurales de la sierra y parte del subtrópico ecuatoriano, convirtiéndola en una especie de interés comercial. Su importancia de cultivo radica en su amplio margen de adaptación al alimento balanceado, facilidad de manejo, tolerancia a altas densidades de carga animal, y alto valor nutritivo (Blanco, 1995).

Por dichas razones, y por cuanto es una especie de alto gasto energético y de características carnívoras, se debe prestar atención al área de nutrición. Este componente representa un alto costo operativo y tiene una incidencia directa en la factibilidad de proyectos a pequeña y mediana escala. En la actualidad es necesario trabajar en la formulación de dietas efectivas y en especial en la relación proteína/energía, la relación varía de acuerdo a la etapa fisiológica del animal, por tal razón se considera un alimento de buena calidad aquellos que poseen de 45 – 50 % de proteína y del 20 - 25 % de lípidos en su formulación (Bautista, 2007).

Una de las formas de reducir el contenido de proteína en la dieta es por medio de un balance adecuado en la relación proteína/energía y esto se logra cuando el alimento balanceado posee proteína y energía de alta digestibilidad, en niveles y proporciones adecuadas, al incrementar los niveles de energía en las dietas y disminuir paulatinamente el contenido de proteína, se logra obtener una mayor retención de nitrógeno y energía, lo que favorece el crecimiento y a su vez se logra disminuir la descarga nitrogenada al medio. Los lípidos son la fuente de energía más concentrada del grupo de nutrientes de los alimentos, teniendo 2.25 veces más energía por unidad de peso que las proteínas y los carbohidratos (Morais, Gordon, Robertson, Roy, & Morris, 2001).

En explotaciones intensivas y semi-intensivas de Trucha arcoíris, la alimentación suministrada representa el mayor costo operativo de producción, constituyendo el 60-67 % de los costos totales, e influyendo directamente en la rentabilidad de la piscifactoría.

La proteína no solo es el ingrediente más caro empleado en la formulación de dietas artificiales, también es considerado un nutriente limitante para el crecimiento de peces, por tal razón se ha puesto mucho énfasis en el nivel proteico, cuando se

formulan las dietas artificiales. Cuando existe carencia de fuentes de energía no proteica tales como lípidos o carbohidratos, la proteína dietética puede ser fácilmente desaminada y oxidada para ser utilizada como fuente de energía, más que para crecimiento, provocando la liberación de nitrógeno amoniacal al habitat mediante la excreción, debido a la utilización de la proteína como fuente de energía, generando toxicidad en el medio. Por otro lado, el exceso de energía es considerado como uno de los factores que influyen directamente en la reducción de la tasa de ingesta y por consiguiente en el total de proteínas Ingestadas (Antimo, 2000).

Por lo mencionado anteriormente, en la presente investigación se emplearán alimentos balanceados con diferentes porcentajes de inclusión de grasa en la formulación de alimento balanceado para trucha arcoíris en etapa de alevinaje con la finalidad de acortar el ciclo del cultivo, mejorar los parámetros productivos (eficiencia alimenticia, tasa de conversión alimenticia, entre otros) y reducir la cantidad de amonio excretada por los peces al medio, mediante la optimización del alimento y nutrientes presentes, sin alterar el habitat acuático y salud animal.

## **Objetivos**

### ***General***

Evaluar el efecto de tres niveles de grasa sobre el desempeño productivo de *Oncorhynchus mykiss* en fase de alevinaje.

### ***Específicos***

- Analizar los parámetros morfométricos en alevines de Trucha arcoíris suplementadas con tres dietas formuladas con diferentes niveles de grasa.

- Determinar el comportamiento productivo de alevines de Trucha arcoíris, bajo el efecto de dietas balanceadas con tres niveles de grasa.
- Evaluar el efecto de la grasa presente en la dieta sobre el tejido hepático de trucha arcoíris.

### **Hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** “Los alevines de Trucha arcoíris, suplementados con una dieta que contiene 20 % de Grasa en su formulación, presentan menor ganancia de peso, que los alevines suplementados con otras dietas”.

**H<sub>1</sub>:** “Los alevines de Trucha arcoíris, suplementados con una dieta que contiene 20 % de Grasa en su formulación, presentan mayor ganancia de peso, que los alevines suplementados con otras dietas”.



## Capítulo II

### Revisión de Literatura

#### La Acuicultura en el Ecuador

En el Ecuador la actividad acuícola en el último decenio se ha desarrollado en base al cultivo de camarón Blanco (*Litopenaeus vannamei*), representando alrededor de 95% de la producción acuícola total, dicha actividad concentra su producción a nivel nacional en la región costa. En la región Amazónica destaca el cultivo de tilapia (*Oreochromis mossambicus, niloticus, spp*), la misma que en los últimos años ha presentado un constante crecimiento, debido a la gran demanda de proteína de origen animal para consumo humano, ubicándose en segundo lugar de producción (Avendaño, 2019).

En la actualidad el cultivo de trucha arcoíris en Ecuador ha presentado un notable desarrollo e innovación, gracias a las condiciones medioambientales favorables que presenta el alto andino, dichas acciones de innovación van encaminadas a mejorar las condiciones del cultivo así como también su infraestructura, manejo, nutrición y uso de nueva tecnología, con la finalidad de acortar los ciclos de producción, ya que dicha actividad presenta un impacto directo en el desarrollo de los pueblos, puesto que la actividad acuícola contribuye principalmente en su alimentación y comercio (Zambrano, 2016).

#### Cultivo de trucha arcoíris

##### *Origen y distribución*

La trucha “Arco Iris” (*Oncorhynchus mykiss*), es una especie íctica originaria de las cuencas que drenan las costas del Pacífico de América del Norte, la cual va desde

el sur de Alaska hasta el norte de México, la misma que debido a su fácil adaptación y manejo en cautiverio, ha intensificado su crianza en casi en todo el mundo (Ragash, 2009). En América del Sur los países que se dedican al cultivo de trucha arcoíris son: Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela (FAO, 2016).

En Ecuador, el cultivo de trucha tiene sus inicios en el año de 1932, mediante un acuerdo establecido entre el Gobierno y una empresa canadiense, las mismas que seleccionaron ríos, riachuelos y lagos de la región interandina para proceder con el cultivo de dicha especie. En el año 1992 la estación piscícola "Arco Iris" del Ministerio de Industrias, Comercio, Integración y Pesca (MICIP) se concentra en la reproducción artificial de truchas destinadas al abastecimiento de alevines a piscicultores particulares que se dediquen al cultivo de esta especie (MAGAP, 2014)

Desde los últimos años, el cultivo, procesamiento y comercialización de trucha arcoíris se ha convertido en una alternativa de producción de la acuicultura del país, al diversificar especies, generar fuentes de trabajo e incrementar los ingresos de la economía nacional (Mora, Uyaguari, & Osorio, 2009).

### **Generalidades**

La trucha (*Oncorhynchus mykiss*), es una de las especies más utilizadas con fines acuícolas en continentes de aguas frías y claras, debido a que esta especie presenta fácil adaptación, rápido crecimiento y sobre todo gran tolerancia a enfermedades, convirtiéndose en la principal alternativa para la piscicultura en el país, su producción se localiza en 15 países de América central y América del Sur. (Molina, 2017)

### ***Características de la especie***

La trucha arcoíris se caracteriza por presentar un cuerpo alargado y fusiforme (forma de huso), es de color plateado y la parte ventral de color crema; tanto en el dorso como en los flancos presenta manchas y lunares negros y marrones (Mantilla, 2004). La misma que ocupa en la naturaleza espacios acuáticos de aguas puras y cristalinas, que discurren por cauces con notables desniveles topográficos, que originan rápidos, saltos y cascadas típico de ríos de alta montaña (Anchacaisa, 2015).

La trucha arco iris puede adaptarse a amplios rangos de temperaturas, las cuales se encuentran comprendidas entre 4 a 22°C, esta es una especie poiquiloterma, razón por la cual son incapaces de regular su temperatura corporal, debido a dicha condición fisiológica su metabolismo desempeña sus funciones de manera óptima a temperaturas idóneas, dentro de las cuales la ingestión , el crecimiento y la ganancia de peso de los peces son máximos, sin embargo cuando la temperatura está por encima o por debajo del rango óptimo los parámetros mencionados se reducen notablemente.

La temperatura optima del agua en la cual, no se afectan ni alteran las funciones fisiológicas de los peces es de 15°C., debido a que la temperatura es el factor que se encuentra relacionado directamente en la actividad metabólica de la trucha arco iris. Ésta especie presenta un crecimiento acelerado, gracias a que esta especie se adapta fácilmente a la alimentación artificial y sus necesidades respiratorias requieren altas concentraciones de oxígeno en el agua (Batallas, 2018).

### **Clasificación taxonómica**

Seguidamente, se detalla la clasificación taxonómica de la trucha arcoíris.

**Reino:** Animal

**Phylum:** Chordata

**Subphylum:** Vertebrata

**Clase:** Osteichthyes

**Orden:** Salmoniformes

**Familia:** Salmonidae

**Género:** *Oncorhynchus*

**Especie:** *O. mykiss*

**Nombre científico:** *Oncorhynchus mykiss*

**Nombre común:** Trucha Arcoíris

**Fuente:** (Camacho, Luna, Moreno, Rodríguez, & Vásquez, 2000).

### **Morfología**

La trucha arcoíris es un pez de tamaño relativamente grande, a su vez presenta su vientre redondeado, su cuerpo se encuentra cubierto de pequeñas escamas. Es un pez de complexión aerodinámica y fusiforme, por dicha razón este es un pez nadador rápido (Ortiz, 2015). Presenta una aleta dorsal, adiposa, caudal, anal, ventral y pectoral, las funciones que desempeñan dichas aletas son: de estabilización, de timón y freno. Puede llegar a medir hasta 65 cm y pesar 12 Kg (Muñoz, 2008).

Los órganos internos primordiales son corazón, hígado, riñón, estomago, bazo, ciego pilórico, vejiga natatoria y uréter, los mismos se encuentran ubicados en la zona ventral y abdominal. Gracias a que poseen músculos fuertes la trucha arcoíris mejora el movimiento natatorio y a su vez su desplazamiento en el medio acuático, posee de 60-66 vertebras, 3-4 espinas dorsales, 10-12 rayos dorsales suaves, 3-4 espinas anales, 8-12 rayos anales suaves, 19 rayos caudales (Muñoz, 2008).

La trucha presenta un sistema circulatorio cerrado simple, el corazón se encuentra conformado por un seno venoso, una aurícula y un ventrículo. Además, posee un bulbo arterial, el mismo que consiste en una dilatación del extremo proximal de la aorta. El bulbo arterial pese a no ser un musculo, tiene la capacidad de dilatarse y contraerse como respuesta al latido del único ventrículo, sistema por el cual se mantiene la presión a través de la aorta hacia las branquias (Planelló, 2015).

### ***Parámetros Generales para el cultivo de trucha***

Los parámetros fisicoquímicos en el cultivo de trucha, desempeñan un papel fundamental dentro del mismo, debido a que estos se encuentran íntimamente relacionados con la viabilidad y rentabilidad de la producción y dentro de estos parámetros se consideran los siguientes:

**Calidad del agua.** Se refiere a las condiciones físico, química y biológicas que presenta la misma, es decir esta debe estar libre de agentes contaminantes y a su vez debe presentar una mínima cantidad de sedimentos, con la finalidad de propiciar un ambiente óptimo para la subsistencia de los peces y de esta manera tener una mortalidad mínima en el cultivo (Recalde, 2014).

**Temperatura.** La temperatura adecuada del agua para implementar el cultivo de trucha oscila entre los 7 – 17°C, de acuerdo al estado fisiológico del pez, el metabolismo de la trucha por ser un animal poiquilotermo funciona en relación a la temperatura del agua en la que se encuentra, influyendo directamente sobre el crecimiento y desarrollo (Jover, 2000). A temperaturas menores a 7°C, se prolonga el tiempo de crecimiento (Recalde, 2014).

**Oxígeno disuelto.** La cantidad optima de oxígeno disuelto en el agua para llevar a cabo el cultivo es de 5 mg/l, existen factores que intervienen directamente sobre

la presencia o ausencia de oxígeno en el agua, los cuales son: temperatura, presión atmosférica y sales disueltas. El consumo de oxígeno se encuentra relacionado a varios factores tales como: temperatura, tamaño del pez, recambio de agua y alimentación (Recalde, 2014).

**pH.** Para el cultivo de trucha el pH óptimo se encuentra comprendido entre 6,7 – 9, el mismo puede variar por influencia directa del cambio climático (Blanco, 1995). Con valores de pH menores a 6,5 o superiores a 9,5, se afecta directamente la reproducción y esta tiende a disminuir, cabe recalcar que con un pH inferior a 4,0 los peces mueren por ácidos y por arriba de los 11 presentan muerte alcalina (FAO, 2014).

**Recambio de agua.** La finalidad del recambio de agua consiste en renovar o cambiar la mayor cantidad de agua en menor tiempo, con esto se obtendrá una mejor oxigenación, mayor carga animal, disminución de residuos de alimento y desechos de la especie (Recalde, 2014).

**Amoníaco.** Las elevadas concentraciones de nitrógeno amoniacal en el agua producen una alta tasa de mortalidad en la explotación acuícola, ya que este es sumamente letal para los peces y demás animales. Lo recomendable es poseer un nivel seguro de amoníaco el cual sería de 0,0 mg/L y un mínimo 0,001mg/L e incluso las concentraciones de solo 2 mg/L pueden ocasionar mortalidad en los peces (Ragash, 2009).

En la tabla 1 se detallan los parámetros físicos químicos del recurso hídrico para trucha arcoíris

**Tabla 1**

*Parámetros Físicos y Químicos para la trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)*

<b>Factores</b>	<b>Unidad</b>	<b>Normal</b>
Temperatura del agua	° C	7.2 - 17.0
Oxígeno disuelto	mg/l	>5
pH	pH	6.7 - 9.0
Dióxido de carbono	mg/l	<2
Calcio	mg/l	>52
Sulfatos en (SO <sub>4</sub> )	mg/l	0 – 50
Zinc (pH de 7.6)	mg/l	<0.04
Nitrito	mg/l	<0.55
Amonio (NH <sub>3</sub> )	mg/l	<0.012
Nitrógeno (N)	%	110
Sólidos suspendidos	mg/l	<80
Sólidos disueltos	mg/l	<400
Ácido sulfhídrico	mg/l	<0.002

**Fuente:** Camacho *et al.*, (2000)

### **Alimentación**

La trucha arcoíris es un pez de características netamente carnívoras, la misma que en su habitat natural se alimenta de insectos, larvas, crustáceos, invertebrados acuáticos y algas. Razón por la cual en cultivos intensivos se emplean dietas peletizadas o extruidas, las mismas que son formuladas especialmente para cubrir los requerimientos del pez acorde a la especie y la etapa fisiológica (Imaki, 2003). Dichas dietas deben ser formuladas de manera controlada y equilibradas en los nutrientes tales como: proteína, grasa, carbohidratos, vitaminas y minerales, con la finalidad de lograr un buen crecimiento y desarrollo del pez (Ortiz, 2015).

### **Nutrición en peces**

El alimento representa el mayor costo de producción en los diferentes tipos de explotaciones agropecuarias, el mismo representa entre el 50 – 60 % de los costos totales. Razón por la cual se debe prestar mucho énfasis en la formulación del alimento

balanceado, así como una adecuada nutrición, debido a que una sobre alimentación puede afectar directamente la calidad del agua elevando las cantidades de nitrógeno amoniacal y por ende el crecimiento. De igual forma la sub-alimentación produce un bajo crecimiento, obligando al pez a buscar alimento en el fondo del estanque o piscina, dicha acción conlleva a que la carne adquiera un sabor desagradable. Por lo mencionado anteriormente se deben emplear adecuados tipos de alimento y en cantidades correctas, con la finalidad de controlar y evaluar constantemente los costos empleados en la adquisición del alimento balanceado destinado para la alimentación de los peces y de esta manera evitar costos exuberantes (Zambrano, 2016).

Los alimentos balanceados empleados en explotaciones acuícolas se encuentran formulados de acuerdo a los requerimientos nutricionales de los peces, por lo expuesto se deben emplear en la formulación fuentes esenciales e indispensables para el crecimiento, reproducción y salud de los peces. La deficiencia de una de estas sustancias puede incidir directamente sobre el metabolismo del pez, reduciendo tasas de crecimiento o haciendo al pez susceptible a enfermedades, de igual manera el exceso de alguna de estas sustancias conlleva a la reducción de la tasa de crecimiento. Los requerimientos nutricionales se establecen en base a energía, proteína, aminoácidos, lípidos, minerales y vitaminas (Jobling, 2012)

### ***Requerimientos nutricionales***

La Trucha es un pez muy eficiente para catabolizar la proteína y lípidos que se encuentran en el alimento balanceado como fuente de energía, pero este a su vez asimila pobremente los glúcidos, requieren de 15 vitaminas, las cuales deben ser suministradas en el alimento balanceado para asegurar un crecimiento óptimo, necesitan inclusión de minerales en la dieta, los mismos que serán utilizados para



propósito estructural, osmorregulación y como cofactores en las reacciones metabólicas (Cahuana, 2015).

**Proteína.** La proteína es el componente esencial de los tejidos animales, la cual se encuentra relacionada en un sin número de reacciones y procesos activos que constituyen la vida de las células. En el ámbito nutricional es empleado para crecimiento y fuente energética, este ingrediente es catalogado como el más escaso y costoso (León, 2006). Aproximadamente la proteína se encuentra constituyendo el 70% del peso seco de la materia orgánica, localizada en el tejido muscular, los niveles de proteína empleados en la formulación y elaboración de dietas van enfocada en suplir las necesidades nutricionales de la especie de interés en su diferente estado fisiológico, considerando el nivel de proteína con el cual el pez obtendría el máximo crecimiento (Escobar & Reinoso, 2006).

