



**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**

**TEMA: EVALUACIÓN DE BUCLIZINA EN LA ESTIMULACIÓN DEL
APETITO EN TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN ETAPA
DE ENGORDE**

AUTOR: CRESPO ORDÓÑEZ, CAROL ESTEFANÍA

DIRECTOR: ORTIZ TIRADO, JUAN CRISTÓBAL

SANGOLQUÍ

2018

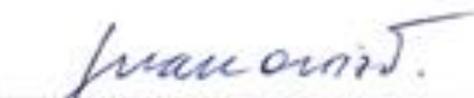


DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "*EVALUACIÓN DE BUCLIZINA EN LA ESTIMULACIÓN DEL APETITO EN TRUCHIA ARCO IRIS (Oncorhynchus mykiss) EN ETAPA DE ENGORDE*", fue realizado por la señorita *Crespo Ordóñez, Carol Estefanía* el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 22 de junio del 2018


.....
Ing. Juan Ortiz Tirado, Ph.D.
C.C.: 17.099.981.63.....



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

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Crespo Ordóñez, Carol Estefanía*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: "*Evaluación de buclizina en la estimulación del apetito en trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en etapa de engorde*", es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 22 de junio del 2018

Carol Estefanía Crespo Ordóñez

C.C.:...132851226-1.....



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

AUTORIZACIÓN

Yo, Crespo Ordóñez, Carol Estefanía, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación, "Evaluación de buclizina en la estimulación del apetito en trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en etapa de engorde", en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 22 de junio del 2018

Carol Estefanía Crespo Ordóñez

C.C.: 172554226-1

DEDICATORIA

A mis padres Libia y Flavio.

A mis hermanos Bryan y Anabel.

A mi familia.

A mis angelitos María y Emiliano.

AGRADECIMIENTO

A mi director de tesis Dr. Juan Ortiz Tirado, por brindarme su apoyo incondicional y compartir sus valiosas enseñanzas, puesto que fueron fundamentales para poder realizar el presente proyecto de investigación, al igual que tener una visión en el campo profesional y el propio emprendimiento.

A la Ing. Daysi Muñoz Sevilla por su ayuda y consejos durante el desarrollo de esta investigación.

A la empresa FARBIOPHARMA S.A. y la Dra. Sofía Gómez por el apoyo y facilidades brindadas.

Al Lic. Taco por ayudarme en la parte de Laboratorio.

A mis padres Flavio Crespo y Libia Ordóñez por ser mi guía y brindarme todo su amor, comprensión, enseñanzas y apoyo en todo momento.

A mis hermanos Bryan y Anabel por estar pendientes y ayudarme incondicionalmente.

A mi familia en especial a mi tía Yesenia, su esposo Paúl y sus hijos Paulette, Kevin y Sebastián por su apoyo incondicional cuando lo necesite.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas por permitirme conocer a quienes fueron mis maestros y brindarme sus conocimientos.

A amigos María Ester, Víctor, Sami, Miguel y Margarita con quienes compartí varios momentos.

Carol Crespo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

CERTIFICADO DEL DIRECTOR.....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	3
1.3	El Problema.....	4
1.3.1	Los Efectos.....	4
1.3.2	Las Causas.....	5
1.4	Objetivos.....	6
1.4.1	Objetivo general.....	6
1.4.2	Objetivos específicos.....	6
1.5	Hipótesis.....	6

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1	Situación de la Acuicultura en el país.....	7
2.2	Trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).....	8
2.2.1	Aspectos generales.....	8
2.2.2	La truticultura en el Ecuador.....	8
2.2.3	Clasificación taxonómica de la trucha arco iris.....	9
2.3	Etapas biológicas de desarrollo de la trucha.....	10
2.4	Parámetros en un cultivo de trucha.....	10

2.5	Anatomía.....	12
2.5.1	Anatomía Externa	12
2.5.2	Anatomía Interna.....	13
2.5.2.1	Sistema digestivo	14
2.6	Etapas de engorde en trucha arco iris	16
2.6.1	Alimentación	16
2.6.2	Requerimientos nutricionales.....	18
2.7	Control de apetito.....	20
2.8	Ingesta y conducta alimenticia.....	20
2.8.1	Localización del Alimento	22
2.8.2	Factores endocrinos centrales y periféricos	22
2.8.3	Sensación de apetito.....	24
2.8.4	Señales de origen gastrointestinal.....	25
2.8.5	Efectos de nivel energético	25
2.9	Aditivos alimentarios	26
2.9.1	Buclizina	26
2.10	Hematología.....	29
2.10.1	Hematocrito (Hto).....	30
2.10.2	Recuento de glóbulos rojos o recuento eritrocitario (RE).....	30
2.10.3	Albumina.....	31
2.10.4	Glucosa.....	31
2.11	Histología	32
2.11.1	Hígado.....	32
CAPÍTULO III		
METODOLOGÍA		
3.1	Ubicación del área de Investigación	34
3.1.1	Ubicación Política.....	34
3.1.2	Ubicación Geográfica	34
3.1.3	Ubicación Ecológica	35
3.2	Materiales.....	35
3.2.1	Fase de campo.....	35

3.2.2	Fase de laboratorio	36
3.2.3	Reactivos	37
3.3	Métodos.....	37
3.3.1	Fase de campo	37
3.3.1.1	Limpieza y desinfección de las piscinas	37
3.3.1.2	Obtención de los peces.....	37
3.3.1.3	Parámetros morfométricos	38
3.3.1.4	Muestreo de animales.....	39
3.3.1.5	Parámetros físicos	40
3.3.1.6	Análisis de comportamiento.....	40
3.3.2	Fase de Laboratorio.....	40
3.3.2.1	Elaboración del alimento.....	40
3.3.2.2	Contenido de proteína por cada tratamiento	41
3.3.2.3	Análisis Hematológicos	42
3.3.2.4	Extracción de sangre	42
3.3.2.5	Hematocrito.....	42
3.3.2.6	Conteo de glóbulos rojos.....	42
3.3.2.7	Evaluación de la concentración de glucosa y albumina.....	43
3.3.2.8	Histología	45
3.3.3	Análisis Económico	45
3.3.3.1	Análisis de rentabilidad.....	45
3.3.4	Diseño Experimental.....	46
3.3.4.1	Área de trabajo.....	46
3.3.4.2	Factor a probar	46
3.3.4.3	Tratamientos.....	46
3.3.4.4	Análisis experimental.....	46
3.3.4.5	Unidades experimentales	47
3.3.4.6	Número de repeticiones	48
3.3.4.7	Modelo Matemático	48
3.3.4.8	Croquis del diseño.....	48
3.3.4.9	Esquema de análisis de varianza	48

3.3.4.10 Variables a medir	49
----------------------------------	----

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Condiciones físicas del agua	50
4.2	Variables morfométricas	51
4.2.1	Peso	51
4.2.2	Longitud total	53
4.2.3	Longitud parcial	55
4.2.4	Ancho	57
4.3	Índices Productivos	59
4.3.1	Factor de conversión Alimenticia (FCA).....	59
4.3.2	Eficiencia Alimenticia (E.A.).....	60
4.3.3	Índice de condición corporal.....	62
4.3.4	Tasa de crecimiento específico y Ganancia de peso	64
4.3.5	Tasa de mortalidad	67
4.4	Contenido de proteína por cada tratamiento	68
4.5	Variables hematológicas	69
4.5.1	Hematocrito.....	69
4.5.2	Glóbulos rojos	70
4.5.3	Contenido de Glucosa,	71
4.5.4	Contenido de Albúmina	72
4.5.5	Análisis de cortes histológicos hepáticos.....	73
4.6	Análisis económico	75
4.6.1	Instalaciones y equipos	75
4.6.2	Costos de producción	75
4.6.3	Ingresos económicos	76
4.6.4	Ingreso de alimentación en etapa de engorde	77
4.6.5	Análisis financiero	78
4.7	Discusión.....	81

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	88
5.2	Recomendaciones.....	88
5.3	Bibliografía.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Propiedades físicas y químicas del agua en un cultivo de truchas arco iris</i>	11
Tabla 2	<i>Temperatura para un cultivo de trucha arco iris.....</i>	12
Tabla 3	<i>Presencia de oxígeno (mg/l) en el agua de un cultivo de trucha arco iris</i>	12
Tabla 4	<i>Característica del alimento por cada etapa fisiológica en trucha arco iris.....</i>	17
Tabla 5	<i>Frecuencia de alimentación según la etapa fisiológica de la trucha</i>	17
Tabla 6	<i>Requerimiento nutricional de la trucha arco iris.....</i>	19
Tabla 7	<i>Requerimientos nutricionales de trucha arco iris en etapa de engorde</i>	19
Tabla 8	<i>Factores que influyen en la ingesta del alimento en peces</i>	21
Tabla 9	<i>Péptidos, hormonas y monoaminas relacionados en la regulación de la ingesta en peces</i>	23
Tabla 10	<i>Clasificación moderna de antihistamínicos H1 de primera generación.....</i>	27
Tabla 11	<i>Tratamientos suministrados a las truchas arco iris (Oncorhynchus mykiss) en etapa de engorde</i>	46
Tabla 12	<i>Distribución de las Unidades Experimentales</i>	47
Tabla 13	<i>Análisis de varianza para determinación de la mejor dosis de buclizina para determinar mejores índices de producción en trucha arco iris</i>	49
Tabla 14	<i>Variables medibles durante la investigación.</i>	49
Tabla 15	<i>Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos del agua registrados durante el ensayo.....</i>	50
Tabla 16	<i>Promedio \pm error estándar de la variable peso (g) bajo el efecto de diferentes dosis de buclizina.</i>	51
Tabla 17	<i>Promedio \pm error estándar de la variable peso (g) por tiempo y tratamiento ...</i>	52
Tabla 18	<i>Promedio \pm error estándar de la variable longitud total (cm) bajo el efecto de diferentes dosis de buclizina.....</i>	54
Tabla 19	<i>Promedio \pm error estándar de la variable longitud total (cm) por tratamiento</i>	54
Tabla 20	<i>Promedio \pm error estándar de la variable longitud parcial (cm) bajo el efecto de diferentes dosis de buclizina.....</i>	56
Tabla 21	<i>Promedio \pm error estándar de la variable longitud parcial (cm) por tratamiento</i>	56