El requerimiento de proteína varía de acuerdo a la especie, condición de cultivo, condición ambiental, estado fisiológico y desarrollo de los individuos, al proporcionar un adecuado nivel de proteína en la dieta se lograra obtener crecimientos óptimos y ganancias de peso ideales, un alimento balanceado que posee en su formulación de 25 – 28 % de proteína es catalogado de mala calidad, al contrario un alimento formulado con un 50% de proteína es considerado de excelente calidad, una ración que posee un alto nivel o contenido de proteína promueve directamente el mejor desempeño productivo de los peces, la calidad de la proteína se encuentra relacionada directamente con el contenido de aminoácidos esenciales (valor biológico), ya que son estos los que finalmente serán depositados en los tejidos bajo la forma de nuevas proteínas (Kim, Wang, Choi, Gun, & Bai, 2004) citado por (Vásquez, 2004).

Una vez que la proteína es ingestada por el pez, esta entra en un proceso de digestión e hidrólisis con la finalidad de liberar los aminoácidos contenidos en la proteína, los cuales serán absorbidos mediante el tracto intestinal y distribuidos a través de la sangre a todos los órganos y tejidos del pez. Los aminoácidos son utilizados por los tejidos para formar nueva proteína ya sea para crecimiento, reproducción o mantenimiento (Soler, 1996).

**Fuentes de Proteína.** La principal materia prima empleada en la formulación de alimentos balanceados para peces es la harina de pescado, debido a que presenta un alto porcentaje de digestibilidad, la misma se encuentra comprendida entre el 80 -95 %, debido a que presenta una alta concentración proteica, presenta un elevado valor nutritivo en comparación con otras harinas , ya sean estas de origen animal o vegetal, esto se debe al equilibrio óptimo que posee en la composición de aminoácidos, ácidos grasos, vitaminas del grupo B y elevadas concentraciones de ácido fosfórico, esta harina presenta una característica muy especial debido a que presenta cantidades considerables de lisina y metionina, cabe mencionar que estos dos aminoácidos son limitantes en los alimentos de origen vegetal (Robaina, 1998).

**Aporte Nutritivo y Energético.** Las enzimas digestivas como la Tripsina, Quimiotripsina son las designadas en transformar la proteína en aminoácidos, los cuales actúan inmediatamente como fuente netamente de energía metabolizable, desempeñando un papel fundamental en el metabolismo celular, interviniendo en la degradación y glucólisis por el ciclo de Krebs (Bautista, 2007).

**Lípidos.** Los lípidos empleados en la formulación de alimento balanceado para peces, desempeña dos funciones básicas: como fuente directa de energética metabólica y como fuente principal de ácidos grasos esenciales. En una dieta elaborada

para trucha arcoíris, la inclusión de hasta un 24 % de lípidos provoca efectos positivos. La inclusión de altas concentración de lípidos en la formulación de alimentos balanceados para peces, causa problemas durante el almacenamiento y en ciertos casos puede provocar rancidez, lo cual puede conllevar el daño del alimento balanceado e incluso exponer a los peces a problemas de toxicidad cuando se ingieran estos alimentos (Zambrano, 2016).

Los lípidos, grasas y aceites, presentes en el alimento balanceado son utilizados por los peces, como fuentes de energía netamente metabólica y de ácidos grasos esenciales. Fisiológicamente, los ácidos grasos libres son la fuente principal de combustible aerobio, necesario para llevar a cabo el metabolismo energético en los músculos de los peces. Cabe mencionar que los fosfolípidos son el segundo grupo más abundante después de los triglicéridos y forman parte de la estructura celular, la misma es considerada fundamental para mantener la integridad y funcionamiento de las biomembranas de manera adecuada (Watanabe 1988, citado por Vásquez, 2004).

Los lípidos, por ser el nutriente que presenta el más bajo costo con el mayor contenido energético, es empleado como ingrediente en la formulación de dietas balanceadas para peces, sin embargo, desde el punto de vista de la producción industrial de alimentos, no pueden emplear en la formulación altos niveles de grasa porque pueden causar problemas durante el proceso de peletización o enranciamiento cuando los alimentos balanceados son almacenadas durante mucho tiempo. Otros efectos negativos provocados al emplear altos niveles de grasa en la dieta incluyen: la reducción del consumo e ingesta de alimento, afectando directamente el crecimiento y desarrollo de los peces (Shiau&Lan 1996, citado por Vásquez, 2004).

Debido a la importancia del aporte energético que debe proveer el alimento balanceado para peces, en la actualidad se trabaja en proporcionar mayor cantidad de grasa( aceite de pescado) y esto se logra al elevar de manera gradual los niveles de grasa en la formulación, con la finalidad de proporcionar una fuente de energía inmediata y de esta manera evitar el gasto de la proteína como fuente de energía (catabolismo), precautelando de esta manera que con la adición de lípidos se aproveche de mejor manera la proteína, la cual será aprovechada para el crecimiento del pez, lo que se denomina efecto ahorrador (Amany, 2008).

**Fuentes de Lípidos.** El aceite de pescado, gracias alto contenido de ácidos grasos polinsaturados de la serie Omega-3 como: el ácido eicosapentaenoico (20:5n-3; EPA) y el ácido docosahexaenoico (22:6n-3; DHA) , son empleados como la fuente principal de lípidos en la formulación de alimentos para peces, los mismo que influyen directamente en el crecimiento, conversión alimenticias y ausencia de patologías en los peces (García, y otros, 2010).

**Aporte Nutritivo y Energético.** Los lípidos poseen la funcionalidad netamente energética (ATP), estos son elementos fundamentales de las membranas celulares y sirven de vehículo para la absorción de vitaminas liposolubles como: A, D, E (Bautista, 2007). Aportan ácidos grasos esenciales, los cuales son empleados para el mantenimiento e integridad de las membranas celulares y estos a su vez paralelamente son precursores de la hormona prostaglandina ( (FAO, 1989).

**Carbohidratos.** En el organismo de los peces los carbohidratos son empleados como una fuente energética y este a su vez como nutriente aporta con una serie de metabolitos intermediarios tales como: glucosa sanguínea, nucleótidos, glucoproteínas, etc. Cabe mencionar que los carbohidratos no son considerados nutrientes esenciales

(Sanz, 2009). En peces con características omnívoras lo recomendable a emplear en la formulación del alimento balanceado es de 30 – 40 % y en peces con características carnívoras lo recomendable a emplear es de 10 – 20 % , dicha variación de porcentajes empleados en la formulación se debe a la utilización de los carbohidratos proporcionada a la actividad intestinal de las amilasas, la cual es responsable de la hidrolisis de almidones, la misma que es mayor en peces omnívoros como tilapias, carpas y bagres de canal.

**Fuentes de glúcidos.** En la formulación de alimento balanceado para peces, la utilización de carbohidratos o glúcidos es prioritaria, gracias a que poseen un costo accesible y buen rendimiento al momento de la elaboración del alimento balanceado. La materia prima comúnmente empleada es el afrechillo de trigo, pero este presenta una baja digestibilidad debido a que se encuentra infiltrada con fibra cruda (Blanco, 1995).

**Aporte Nutritivo y Energético.** Los glúcidos son metabolizados a nivel de intestino por la acción de fermentos pancreáticos o enzimas carbohidrasas, las cuales descomponen a monosacáridos. A través del sistema porta pasa al hígado, en donde es acumulado en forma de glucógeno, el cual mantiene la concentración de glucosa en la sangre, donde es tomada por diferentes tejidos como fuente de energía (Blanco, 1995).

**Vitaminas.** La vitamina C y vitaminas liposolubles tales como: A, D, E y K, deben ser incluidas en la elaboración de la dieta, debido a que la mayoría de vitaminas no pueden ser sintetizadas por los peces, las vitaminas desempeñan un rol fundamental entre los factores de crecimiento, las mismas que se encargan de catalizar un sin número de reacciones metabólicas (Crespo, 2018).

**Minerales.** Las truchas al igual que los animales superiores, requieren de cantidades mínimas de minerales, considerando que la cantidad adecuada de minerales empleada en la dieta sea inferior al 2%

### **Relación proteína / energía**

Para conseguir una tasa de crecimiento máximo es preciso determinar para cada especie un comienzo de proporción energía/proteína necesaria para mantenerla, dichas proporciones son determinadas experimentalmente y de manera específica para cada especie, para que un pez alcance la máxima velocidad de crecimiento, la tasa de deposición de proteína tiene que ser máxima y esto solamente es posible cuando las dietas consumidas tienen energía y proteína de alta digestibilidad y en niveles y proporciones adecuadas (Britz & Hecht, 1997).

Desequilibrios en esta proporción por excesivas cantidades de proteína bruta con relación a las cantidades de energía de origen no proteico, conducen a procesos catabólicos de desanimación, es decir, a la utilización de los aminoácidos como fuentes de energía y no para deposición que es lo más deseable (Sanz, 2009). Altos niveles de proteína sin suficiente energía en la dieta además de ser nocivos para el pez resultan en un aumento en la excreción de amonio produciendo un efluente con alto potencial de contaminación. Así mismo, excesos de energía en la dieta con respecto a la proteína conducen a una deficiente ingesta de proteína y de otros nutrientes, ya que como fue dicho antes, los peces consumen alimento para satisfacer principalmente su requerimiento energético (Vásquez, 2004).

Según Vásquez (2004), la relación óptima de energía-proteína para los peces omnívoros y carnívoros son similares, siendo distintas, sin embargo, las concentraciones absolutas de energía y proteína en la dieta, tanto en tilapia como trucha arco iris, exigen una relación energía/proteína entre 9,4 y 9,5 Kcal. ED (Energía Digestible) /g. PB (Proteína Bruta) para lograr máximo crecimiento, siendo sus concentraciones efectivas 32% PB y 3000 Kcal. ED/Kg para tilapia y 38% PB y 3600 Kcal. ED/Kg. para trucha arco iris.

### **Digestibilidad de Alimentos Balanceados**

La digestibilidad es definida como la proporción del alimento balanceado que no es excretado por los peces mediante las heces y por tal razón, ha sido asimilado por el organismo del pez, el cual es expresado como un coeficiente porcentual en relación a la Materia Seca. La digestibilidad se refiere directamente a la cuantificación del proceso digestivo, es decir, la facilidad con la cual es transformado un alimento en el tracto digestivo en sustancia útiles para el organismo, a su vez este proceso comprende dos fases: la digestión que corresponde a la hidrolisis de moléculas complejas de los alimentos y absorción de moléculas pequeñas (aminoácidos, ácidos grasos) en el intestino. Además, la digestibilidad es el principal parámetro empleado para medir el valor nutritivo de las distintas materias primas empleadas en la formulación de alimentos balanceados (Barboza, 2016) .

## Capítulo III

### Metodología

#### Ubicación del lugar de investigación

##### *Ubicación política*

La presente investigación se la realizó en la provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, Parroquia San Fernando, en la Hacienda El Prado perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA 1, proyecto acuícola Pailones (**Ver Figura 1**).

#### **Figura 1**

*Proyecto Acuícola Pailones, IASA 1*



##### *Ubicación geográfica*

El Proyecto Acuícola Pailones se encuentra a una Latitud de  $0^{\circ}23'20''$  S, Longitud de  $78^{\circ}24'44''$  O y a una altitud de 2 940 msnm.

##### *Ubicación ecológica*

La hacienda el Prado está situada en la zona de vida bosque húmedo Montano bajo, con una humedad relativa de 64,11%, Temperatura media de  $13,92^{\circ}\text{C}$ ,



Temperatura máxima de 21,30°C, Temperatura mínima de 6,74°C y precipitación anual de 1531 mm (Estación de Meteorología e Hidrología - Hacienda El Prado, 2016).

## **Materiales**

### ***Biológicos***

Para la ejecución del presente ensayo se emplearon 1500 alevines de trucha arcoiris diploides hembra (línea francesa).

### ***Físicos***

Se utilizaron 6 estanques de 5 m<sup>3</sup> de capacidad en los cuales se realizó la siembra de los alevines, tubería PVC (2", 1/2", 3/4"), para conducción de agua y aire, mallas anti pájaros, para cubrir cada estanque y evitar que los alevines sean comidos, recipientes plásticos, para almacenamiento de alimento balanceado, redes de pesca, alimento Balanceado y materiales de aseo.

### ***Campo***

Para la toma de datos y muestras en campo se utilizó un ictiómetro, con el cual obtuvimos la longitud total, longitud parcial y ancho de los alevines, balanza electrónica, con la cual se obtuvieron los pesos, vasos estériles de 10 ml, para toma de muestras de agua, pH, oxímetro, empleados para obtener parámetros físicos del agua, eugenol, el cual nos servirá de anestésico.

### ***Laboratorio***

El procesamiento de las muestras obtenidas en campo se las analizó en el laboratorio de Acuicultura de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA- 1, donde se emplearon, vasos de precipitación de 100 ml, cajas Petri, tubos de ensayo de 10 ml, espectrofotómetro Y 9000, balanza digital, cámara de flujo, incubadora, refrigerador.

Los reactivos que se emplearon son los siguientes: Kit Panlntest para Amonio, Amoníaco, Nitritos y Nitratos, medios de cultivo, Ácido Nítrico Concentrado.

## **Métodos**

En el presente estudio se evaluó el efecto de tres niveles de Grasa (20%,15%,10%) y un nivel de Proteína (50%), sobre el desempeño productivo de alevines de Trucha arcoíris en fase de alevinaje.

### ***Fase de campo***

**Adecuación, limpieza y desinfección de las piscinas.** Antes de iniciar el ensayo, se procedió a la adecuación de las piscinas, para esto se implementó en cada piscina entradas y salidas de agua las mismas poseían un caudal constante, el cual nos permitió tener una buena tasa de recambio (>60%), así como la adición de un sistema de oxigenación, con la finalidad de proporcionar las condiciones idóneas para el desarrollo de los alevines.

Seguidamente se realizó una desinfección de las piscinas con Hipoclorito de Sodio (48 horas antes del ingreso de los peces), con la finalidad de eliminar cualquier tipo de organismo que nos pueda causar problemas sanitarios o enfermedades. La limpieza de las piscinas se la realizó todos los días en horas de la mañana (7:00) y horas de la tarde (16:00) con el propósito de eliminar los residuos de alimento y excretas de los alevines.

**Siembra de organismos.** Una vez realizada la adecuación, limpieza y desinfección de las piscinas se procedió a realizar la siembra de los alevines de trucha arcoíris, en cada piscina circular se colocaron 250 peces con peso promedio de 0,77 gr

y longitud promedio de 4,06 cm, manejando una densidad de carga de 10 kg / m<sup>3</sup> de acuerdo al desarrollo fisiológico de los peces.

**Alimentación de los organismos.** Una vez realizada la siembra , los alevines fueron sometidos a un período de adaptación (24 h) en las cuales no se les suministró ningún tipo de alimento, una vez transcurrido el tiempo de adaptación se procedió a suministrar las tres dietas experimentales respectivamente, las cuales se encuentran formuladas con diferentes niveles de grasa, la alimentación se la realizó a voluntad, fraccionando la dieta en 8 raciones al día , empezando a las 7:00 y terminando a las 16:00, suministrando la dieta cada hora.

**Tratamiento sanitario.** El tratamiento sanitario se lo realizó con la finalidad de prevenir el ataque de enfermedades causadas por hongos, virus, bacterias y protozoos, para la preparación de la solución se empleó un recipiente con un volumen de 20 L de agua, en el cual se añadió 35 g de sal en grano por Litro de agua, seguidamente se procedió a realizar el baño de los alevines en la solución salina, por un lapso de tiempo de 10 segundos, una vez realizado el baño se colocaron a los mismos en un recipiente con agua dulce y oxigenación con la finalidad de que se recuperen para luego ser colocados nuevamente en las piscinas, dicho baño se lo efectuó con un intervalo de 10 días.

**Parámetros morfométricos.** Los datos obtenidos de los parámetros morfométricos fueron registrados con una frecuencia de 10 días, por un lapso de 4 meses (120 días), con la ayuda de una balanza electrónica y un ictiómetro.

Los parámetros morfométricos que se obtuvieron de los alevines de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en el ensayo fueron: masa corporal (g), longitud total (cm), longitud parcial (cm) y ancho (cm).

**Parámetros Productivos.** Una vez culminado el ensayo se procedió a determinar los parámetros Productivos, tales como: ganancia de masa corporal, tasa de crecimiento específico, factor de conversión alimenticia, eficiencia alimenticia, índice de condición corporal y mortalidad.

A continuación, se describen las fórmulas empleadas para la estimación de los parámetros productivos:

- **Ganancia de Peso (g)** =  $\frac{\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}}{\text{Tiempo (días)}}$
- **Tasa de crecimiento Especifico (T.C.E)** =  $\frac{(\ln \text{Peso final} - \ln \text{Peso inicial})}{\text{Tiempo (días)}} \times 100$

ln=Logaritmo Natural

- **Factor de Conversión Alimenticia (F.C.A)**=  $\frac{\text{Total de Alimento consumido (g)}}{\text{Peso ganado(g)}}$
- **Eficiencia Alimenticia (E.A)**=  $\frac{\text{Peso ganado (g)}}{\text{Alimento ingerido}} \times 100$
- **Índice de Condición Corporal**=  $\frac{\text{Peso corporal(g)}}{(\text{Longitud total})^3} \times 100$
- **Mortalidad (%)**=  $\frac{\text{Número de peces muertos}}{\text{Número de peces vivos}} \times 100$

**Parámetros físico-químicos del Agua.** Los parámetros físicos del agua fueron registrados a lo largo del experimento (120 días), los cuales fueron: cantidad de oxígeno disuelto en agua, el cual fue obtenido con la ayuda de un Oxímetro YSI550, temperatura y pH, los mismos que se obtuvieron con un pH-metro HANNA, HI 98127. La medición y registro de los parámetros mencionados se lo realizo en horas de la mañana (6:00), tarde (12:00) y noche (18:00).