Tabla 22	<i>Promedio \pm error estándar de la variable ancho (cm) bajo el efecto de diferentes dosis de buclizina.</i>	57
Tabla 23	<i>Promedio \pm error estándar de la variable factor de conversión alimenticia.</i>	59
Tabla 24	<i>Promedio \pm error estándar de la variable eficiencia alimenticia (cm) por tratamiento</i>	60
Tabla 25	<i>Promedio \pm error estándar de la variable eficiencia alimentara</i>	61
Tabla 26	<i>Promedio \pm error estándar de la variable eficiencia alimenticia (%) por tratamiento</i>	61
Tabla 27	<i>Promedio \pm error estándar de la variable índice de condición corporal.....</i>	62
Tabla 28	<i>Promedio \pm error estándar de la variable índice de condición corporal por tratamiento</i>	63
Tabla 29	<i>Promedio \pm error estándar de la variable tasa de crecimiento específico</i>	64
Tabla 30	<i>Promedio \pm error estándar de la variable tasa de crecimiento específico por tratamiento</i>	64
Tabla 31	<i>Promedio \pm error estándar de la variable ganancia de peso</i>	66
Tabla 32	<i>Promedio \pm error estándar de la variable ganancia de peso por tratamiento ...</i>	66
Tabla 33	<i>Tasa de mortalidad (%) de trucha arco iris bajo el efecto de diferentes niveles de inclusión de buclizina.</i>	67
Tabla 34	<i>Contenido de proteína (%) por cada tratamiento bajo la inclusión de diferentes niveles de buclizina.....</i>	68
Tabla 35	<i>Promedio \pm error estándar del contenido de Hematocrito (%) evaluado por cada tratamiento bajo la inclusión de diferentes niveles de buclizina.....</i>	69
Tabla 36	<i>Promedio \pm error estándar del conteo de glóbulos rojos ($\times 10^6$ células/mm³) evaluado por cada tratamiento bajo la inclusión de diferentes niveles de buclizina.</i>	70
Tabla 37	<i>Promedio \pm error estándar del contenido de glucosa (mg/dl) evaluado por cada tratamiento bajo la inclusión de diferentes niveles de buclizina.....</i>	71
Tabla 38	<i>Promedio \pm error estándar del contenido de albumina (g/dl) evaluado por cada tratamiento bajo la inclusión de diferentes niveles de buclizina.....</i>	73
Tabla 39	<i>Inversiones para el proyecto</i>	75
Tabla 40	<i>Costos operativos en una producción de trucha arco iris</i>	76

Tabla 41	<i>Ingresos estimados en una producción de trucha arco iris</i>	77
Tabla 42	<i>Alimento consumido (kg) en una producción de trucha arco iris en etapa de engorde</i>	77
Tabla 43	<i>Flujo económico estimado en el tratamiento 1</i>	78
Tabla 44	<i>Flujo económico estimado en el tratamiento 2</i>	78
Tabla 45	<i>Flujo económico estimado en el tratamiento 3</i>	79
Tabla 46	<i>Flujo económico estimado en el tratamiento 4</i>	79
Tabla 47	<i>Indicadores financieros por tratamiento.....</i>	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Producción acuícola y piscícola en toneladas de algunas especies en Ecuador ..7
Figura 2	Producción en toneladas de trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) en Ecuador desde el año 2010 hasta el año 2016.....9
Figura 3	Anatomía externa de la trucha 13
Figura 4	Esquema de las partes internas de la trucha arco iris..... 14
Figura 5	Esquema del tracto gastrointestinal de <i>Oncorhynchus mykiss</i> el cual está constituido por esófago (E), estómago (S), ciegos pilóricos (CP), intestino anterior (IA), hígado (H), intestino medio (IM) e intestino posterior (IP)..... 15
Figura 6	Esquemización la ingesta de alimento23
Figura 7	Esquema de los diferentes núcleos que conforman el hipotálamo. Las letras rojas determinan los neuropéptidos orexigénicos y con verde los anorexigénicos.24
Figura 8	Etapas del pez ante la sensación de apetito24
Figura 9	Pérdida de energía durante el proceso de metabolización.25
Figura 10	Formula empírica de la buclizina28
Figura 11	Cámara de Neubauer.....31
Figura 12	Corte histológico de un hígado sano.....32
Figura 13	Degeneración del tejido hepático, en donde se presentan balonización hepatocelular (B).....33
Figura 14	Daño en el tejido hepático e infiltrado de células inflamatorias.....33
Figura 15	Vista aérea del Proyecto de Acuicultura en Pailones (A) y Laboratorio de Recursos Bioacuáticos y Acuicultura (B)34
Figura 16	A. Sedación de peces con eugenol. B. Pesaje. C. Determinación del ancho, longitud parcial y total39
Figura 17	A. Trituración de la muestra de alimento. B. Muestra en papel parafina. C. Proceso de digestión. D y E. Proceso de titulación.....41
Figura 18	A. Extracción de sangre (técnica punción caudal). B. Tubos capilares con muestras de sangre. C. Centrifugación de las muestras de sangre42
Figura 19	A. Muestra de eritrocitos más solución de Natt y Hericks en la cámara de neubauer. B. Conteo de glóbulos rojos.43

Figura 20	A. Espectrofotómetro. B. Estufa. C. Lectura de muestras de glucosa y albúmina. D. Muestras para lectura de glucosa y albúmina.....	44
Figura 21	Cortes histológicos del tejido hepático.....	45
Figura 22	Esquematación de las piscinas.....	47
Figura 23	Esquematación del croquis experimental.....	48
Figura 24	Evolución de los parámetros fisicoquímicos del agua durante el periodo de ensayo en trucha arco iris (a) temperatura, (b) pH y (c) oxígeno.....	50
Figura 25	Evolución de la variable peso bajo el efecto de la inclusión de diferentes dosis de buclizina.....	53
Figura 26	Comportamiento de la variable longitud total bajo la inclusión de diferentes dosis de buclizina.....	55
Figura 27	Comportamiento de la variable longitud parcial bajo la inclusión de diferentes dosis de buclizina.....	57
Figura 28	Comportamiento de la variable ancho bajo la inclusión de diferentes dosis de buclizina.....	58
Figura 29	Comportamiento de la variable factor de conversión alimenticio.....	60
Figura 30	Comportamiento de la variable eficiencia alimenticia (%).....	62
Figura 31	Comportamiento de la variable índice de condición corporal.....	63
Figura 32	Comportamiento de la variable tasa de crecimiento específica por tratamiento.....	65
Figura 33	Desarrollo de la variable ganancia de peso (G.P) por tratamiento.....	67
Figura 34	Comportamiento de la tasa de mortalidad (%) de trucha arco iris bajo el efecto de diferentes niveles de inclusión de buclizina.....	68
Figura 35	Promedio \pm error estándar del porcentaje de hematocrito.....	70
Figura 36	Promedio \pm error estándar del conteo de glóbulos rojos.....	71
Figura 37	Promedio \pm error estándar del conteo de glucosa.....	72
Figura 38	Promedio \pm error estándar del contenido de albumina (g/dl) en la sangre.....	73
Figura 39	Tejidos hepáticos de trucha arco iris vistos al microscopio con lente de aumento 100X.....	74

RESUMEN

En una producción de trucha arco iris, leves cambios en los parámetros productivos, pueden convertirse en una importante reducción de costos. Bajo esta situación el presente trabajo evaluó el efecto de la buclizina como estimulante de apetito en dietas balanceadas para trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la etapa de engorde. Durante 100 días, sin que se altere el bienestar de la especie, se aplicó el diseño estadístico (DBCA), utilizando 360 peces con masas corporales iniciales de $85,47 \pm 0,23$ g. Se aplicaron cuatro tratamientos experimentales bajo diferentes concentraciones de buclizina en el alimento balanceado: 0 ppm (T1), 100 ppm (T2), 224 ppm (T3) y 400 ppm (T4). Los resultados al final del ensayo mostraron que el T4 obtuvo mayores promedios de masa corporal ($230,33 \pm 2,43$ g) y longitud ($27,27 \pm 0,15$ cm) de forma significativa ($p < 0,05$), alcanzando mejores rendimientos productivos en eficiencia alimenticia (77,86%) y ganancia de peso. La información obtenida determinó el potencial de la buclizina sobre el desarrollo y crecimiento a 400 ppm y 224 ppm, pero no a 100 ppm ya que no es diferente al tratamiento control ($p > 0,05$). En relación al análisis hematológico, los valores obtenidos se mantuvieron dentro del rango normal para la especie, indicando un adecuado estado de salud, sin embargo, los cortes histológicos del tejido hepático bajo el efecto de buclizina, revelaron vacuolización lipídica, al igual que necrosis a nivel celular.

PALABRAS CLAVE

- **TRUCHA ARCO IRIS**
- **BUCLIZINA**
- **ESTIMULANTE DE APETITO**

ABSTRACT

In a production of rainbow trout, slight changes in the productive parameters, can turn into a significant reduction of costs. Under this situation, the present work evaluated the effect of buclizine as an appetite stimulant in balanced diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the fattening stage. For 100 days, without altering the welfare of the species, the statistical design (DBCA) was applied, using 360 fish with initial body mass of 85.47 ± 0.23 g. Four experimental treatments were applied under different concentrations of buclizine in the balanced feed: 0 ppm (T1), 100 ppm (T2), 224 ppm (T3) and 400 ppm (T4). The results at the end of the trial showed that the T4 obtained greater average body mass (230.33 ± 2.43 g) and length (27.27 ± 0.15 cm) significantly ($p < 0.05$), achieving better performance productive in food efficiency (77.86%) and weight gain. The information obtained determined the potential of buclizine on development and growth at 400 ppm and 224 ppm, but not at 100 ppm since it is not different from the control treatment ($p > 0.05$). In relation to the hematological analysis, the values obtained were within the normal range for the species, indicating an adequate state of health, however, histological sections of the liver tissue under the effect of buclizine, revealed lipid vacuolization, as well as necrosis cellular level.