### **Fase de laboratorio**

Los análisis se los realizaron en el Laboratorio de Recursos Bioacuáticos y Acuicultura de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA-1

**Parámetros de calidad del agua.** Los parámetros analizados en el ensayo fueron:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ , los cuales determinan la calidad del agua. Con la ayuda de un frasco estéril de 10 ml se procedió a realizar la toma de la muestra de agua, de cada piscina, así como de la entrada y la salida, la toma de las muestras se la efectuó con una frecuencia de 10 días.

Una vez que las muestras fueron tomadas y rotuladas debidamente, se trasladaron al laboratorio en donde fueron analizadas, con la ayuda de los Kit Panlntest (Amonio, Amoníaco, Nitritos y Nitratos) y de un espectrofotómetro YSI 9000, seleccionando la longitud de onda adecuada para cada parámetro (640-Amonio, 520-Nitrito y 570-Nitrato), los valores obtenidos nos permitieron conocer la calidad del agua con la finalidad de determinar las condiciones óptimas para el adecuado desarrollo del cultivo y de esta manera conocer la dinámica de comportamiento en el medio.

**Histología.** Se procedió a realizar el sacrificio de tres peces de manera aleatoria por cada tratamiento y cada repetición una vez concluida la fase de campo, con la finalidad de evaluar el índice hepatosomático (IHS). Para esto se utilizó la siguiente ecuación que describimos a continuación:

$$IHS = Ph * (Pt - Ph) \times 100$$

**Dónde:**

**Ph=** Peso del hígado

**PT=** Peso total del pez; todos los pesos se midieron en gramos

De forma visual se procederá a evaluar los órganos internos (hígado, intestinos, corazón) de los alevines de trucha arcoíris por cada tratamiento y por cada repetición. Mediante histología clásica se realizarán análisis histológicos con muestra de hígado, las mismas que serán de 2cm aproximadamente.

Para la conservación de la muestra se empleó formalina al 10 %, la misma que fue neutralizada con fosfato de sodio, los cortes fueron realizados con un espesor de 7µm y teñidos con Hematoxilina – Eosina, posteriormente las muestras fueron fijadas a placas porta objetos y observadas al microscopio óptico.

### ***Diseño experimental***

**Área de trabajo.** Para la presente investigación se utilizaron 6 piscinas circulares de 5m<sup>3</sup> de capacidad y 1,5 m de profundidad

### ***Factor a evaluar***

Se evaluó el efecto de tres niveles de inclusión de Grasa, en la formulación de alimento balanceado para Trucha arcoíris en fase de alevinaje.

### ***Tratamientos***

Los tratamientos que fueron empleados en el desarrollo de la presente investigación se describen en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Tratamientos empleados en la alimentación de alevines de Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) en fase de alevinaje*

<b>Tratamiento</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Descripción</b>
T1	PE1	50 % de Proteína / 20% de Grasa
T2	PE2	50 % de Proteína / 15% de Grasa
T3	PE3(Testigo)	50 % de Proteína / 10% de Grasa

### ***Croquis experimental***

El experimento se dispuso bajo un diseño completamente al azar (DCA), bifactorial (3x1), con 2 repeticiones. Cada una de las piscinas utilizadas representa la unidad experimental evaluándose un total de 6 unidades experimentales de las cuales dos piscinas corresponden a la aplicación del T1, dos piscinas corresponden a la aplicación del T2 y dos piscinas a la aplicación del T3. El croquis experimental se muestra en la **Figura 2**.

### **Figura 2**

*Croquis del diseño experimental*



### ***Modelo matemático***

El modelo matemático que se empleó se muestra a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + e_{ij}$$

**Donde:**

$Y_{ij}$  = Rendimiento (Parámetros morfométricos y productivos).

$\mu$  = Media general.

$G_i$  = Efecto de la  $i$ -ésima concentración de Grasa en la dieta balanceada.

$e_{ij}$  = Error experimental.

### **Variables a medir**

Las variables morfométricas y productivas evaluadas en la presente investigación se describen en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Variables morfométricas y productivas a evaluar*

<b>Variable</b>	<b>Factor a determinar</b>	<b>Detalle</b>
Lt Lp At Masa corporal (g)	Longitud total Longitud Parcial Ancho Total	Obtención de parámetros morfométricos con un intervalo de 10 días, mediante una balanza electrónica e ictiómetro  $TCE = (\ln W_{xf} - \ln W_{xi} / t) * 100$
TCE	% Tasa de Crecimiento	$W_{xf}$ = peso final (g), $W_{xi}$ = peso inicial (g), t = días de crianza, Ln = logaritmo natural
FCA	Conversión alimenticia	FCA = Total de alimento ingerido / Biomasa
EA	Eficiencia Alimenticia	$EA (\%) = (\text{Peso ganado} / \text{Alimento Ingerido}) * 100$  $ICC = (P / Lt^3)$
ICC%	Índice de Condición Corporal	P = Peso corporal (g), Lt = Longitud total (cm)
GP	Ganancia de Peso	$GP = (\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) / \text{Tiempo}$
M%	Tasa de Mortalidad	$TM = (\# \text{ de peces muertos} / \# \text{ peces totales}) * 100$

### **Análisis estadístico**

Las variables a evaluar fueron caracterizadas mediante estadística descriptiva: media, desviación estándar y varianza. Para las variables morfométricas obtenidas en campo (peso, largo total, largo parcial, ancho) se procedió a realizar diagramas. Tanto las variables morfométricas y productivas fueron analizadas mediante un análisis de



varianza con modelos múltiples, esto se debe a que las variables fueron observadas cada 10 días. Los datos obtenidos en la investigación fueron analizados con la ayuda del software estadístico Infostat.

Previo al respectivo análisis se validaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad con las pruebas de Shapiro wilks y Levene respectivamente a un nivel de confiabilidad del 95 %. Para todos los análisis se realizaron pruebas de comparación de medias de Tukey al 5%.

## Capítulo IV

### Resultados y Discusión

#### Condiciones fisicoquímicas del agua

Los resultados obtenidos para las mediciones de los parámetros fisicoquímicos del agua fueron registrados a lo largo del ensayo (120 días ) desde el día 30/10/2019 al 22 /02/2020, se establecieron horarios específicos para la toma de dicho parámetro ,las cuales fueron en las siguientes horas: 06:00h, 12:00h, 18:00h, los resultados obtenidos reflejan que los parámetros registrados se encuentran en el rango óptimo para el correcto desarrollo y crecimiento de alevines de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) ( Tabla 4)

**Tabla 4**

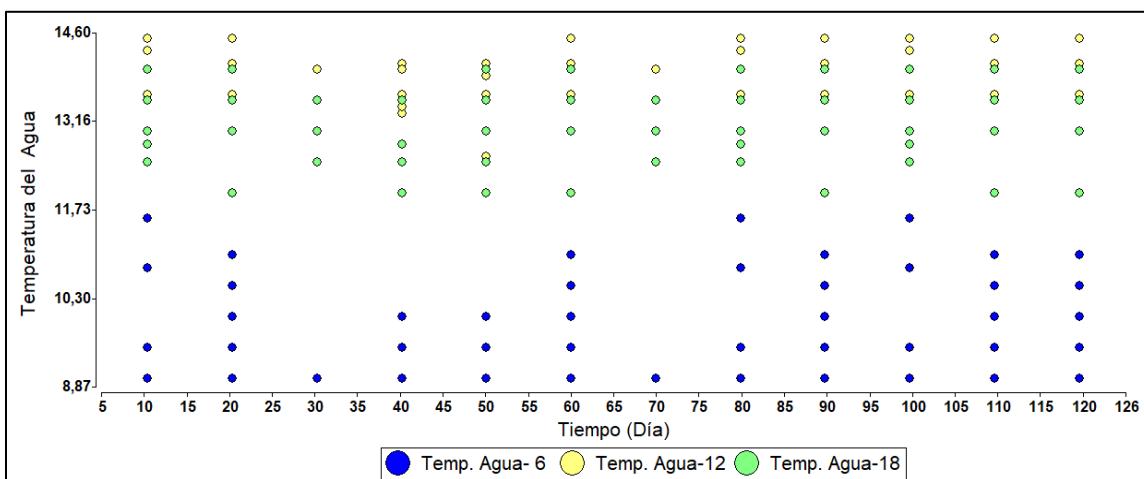
*Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos del ambiente y el agua registrados durante el desarrollo del ensayo*

Parámetro	Media	Mín.	Máx.
Temperatura Ambiente °C	14,42±0,22°C	10	20
Temperatura Agua °C	12,24±0,14 °C	9	14,50
pH	8,02±0,02	7	8,50
Oxígeno Disponible	8,20±0,02 mg/l	7	8,90

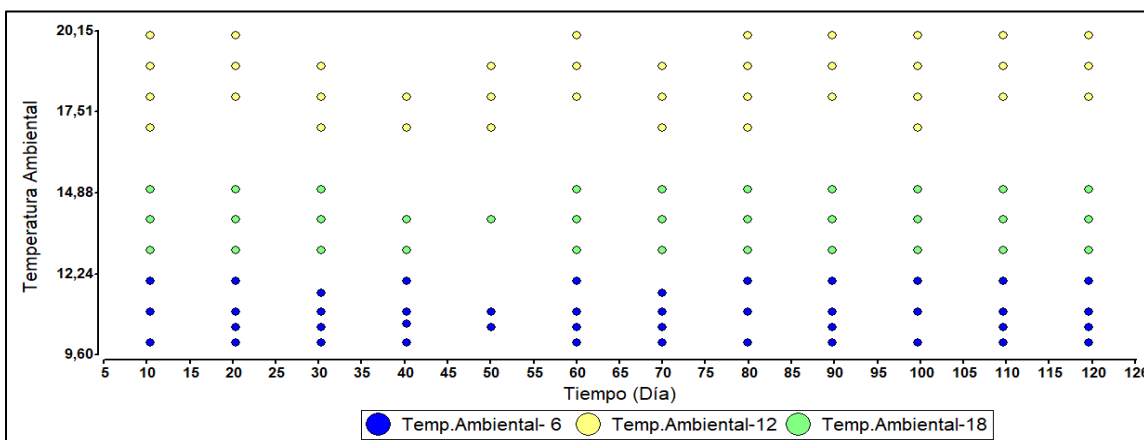
En la figura 3, se muestra el comportamiento de cada parámetro fisicoquímico (temperatura del agua, temperatura ambiental, pH y Oxígeno disuelto) obtenidos durante la fase de investigación.

**Figura 3**

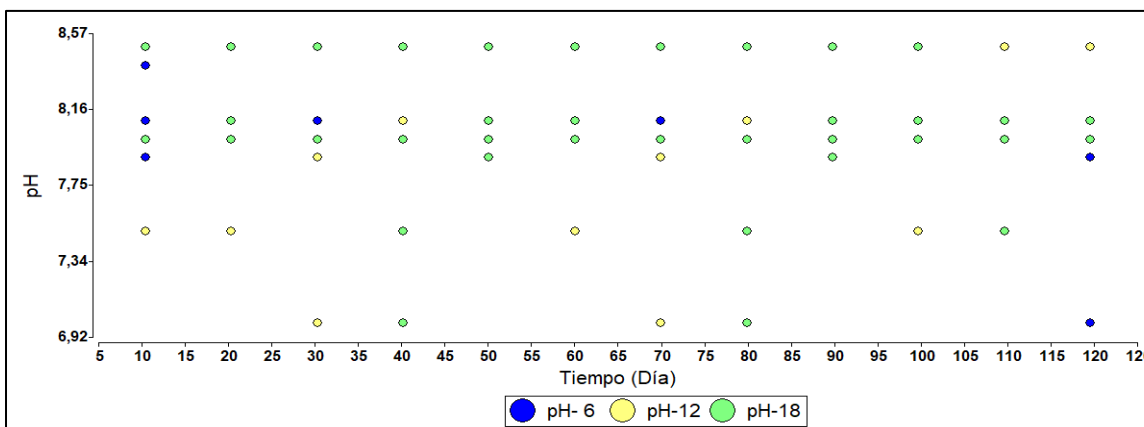
Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del agua durante el periodo de ensayo en alevines de *Oncorhynchus mykiss* (a) temperatura del agua, (b) temperatura ambiental, (c) pH y (d) oxígeno disponible



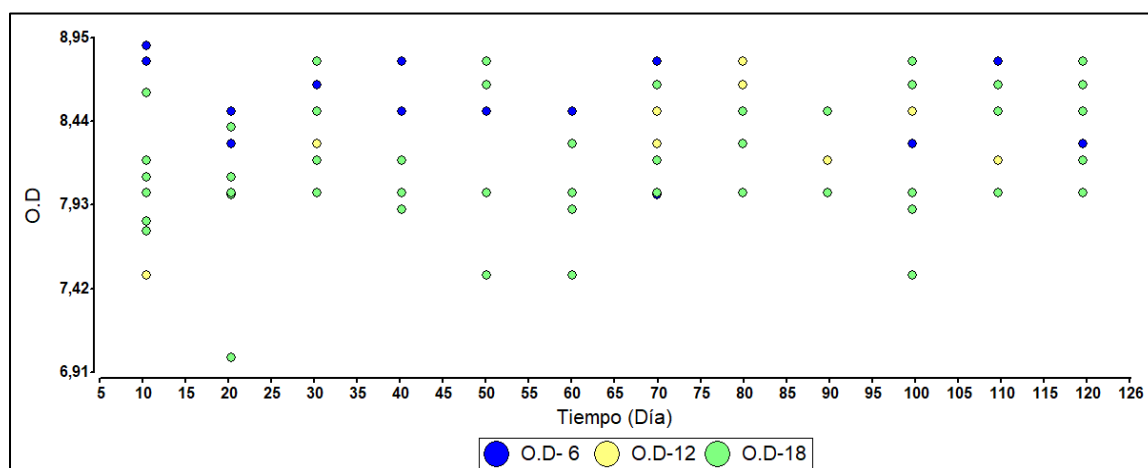
**a)**



**b)**



**c)**



d)

## Variables morfométricas

### *Peso Corporal*

Los datos obtenidos de la variable peso durante los 120 días en los cuales se llevó a cabo el ensayo, cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, posteriormente se procedió a realizar un ANOVA a un nivel de confianza del 95%, encontrando diferencias significativas entre la interacción tratamiento y tiempo ( $p=0,0001$ ).

### **Tabla 5**

*Promedio  $\pm$  error estándar de la variable peso (g) bajo el efecto de diferentes concentraciones de grasa en la dieta balanceada para alevines de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).*

Tiempo (Días)	Tratamientos		
	T1	T2	T3
0	0,78 $\pm$ 1,04 a	0,76 $\pm$ 0,66 a	0,74 $\pm$ 0,41 a
10	1,35 $\pm$ 1,04	1,27 $\pm$ 0,66	0,91 $\pm$ 0,41
20	2,23 $\pm$ 1,04	2,19 $\pm$ 0,66	1,31 $\pm$ 0,41
30	3,49 $\pm$ 1,04	3,29 $\pm$ 0,66	1,84 $\pm$ 0,41

Tiempo (Días)	T1	T2	T3
40	6,04±1,04	5,01±0,66	2,16±0,41
50	7,63±1,04	5,84±0,66	2,77±0,41
60	9,71±1,04	7,87±0,66	4,26±0,41
70	14,71±1,04	11,33±0,66	5,52±0,41
80	21,43±1,04	16,04±0,66	8,22±0,41
90	32,29±1,04	22,21±0,66	12,58±0,41
100	42,29±1,04	31,94±0,66	17,72±0,41
110	65,08±1,04 <b>b</b>	45,56±0,66 <b>c</b>	26,25±0,41 <b>d</b>
<b>p-valor</b>	<b>&lt;0.001</b>		

\*Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

\*T1: 50% Proteína - 20% Grasa; T2: 50% Proteína -15% Grasa y T3: 50% Proteína – 10% Grasa

En la tabla 5, se detallan los pesos promedios logrados en los 120 días que duró el ensayo, durante los 10 primeros días, los alevines de *Oncorhynchus mykiss* presentan pesos iniciales similares, con un coeficiente de variación de 2,58%. Al final del ensayo los alevines de *Oncorhynchus mykiss* alimentados con una dieta balanceada formulada con 50% de Proteína - 20% de Grasa, presentaron mayor peso promedio corporal ( $65,08 \pm 1,04$ ), mientras que los alevines alimentados con una dieta balanceada formulada con 50% de Proteína – 10% de Grasa, presentaron el menor peso corporal ( $26,25 \pm 0,41$ ).

**Tabla 6**

*Promedio  $\pm$  error estándar del peso alcanzado al culminar la fase de campo para cada una de las concentraciones de grasa*

<b>Tratamiento</b>	<b>Peso promedio (g)</b>
PE1( 20% Grasa)	17,25 $\pm$ 0,30 <b>a</b>
PE2 (15% Grasa)	12,78 $\pm$ 0,19 <b>b</b>
PE3 (10% Grasa)	7,03 $\pm$ 0,12 <b>c</b>
<b>p-valor</b>	<b>&lt;0,001</b>

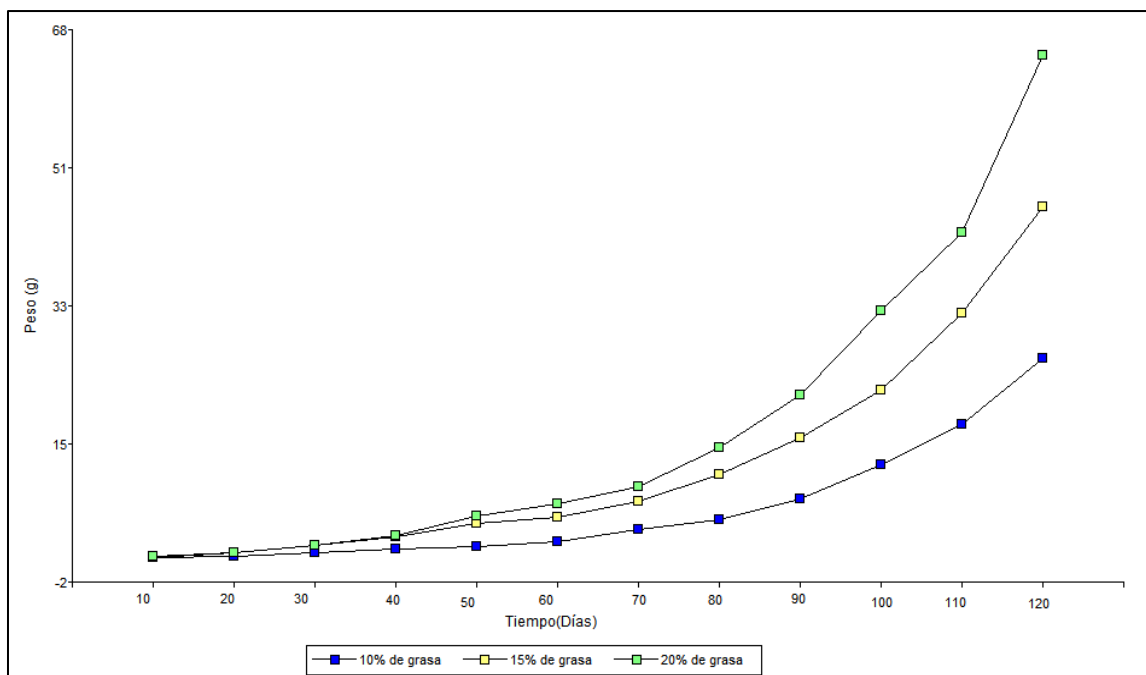
\*Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

En la tabla 6, mediante una prueba múltiple de comparación de medias, a través del método de Tukey, se encontró que a un nivel de confianza del 95% el promedio de pesos alcanzados a los 120 días difiere entre tratamientos. Los alevines alimentados con una dieta balanceada formulad con 50% de Proteína-20% de Grasa presentó valores promedio superiores al resto de tratamientos (17,25  $\pm$  0,30).

A continuación, en la figura 4, se muestra gráficamente el comportamiento de la variable peso corporal (g) bajo el efecto de tres concentraciones de Grasa, presentes en la formulación del alimento balanceado durante 120 días.

#### Figura 4

*Evolución de la variable peso (g) bajo el efecto de tres concentraciones de Grasa en dietas balanceadas para alevines de *Oncorhynchus mykiss* durante 120 días*



#### **Longitud total**

Los datos de longitud total obtenidos durante los 120 días que duró el ensayo corresponden a las mediciones en centímetros (cm), la misma que va desde el inicio de la boca de los alevines de trucha arcoíris hasta el extremo de la aleta caudal, el muestreo se lo realizó con una frecuencia de 10 días. Los datos analizados a un nivel de confianza del 95% cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, posteriormente se realizó un ANOVA, en la cual se determinó un efecto significativo de la interacción tratamiento y tiempo sobre la longitud total de cada uno de los alevines ( $p=0,0289$ ).

**Tabla 7**

*Promedio  $\pm$  error estándar de la variable longitud total (cm) bajo el efecto de diferentes concentraciones de grasa en la dieta balanceada para alevines de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)*

Tiempo (Días)	Tratamientos		
	T1	T2	T3
0	4,10 $\pm$ 0,17 a	4,06 $\pm$ 0,17 a	4,02 $\pm$ 0,11 a
10	4,91 $\pm$ 0,17	4,81 $\pm$ 0,17	4,31 $\pm$ 0,11
20	5,79 $\pm$ 0,17	5,76 $\pm$ 0,17	4,87 $\pm$ 0,11
30	6,70 $\pm$ 0,17	6,59 $\pm$ 0,17	5,43 $\pm$ 0,11
40	8,07 $\pm$ 0,17	7,58 $\pm$ 0,17	5,71 $\pm$ 0,11
50	8,72 $\pm$ 0,17	7,95 $\pm$ 0,17	6,20 $\pm$ 0,11
60	9,41 $\pm$ 0,17	8,77 $\pm$ 0,17	7,14 $\pm$ 0,11
70	10,80 $\pm$ 0,17	9,84 $\pm$ 0,17	7,78 $\pm$ 0,11
80	12,23 $\pm$ 0,17	11,07 $\pm$ 0,17	8,92 $\pm$ 0,11
90	14,08 $\pm$ 0,17	12,24 $\pm$ 0,17	10,28 $\pm$ 0,11
100	15,47 $\pm$ 0,17	14,05 $\pm$ 0,17	11,52 $\pm$ 0,11
110	17,83 $\pm$ 0,17 b	15,83 $\pm$ 0,17 c	13,13 $\pm$ 0,11 d
<b>p-valor</b>	<b>&lt;0.001</b>		

\*Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

\*T1: 50% Proteína - 20% Grasa; T2: 50% Proteína -15% Grasa y T3: 50% Proteína – 10% Grasa

En la tabla 7, se muestran los valores promedio obtenidos de la variable longitud total durante los 120 días en los que se efectuó el ensayo, durante los 10 primeros días, los alevines de *Oncorhynchus mykiss* presentan medidas iniciales similares con un coeficiente de variación de 0,96%. Al final del ensayo los alevines de *Oncorhynchus mykiss* alimentados con una dieta balanceada formulada con 50% de Proteína - 20% de Grasa, presentaron mayor valor promedio de longitud total (17,83 $\pm$ 0,17), mientras que



los alevines alimentados con una dieta balanceada formulada con 50% de Proteína – 10%de Grasa, menor valor promedio de longitud total ( $13,13 \pm 0,11$ ).

**Tabla 8**

*Promedio  $\pm$  error estándar de la longitud total alcanzada al culminar la fase de campo para cada una de las concentraciones de Grasa*

<b>Tratamiento</b>	<b>Longitud total promedio (cm)</b>
PE1( 20% Grasa)	$9,84 \pm 0,05$ <b>a</b>
PE2 (15% Grasa)	$9,05 \pm 0,05$ <b>b</b>
PE3 (10% Grasa)	$7,44 \pm 0,03$ <b>c</b>
<b>p-valor</b>	<b>&lt;0,001</b>

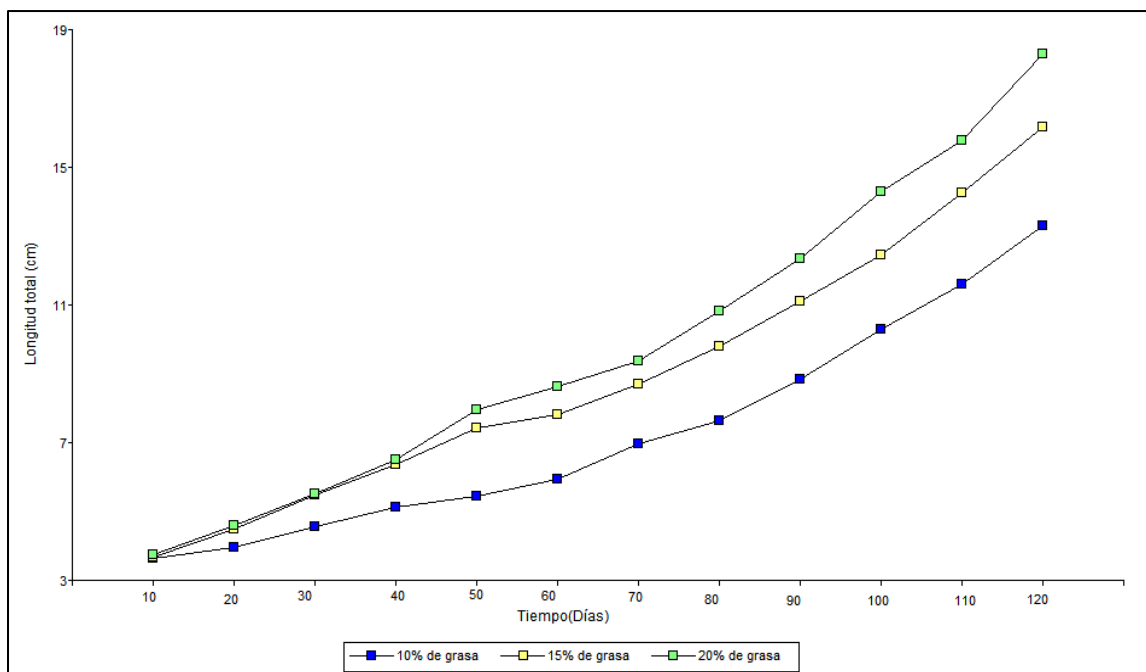
\*Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

En la tabla 8, mediante una prueba múltiple de comparación de medias, a través del método de Tukey, se encontró que a un nivel de confianza del 95% el promedio de la longitud total alcanzados a los 120 días difiere entre tratamientos. Los alevines alimentados con una dieta balanceada formulada con 50% de Proteína - 20% de Grasa presentó valores promedio superiores al resto de tratamientos ( $9,84 \pm 0,05$ ).

A continuación, en la figura 5, se muestra gráficamente el comportamiento de la variable longitud total (cm) bajo el efecto de tres concentraciones de Grasa, presentes en la formulación del alimento balanceado durante 120 días.

**Figura 5**

*Evolución de la variable longitud total (cm) bajo el efecto de tres concentraciones de Grasa en dietas balanceadas para alevines de *Oncorhynchus mykiss* durante 120 días*



### ***Longitud parcial***

Los datos de longitud total obtenidos durante los 120 días que duró el ensayo corresponden a las mediciones en centímetros (cm), la misma que va desde el inicio de la boca de los alevines de trucha arcoíris hasta el inicio de la aleta caudal, el muestreo se lo realizó con una frecuencia de 10 días. Los datos analizados a un nivel de confianza del 95% cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, posteriormente se realizó un ANOVA, en la cual se determinó un efecto significativo de la interacción tratamiento y tiempo sobre la longitud total de cada uno de los alevines ( $p=0,0001$ ).

**Tabla 9**

*Promedio  $\pm$  error estándar de la variable longitud parcial (cm) bajo el efecto de diferentes concentraciones de Grasa en la dieta balanceada para alevines de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)*

Tiempo (Días)	Tratamientos		
	T1	T2	T3
0	3,61 $\pm$ 0,13 a	3,59 $\pm$ 0,16 a	3,54 $\pm$ 0,10 a
10	4,34 $\pm$ 0,13	4,24 $\pm$ 0,16	3,77 $\pm$ 0,10
20	5,25 $\pm$ 0,13	5,21 $\pm$ 0,16	4,35 $\pm$ 0,10
30	6,08 $\pm$ 0,13	6,01 $\pm$ 0,16	4,93 $\pm$ 0,10
40	7,23 $\pm$ 0,13	6,78 $\pm$ 0,16	5,19 $\pm$ 0,10
50	7,74 $\pm$ 0,13	6,95 $\pm$ 0,16	5,66 $\pm$ 0,10
60	8,41 $\pm$ 0,13	7,84 $\pm$ 0,16	6,20 $\pm$ 0,10
70	9,77 $\pm$ 0,13	8,79 $\pm$ 0,16	6,78 $\pm$ 0,10
80	11,22 $\pm$ 0,13	10,02 $\pm$ 0,16	7,89 $\pm$ 0,10
90	12,93 $\pm$ 0,13	11,16 $\pm$ 0,16	9,27 $\pm$ 0,10
100	14,16 $\pm$ 0,13	12,66 $\pm$ 0,16	10,47 $\pm$ 0,10
110	16,42 $\pm$ 0,13 b	14,30 $\pm$ 0,16 c	11,92 $\pm$ 0,10 d
<b>p-valor</b>	<b>&lt;0.001</b>		

\*Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

\*T1: 50% Proteína - 20% Grasa; T2: 50% Proteína -15% Grasa y T3: 50% Proteína – 10% Grasa

En la tabla 9, se muestran los valores promedio obtenidos de la variable longitud parcial durante los 120 días en los que se efectuó el ensayo, durante los 10 primeros días, los alevines de *Oncorhynchus mykiss* presentan medidas iniciales similares con un coeficiente de variación de 0,98%. Al final del ensayo los alevines de *Oncorhynchus mykiss* alimentados con una dieta balanceada formulada con 50% de Proteína - 20% de Grasa, presentaron mayor valor promedio de longitud total (16,42 $\pm$ 0,13), mientras que

los alevines alimentados con una dieta balanceada formulada con 50% de Proteína – 10% de Grasa, menor valor promedio de longitud parcial ( $11,92 \pm 0,10$ ).

**Tabla 10**

*Promedio  $\pm$  error estándar de la longitud parcial alcanzada al culminar la fase de campo para cada una de las concentraciones de Grasa*

<b>Tratamiento</b>	<b>Longitud parcial promedio (cm)</b>
PE1( 20% Grasa)	8,93 $\pm$ 0,04 <b>a</b>
PE2 (15% Grasa)	8,13 $\pm$ 0,05 <b>b</b>
PE3 (10% Grasa)	6,66 $\pm$ 0,03 <b>c</b>
<b>p-valor</b>	<b>&lt;0,001</b>

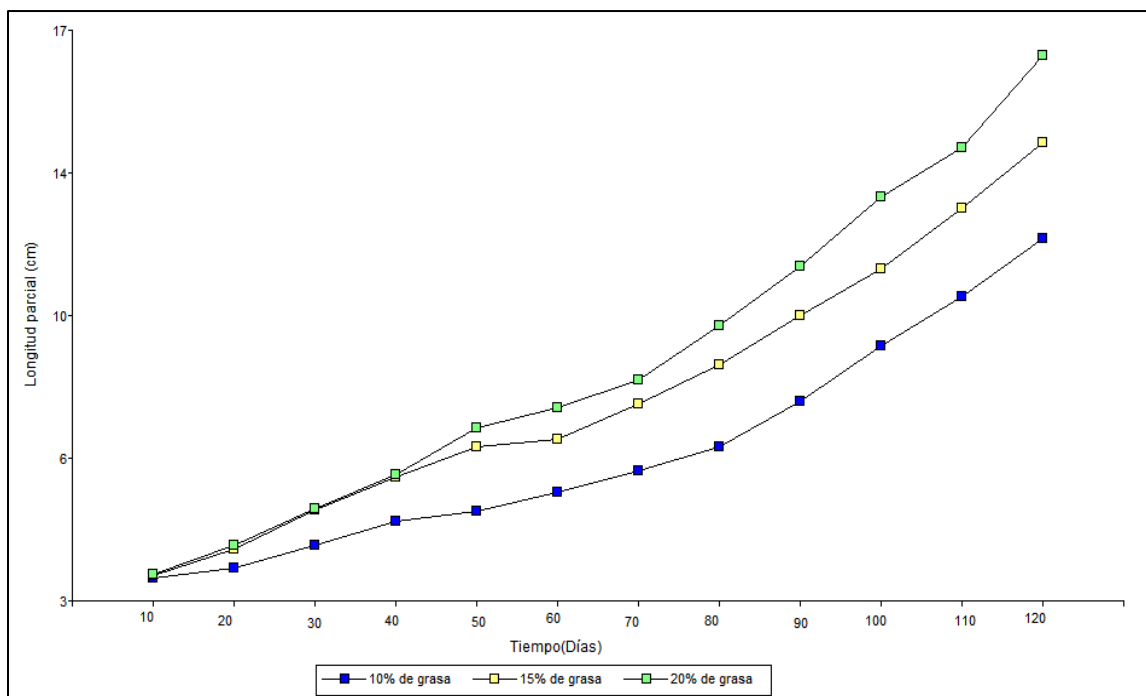
\*Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

En la tabla 10, mediante una prueba múltiple de comparación de medias, a través del método de Tukey, se encontró que a un nivel de confianza del 95% el promedio de la longitud parcial alcanzados a los 120 días difiere entre tratamientos. Los alevines alimentados con una dieta balanceada formulada con 50% de Proteína - 20% de Grasa presentó valores promedio superiores al resto de tratamientos ( $8,93 \pm 0,04$ ).

A continuación, en la figura 6, se muestra gráficamente el comportamiento de la variable longitud parcial (cm) bajo el efecto de tres concentraciones de Grasa, presentes en la formulación del alimento balanceado durante 120 días.

**Figura 6**

*Evolución de la variable longitud parcial (cm) bajo el efecto de tres concentraciones de Grasa en dietas balanceadas para alevines de *Oncorhynchus mykiss* durante 120 días*



### **Ancho**

Al igual que el resto de parámetros morfométricos, los datos de la variable ancho fueron obtenidos con una frecuencia de 10 días, los mismos fueron medidos en (cm), las mediciones van desde la parte dorsal hasta el abdomen de los alevines de trucha arcoíris. Una vez que los datos obtenidos cumplieran con los supuestos de normalidad y homocedasticidad ( $p > 0,05$ ) se realizó un análisis de varianza no paramétrica revelando que existe diferencias entre tratamiento y tiempo ( $p = 0,001$ ).

**Tabla 11**

*Promedio  $\pm$  error estándar de la variable ancho (cm) bajo el efecto de diferentes concentraciones de Grasa en la dieta balanceada para alevines de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)*

Tiempo (Días)	Tratamientos		
	T1	T2	T3
0	0,78 $\pm$ 0,08 a	0,80 $\pm$ 0,05 a	0,77 $\pm$ 0,05 a
10	1,02 $\pm$ 0,08	0,99 $\pm$ 0,05	0,85 $\pm$ 0,05
20	1,09 $\pm$ 0,08	1,09 $\pm$ 0,05	0,98 $\pm$ 0,05
30	1,38 $\pm$ 0,08	1,39 $\pm$ 0,05	1,07 $\pm$ 0,05
40	1,74 $\pm$ 0,08	1,63 $\pm$ 0,05	1,20 $\pm$ 0,05
50	1,97 $\pm$ 0,08	1,76 $\pm$ 0,05	1,33 $\pm$ 0,05
60	2,26 $\pm$ 0,08	2,09 $\pm$ 0,05	1,47 $\pm$ 0,05
70	2,22 $\pm$ 0,08	2,07 $\pm$ 0,05	1,57 $\pm$ 0,05
80	2,59 $\pm$ 0,08	2,27 $\pm$ 0,05	1,72 $\pm$ 0,05
90	3,00 $\pm$ 0,08	2,53 $\pm$ 0,05	2,12 $\pm$ 0,05
100	3,20 $\pm$ 0,08	2,94 $\pm$ 0,05	2,40 $\pm$ 0,05
110	3,71 $\pm$ 0,08 b	3,20 $\pm$ 0,05 c	2,65 $\pm$ 0,05 d
<b>p-valor</b>	<b>&lt;0.001</b>		

\*Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

\*T1: 50% Proteína - 20% Grasa; T2: 50% Proteína -15% Grasa y T3: 50% Proteína – 10% Grasa

En la tabla 11, se muestran los valores promedio obtenidos de la variable ancho durante los 120 días en los que se efectuó el ensayo, durante los 10 primeros días, los alevines de *Oncorhynchus mykiss* presentan medidas iniciales similares con un coeficiente de variación de 0,96%. Al final del ensayo los alevines de *Oncorhynchus mykiss* alimentados con una dieta balanceada formulada con 50% de Proteína - 20% de Grasa, presentaron mayor valor promedio de ancho (3,71 $\pm$ 0,08), mientras que los alevines alimentados con una dieta balanceada formulada con 50% de Proteína – 10% de Grasa, menor valor promedio de ancho (2,65 $\pm$ 0,05).