KEYWORDS:

- **RAINBOW TROUT**
- **BUCLIZINA**
- **APPETITE STIMULANT**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Los suelos relacionados con la agricultura y ganadería se han ido deteriorando debido a la explotación y en algunos casos sobreexplotación por incremento de una población. Se considera que la acuicultura mantiene un futuro sostenible en el desarrollo y comercialización de productos de alta calidad y valor nutritivo (Sánchez & Neira, 2005).

Según datos de la FAO, la producción total pesquera y acuícola tendrá un crecimiento del 17%, generando aproximadamente 196 millones de toneladas desde el año 2013 al año 2025 (FAO, 2016).

En la producción acuícola y pesquera de nuestro país Ecuador el 95% pertenece al cultivo del camarón marino (*Litopenaeus vannamei*), seguido del cultivo de tilapia y otras especies como peces y crustáceos de agua dulce (FAO, 2018). El cultivo de trucha arco iris mantiene importancia, principalmente en la región Interandina beneficiando a pequeños y medianos productores con ingresos económicos y fuentes de empleo (FAO, 2014).

En los últimos años la producción de esta especie en nuestro país mantiene un crecimiento evidente, registrando en el año 2010 una producción de 500 toneladas a 4500 toneladas en el año 2015, generando ingresos superiores a 27 millones de dólares. El incremento de la producción de trucha arco iris no solamente se observa en nuestro país, también en América Latina siendo la producción en el período mencionado de 45 mil toneladas a 57 mil toneladas, con ingresos superiores a 256 millones de dólares como respuesta al aumento de la demanda y consumo de la especie (FAO, 2017).

La trucha arco iris de nombre científico *Oncorhynchus mykiss* es una especie autóctona de los ríos y lagos de Norte América; se introdujo en América Central y América del Sur en los

años 80 (FAO, 2005). En Ecuador fue introducida en el año 1932, específicamente en la región Interandina (Meschkat, 1975). Esta especie íctica habita de preferencia en aguas frías y claras, requieren de una dieta rica en proteína de alta calidad y fácil digestión (Blanco, 1995)

La producción de trucha, ha permitido el desarrollo de empresas dedicadas a la elaboración de alimento balanceado como: GISIS, Biomix, Balanceados ABA EMPAGRAN, entre otras, las cuales tienen como objetivo garantizar una adecuada digestibilidad, asimilación de nutrientes y eficiente conversión alimenticia (Mendoza, 2010). En una producción de trucha la alimentación llega a representar del 60-67% del total de los costos (Luchini, L & Panné, S, 2012). Si se estima un valor de 1,31 dólares por kilogramo de alimento balanceado, un índice de conversión alimenticia de 1,3 en 4500 toneladas (producción de trucha registrada en el año 2015) el ingreso obtenido por la venta del alimento balanceado se estima que fue de 7,6 millones de dólares aproximadamente, detallando que el ingreso generado no benefició a los productores de trucha sino también a empresas dedicadas a la elaboración de alimentos balanceados.

Investigaciones en peces, han demostrado que la ingesta de alimento se produce por la estimulación directa del hipotálamo, el cual es el encargado de emanar señales orexigénicas (estimulación de apetito) y anorexigénicas (inhibición del apetito) (Librán, 2015). Son pocos los estudios realizados con buclizina como estimulante del apetito. En el año 2017, se valoró la inclusión de diferentes aditivos alimenticios orgánicos y sintéticos en la dieta de trucha arco iris en la etapa de engorde, obteniendo los mejores resultados con la inclusión de buclizina (Molina J. , 2017). Basándose en ese estudio, la presente investigación efectivizó diferentes dosis-respuesta de buclizina utilizando concentraciones de 100, 224 y 400 ppm para determinar la dosis letal entre el 15 y 80 % de mortalidad de *Artemia salina* en pruebas de toxicidad, y su posterior utilización en otros organismos vivos (Molina J. , 2017).

La finalidad de la presente investigación fue determinar el efecto de la buclizina en dietas balanceadas para trucha arco iris, como una alternativa de estimulación del apetito.

1.2 Justificación

En Ecuador la crianza tecnificada del cultivo de trucha arco iris se ha ido distribuyendo ampliamente, presentando una potencial ventaja económica, sostenible y productiva (MAGAP, 2012). El desarrollo eficiente del cultivo mencionado se encuentra en función de su valor nutricional, tolerancia al alimento artificial, aceptación en el mercado, facilidad en el manejo y viabilidad en una producción comercial (Blanco, 1995).

El sistema de control de apetito en trucha arco iris puede verse como un proceso complejo el cual responde a tres dominios conceptualizados: el primero ocurre cuando dispone de alimento y se caracteriza por percepciones psicológicas como el hambre y comportamiento, el segundo por eventos fisiológicos y metabólicos, mientras que el tercero se da por interacciones metabólicas y neurotransmisoras que se desarrollan en el cerebro.

La ingesta del alimento puede verse afectada por estímulos externos (olfativos y visuales) e internos (factores nerviosos y hormonas); los estímulos son señales emitidas desde el cerebro, lugar donde actúa y responde a todos los estímulos presentes; teniendo como resultado factores que inhiben (anorexígenos) o factores que estimulan (orexígenos) la ingesta del alimento (Volkoff et al., citado por Libran, 2015).

Los estimulantes alimenticios dentro de la formulación de las dietas pueden o no ser efectivos, debido a que en la ingesta del alimento actúan numerosos factores endocrinos centrales y periféricos los cuales son regulados por el hipotálamo y cerebro posterior (Carrillo O, Gallardo N, Nolasco H & Vega V, 2000).

La buclizina es un fármaco que posee acción orexígena, antipuriginosa y antiemética, pertenece a los antihistamínicos H1, tiene la capacidad de atravesar la barrera hematoencefálica causando varias reacciones en el hipotálamo y sistema nervioso central (Babu, 2011).

En esta investigación se la utilizó a la buclizina con el objetivo de obtener animales de peso comercial en menor tiempo mediante la optimización del alimento y nutrientes presentes, al igual que mejorar los parámetros productivos (eficiencia alimentaria, tasa de conversión alimenticia, índice de peso corporal, entre otros) sin alterar su estado de salud y bienestar ante el uso de diferentes dosis.

En producción pecuaria y acuícola existen pocos estudios con buclizina que evidencien tal efecto como estimulante de apetito (Vademécum, 2018).

1.3 El Problema

Los alimentos proporcionados a las truchas en muchos casos son de alta calidad, pero no son aprovechados al 100%, provocando desperdicio de alimento e incremento de los costos de producción. Se debe considerar que los costos de alimentación en una producción llegan a representar del 60-67% (De la Oliva G. , 2011).

La necesidad de optimizar la conversión alimenticia mejorando la tasa de ingesta y reducción de pérdida de nutrientes por lixiviación incidirá significativamente en los costos de la producción en piscicultores rurales a pequeña y mediana escala. Se ha demostrado que la inclusión de algunas sustancias químicas ayuda a mejorar el peso corporal e incrementar la eficiencia alimentaria.

1.3.1 Los Efectos

La alta demanda en consumo de alimento balanceado en una producción trutícola genera el desarrollo de diversas empresas dedicadas a la elaboración de alimento balanceado de buena

calidad y valor nutritivo para el cultivo mencionado, con el objetivo de cubrir las necesidades nutritivas, mayor aprovechamiento de nutrientes, menor desperdicio.

De esta manera se puede mejorar resultados ante diversos problemas que encadena una producción, disminuyendo los costos de alimentación.

La inclusión de buclizina en el alimento balanceado como estimulante de apetito en trucha arco iris en la etapa de engorde podría ser de interés pecuario y de crecimiento para la acuicultura; se debe considerar que existen escasos estudios realizados en los que aseveren la inclusión de buclizina, manteniendo desconocimiento del efecto y toxicidad que podría tener al incluirse en el alimento.

1.3.2 Las Causas

El factor económico y viabilidad del cultivo de trucha arco iris genera el incremento de empresas dedicadas a la elaboración de alimento balanceado para el cultivo mencionado, al igual que, el impulso de diversas investigaciones, con el propósito de aumentar la rentabilidad y sostenibilidad de este cultivo a lo largo del tiempo.

Bajo esta condición y por cuanto existe pérdida de nutrientes por lixiviación de nutrientes al momento de ingreso de los piensos alimenticios en el agua, fabricación y tasa de ingesta de los pellets para truchas, siendo elementos críticos para la transformación de nutrientes en ganancia de peso.

La mala fabricación de dietas balanceadas y bajo aprovechamiento de los nutrientes provoca que la rentabilidad del proyecto se vea afectado.

Se considera a la buclizina como estimulante de apetito debido al conocimiento de su acción orexígena que posee, pese a su limitada información y pocos estudios realizados, mediante investigación se determinará el efecto de la inclusión de buclizina en el alimento del cultivo de trucha arco iris.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de la buclizina como estimulante del apetito en dietas balanceadas para trucha arco iris y su impacto en la etapa de engorde.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el comportamiento productivo de la trucha arco iris bajo cuatro dosificaciones de buclizina.
- Evaluar el efecto de buclizina a través de histología clásica en el tejido hepático de la trucha arco iris.
- Estimar los costos de producción de los tratamientos aplicados en la presente investigación.

1.5 Hipótesis

H₀: “La inclusión de buclizina como estimulante de apetito en dietas balanceadas para trucha arco iris en etapa de engorde, no mejora los parámetros productivos y la rentabilidad del cultivo”.