**Tabla 12**

*Promedio  $\pm$  error estándar del ancho alcanzado al culminar la fase de campo para cada una de las concentraciones de Grasa*

<b>Tratamiento</b>	<b>Ancho promedio (cm)</b>
PE1( 20% Grasa)	2,08 $\pm$ 0,02 <b>a</b>
PE2 (15% Grasa)	1,90 $\pm$ 0,02 <b>b</b>
PE3 (10% Grasa)	1,51 $\pm$ 0,01 <b>c</b>
<b>p-valor</b>	<b>&lt;0,001</b>

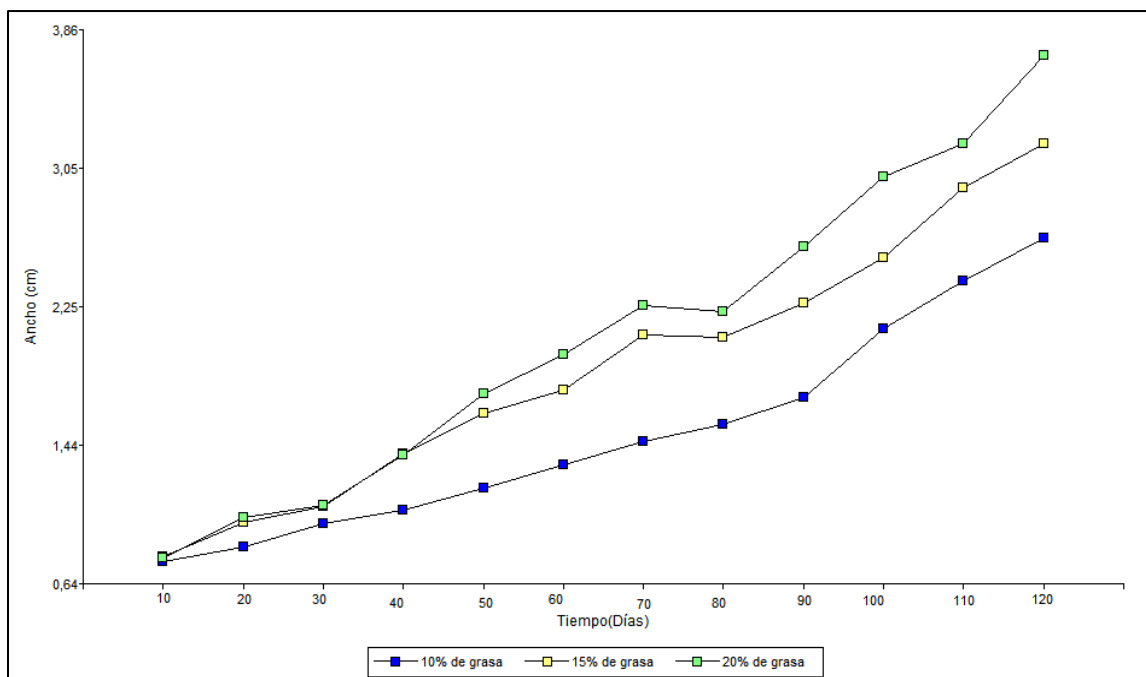
\*Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

En la tabla 12, mediante una prueba múltiple de comparación de medias, a través del método de Tukey, se encontró que a un nivel de confianza del 95% el promedio de ancho alcanzados a los 120 días difiere entre tratamientos. Los alevines alimentados con una dieta balanceada formulada con 50% de Proteína - 20% de Grasa presentó valores promedio superiores al resto de tratamientos (2,08 $\pm$ 0,02).

A continuación, en la figura 7, se muestra gráficamente el comportamiento de la variable ancho (cm) bajo el efecto de tres concentraciones de Grasa, presentes en la formulación del alimento balanceado durante 120 días.

**Figura 7**

*Evolución de la variable ancho (cm) bajo el efecto de tres concentraciones de Grasa en dietas balanceadas para alevines de *Oncorhynchus mykiss* durante 120 días*



## Índices Productivos

### **Factor de conversión Alimenticia (F.C.A)**

Los datos analizados en la variable factor de conversión alimenticia (ganancia de peso de alevines de Trucha arcoíris por cada kg de alimento consumido) durante los 120 días que duró el ensayo con una frecuencia de alimentación de 8 veces al día (8 am, 9am, 10am, 11am, 12am, 1 pm, 2pm, 3pm y 4 pm), fueron analizados a un nivel de confianza del 95%; cumpliendo con los supuestos de normalidad y homocedasticidad ( $P > 0,05$ ).

La Tabla 13, detalla los valores promedio alcanzados de la variable factor de conversión alimenticia (%) durante los 120 días que duró el ensayo, revelando que el T1 (50 % Proteína - 20 % Grasa) presentó mayor eficiencia de consumo de alimento



durante el transcurso del ensayo con  $1,41 \pm 0,01$  a comparación del T3 (50% Proteína – 10% Grasa) el cual presentó una menor eficiencia de consumo de alimento con  $1,81 \pm 0,01$ .

**Tabla 13**

*Promedio  $\pm$  error estándar de la variable factor de conversión alimenticia*

Tiempo (Días)	Tratamientos		
	T1	T2	T3
10	$4,93 \pm 0,16$	$4,83 \pm 0,25$	$5,35 \pm 0,11$
20	$4,80 \pm 0,05$	$4,68 \pm 0,17$	$4,72 \pm 0,22$
30	$3,88 \pm 0,01$	$4,09 \pm 0,09$	$4,79 \pm 0,06$
40	$3,43 \pm 0,26$	$3,19 \pm 0,06$	$3,78 \pm 0,14$
50	$2,65 \pm 0,14$	$2,47 \pm 0,11$	$3,56 \pm 0,14$
60	$1,99 \pm 0,09$	$2,80 \pm 0,33$	$6,38 \pm 1,46$
70	$2,65 \pm 0,04$	$2,58 \pm 0,04$	$3,64 \pm 0,41$
80	$2,13 \pm 0,04$	$2,73 \pm 0,18$	$3,54 \pm 0,68$
90	$2,38 \pm 0,06$	$2,25 \pm 0,10$	$2,92 \pm 0,02$
100	$1,85 \pm 0,02$	$2,11 \pm 0,29$	$2,58 \pm 0,36$
110	$1,63 \pm 0,01$	$1,82 \pm 0,05$	$2,67 \pm 0,33$
120	$1,41 \pm 0,01$	$1,61 \pm 0,01$	$1,81 \pm 0,01$

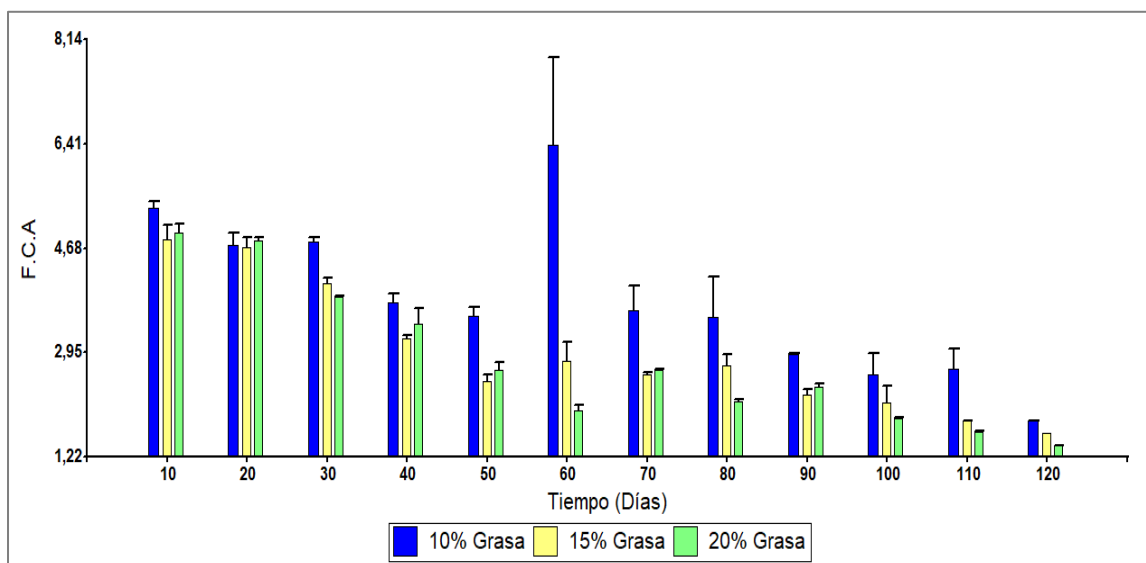
\*Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

Mediante el análisis de varianza se determinó que existe un efecto significativo entre tratamientos ( $P=0.0374$ ).

En la figura 8, se indican los valores promedio  $\pm$  error estándar de la variable factor de conversión alimenticia registrado durante 120 días.

**Figura 8**

*Comportamiento de la variable factor de conversión alimenticia bajo el efecto de tres concentraciones de Grasa en dietas balanceadas para alevines de *Oncorhynchus mykiss* durante 120 días*



### ***Eficiencia Alimenticia (E.A)***

En el porcentaje de eficiencia alimenticia (relación de ganancia de peso y alimento consumido) los datos analizados cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad ( $P > 0,05$ ).

Los valores promedio obtenidos de la variable eficiencia alimenticia (%) durante los 120 días que duró el ensayo por tratamiento (tabla 14) revelaron que el T1 (50 % Proteína – 20% Grasa) presentó la mayor eficiencia alimenticia con  $71,24 \pm 0,31$  a diferencia del T3 (50 % Proteína – 10 % Grasa) el cual presentó menor eficiencia alimenticia con  $55,25 \pm 0,30$ .

**Tabla 14**

*Promedio  $\pm$  error estándar de la variable porcentaje de eficiencia alimenticia (%)*

<b>Tiempo (Días)</b>	<b>Tratamientos</b>		
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
10	20,33 $\pm$ 0,65	20,77 $\pm$ 1,05	18,78 $\pm$ 0,37
20	20,83 $\pm$ 0,21	21,38 $\pm$ 0,78	21,23 $\pm$ 0,99
30	25,84 $\pm$ 0,04	24,47 $\pm$ 0,55	20,92 $\pm$ 0,28
40	29,36 $\pm$ 2,16	31,39 $\pm$ 0,51	26,50 $\pm$ 0,98
50	37,84 $\pm$ 2,00	40,62 $\pm$ 1,78	28,18 $\pm$ 1,06
60	50,39 $\pm$ 2,22	36,24 $\pm$ 4,23	16,55 $\pm$ 3,79
70	37,85 $\pm$ 0,50	38,24 $\pm$ 0,61	27,86 $\pm$ 3,14
80	47,05 $\pm$ 1,07	36,85 $\pm$ 2,43	29,36 $\pm$ 5,60
90	42,14 $\pm$ 1,03	44,64 $\pm$ 1,87	34,34 $\pm$ 0,30
100	54,15 $\pm$ 0,64	48,43 $\pm$ 6,60	39,59 $\pm$ 5,56
110	61,56 $\pm$ 0,56	55,14 $\pm$ 0,14	37,99 $\pm$ 4,67
120	71,24 $\pm$ 0,31 <b>a</b>	62,02 $\pm$ 0,09 <b>b</b>	55,25 $\pm$ 0,30 <b>b</b>

\*Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

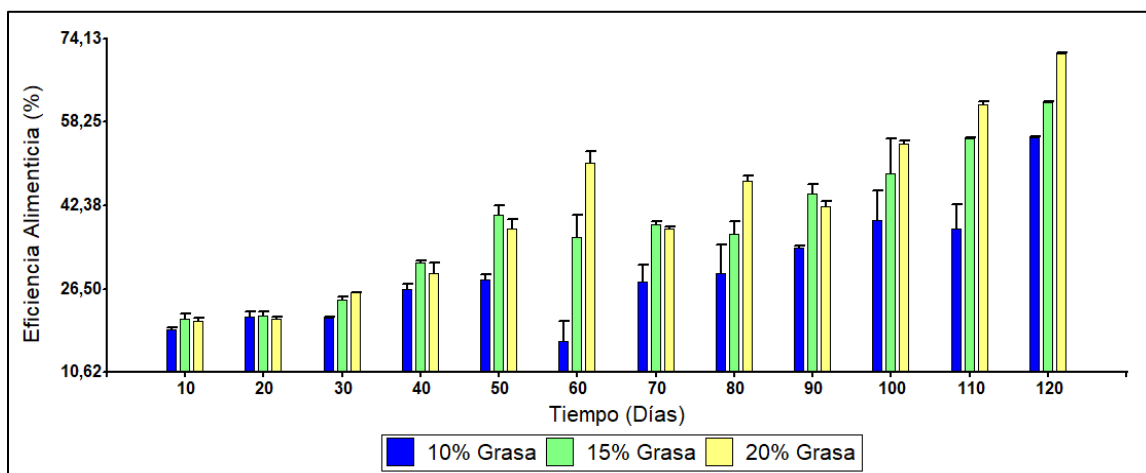
Mediante el análisis de varianza se determinó que existe un efecto significativo entre tratamientos ( $P=0.0367$ )

El mayor porcentaje de eficiencia alimenticia durante la ejecución del ensayo se presentó a los 120 días en los alevines alimentados con una dieta balanceada formulada con 50% de Proteína - 20% de Grasa (Tabla 13).

En la figura 9, se indica el comportamiento de la variable porcentaje de eficiencia alimenticia registrado durante 120 días, siendo menor entre los días 10 y 20.

**Figura 9**

*Comportamiento de la variable porcentaje de eficiencia alimenticia bajo el efecto de tres concentraciones de Grasa en dietas balanceadas para alevines de *Oncorhynchus mykiss* durante 120 días*



### ***Índice de condición corporal (I.C.C)***

Los datos de la variable índice de condición corporal (relación longitud-peso) fueron transformados a logaritmo de base 10, posteriormente con los datos obtenidos se procedió a determinar el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homocedasticidad ( $P > 0,05$ ). La tabla 15, detalla los promedios alcanzados con respecto a la variable índice de condición corporal durante los 120 días de duración del ensayo.

**Tabla 15**

*Promedio  $\pm$  error estándar de la variable índice de condición corporal*

Tiempo (Días)	Tratamientos		
	T1	T2	T3
10	1,14 $\pm$ 0,01	1,14 $\pm$ 0,01	1,14 $\pm$ 0,01
20	1,14 $\pm$ 0,01	1,15 $\pm$ 0,01	1,14 $\pm$ 0,01
30	1,15 $\pm$ 0,01	1,15 $\pm$ 0,01	1,14 $\pm$ 0,01
40	1,16 $\pm$ 0,01	1,15 $\pm$ 0,01	1,15 $\pm$ 0,01
50	1,15 $\pm$ 0,01	1,15 $\pm$ 0,01	1,17 $\pm$ 0,01

<b>Tiempo (Días)</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
60	1,16±0,01	1,16±0,01	1,17±0,01
70	1,17±0,01	1,17±0,01	1,17±0,01
80	1,17±0,01	1,18±0,01	1,17±0,01
90	1,17±0,01	1,18±0,01	1,16±0,01
100	1,16±0,01	1,18±0,01	1,16±0,01
110	1,15±0,01	1,15±0,01	1,16±0,01
120	1,15±0,01	1,15±0,01	1,16±0,01

\*Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

Mediante el análisis de varianza se determinó que existe un efecto significativo entre tratamientos ( $P < 0,05$ )

A través del método múltiple de comparación de medias de Tukey, se encontró que a un nivel de confianza del 95%, los alevines alimentados con una dieta balanceada formulada con 50% de Proteína - 20% de Grasa presentaron un similar índice de condición corporal que el resto de tratamientos (Tabla 16).

**Tabla 16**

*Promedio ± error estándar de la variable índice de condición corporal en cada uno de los tratamientos*

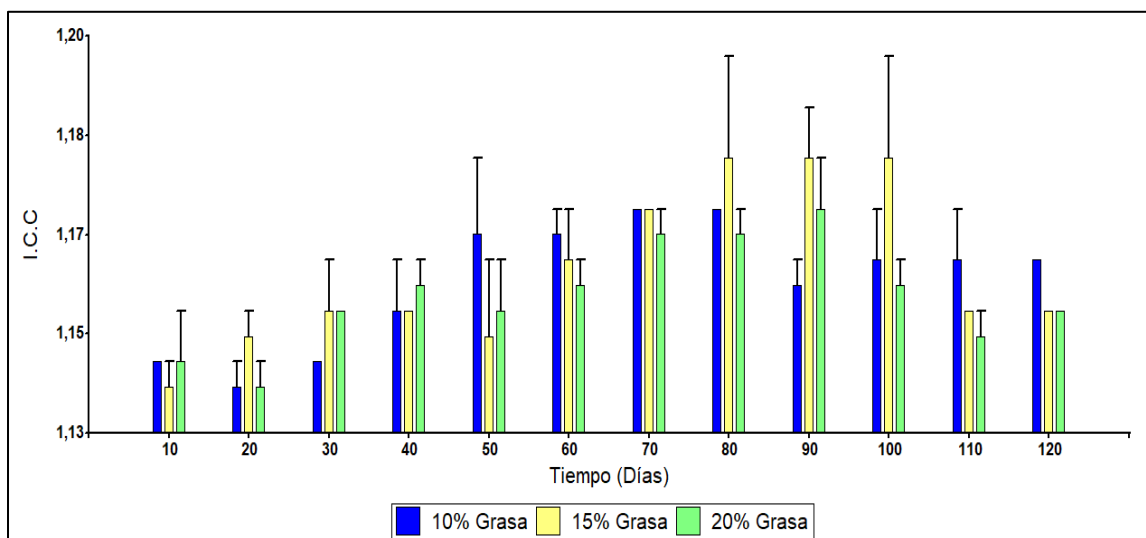
<b>Tratamiento</b>	<b>Índice de condición corporal</b>
PE1( 20% Grasa)	1,15±0,15 a
PE2 (15% Grasa)	1,16±0,09 a
PE3 (10% Grasa)	1,16±0,08 a
<b>p-valor</b>	<b>&lt;0,001</b>

\*Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

La figura 10, refleja la evolución de la variable índice de condición corporal durante los 120 días.

**Figura 10**

*Comportamiento de la variable índice de condición corporal bajo el efecto de tres concentraciones de Grasa en dietas balanceadas para alevines de *Oncorhynchus mykiss* durante 120 días*



### **Tasa de crecimiento específico**

Los Datos de tasa de crecimiento específico (crecimiento diario en %), cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad ( $P > 0,05$ ) y mediante un análisis de varianza a un nivel de confianza del 95%, se determinó que no existe un efecto significativo de la interacción tratamiento por tiempo ( $p = 0,104$ ).

**Tabla 17**

*Promedio  $\pm$  error estándar de la variable tasa de crecimiento específico*

Tiempo (Días)	Tratamientos		
	T1	T2	T3
10	4,48 $\pm$ 0,69	4,19 $\pm$ 0,74	3,90 $\pm$ 0,52
20	5,44 $\pm$ 0,69	5,15 $\pm$ 0,74	2,10 $\pm$ 0,52
30	5,06 $\pm$ 0,69	5,42 $\pm$ 0,74	3,65 $\pm$ 0,52
40	4,40 $\pm$ 0,69	4,07 $\pm$ 0,74	3,40 $\pm$ 0,52
50	5,55 $\pm$ 0,69	4,18 $\pm$ 0,74	1,59 $\pm$ 0,52
60	2,33 $\pm$ 0,69	1,49 $\pm$ 0,74	2,46 $\pm$ 0,52

<b>Tiempo (Días)</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
70	2,42±0,69	3,05±0,74	4,31±0,52
80	4,13±0,69	3,52±0,74	2,59±0,52
90	3,78±0,69	3,59±0,74	3,99±0,52
100	4,07±0,69	3,24±0,74	4,24±0,52
110	2,72±0,69	3,64±0,74	3,41±0,52
120	4,31±0,69	3,55±0,74	3,95±0,52

\*Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

La tasa de crecimiento específico alcanzada en función del peso corporal se obtuvo comuna frecuencia de 10 días, el mayor valor alcanzado durante el ensayo se presentó a los 50 días en los alevines alimentados con una dieta balanceada formulada con 50% de Proteína - 20% de Grasa (Tabla 17).

**Tabla 18**

*Promedio ± error estándar de la variable tasa de crecimiento específico en cada uno de los tratamientos*

<b>Tratamiento</b>	<b>Tasa de crecimiento específico</b>
PE1( 20% Grasa)	4,06±0,20 <b>a</b>
PE2 (15% Grasa)	3,76±0,21 <b>ab</b>
PE3 (10% Grasa)	3,30±0,15 <b>b</b>
<b>p-valor</b>	<b>&lt;0,001</b>

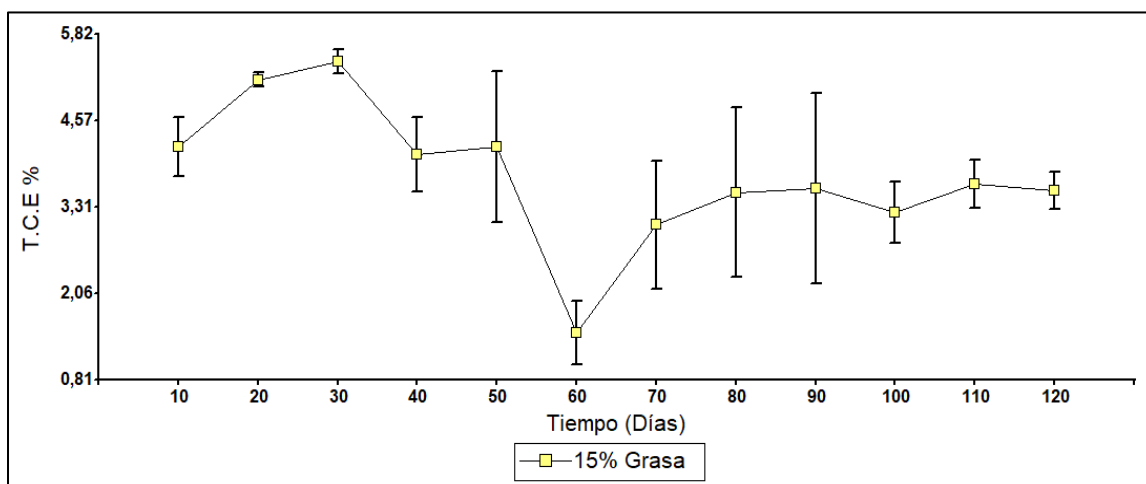
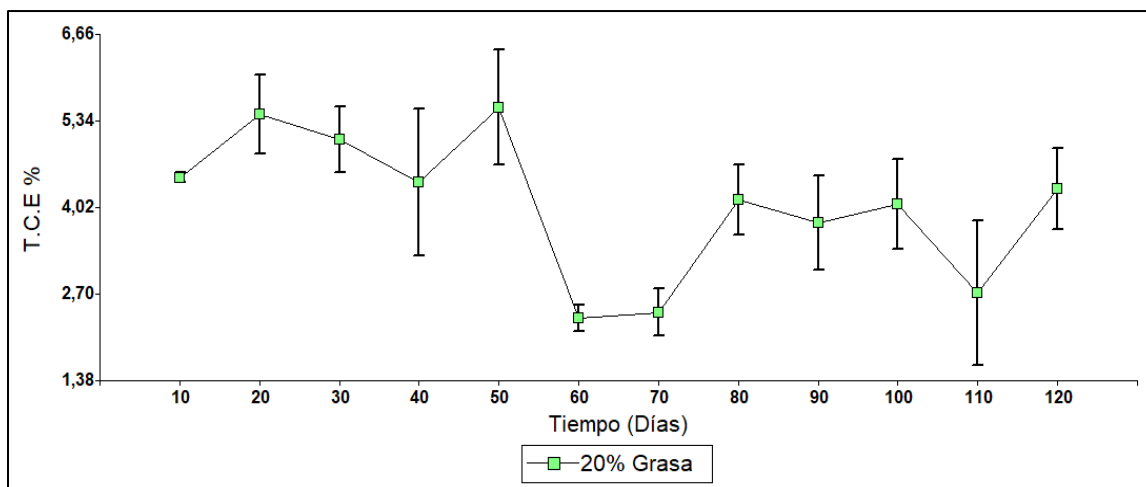
\*Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

Al evaluar el promedio general de la tasa de crecimiento específico alcanzado en cada uno de los tratamientos, se puede determinar que no existe diferencia significativa entre tratamientos (Tabla 18).

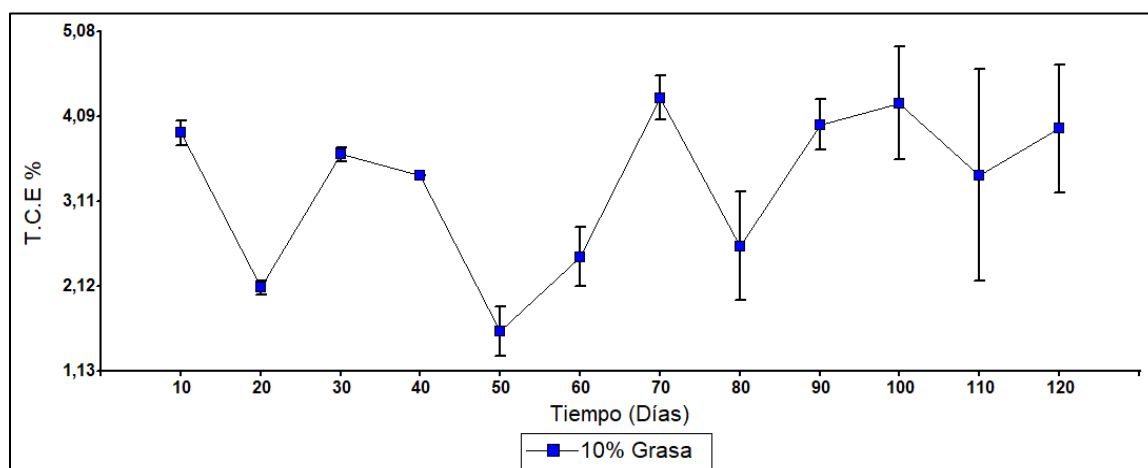
En la figura 11, se observa el comportamiento de la tasa de crecimiento específico por cada tratamiento empleado.

**Figura 11**

*Comportamiento de la variable tasa de crecimiento específico para cada uno de los tratamientos*







### **Ganancia de peso**

Los datos analizados para la variable ganancia de peso durante 120 días fueron transformados a logaritmo de base 10, los datos cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad ( $P > 0,05$ ). La tabla 19, detalla los promedios alcanzados con respecto a la ganancia de peso durante los 120 días que duró el ensayo.

**Tabla 19**

*Promedio  $\pm$  error estándar de la variable ganancia de peso*

Tiempo (Días)	Tratamientos		
	T1	T2	T3
10	0,74 $\pm$ 0,01 <b>ab</b>	0,71 $\pm$ 0,03 <b>ab</b>	0,69 $\pm$ 0,01 <b>b</b>
20	1,27 $\pm$ 0,07	1,20 $\pm$ 0,04	0,84 $\pm$ 0,02
30	2,10 $\pm$ 0,01	2,06 $\pm$ 0,03	1,23 $\pm$ 0,02
40	3,27 $\pm$ 0,39	3,07 $\pm$ 0,13	1,72 $\pm$ 0,03
50	5,70 $\pm$ 0,11	4,69 $\pm$ 0,37	1,98 $\pm$ 0,04
60	7,03 $\pm$ 0,32	5,34 $\pm$ 0,64	2,56 $\pm$ 0,14
70	8,95 $\pm$ 0,04	7,30 $\pm$ 0,13	3,99 $\pm$ 0,09
80	13,75 $\pm$ 0,90	10,54 $\pm$ 1,63	5,09 $\pm$ 0,23
90	19,97 $\pm$ 0,32	14,91 $\pm$ 0,03	7,68 $\pm$ 0,06
100	30,15 $\pm$ 2,49	20,61 $\pm$ 1,16	11,77 $\pm$ 0,70

<b>Tiempo (Días)</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
110	39,06±1,60	29,72±0,47	16,46±1,27
120	60,85±2,08 <b>c</b>	42,36±0,42 <b>d</b>	24,48±0,29 <b>e</b>

\*Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

A través del método múltiple de comparación de medias de Tukey, se encontró que a un nivel de confianza del 95%, los alevines alimentados con una dieta balanceada formulada con 50% de Proteína - 20% de Grasa presentaron mayor ganancia de peso con a comparación del tratamiento 3 que posee en su formulación 50 % Proteína – 10 % Grasa (Tabla 20).

#### **Tabla 20**

*Promedio ± error estándar de la variable ganancia de peso en cada uno de los tratamientos*

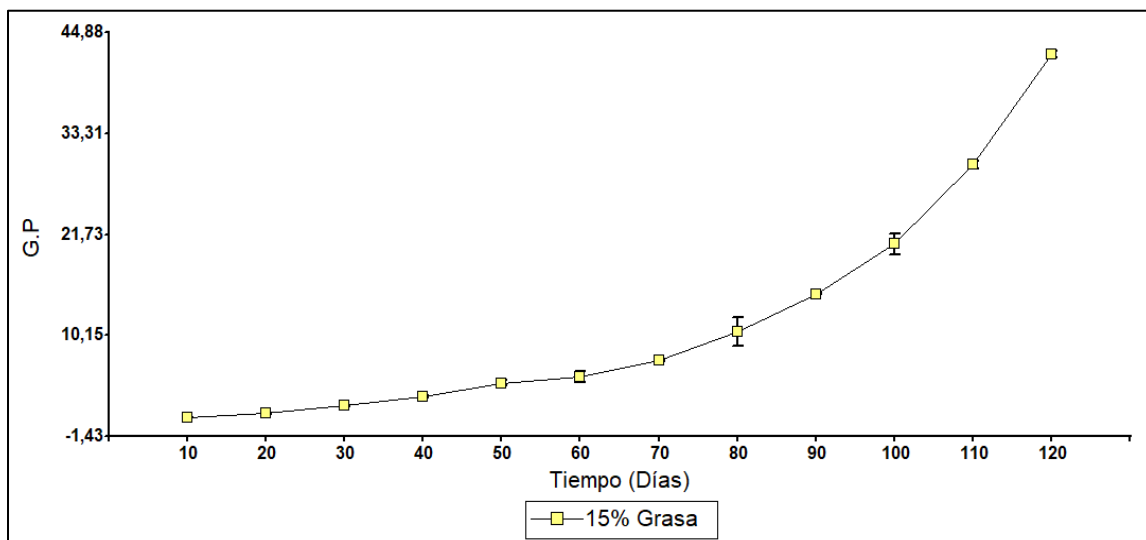
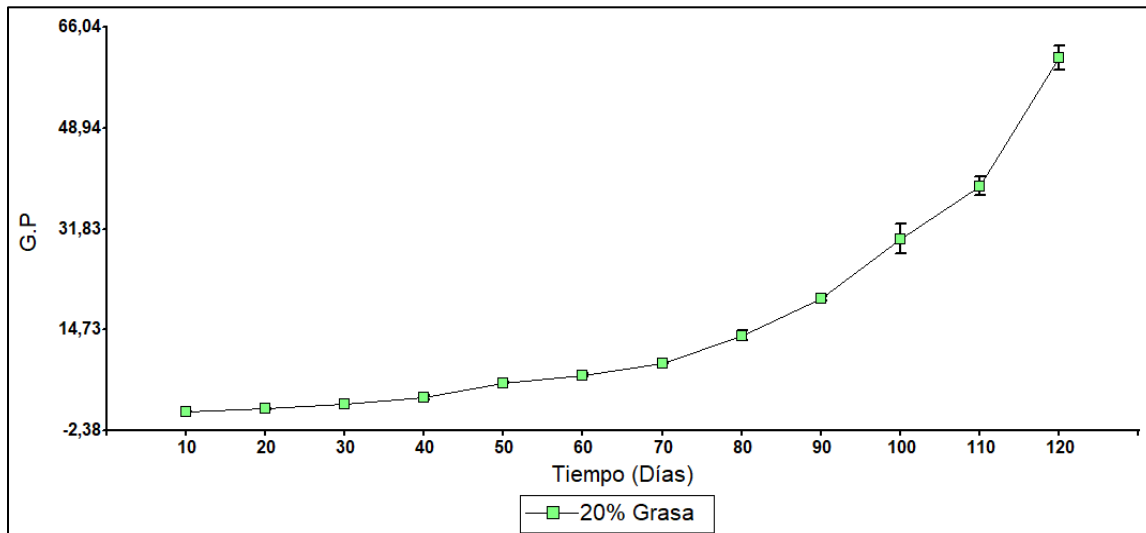
<b>Tratamiento</b>	<b>Ganancia de peso</b>
PE1( 20% Grasa)	16,07±3,72 <b>a</b>
PE2 (15% Grasa)	11,87±2,60 <b>b</b>
PE3 (10% Grasa)	6,54±3,72 <b>c</b>
<b>p-valor</b>	<b>&lt;0,001</b>

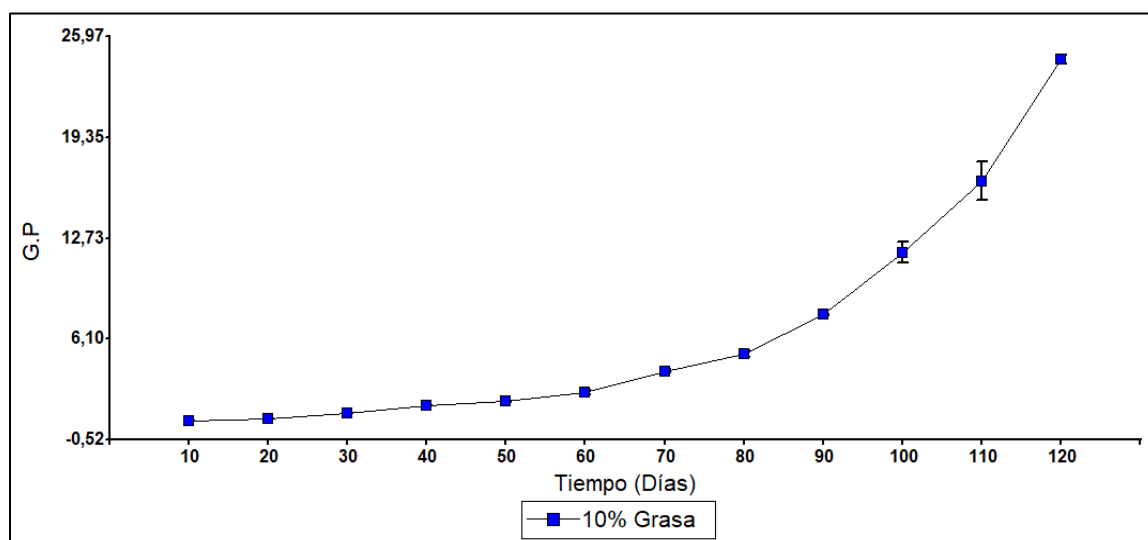
\*Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

La figura 12, muestra el comportamiento de la variable ganancia de peso obtenido durante los 120 días que duró el ensayo bajo la inclusión de diferentes concentraciones de Grasa en la formulación del alimento balanceado en dietas para alevines de Trucha arcoíris.