H₁: “La inclusión de buclizina como estimulante de apetito en dietas balanceadas para trucha arco iris en etapa de engorde, mejora los parámetros productivos y rentabilidad del cultivo”.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Situación de la Acuicultura en el país

En nuestro país Ecuador la Acuicultura se desarrolló en el año 1932; esta actividad fue promovida con la producción del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) (Marco, 2018). En la actualidad el 95% de la producción acuícola y pesquera corresponde a la explotación del camarón blanco y el 5% restante concierne a la producción de tilapia, peces y crustáceos de agua dulce (FAO, 2018).

La producción acuícola y piscícola en Ecuador, ha incrementado o disminuido según la especie.

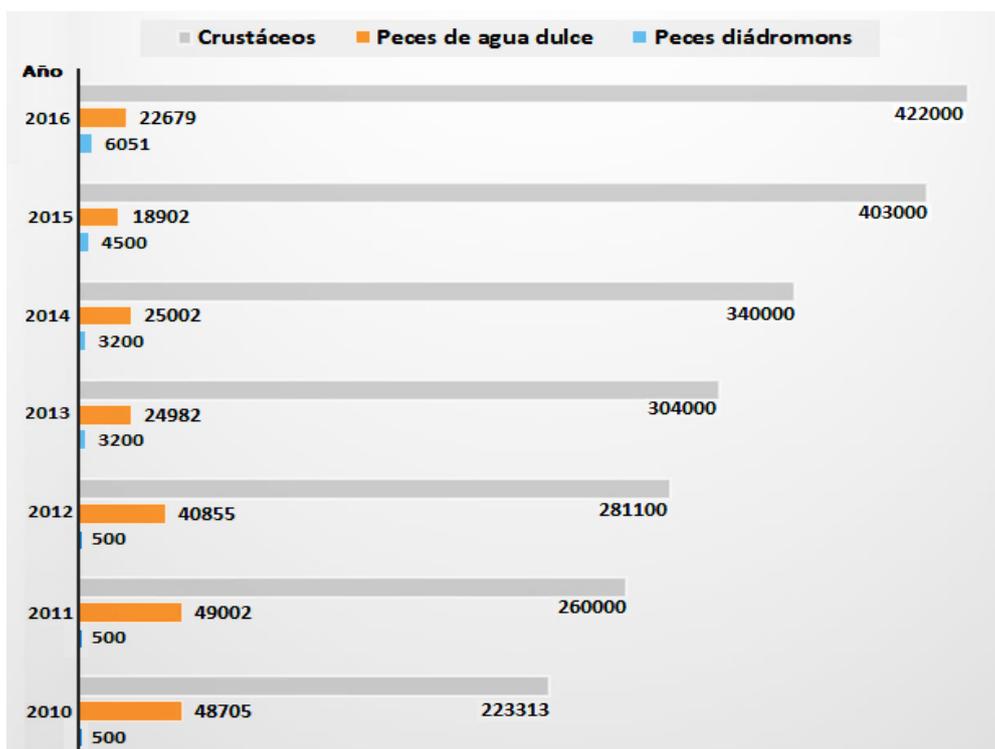


Figura 1 Producción acuícola y piscícola en toneladas de algunas especies en Ecuador
Fuente: (FAO, 2018)

Según reportes de la FAO, desde el año 2010 hasta el año 2016 la producción de crustáceos y peces diádromos ha incrementado, mientras que la producción de especies agua dulce ha

disminuido (Figura 1); considerando que la mayor producción en crustáceos es el camarón blanco y en peces diádromos la trucha arco iris.

2.2 Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)

2.2.1 Aspectos generales

La trucha arco iris es de origen norteamericano, se identifica por ser un pez llamativo debido por sus colores los cuales varían según la edad. Fue introducida en el mundo, a excepción de la Antártida a finales del siglo XIX (Castro, Forero, & Guillot, 2004). Esta especie llega a tener aproximadamente de largo de 51-120 cm y peso de 24–36 kg. Habita de preferencia en zonas de agua fría y transparentes; los adultos migratorios llegan al mar desarrollando un color plata, y para reproducirse retornan a agua dulce (Bortone, 2002).

La producción va a depender del mercado, manejo, tecnología y demanda de la población, constanding tres tipos de sistemas de producción; extensivo, semi-intensivo e intensivo (Blanco, 1995).

2.2.2 La truticultura en el Ecuador

Con fines de Acuicultura en Ecuador se han importado algunas especies, dentro de ellas se encuentra la trucha arco iris, especialmente en la región Interandina. Fue introducida en el año 1928 mediante un acuerdo ejecutado por el gobierno y una entidad privada de Canadá (Mora, Osorio , & Uyaguary, 2009). El cultivo de trucha arco iris mantiene importancia comercial debido a que es apreciada primordialmente en la gastronomía y pesca deportiva, creando una alternativa de producción sostenible, puesto que genera ingresos económicos para pequeños y medianos productores (Mora, Osorio , & Uyaguary, 2009).

Según datos de la FAO, en el Ecuador, el incremento de la producción de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) ha sido evidente, siendo de 500 tn en el año 2010 a 6051 tn en el año 2016 (Figura 2).

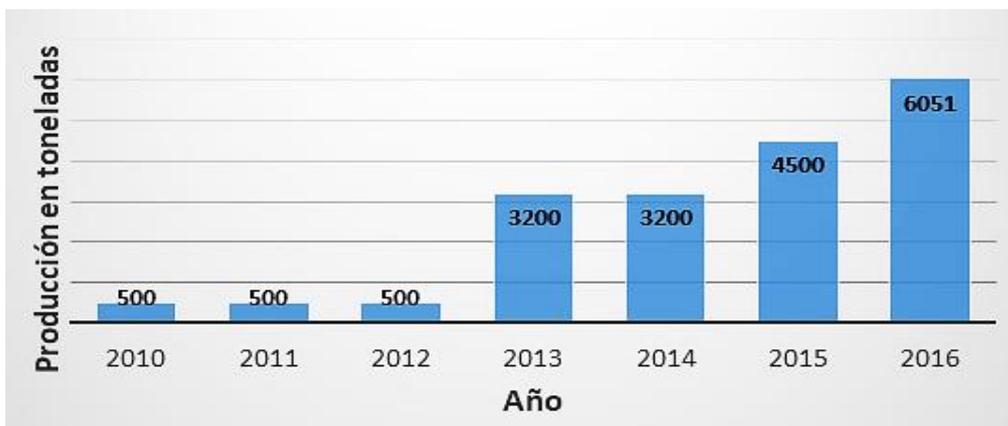


Figura 2 Producción en toneladas de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en Ecuador desde el año 2010 hasta el año 2016

Fuente: (FAO, 2018)

2.2.3 Clasificación taxonómica de la trucha arco iris

A continuación, se determina la clasificación taxonómica de la trucha arco iris:

Reino: Animal

Phylum: Chordata

Subphylum: Vertebrata

Superclase: Pisces

Clase: Osteichthyes

Subclase: Actinopterygii

Orden: Salmoniformes

Familia: Salmonidae

Género: *Oncorhynchus*

Especie: Mykiss

Nombre científico: *Oncorhynchus mykiss*

Nombre común: Trucha arco iris

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

2.3 Etapas biológicas de desarrollo de la trucha

En cada fase o etapa biológica de una producción de trucha arco iris se deben priorizar aspectos de nutrición, manejo y genética (Briceño, Maíz , & Valero, 2010). La fertilización de las ovas es el inicio para dar paso a las siguientes fases:

Ova: Primera etapa, se desarrolla a una temperatura de 7-12°C.

Larvaje: Una vez eclosionado el embrión emerge la larva, en esta etapa no necesita alimentación porque posee saco vitelino y dura de 9-15 días.

Alevinaje: Esta etapa tiene una duración entre 2 a 3 meses, puede variar por la presencia de diversos factores, siendo el principal la temperatura; a partir de esta fase se debe suministrar alimento.

Juveniles: Esta etapa es de rápido crecimiento, mayor incremento de peso y metabolismo más elevado, tiene una duración de 3 a 5 meses y manifestación de desarrollo sexual.

Engorde: Etapa en la cual llegan a una talla con peso comercial entre 200 a 350 g (Briceño, Maíz , & Valero, 2010).

2.4 Parámetros en un cultivo de trucha

La función de varios parámetros fisicoquímicos (Tabla 1), garantizan la viabilidad de una producción de trucha, dentro de ellos están:

Calidad del agua: Es la cantidad de agua, sin contaminación y que posee pocos sedimentos (Recalde, 2014). La Constitución de la Republica y las normas medio ambientales establecen valores óptimos para la utilización del agua dulce, legalizando la recuperación, conservación y manejo del recurso hídrico de cuencas hidrográficas y caudales ecológicos relacionados al ciclo hidrobiológico (TULSMA, 2014).

En tabla 1 se muestra las propiedades físicas y químicas del recurso hídrico en un cultivo de trucha arco iris:

Tabla 1
Propiedades físicas y químicas del agua en un cultivo de truchas arco iris

Parámetro	Valor
Turbidez	<400 mg/lt
Color	Aguas claras
Temperatura	9-11°C para reproducción y 11-15 °C para crecimiento y engorde
Oxígeno disuelto	Óptimo 6,5 – 10 ppm
Anhídrido carbónico	Óptimo 2ppm
pH	Óptimo 6,5-8,5
Alcalinidad	20-200ppm
Amoniaco	<0,02 ppm
Dureza	60-300 ppm
Nitrito	0,055ppm
Nitrato	<100ppm
Fosfato	<500ppm
Mercurio	0,05 ppm

Fuente: (PROMPERU, 2010)

El monitoreo permanente de parámetros fisicoquímicos garantizan una parte de la producción a largo plazo (De la Oliva G. , 2011).

Recambio de agua: Radica en renovar una cantidad de agua en un tiempo terminante, obteniendo mayor capacidad de carga, mejor oxigenación, disminución de residuos de alimento y desechos de la especie (Recalde, 2014), depender del nivel de intensificación de la producción, siendo lo ideal tener 24 recambios/día, es decir un recambio total del agua por estanque en una hora (FAO, 2014).

Temperatura: La trucha arco iris es un animal poiquiloterma, es por ello que su metabolismo funciona en relación a la temperatura, siendo adecuada entre 9-14 °C según la edad y etapa biológica, porque de influye en el crecimiento y desarrollo (Jover, 2000). Las temperaturas menores a 8°C prolongan el tiempo de crecimiento, no obstante las temperaturas mayores a 15 °C proliferan posibles enfermedades (Recalde, 2014).

Tabla 2
Temperatura para un cultivo de trucha arco iris

Temperatura °C	1-3	4-8	9-14	15 - 17	18 - 20
Efecto	Muerte	Crecimiento y desarrollo tardío	Apropiado crecimiento y desarrollo	Disminución del crecimiento	Estrés y baja producción de oxígeno

Fuente: (FONDEPES, 2014)

Oxígeno: La cantidad de oxígeno disuelto en el agua de las piscinas (Tabla 3) está relacionado por factores como: temperatura, presión atmosférica y sales disueltas (Recalde, 2014).

Tabla 3
Presencia de oxígeno (mg/l) en el agua de un cultivo de trucha arco iris

O ₂ mg/l	0 - 3.0	3.1 - 4.5	4.6 - 5.9	6.0 -8.5
Efecto	Letalidad alta	Alto grado de estrés	Estrés y disminución del crecimiento	Apropiado desarrollo

Fuente: (FONDEPES, 2014)

El pH debe ser alcalino entre 6.5-8,5 mg/l, logrando una alcalinidad ideal. Para mantener el pH del agua de las piscinas de la trucha se recomienda emplear: carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos (Blanco, 1995).

2.5 Anatomía

La anatomía permite conocer daños, afecciones o presuntas enfermedades en ciertas partes del cuerpo u órganos, al igual que aplicar tratamientos preventivos curativos enfocados a mantener un adecuado manejo (FAO, 2014).

2.5.1 Anatomía Externa

En la trucha arco iris la anatomía externa está dividida en tres regiones (Figura 3). La región cefálica, conformada por boca, ojos, narinas, opérculos y oídos; puede visualizar grandes áreas, la pigmentación de la piel se encuentra bajo el control de la vista y alimentación, las narinas

contienen papilas olfativas capaces de detectar diversos olores, los sonidos son receptados por el cerebro, mientras que los opérculos protegen las branquias, responsables de la salida de la corriente respiratoria.

La región troncal se encuentra constituida por aletas dorsales (permite movilizarse sin que gire sobre el mismo), aletas pectorales (localizadas detrás de los opérculos), aletas ventrales, una línea lateral y una abertura poro genital en donde se encuentra el seno urogenital, lugar donde evacua productos urinarios, ovas o semen; mientras que la región caudal se conforma por una aleta adiposa (pequeña y gruesa, estabiliza al pez cuando está en movimiento), una aleta caudal (de mayor tamaño, controla e impulsa movimientos laterales) y el ano (Bioinnova, 2016).

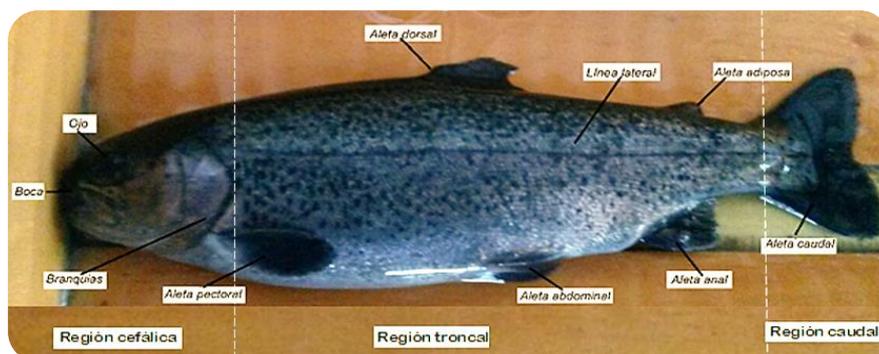


Figura 3 Anatomía externa de la trucha

La trucha posee una piel suave a excepción de la cola y cabeza, puesto que se encuentra recubierta por escamas (planas óseas, de forma circular), las cuales se encuentran distribuidas una sobre otra.

2.5.2 Anatomía Interna

El sistema digestivo está conformado por boca, faringe, esófago, estómago, ciegos pilóricos intestino, ano, hígado, vesícula biliar, páncreas, bazo, riñón, orificio urogenital y ano. La vejiga gaseosa se localiza sobre el tubo digestivo y debajo de las gónadas hembras o machos y riñones.

El celoma está constituido por una cavidad denominada pericárdica que contiene al corazón situado bajo los arcos branquiales; el sistema circulatorio se identifica por ser cerrado y simple.

El esqueleto está estructurado por dos clases de vértebras: trocales (poseen costillas) y caudales (poseen arcos hemales).

El sistema muscular representa el 70% del peso total, constituido por paquetes musculares (miómeros) los cuales se encuentran separados por el tejido conjuntivo (mioseptos) (Moreno A. , 2012).



Figura 4 Esquema de las partes internas de la trucha
arco iris

Fuente: (Moreno A. , 2012)

2.5.2.1 Sistema digestivo

Según Stevens y Hume citado por Muñoz en el año 2011, determinó diferencias entre el sistema digestivo de los peces carnívoros y herbívoros, a quienes asocia el hígado, vesícula biliar y páncreas, porque intervienen en varios procesos, principalmente el de alimentación, osmorregulación, inmunidad entre otros.

En la figura 5 se indica las partes que constituye el sistema digestivo en la especie *Oncorhynchus mykiss*.

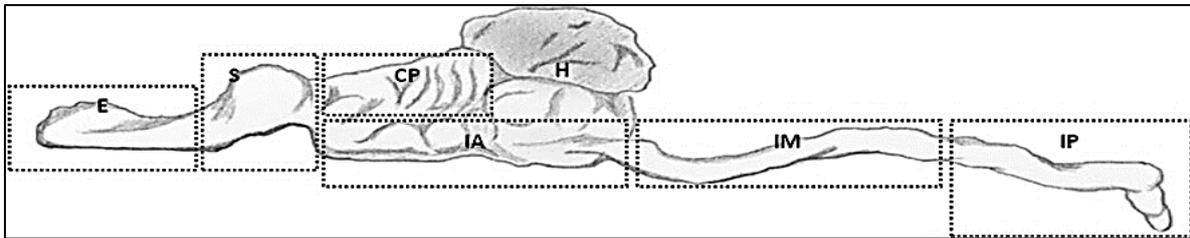


Figura 5 Esquema del tracto gastrointestinal de *Oncorhynchus mykiss* el cual está constituido por esófago (E), estómago (S), ciegos pilóricos (CP), intestino anterior (IA), hígado (H), intestino medio (IM) e intestino posterior (IP)

Fuente: (Muñoz J. , 2011)

El esófago se conforma por células secretoras de moco que ayudan al paso del alimento hacia el estómago.

El estómago está constituido por un área anterior o cardinal y un área posterior o pilórico con la función de retener o no el alimento y pasar hacia el intestino; las áreas mencionadas se delimitada por esfínteres. La característica del estómago es la presencia de células oxínticas, las cuales producen pepsinógeno y HCl. El proceso de digestión mantiene un pH ácido de 2-5 por la presencia de jugos gástricos, acides del quimo gástrico, secreciones biliares y pancreáticas.

Los ciegos pilóricos son divertículos que se sitúan al final del área pilórico del estómago y forman parte del intestino anterior, su función es la de realizar digestión enzimática y la absorción de nutrientes.

El intestino medio con el páncreas forma el sistema endocrino gastropancreático cuya función es desconocida mientras que el intestino posterior tiene la función de osmorregulación e intercambio iónico.

La motilidad intestinal se encuentra regulada por múltiples factores neurotransmisores, neuropéptidos y hormonas, cuya acción excitadora o inhibidora está influida por receptores localizados en los terminales nerviosos y en las células enteroendócrinas del epitelio intestinal.

El páncreas se encuentra cerca del conducto biliar e interviene en la regulación del metabolismo y digestión secretando enzimas digestivas y bicarbonato hacia los ciegos pilóricos e intestino. La vesícula biliar es regulada por diversos mecanismos nerviosos y endocrinos, un color verde determina un largo periodo de ayuno. La bilis se sintetiza en el hígado permitiendo emulsionar los lípidos y facilitar su posterior absorción (Muñoz J. , 2011).

2.6 Etapa de engorde en trucha arco iris

En esta etapa se obtiene el peso de comercialización de la trucha ajustados a un mercado, determinando la rentabilidad y viabilidad del cultivo. La finalidad es obtener pesos y talla comercial en el menor tiempo posible mediante un adecuado manejo. Para lograr tales fines, la alimentación provista a la especie debe suministrar los nutrientes adecuados para la especie (Romero, 2011). Entre los 10 y 12 meses bajo condiciones adecuadas la trucha llega a pesar 250 g (Eurostat, 2012).

En ocasiones el alimento comercial, nutricionalmente completo, no resulta atractivo para la especie lo cual disminuye la capacidad de ingesta. Se ha comprobado en peces que la inclusión de productos químicos al reaccionar en el agua, se solubilizan, despertando estímulos de quimio-sensibilidad (Toledo M. , 2017).

El piscicultor en esta etapa requiere de estanques de mayor área, los cuales son determinados en base a un plan de producción. El diseño de los estanques garantizan al pez un desarrollo óptimo, tomado en cuenta aspectos como: volumen de producción (similitud de peso y tamaño), cantidad de agua y calidad (Castañeda, 2010).