**Figura 12**

*Desarrollo de la variable ganancia de peso (G.P) por tratamiento*





### ***Tasa de mortalidad***

El número de animales muertos fue registrado de manera diaria y analizados cada 10 días, la Tabla 21, muestra el porcentaje de animales muertos a lo largo de los 120 días de duración del ensayo.

**Tabla 21**

*Porcentaje de mortalidad registrado a lo largo de 120 días que duró el ensayo*

<b>Tiempo (Días)</b>	<b>Tratamientos</b>		
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
10	4,60	4	4,40
20	7	7	7,80
30	12,40	11,20	10
40	14,80	15	11,60
50	27,60	32,20	18
60	30,60	33,20	29,40
70	31,60	33,80	32,40
80	31,60	34,40	34,80
90	0	0	0
100	0	0	0

<b>Tiempo (Días)</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
110	0	0	0
120	0	0	0
<b>Total peces muertos</b>	<b>79</b>	<b>86</b>	<b>87</b>

A través del método múltiple de comparación de medias de Tukey, se encontró que a un nivel de confianza del 95%, no existe diferencia significativa entre los tratamientos aplicados, sin embargo, los alevines alimentados con una dieta balanceada formulada con 50% de Proteína - 15 % de Grasa presentaron mayor porcentaje de mortalidad a comparación del tratamiento 3 que posee en su formulación 50 % Proteína – 10 % grasa (Tabla 22).

**Tabla 22**

*Promedio ± error estándar del porcentaje de mortalidad registrado a lo largo de la fase de campo*

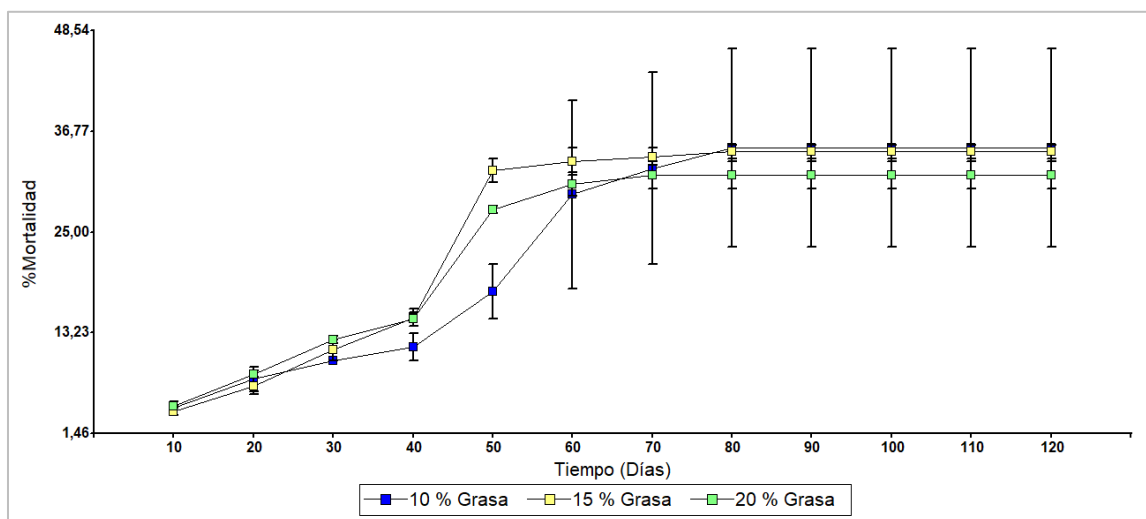
<b>Tratamiento</b>	<b>Tasa de Mortalidad (%)</b>
PE1( 15% Grasa)	25,70±1,49 <b>a</b>
PE3 (20% Grasa)	24±1,49 <b>a</b>
PE2 (10% Grasa)	23,97±1,49 <b>a</b>
<b>p-valor</b>	<b>&lt;0,001</b>

\*Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas (p<0,05)

La figura 13, muestra el comportamiento del porcentaje de mortalidad durante los 120 días que duró el ensayo en cada uno de los tratamientos.

**Figura 13**

*Comportamiento de la variable porcentaje de mortalidad bajo el efecto de tres concentraciones de Grasa en dietas balanceadas para alevines de *Oncorhynchus mykiss* durante 120 días*



## Variables Histológicas

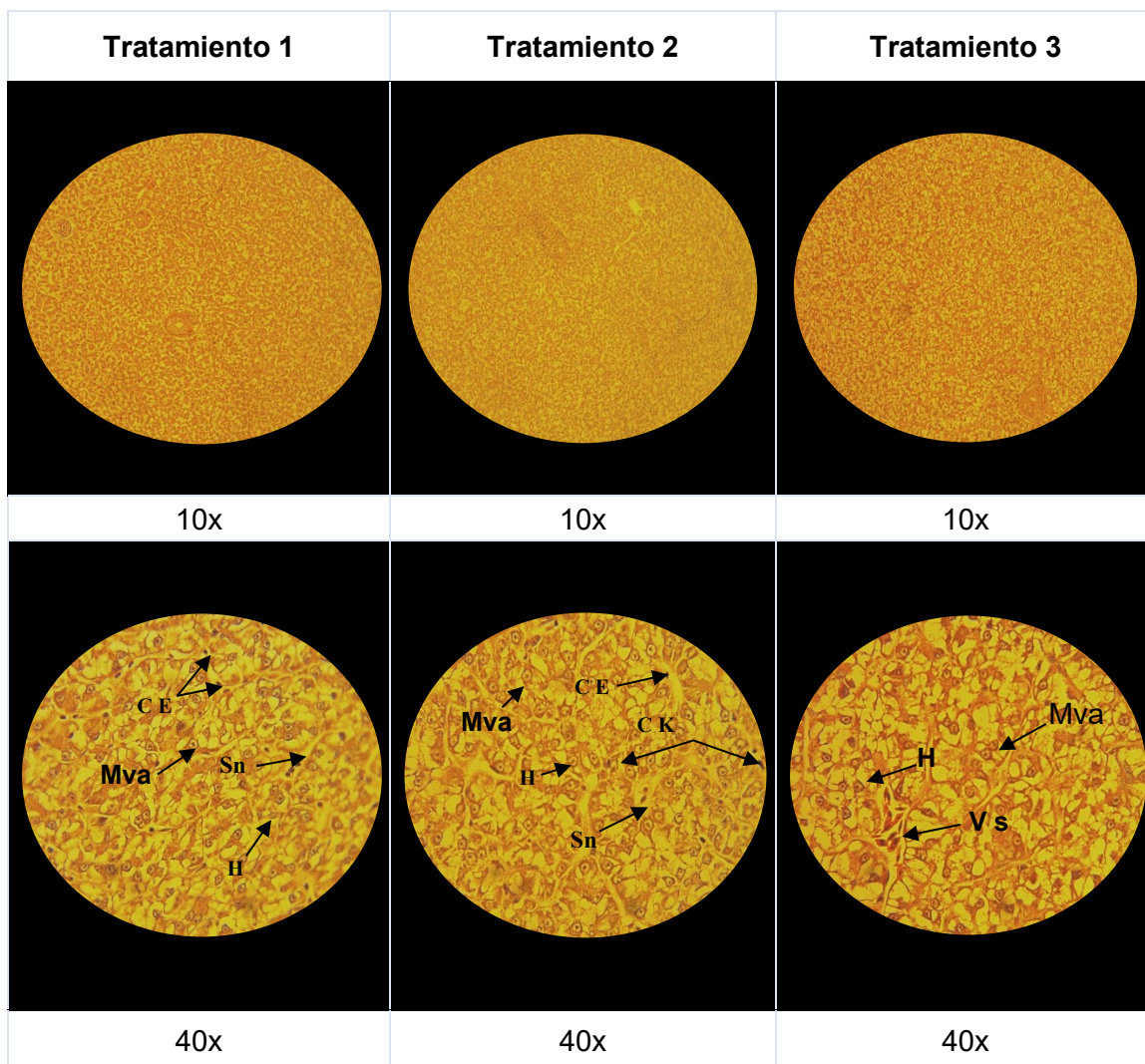
### *Análisis de cortes histológicos hepáticos*

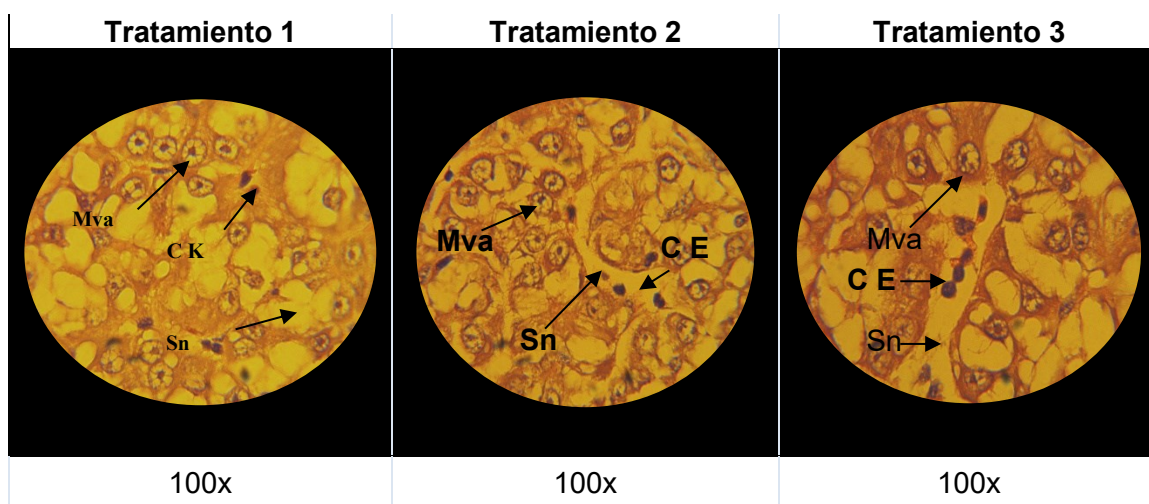
Los cortes transversales de tejido hepático realizados por cada tratamiento revelaron que la concentración de grasa presente en cada dieta produjo un daño leve a nivel hepático, ya que en todos los tratamientos evaluados se puede observar micro vacuolas de borde definido, las cuales son indicativas de una leve lipidosis hepática.

La figura 14 presenta la comparativa de los cortes histológicos de alevines de *Oncorhynchus mykiss* por tratamiento al finalizar la fase de campo.

**Figura 14**

Cortes histológicos de hígados de alevines de *Trucha arcoiris* (*Oncorhynchus mykiss*) bajo el efecto de tres niveles de Grasa. Micro-vacuola de borde definido (Mva), Hepatocito (H), Sinusoide (Sn), Células endoteliales (CE), Células de Kuffer (CK), Vaso sanguíneo (Vs)





Se pudo evidenciar que existe un leve daño hepático (Lipidosis hepática grado 1) ya que se puede observar la presencia de micro-vacuolas de borde definido, una leve dilatación sinusoidal y una leve vacuolización lipídica, ocupando una pequeña parte del parénquima, provocando una distensión de los hepatocitos.

El daño hepático ocasionado al añadir 20% Grasa y 15 % Grasa fue leve, no obstante, el rendimiento en las variables morfométricas y productivas fue mejor con respecto al tratamiento control, el cual en su formulación posee 10% Grasa.



## Discusión

Al finalizar el ensayo se obtuvo una temperatura media del agua de  $12,24 \pm 0,14$  °C, temperatura ambiental de  $14,42 \pm 0,22$  °C, pH de  $8,02 \pm 0,02$  y concentración de oxígeno disuelto de  $8,20 \pm 0,02$  mg/l, determinando que las condiciones fueron las óptimas para el correcto desarrollo de la especie en estudio en la etapa de alevinaje. Según Holliman (2000), menciona que el rango óptimo de temperatura del agua oscila entre 9 a 18 °C para que exista un crecimiento y desarrollo adecuado, beneficiando la tasa metabólica e ingesta del alimento balanceado suministrado. Según Molony (2001) menciona que a 18 °C el apetito de los peces es máximo pero la digestión a esta temperatura no es muy eficaz, por este motivo los mejores rendimientos en trucha arcoíris se obtienen cuando la temperatura oscila entre los 12 - 15°C. La cantidad necesaria de oxígeno disuelto en el medio acuático es de 5,5 a 7 mg/l (Tomas,2013) y un pH de 6,5 a 9, con valores de pH menores a 4 se presenta la muerte ácida de los peces y por arriba del 11 la muerte alcalina (Phillips, 2008). Bajo estas condiciones, los parámetros físico químicos del agua se encuentran dentro de los rangos óptimos establecidos en la etapa de alevinaje, durante todo el ensayo.

Durante la investigación se manejó la inclusión de diferentes porcentajes de grasa en la formulación del alimento balanceado, con la finalidad de mejorar los parámetros morfométricos y productivos, acortando de esta manera los ciclos de producción, en alevines de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) con porcentajes de inclusión de 20% Grasa (T1), 15% Grasa (T2) y 10% Grasa (T3).

Según González (2002), la inclusión de una mayor proporción de lípidos o grasas en la formulación del alimento balanceado, conlleva a que los ácidos grasos presentes, sean utilizados como una fuente netamente energética y de esta manera

destinar una mayor cantidad de aminoácidos dietarios para la síntesis de proteínas, principalmente proteína muscular, dicho proceso influye directamente sobre la respuesta productiva de los peces, obteniendo mayores pesos a la cosecha y por consiguiente mejorando las tasas de crecimiento, el cual se encuentra asociado directamente a un posible menor consumo de alimento, conllevando a una mejor eficiencia de la conversión alimenticia.

Las grasas incluidas en la formulación de alimentos balanceados, constituyen la principal clase de macronutriente, el mismo que es necesario para cubrir las demandas nutricionales y energéticas de los peces, conjuntamente con las proteínas y en menor grado los hidratos de carbono. Las grasas también se encargan de mantener la homeostasis energética, es decir se encarga de proporcionar energía durante las diferentes etapas fisiológicas y circunstancias a las que se encuentra expuesto el pez (desarrollo embrionario, desarrollo neural, crecimiento, reproducción, migración, mantenimiento e inanición) y almacenándola en tiempos de exceso (Bou, 2015). Por otro lado, las grasas desempeñan un rol fundamental el cual se encarga de garantizar el ambiente y el funcionamiento adecuado en el organismo (Menon, 2008), estos a su vez actúan como precursores de metabolitos relevantes, tales como eicosanoides (Smith & Murphy, 2008), también desempeñan funciones importantes como moléculas de señalización, es decir estas son capaces de regular una amplia diversidad de procesos, incluyendo la transcripción de genes en el metabolismo lipídico (Miyazaki & Ntambi, 2008).

Las grasas son incluidas como la principal fuente energética en la nutrición acuícola, por lo que se incluye en un alto porcentaje en los alimentos para peces (Bell & Wolfgang, 2010). En investigaciones realizadas en Truchas arcoíris determinan que, la

formulación de alimentos balanceados con un alto porcentaje de inclusión de grasa en la formulación ha permitido a la industria acuícola reducir el tiempo de producción al tiempo que mejora y aumenta las tasas de crecimiento, ahorrando el contenido de proteína dietaría, disminuyendo así los costos de los alimentos balanceados (Leaver, 2008). De igual manera, en otro estudio de Trucha determina que la inclusión de elevados niveles de grasa en la dieta balanceada en reemplazo de proteína como fuente energética, permitirá un aumento significativo en el peso final de los animales, mejorando la respuesta productiva a la cosecha sin afectar la calidad de la canal, recalcando el hecho de que disminuyen los costos de alimentación, generando una buena estrategia de alimentación (González, 2002).

En el ensayo se determinó el efecto de diferentes porcentajes de grasa en la formulación del alimento balanceado, sobre el desempeño productivo de alevines de Trucha arcoíris a 20% Grasa (T1) , 15% Grasa (T2) y 10% Grasa (T3), alcanzando el mayor promedio de peso y longitud total a 20% de inclusión de grasa en la dieta, seguido de 15% de inclusión de grasa en la dieta, pero no a 10% de inclusión de grasa en la dieta, puesto que a este porcentaje de inclusión de grasa el desarrollo fue menor durante los 120 días que duró el ensayo. Esto se evidenció mediante el análisis estadístico empleado, en el cual se identificaron la existencia de diferencias significativas entre tratamientos ( $P > 0,05$ ). En un estudio realizado en Trucha arcoíris en etapa de engorde durante 112 días, se evaluó dos niveles de inclusión de grasa en la dieta: 12% y 18% y 2 densidades de cultivo 5 y 15 kg/m<sup>3</sup>, presentando mejores parámetros morfométricos (Peso corporal y Longitud total) y productivos (Conversión alimenticia y Ganancia de peso) a un nivel de grasa de 18% y a una densidad de cultivo de 5 kg/m<sup>3</sup>. los cuales influyen directamente en el rendimiento de la carcasa (Paredes & Ticlla, 2020).