2.6.1 Alimentación

La trucha arco iris necesita de una dieta alta en proteína, al ser un pez predador puede vivir capturando y devorando otras especies como insectos, peces o crustáceos, pudiendo verse

afectada por factores como turbidez del agua, bajas o altas temperatura, estrés, entre otros (Cifuentes, y otros, 2012). En un cultivo intensivo de trucha arco iris, el alimento balanceado es de tipo pelletizado o extruido acorde la etapa fisiológica (tabla 4) (Blanco, 1995).

Las dietas formuladas se realizan en base a ingredientes como: harina de pescado, aceite de pescado, granos, entre otros; los cuales proveen de energía, y deben ser aprovechados eficazmente por la especie, a menudo las tasa o factor de conversión alimenticio llegan a tener una relación de 1:1 (FAO, 2014). En la alimentación la frecuencia hace referencia a la cantidad de veces que se alimenta en un día (tabla 5). En etapas iniciales la frecuencia de alimentación es mayor en comparación con las etapas finales (Ortiz J. , 2015).

Tabla 4

Característica del alimento por cada etapa fisiológica en trucha arco iris

Peso (g)	Talla (cm)	Conversión del alimento	Característica de la dieta	Etapas
0,19-0,7	2,56-4	1,7:1	Polvo 0,6mm	Inicial
0,7-3	4-6,5	1,8:1	Polvo 1mm	Alevinos
3-11	6,5-10	1,9:1		
11-40	10-15	1,7:1	Granulado 1,5-3mm	Juveniles
40-90	15-20	1,8:1		
90-180	20-25	1,9:1	Granulado 4-6 mm	Talla Comercial
180-333	25-31	2:1		
333	31	1,5:1	Granulado 6 mm	Reproductores

Fuente: (Ragash, 2009)

Tabla 5

Frecuencia de alimentación según la etapa fisiológica de la trucha

Etapas	Frecuencia de Alimentación
Alevinaje 1, 2 y 3	6-8 veces
Juvenil 1 y 2.	5-6 veces al día.
Engorde 1 y 2	3-4 veces al día.
Adultos	3 veces al día.

Fuente: (Moreno M. , 2000)

La fase de alevinaje y juvenil el intervalo de tiempo entre las veces de alimentación diaria debe ser de una hora, en engorde pasando una hora y media y en estadios mayores de dos a dos horas y media.

Los problemas presentes en el alimento se mencionan a continuación:

- Pérdida de alimento en polvo al ser lanzado al agua, especialmente en la primera etapa de producción.
- Cantidad de alimento en invierno y verano.
- Diferencia de tamaño de pellets.
- Cantidad de grasa a lo establecido.
- Cantidad de aditivos (Silveira, 2018).

2.6.2 Requerimientos nutricionales

Los requerimientos nutricionales van según el estado fenológico en el que se encuentre (tabla 6), la trucha arco iris es exigente en proteína, un alimento de mala calidad contiene un porcentaje de 28-35%. Por el contrario, un alimento de alta calidad, contiene un porcentaje 40-50% y en su mayoría de origen animal (Blanco, 1995).

La inclusión diaria de carbohidratos digeribles estima un porcentaje no mayor al 12% al momento de formular la dieta, no obstante, cantidades superiores a las estimadas pueden producir efectos adversos en la especie *Oncorhynchus mykiss* y en algunos casos la muerte debido al excesivo almacenamiento de glucógeno.

En la adición grasa en la dieta no debe ser mayor a 10-12%; considerando ácidos grasos poliinsaturados.

- **Minerales:** La cantidad exacta de minerales para trucha no se sabe con exactitud, requiere de pequeñas cantidades inferiores al 2% en donde la adición de sal marina yodada se considera beneficioso.

- **Vitaminas:** Necesita principalmente de la inclusión de vitamina C y vitaminas liposolubles como: A, D, E y K (Castelló, 1993).

Tabla 6
Requerimiento nutricional de la trucha arco iris.

Etapa	Proteína	Grasa	Carbohidratos
Alevines	55 – 50	13 – 15	18.5 – 14.5
Juveniles	48 – 45	13 – 15	20
Engorde	48 – 45	13 – 15	23.5

Fuente: (De la Oliva G. , 2011)

La trucha es intolerante a la glucosa, es por ello que posee una baja capacidad de aprovechamiento de carbohidratos y grasas, en cuanto a proteína, la digestibilidad va a depender de su origen, si es vegetal, el aprovechamiento es de aproximadamente el 15%, mientras que la proteína de origen animal es aprovechada casi en su mayoría.

Según la FAO (2017), los requerimientos nutricionales en la etapa de engorde se presentan a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 7
Requerimientos nutricionales de trucha arco iris en etapa de engorde

Nutriente	Requerimiento (materia seca)	Nutriente	Requerimiento (materia seca)
Proteína cruda % min.	42	Micro elementos	
Aminoácidos % min.		Potasio	0.7
Arginina	2	Hierro	60
Histidina	0.7	Cobre	3
Isoleucina	0.8	Manganeso	13
Leucina	1.4	Zinc	30
Lisina	1.8	Selenio	0.3

CONTINÚA 

Metionina	1	Vitaminas min IU/Kg	
Fenilalanina	1.2	Vitamina A	2500
Treonina	0.8	Vitamina D	2000
Triptófano	0.2	Vitaminas min mg/Kg	
Valina	1.3	Vitamina E	25 – 100
Ácidos grasos esenciales % min.		Vitamina K	1
20:4n – 6	0.5	Tiamina	10
20:5n – 3	1	Riboflavina	5
Carbohidratos % máx.	12	Piridoxina	6
Fibra cruda % máx.	3	Ácido pantoténico	20
Energía digestible KJ/g min.	15.5	Niacina	10
Macro elementos		Ácido fólico	2
Calcio máx.	1	Vitamina B12	0.02
Fosforo min.	0.6	Colina	800
Magnesio min.	0.05	Biotina	0.15
Sodio min.	0.06	Ácido ascórbico	40

2.7 Control de apetito

En acuicultura y piscicultura la ingesta de alimento, estimulación y control del apetito mantiene importancia por la cantidad de alimento que se suministra en una producción.

El hipotálamo juega un papel fundamental en el control nervioso de la ingesta del alimento; localizándose específicamente en el área del lóbulo inferior (Conde, 2012).

2.8 Ingesta y conducta alimenticia

En peces la ingesta de alimento es un proceso complejo porque implican diversos factores endocrinos centrales y periféricos afectados por variables internas o intrínsecas y variables externas o extrínsecas (Tabla 8); los factores endocrinos centrales y periféricos son generados por señales procedentes de órganos de los sentidos y sensores internos, determinando el comportamiento alimenticio y la ingesta del alimento mediante un proceso coordinado y regulado por el sistema nervioso central, cerebro posterior e hipotálamo (Librán, 2015).

Tabla 8
Factores que influyen en la ingesta del alimento en peces

Situación del pez	Condiciones físico-químicas	Administración del alimento	Estado hormonal
-Salud	-Fotoperiodo	-Frecuencia	-Ritmos biológicos
-Manejo	-Intensidad de la luz	-Abundancia	-Neuropéptidos
-Etapa fisiológica	-Depredadores	-Formulación y composición	-Reproduccion
	-Influencia humana	-Tamaño	
-Especie	-T °C	-Administración	
-Estrés	-O ₂	-Atractantes /estimulantes alimenticios	
	-Turbidez		
	-Contaminación		
	-pH		

Fuente: (Librán, 2015)

El proceso de alimentación inicia con la detección de alimento mediante la quimio-recepción de los órganos gustativos junto con el órgano olfatorio, los cuales determinan una reacción frente al alimento presente en el agua. La trucha arco iris posee un olfato capaz de seleccionar su presa y papilas gustativas capaces de discriminar diversos sabores y detectar diversos aminoácidos como metionina, cistina, treonina, entre otros, debido a su gran habilidad detectar estímulos odorantes. Las papilas gustativas presentan una estructura bulbiforme, existiendo de 30 papilas por mm² en el paladar y 8 a 11 mm² en otras áreas (Marui, Evans, Zielinski, & Toshiaki, 1983).

Una vez ingresado el alimento por la boca, pasan hacia la faringe, estómago, en donde actúa el jugo gástrico y enzimas, luego al intestino el cual está conformado por micro vellosidades y enzimas como: lipasa, proteasa, tripsina, y quimio-tripsina. Los componentes y elementos aprovechados por la especie pasan mediante la pared intestinal en donde son transportados por el torrente sanguíneo hacia diferentes órganos y sistemas (Blanco, 1995).

2.8.1 Localización del Alimento

La localización del alimento se realiza de forma natural en base a características físicas y químicas presentes en el alimento. Los sentidos que poseen los peces son imprescindibles al momento de localizar el alimento, existiendo diferentes formas de localización del alimento, como las que se mencionan a continuación:

- Localización visual: Mantiene importancia principalmente en peces que viven en aguas claras y se alimentan en la superficie. Si el agua presenta altos niveles de turbidez o la intensidad de la luz es baja, va a presentar problemas en la detección del alimento y el gasto energético va a ser mayor en la captura.
- Localización mediante el olfato y gusto: Se da en el medio acuático mediante la quimio-recepción de activadores químicos.

Como se mencionó anteriormente la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) al momento de ingerir el alimento lo realiza de forma visual y olfativa; existiendo una interrelación directa, la cual desencadena actividades fisiológicas en diferentes órganos y sistemas del pez.

El cerebro juega un papel importante dentro de los procesos implicados en el control del apetito, el área hipotalámica junto con el telencéfalo (estimulante olfatoria) en menor grado mediante estimulación eléctrica bloquean o no la parte del comportamiento alimenticio (Bastardo, Infante, & Segnini, 1994).

2.8.2 Factores endocrinos centrales y periféricos

El hipotálamo emite señales y estímulos internos (hormonales, metabólicos y gastrointestinales), controlados por el sistema central y sistema periférico los cuales conducen a la aceptación o no del alimento, es decir la emanación de señales orexígenas y anorexígenas (Librán, 2015).

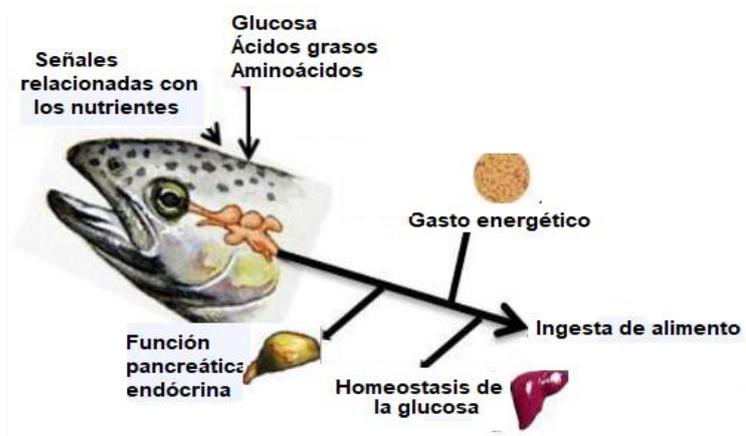


Figura 6 Esquemización la ingesta de alimento

Fuente: (Blouet & Schwartz, 2010)

Los estímulos nerviosos detectan nutrientes (glucosa, ácidos grasos y amino ácidos entre otros) a través de mecanismos sensores, incrementando la producción de AgRP/NPY y un descenso en de POMC/CART, como consecuencia incremento en la ingesta, por el contrario si los niveles de POMC, CART aumentan, disminuye las señales orexígenas, es decir desciende la ingesta de alimento (Otero, 2017).

En truchas el sistema glucosensor (determinado por la glucoquinasa (GK), el transportador de glucosa (GLUT2) y el canal de potasio dependiente de ATP (K_{ATP})) y niveles de hormonas como melatonina, insulina, leptina, GLP-1, ghrelina o CCK, actúan en el descenso o no de la expresión de NPY y AgRP o POMC y CART (Figura 7) (Tabla 9) (Conde, 2012).

Tabla 9

Péptidos, hormonas y monoaminas relacionados en la regulación de la ingesta en peces

Estimuladores del apetito		Inhibidores del apetito	
Centrales	Periféricos	Centrales	Periféricos
NPY	Ghrelina	CRF	Leptina
AgRP		CART	Insulina
Galanina		Melanocortinas	CCK/gastrina
Orexinas OXs		Monoaminas	
MCH		Melatonina	
		Amilina	

Fuente: (Librán, 2015)

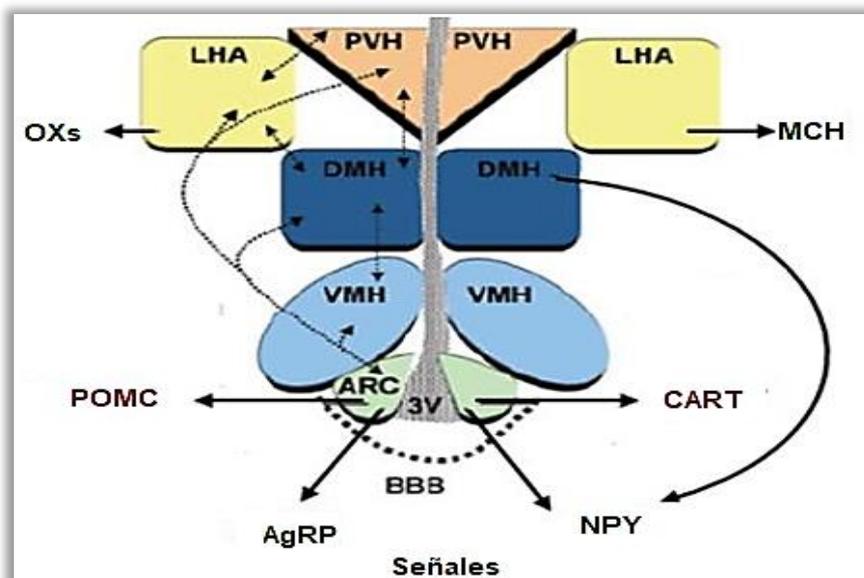


Figura 7 Esquema de los diferentes núcleos que conforman el hipotálamo. Las letras rojas determinan los neuropéptidos orexigénicos y con verde los anorexigénicos.

Fuente: (Lelliott, López, & Vidal, 2007)

2.8.3 Sensación de apetito

En peces se considera seis etapas encadenadas a la sensación de apetito, influenciadas por factores internos y externos (Figura 8).



Figura 8 Etapas del pez ante la sensación de apetito

Fuente: (Conde, 2012)

En cada etapa reaccionan factores físicos y químicos, los cuales son productos de las propiedades organolépticas y características físicas (textura, tamaño, etc.) del alimento, estas reacciones conducen a una respuesta de aceptación o rechazo del alimento (Mendoza, 2010).

2.8.4 Señales de origen gastrointestinal

Los estímulos emanados por el estómago e intestino son eficaces para neutralizar o no la estimulación de apetito, la pared del intestino libera la hormona colecistoquina estimulando la ingesta del alimento. Las horas de alimentación (frecuencia de alimentación) determinan un papel importante, al igual que las condiciones presentes, como oxígeno disuelto, temperatura, iluminación, pH, entre otros (Librán, 2015).

2.8.5 Efectos de nivel energético

La carencia o limitación de algún mineral, vitamina, aminoácidos, ácidos grasos entre otros elementos nutritivos estimados en la formulación de la dieta, repercute negativamente en su salud y progresivamente pérdida de apetito. La variación de temperatura en el agua está relacionada directamente con la tasa metabólica basal; al ser animales poiquiloterms el pez ajusta la ingesta dietaria para poder mantener su tasa metabólica (Cerdá, 2000).

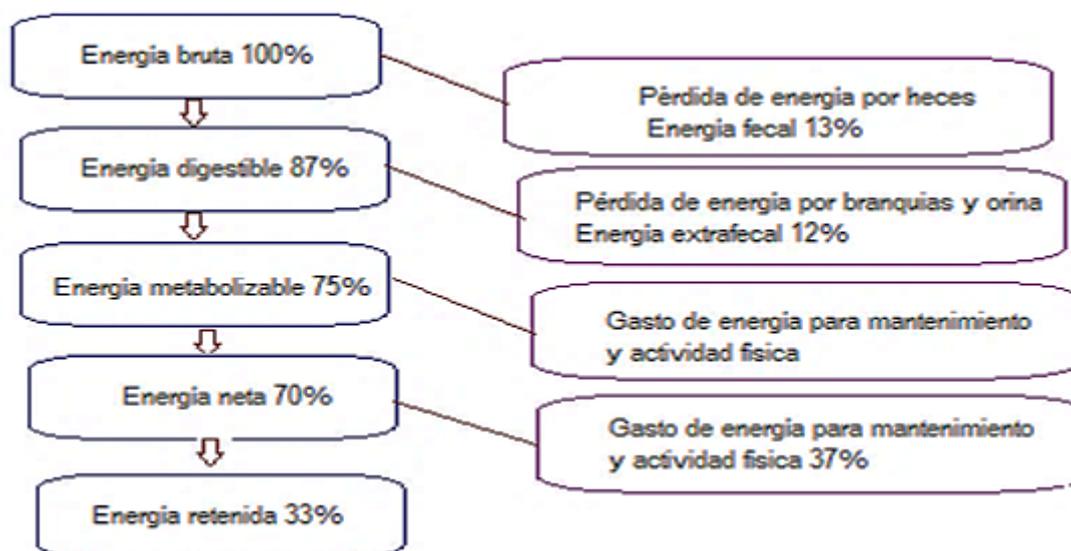


Figura 9 Pérdida de energía durante el proceso de metabolización

Fuente: (Blanco, 1995)

En trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) el cociente energía digestible/proteína (Moreno A. , 2012) mantiene una relación con la ingestión de nitrógeno, estimando valores de 20-30 kJ/g

en trucha (Kaushik citado en Cerdá, 2000) el conocimiento de gasto energético y metabólico son de importancia, permitiendo cuantificar la pérdida y gasto de energía durante el proceso de alimentación (Figura 9) (Blanco, 1995):

2.9 Aditivos alimentarios

Un aditivo alimentario se denomina a las sustancias que se adicionan en el alimento con diferentes funciones (MAGAP, 2012). Los aditivos pueden ser de origen orgánico e inorgánico, forman parte en la elaboración de las dietas (Carrillo O, Gallardo N, Nolasco H & Vega V, 2000). Los estimulantes de apetito pueden causar aceptabilidad y eficiente respuesta en la asimilación del alimento (FAO, 2018).

2.9.1 Buclizina

Buclizina es un antihistamínico H1 de primera generación que puede pasar la barrera hematoencefálica y actuando en el sistema nervioso central (SNC).

En la actualidad existen pocos los estudios realizados con buclizina mayoritariamente se han realizado estudios en química farmacéutica (Babu, 2011).

Un antihistamínico, es un medicamento que bloquea los efectos de la histamina, la cual se define como una sustancia química que actúa en diversos procesos y partes del cuerpo, participando principalmente en el funcionamiento del estómago, sueño y sistema nervioso central; para la actuación de los antihistamínicos, (Zubeldía, 2011).

Los antihistamínicos H1 se clasifican en dos generaciones, los de primera generación mantienen un efecto sedante que bloquea a los receptores H1 periféricos y centrales, cruzando la barrera hematoencefálica. Los de segunda generación no presentan tal capacidad, posee un menor efecto sobre el sistema nervioso central y periférico. El efecto en monogástricos va a depender de la vía de administración, siendo más rápido la vía oral que intravenosa. La metabolización se realiza en el hígado, y una parte en el riñón y pulmón, la mayor parte del

producto es excretado en la orina después de 24 horas pudiendo quedar trazas, eliminándose en los días posteriores (Benedí, 2005).