De igual manera en otro estudio realizado en Salmón del Pacífico (*Oncorhynchus kisutch*), se aplicaron tres tratamientos los mismos se encontraron formulados con diferentes concentraciones de grasa: 22%, 26 % y 30 % respectivamente, determinando que la respuesta productiva de los peces fue similar entre los tratamientos empleados, es decir que el porcentaje de inclusión de grasa empleado en la formulación de los alimentos balanceados contribuye al mejor desempeño productivo Poniak *et al.* (2004). De igual manera un estudio realizado en juveniles de pez ángel (*Pteraphyllum scalare*) evaluaron el efecto de dos niveles de inclusión de grasa: 9 % y 11%, con la finalidad de determinar el efecto sobre el desempeño productivo y la sobrevivencia, obteniendo como resultado que ambos niveles de grasa no afectan la sobrevivencia de los peces, sin embargo, mejora el desempeño productivo Arévalo *et al.* (2017).

En cuanto a variables productivas, los alevines de *Oncorhynchus mykiss* alimentados con dietas balanceadas que poseen en su formulación la inclusión del 20% y 15 % de Grasa presentaron mejores rendimientos productivos, los mismos que presentan una eficiencia alimenticia del 71,24% y 62,02% respectivamente, dichos porcentajes se encuentran dentro de los rangos establecidos de acuerdo a la literatura cita, la cual determina que la eficiencia alimenticia de los salmónidos oscila entre el 60-80% ( Kaushik & Medale, 1994).En contexto para un productor es de vital importancia determinar dicho parámetro , debido a que el uso eficiente del alimento reducirá drásticamente los costos de producción, generando un gran impacto positivo en la rentabilidad y factibilidad del proyecto piscícola, mejorando los costos de alimentación Yapuchura *et al.* (2018).

La tasa de crecimiento específico (TCE) y ganancia de peso (GP) están directamente relacionados con el peso corporal del pez en un lapso de tiempo determinado (Jover, 2000). En la presente investigación la tasa de crecimiento disminuye conforme van transcurriendo los días, por el contrario, la variable ganancia de peso aumento, presentando una tendencia creciente. Según Rengifo (2020), indica que bajo estas condiciones los organismos que presentan menor talla como, por ejemplo, larvas, alevines o juveniles, poseen una elevada tasa metabólica por unidad de volumen en comparación con organismos de mayor tamaño. Los peces pequeños direccionan con mayor facilidad la cantidad de energía para la formación de estructuras, tejidos y órganos a comparación con organismos de mayor tamaño, esto nos quiere decir que a medida que aumenta la talla, la tasa de crecimiento disminuye notablemente (Hernández, 2012).

En cuanto a condición corporal, es un indicador relacionado directamente al bienestar animal, el cual hace referencia a la relación carne – grasa que mantiene el individuo. Según Crespo (2019) menciona que al existir mayor peso del pez con una longitud directamente proporcional presenta una adecuada condición corporal, tomando en cuenta que la especie *Oncorhynchus mykiss* es territorial y maneja su jerarquía acorde al tamaño. (Quirós & Morales, 2006) en su estudio realizado en trucha arcoíris en fase de engorde mencionan que la condición corporal optima se encuentra entre el rango de 0,88-1,34.

Se puede observar que el mayor porcentaje de mortalidad registrada durante el ensayo se presentó entre los días 60-70 en las unidades experimentales alimentadas con 50% de Proteína - 15% Grasa y 50% de Proteína - 20% Grasa respectivamente, esto se debe a las siguientes causas:

- Cantidad de biomasa presente por metro cúbico de agua
- Mala Calidad del agua (Elevadas cantidades de nitrógeno amoniacal)
- Manipulación de los animales para realizar las respectivas mediciones de los diferentes parámetros

Los cortes histológicos realizados de forma transversal presentaron un daño hepático leve a medida que se incrementan el nivel de grasa en la formulación de la dieta balanceada, especialmente a concentraciones de 20% (T1) y 15% (T2) respectivamente, ya que presentan micro-vacuolas de borde definido (lipidosis hepática) es decir que mantiene la estructura del hepatocito, a su vez presenta una leve vacuolización lipídica en el parénquima a causa de la distensión existente por parte de los hepatocitos (Figura1). Rosenthal et al. (2013) menciona que los daños hepáticos o lipidosis hepática en peces se encuentran relacionada con alimentos de mala calidad es decir que estos pueden poseer grasas rancias o un elevado porcentaje de grasa en la formulación de la dieta, los mismos que producen cuadros tóxicos y deficiencias de vitamina E. Los peces alimentados con una dieta balanceada con elevados niveles de inclusión de grasa en su formulación presentan un mayor contenido de energía en el hígado, debido a que dichos peces presentan una mayor ganancia de peso y tasa de crecimiento específico, funciones metabólicas las mismas que requieren de grandes cantidades de energía (Rengifo, 2020). Muchos autores tales como Ablett, Selivonchick & Taylor (1983) han concluido que la adición de uno o varios aditivos en el momento de la formulación del alimento o pienso orientadas a maximizar la producción acuícola puede llegar a modificar severamente diversas funciones en el hígado y tejido muscular de los animales.

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

Con la inclusión de 20 % y 15 % de Grasa respectivamente en la formulación de alimentos balanceados para alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* se logró mejora tanto los parámetros morfométricos, así como los parámetros productivos de manera eficiente, ya que el 10% de Grasa en la formulación, mantuvo los parámetros morfométricos y productivos durante el proceso de cultivo.

Los alevines de trucha arcoíris alimentados con la inclusión de 20 % de Grasa, presentaron mayor peso corporal ( $65,08 \pm 1,04$ ) al cabo de los 120 días que duró el ensayo, en comparación con el tratamiento testigo con una masa corporal de  $26,25 \pm 0,41$  g.

El rendimiento de los parámetros productivos de los alevines de trucha arcoíris, fueron mayores para los peces alimentados con dietas del 20% de grasa, promoviendo el crecimiento y viabilidad de los alevines, de esta manera se pueden reducir o acortar los ciclos de producción.

Con la inclusión de 20 % de Grasa se mejoró los parámetros productivos (FCA= 1,41; %EA= 71,24; TCE=4,06; GP=16,07), mientras que los alevines alimentados con una dieta balanceada con 10% de Grasa en su formulación presentaron valores menores para los parámetros productivos (FCA= 1,81; %EA= 55,25; TCE=3,30; GP=6,54).

La alimentación de alevines de Trucha arcoíris con una dieta que posee en su formulación 20% Grasa provocó daños leves a nivel hepático como: presencia de micro

vacuolas de borde definido, manteniendo la arquitectura del hepatocito, leve dilatación sinusoidal y vacuolización lipídica, sin embargo, el porcentaje de inclusión de grasa en la dieta no afectó la supervivencia de la especie.

### **Recomendaciones**

Evaluar dietas balanceadas para trucha arco iris tanto para la etapa de juvenil como engorda, con diferentes niveles de Grasa, y su impacto en parámetros morfométricos y productivos en proyectos a pequeña y mediana escala.

Evaluar ingredientes alternativos que incrementen los niveles de grasa en la dieta como microalgas, aceites vegetales con baja carga de grasas saturadas, aceite de vísceras de la misma especie, entre otras alternativas.

Complementar la presente investigación con el seguimiento de otras variables como la tasa de ingesta del alimento, digestibilidad de las dietas, metagenómica del microbioma intestinal.

Evaluar la calidad de la carne con técnicas sensoriales normalizadas, así como la determinación del tiempo de vida útil y oxidabilidad de las grasas contenidas en el músculo del producto de venta.



## Bibliografía

- Anchacaisa, D. (2015). Criopreservación de embriones de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en el laboratorio de biotecnología de la reproducción de la carrera de medicina veterinaria de la Universidad Técnica de Cotopaxi. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.
- Antimo, J. (2000). *Determinación de la Relación Proteína/Energía Óptima para el crecimiento de Litopenaeus stylirostris (Stimpson, 1874), utilizando dos proporciones de Proteína Vegetal/Animal*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Mexico.
- Arregui, L. (2013). *El cultivo de Trucha Arcoiris (Oncorhynchus mykiss)*. Madrid, España. Recuperado el 11 de Marzo de 2020, de [https://www.observatorio-acuicultura.es/sites/default/files/images/adjuntos/libros/cuaderno\\_trucha\\_digital\\_web.pdf](https://www.observatorio-acuicultura.es/sites/default/files/images/adjuntos/libros/cuaderno_trucha_digital_web.pdf)
- Avendaño, U. (2019). *Instituto Nacional de Pesca*. Obtenido de Cámara de Acuicultura: <http://www.institutopesca.gob.ec/acuicultura/>
- Barboza, C. (2016). Determinación de la digestibilidad de Nutrientes y la Energía Digestible de la torta de Soya (Glycine max) en Juveniles de Gamita (*Colossoma macropomum*). (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Peru.

- Batallas, M. (2018). Evaluar la suplementación con poles en alevines de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) medidos a través del peso y talla. ( *Tesis de Pregrado*). Universidad Central del Ecuador, Quito, Pichincha, Ecuador.
- Bautista, H. (2007). “Elaboración de una nueva dieta con la inclusión de sangre bovina deshidratada, como fuente de hierro y como equilibrador de perfil aminoacídico para alevines de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)”, Tandayapa, Cantón Quito, Provincia de Pichincha, Ecua. ( *Tesis de Pregrado*). Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE, Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 04 de Febrero de 2020, de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2107/1/T-ESPE-025142.pdf>
- Blanco, C. (1995). *La Trucha cria Industrial*. Madrid: Mundi Prensa.
- Britz, P., & Hecht, T. (1997). Effect of dietary protein and energy level on growth and body compositions of South African abalone, *Haliotis midae*. *Aquaculture*, 195-210. Recuperado el 25 de Diciembre de 2019
- Cahuana, F. (2015). Digestibilidad aparente de los macronutrientes de alimentos comerciales para truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorde. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Camacho, B., Luna, C., Moreno, R., Rodríguez, M., & Vásquez, M. (2000). Guía para cultivo de Trucha.
- Crespo, C. (2018). Evolución de buclizina en la estimulación del apetito en trucha arco iros (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorde. ( *Tesis de Pregrado*). Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Quito, Ecuador .

- D'Abramo, L. (2007). *A Standard Reference Diet for Crustacean Nutrition Research. I. Evaluation of Two Formulations*. Recuperado el 02 de Diciembre de 2019, de Journal of the World Aquaculture Society:  
[https://www.researchgate.net/publication/230007935\\_A\\_Standard\\_Reference\\_Diet\\_for\\_Crustacean\\_Nutrition\\_Research\\_I\\_Evaluation\\_of\\_Two\\_Formulations](https://www.researchgate.net/publication/230007935_A_Standard_Reference_Diet_for_Crustacean_Nutrition_Research_I_Evaluation_of_Two_Formulations)
- Escobar, J., & Reinoso, V. (2006). Evaluación de diferentes niveles de energía y proteína sobre el desempeño productivo de alevinos de *Oreochromis niloticus* variedad chitralada. ( *Tesis de Pregrado*). Universidad de la Salle, Bogota, Colombia. Recuperado el 20 de Octubre de 2019, de  
<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/6665/00797721.pdf;jsessionid=0638A7346727AFB7BBA8831D81677998?sequence=1>
- Espinoza, M. (2007). *Aplicación de la técnica de Furukawa y Tsukahara (1966) para la determinación del nivel de digestibilidad en alimentos para camarón*. Nicaragua. Recuperado el 10 de Enero de 2020, de  
<http://repositorio.uca.edu.ni/id/eprint/2272>
- Estación de Meteorología e Hidrología - Hacienda El Prado. (2016). *Boletín Climatológico Anual*. Sangolquí.
- FAO. (1989). *Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación*. Recuperado el 09 de Febrero de 2020, de Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados manual de capacitación:  
<http://www.fao.org/3/AB492S/AB492S00.htm#TOC>
- FAO. (2005). *Programa de información de especies acuáticas*. Obtenido de  
[http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus\\_mykiss/es](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/es)

- FAO. (2009). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2019, de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación: <http://www.fao.org/3/a-i0250s.pdf>
- FAO. (2014). *Manual práctico para el cultivo de la trucha arcoíris*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2019, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO): <http://www.fao.org/3/a-bc354s.pdf>
- FAO. (2016). Obtenido de <http://www.fao.org/aquaculture/es/>
- FAO. (2018). *FIGIS - fisheries statistics aquaculture production*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2019, de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación: <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/es>
- García, A., Muy, D., Puello, A., Villa, Y., Escalante, M., & Preciado, K. (2010). Uso de ingredientes de origen vegetal como fuentes de proteína y lípidos en alimentos balanceados para peces marinos carnívoros. *Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD)*, 321-340.
- González, C. (2002). *Efectos de diferentes razones de Proteína y Lípidos en las dietas sobre la respuesta productiva y características de la canal del salmón del pacífico (Oncorhynchus kisutch)*. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Santiago, Chile. Recuperado el 20 de Diciembre de 2019
- González, M. (2017). Características morfométricas, mirísticas, de la canal y de la carne de especies de pez nativas de agua dulce de Ecuador. ( *Tesis de Doctorado*).

Universidad de Córdoba, Córdoba, España. Recuperado el 11 de Marzo de 2020, de Programa de las naciones unidas para el desarrollo Ecuador:  
<https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/15214/2017000001642.pdf?sequence=1>

Imaki, A. (2003). *Manual de Manejo y Crianza de Trucha arco iris*. Quito, Ecuador .

Jobling, M. (2012). *Aquacult*, 20, 601-602. doi: <https://doi.org/10.1007/s10499-011-9480-6>

Jover, M. (2000). Estimación del crecimiento, tasa de alimentación y producción de desechos en piscicultura mediante un modelo bioenergético. *Aquatic*.  
Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de  
<http://www.revistaaquatic.com/aquatic/html/art906/desechos.htm>

Kim, K., Wang, X., Choi, S., Gun, P., & Bai, C. (2004). Evaluación de la relación óptima de proteína a energía en la dieta en lenguado juvenil de aceituna *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). *Aquaculture research* , 35.  
doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01003.x>

León, M. (2006). *Proteínas en Nutrición Artificial*. Barcelona, España. Recuperado el 11 de Marzo de 2020, de  
[https://senpe.com/documentacion/monografias/senpe\\_monografias\\_proteinas\\_NE3.pdf](https://senpe.com/documentacion/monografias/senpe_monografias_proteinas_NE3.pdf)

MAGAP. (2014). Proyecto de MAGAP fortalece la producción de alevines de Trucha. *AQUAHOY*. Recuperado el 15 de Febrero de 2020, de Proyecto de MAGAP fortalece la producción de alevines de Trucha

- Molina, J. (2017). Valoración de aditivos Alimenticios para la estimulación del apetito en Trucha Arcoíris ( *Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorde. ( *Tesis de Pregrado*). Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Quito.
- Mora, V., Uyaguari, M., & Osorio, V. (2009). Situación actual de las especies introducidas en el Ecuador con fines acuícolas. 1-10. Recuperado el Diciembre de 2019, de [28792785\\_Situacion\\_Actual\\_De\\_Las\\_Especies\\_Introducidas\\_En\\_El\\_Ecuador\\_Con\\_Fines\\_Acuicolas](https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/292/browse?type=author&order=ASC&rpp=20&value=Mora+Sevilla%2C+Daysi+Maribel)
- Morais, S., Gordon, J., Robertson, D., Roy, W., & Morris, P. (2001). Protein:lipid ratios in extruded diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) : effects on growth, feed utilisation, muscle composition and liver histology. *Aquaculture*, 203, 101-119. doi:[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00618-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00618-4)
- Muñoz, D. (2008). *Inducción de triploidía mediante la estandarización del choque térmico en trucha arco iris (Oncorhynchus Mykiss) en el Centro de Investigaciones Acuicolas Ceniac, provincia de Napo, cantón Quijos, parroquia Papallacta*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/292/browse?type=author&order=ASC&rpp=20&value=Munoz+Sevilla%2C+Daysi+Maribel>
- Ortiz, J. (2015). *ACUACULTURA Producción Dulce Acuícola en el Ecuador I*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2019, de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10164/3/Acuacultura.pdf>

- Patel, A., & Yakupitiyage, A. (2003). Mixed feeding schedules in semi-intensive pond culture of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, L; is it necessary to have two diets of differing protein contents. *Aquaculture research*, 34, 1343-1352.
- Planelló, F. (2015). Anatomía de un Vertebrado: Trucha Arcoiris BIOINNOVA, Grupo de Investigación sobre la Docencia en Diversidad Biológica. Recuperado el 10 de Febrero de 2020, de <http://www.innovabiologia.com/biodiversidad/diversidad-animal/anatomia-oncorhynchus-mykiss/>
- Ragash, M. (2009). *Manual de crianza truchas (Oncorhynchus mykiss)*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2019, de <https://www.coursehero.com/file/42617152/Manual-de-crianza-truchaspdf/>
- Recalde, D. (2014). *Manual practico para el cultivo de la trucha arcoiris*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO): <http://www.fao.org/3/a-bc354s.pdf>
- Robaina, L. (1998). Utilización nutritiva de fuentes de proteína alternativas a la harina de pescado en dietas de engorde para dorada (*Sparus aurata*). *Informe Tecnico Instituto Canario*, 7-191.
- Sanz, F. (2009). *La nutrición y alimentación en piscicultura*. Madrid, España. Recuperado el 15 de Febrero de 2020, de <https://es.scribd.com/document/378093405/Fernando-Sanz-La-Nutricion-y-Alimentacion-en-Piscicultura-pdf>
- Soler, M. d. (1996). *Fundamentos de la nutrición y alimentación en acuicultura*. Bogota, Colombia. Recuperado el 05 de Diciembre de 2019, de

[http://biblioteca.minagricultura.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=15450&shelfbrowse\\_itemnumber=32311#holdings](http://biblioteca.minagricultura.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=15450&shelfbrowse_itemnumber=32311#holdings)

Vásquez, W. (2004). *Principios de la Nutrición Aplicada al cultivo de Peces*. Colombia.

Recuperado el 15 de Noviembre de 2019, de

<https://es.scribd.com/document/316768125/Principios-de-Nutricion-Aplicada-Al-Cultivo-de-Peces>

Zambrano, A. (2016). *Pesca y Acuicultura en el Ecuador*. Obtenido de El Agro:

<http://www.revistaelagro.com/pesca-y-acuicultura-en-el-ecuador/>