A continuación, se muestra la clasificación de los antihistamínicos H1: acorde el grupo químico; en donde la buclizina pertenece al grupo de los antihistamínicos de primera generación y grupo químico de las Piperacinas.

Tabla 10

Clasificación moderna de antihistamínicos H1 de primera generación

Antihistamínicos de primera generación					
Etilendiaminas	Etanolaminas	Alquilaminas	Piperacinas	Fenotiazinas	Misceláneos
Tripelenamina	Difenhidramina	Feniramina	Buclizina	Trimeprazina	Cetirizina
Mepiramina	Bromodifenhidramina	Clorfeniramina	Ciclicina	Prometazina	Ciproheptadina
Fenbenzamina	Carboxinoxamina	Bromfeniramina	Meclicina	Metildiazina	
Antazolina	Clemastina	Tripolidina	Clorciclicina	Mequitazina	
Clemizol	Doxilamina	Dimetindeno	Hidroxicina		
	Feniltoloxamina	Terfenadina			
	Dimenhidrinato				
	Trimetobenzamida				

Fuente: (Samaniego, 2005)

Lavenstein citado por Higa en el año 1969, detalla que los primeros estudios realizados en los fármacos antiserotonínicos y antihistamínicos fueron realizados a partir del año 1960, buclizina fue comercializado a partir del año 1991, siendo un producto de venta libre desde el año mencionado hasta la actualidad (Mostafa & Al-Badr, 2011).

El principio activo de buclizina es clorhidrato de buclizina. La denominación química y empírica se detalla a continuación:

- Denominación química:

(RS)-1-[(4-clorofenil)-fenil-metil]-4- [(4-tert-butilfenil) metil] piperazina

- Fórmula empírica: C₂₈H₃₃ClN₂, 2HCl (Pharmacopoeia, 2013).

Buclizina posee acción antiemética, antipruriginosa y orexígena (estimulación del apetito e incremento de ingesta de alimento) (Pharmacopoeia, 2013); se considera que buclizina provoca una leve actividad antiserotoninérgica, sobre las neuronas del centro del apetito ocasionando mayor ingesta de alimento (Babu, 2011).

Buclizina no mantiene una relación hormonal y con vitaminas, al igual que no tiene un efecto hídrico (Cervino citado por Balseca, 2015).

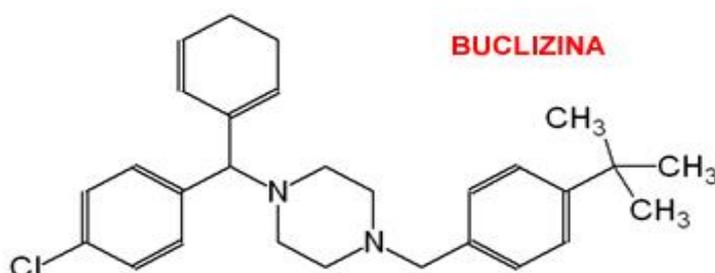


Figura 10 Fórmula empírica de la buclizina
Fuente: (Vademécum, 2018)

La biotransformación de este producto ocurre en el hígado por acción del citocromo P-450, la metabolización va a depender de la edad siendo más rápida en jóvenes que en adultos. Una vez ingerida la buclizina, la máxima concentración en la sangre va a ocurrir durante la primera y segunda hora. Su uso frecuente produce inducción enzimática y la eliminación es vía renal y en pequeñas cantidades en heces (Samaniego, 2005).

Los usos y efectos adversos que provoca se presentan a continuación:

Usos:

- En procesos alérgicos cutáneos por actividad depresiva del SNC que contribuye a la acción antipruriginosa.
- Orexígenos: Estimulación de apetito.
- Cinetosis (Mareos): Incluyen vómitos, náuseas, y falta de equilibrio.

Efectos adversos:

- Somnolencia (25% de los individuos)
- Dolor de cabeza
- Náuseas
- Efectos teratógenos durante el periodo de gestación
- Xerostomía (Pharmacopoeia, 2013).

En peces no se encontró literatura en la que se incluya a la buclizina en la alimentación, no obstante, un estudio realizado bajo las mismas condiciones en trucha arco iris se valoró diferentes aditivos orgánicos y sintéticos determinando el potencial de la buclizina como estimulante de apetito (Molina J. , 2017). A nivel pecuario se encontró un estudio en la especie *Cavia porcellus* en etapa de engorde, en el que no se determinó eficacia de la buclizina con tal finalidad (Balseca D. , 2015).

2.10 Hematología

La hematología se la define como el conjunto de técnicas que se dedican al estudio de la sangre, se considera una herramienta valiosa en la acuicultura. Para su realización no requiere de una alta inversión y es importante para la prevención y diagnóstico de posibles enfermedades.

La morfología del tejido sanguíneo va a depender de la especie, así es como, los eritrocitos circulantes en peces se presentan como células nucleadas a diferencia de los mamíferos, los cuales no presentan núcleo.

En peces el fluido sanguíneo se encuentra constituido por una fase sólida (las células: eritrocitos, leucocitos y trombocitos) y una parte líquida (plasma), ocupando un volumen aproximadamente del 2 al 4% del peso corporal a diferencia de otros vertebrados que contiene volúmenes entre 5 y 8% (Alberdi, Cubillos, & López, 2001).

Para la realización de un adecuado diagnóstico hematológico, primero se debe determinar valores normales de la sangre correspondiente a la especie en estudio, con el fin de conocer la viabilidad en condiciones normales.

Los índices hematológicos que se utilizan con mayor frecuencia se mencionan a continuación:

- Hematocrito (Hto): Indica el porcentaje del volumen total de la sangre constituido por glóbulos rojos.
- Hemoglobinometría (Hb): Índices que hacen referencia al transporte de oxígeno
- Recuento de glóbulos rojos o eritrocitario (RE): Cantidad y observación de los eritrocitos
- Recuento de eritrocitos, leucocitos y trombocitos (RELT): Su determinación está orientada a desórdenes de tipo nutricional y patológico.
- Velocidad de la sedimentación eritrocitaria (VSE): Determina el grado de estrés en peces (Alaye & Morales, 2013).

2.10.1 Hematocrito (Hto)

El hematocrito es el resultado expresado en porcentaje, del volumen ocupado por los glóbulos rojos en una cantidad conocida de sangre total, mediante centrifugación. Un hematocrito disminuido puede verse afectado por diversas causas como: pérdida de sangre, leucemia, desnutrición en la dieta o glóbulos rojos, anemia, mieloma múltiple, entre otros, por el contrario, un hematocrito aumentado se atribuye a causas como: cantidad de oxígeno bajo en la sangre, deshidratación, desnutrición, quemaduras entre otras (Aeasar, 2015).

2.10.2 Recuento de glóbulos rojos o recuento eritrocitario (RE)

En peces el número de glóbulos rojos varía de acuerdo a la especie, capacidad de movimiento y factores ambientales, estando dentro de un rango aproximado de 1 a 3 millones por mm^3 de

sangre. El número de glóbulos rojos en teleósteos es mayor en comparación a otras especies (Mantilla & Vergara, 1996).

La cantidad de glóbulos rojos se puede determinar mediante la cámara hemocito métrica de Neubauer en base a diferentes diluyentes, el conteo de eritrocitos se realiza en ciertas áreas (Figura 11); para obtener el número total de eritrocitos por microlitro se debe multiplicar el número de eritrocitos contados por 10.000 (Alaye & Morales, 2013).

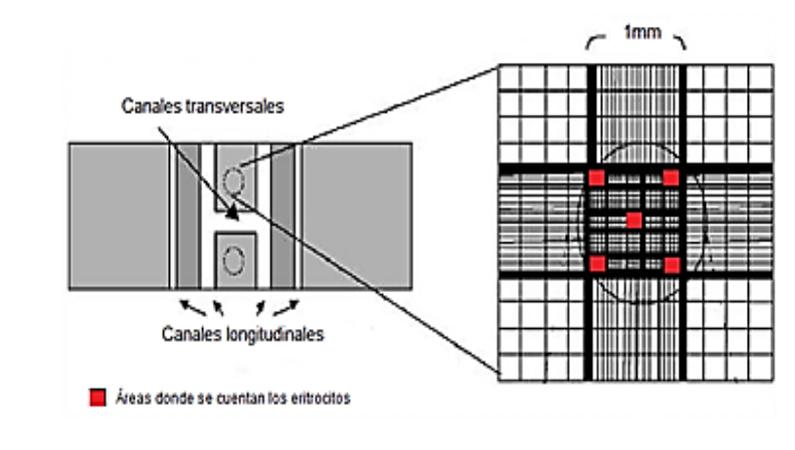


Figura 11 Cámara de Neubauer
Fuente: (Martínez, 2011)

2.10.3 Albumina

La albumina se encuentra formando parte de las principales proteínas del plasma sanguíneo, en comparación con los vertebrados superiores los peces tienen niveles de proteína más bajos. Una de las funciones principales de la albumina es controlar la presión osmótica (Ramos, 2014).

2.10.4 Glucosa

La glucosa tiene importancia en la determinación del estado nutricional, la trucha arco iris se caracteriza por poseer poca tolerancia a la glucosa, debido a su escasa utilización; la glucosa plasmática obtenida del alimento se transfiere principalmente al hígado y tejido (López D. , 2016).

2.11 Histología

La histología clásica puede ser cualitativa o cuantitativa, se enfoca principalmente en el estudio morfológico de la célula, como tamaño, forma y función; para la determinación del tejido o célula se emplean numerosos colorantes y la microscopia (Arias & Poblete, 1996).

2.11.1 Hígado

El hígado de los peces presenta una estructura lobular a diferencia de los mamíferos los cuales no presentan esa estructura como tal (Alberdi, Cubillos, & López, 2001).

La célula principal del hígado es el hepatocito (célula poligonal, constituye el 80% del órgano). Si existen daños a nivel del hígado, los hepatocitos son capaces de regenerar el área afectada (Neira, 2011).

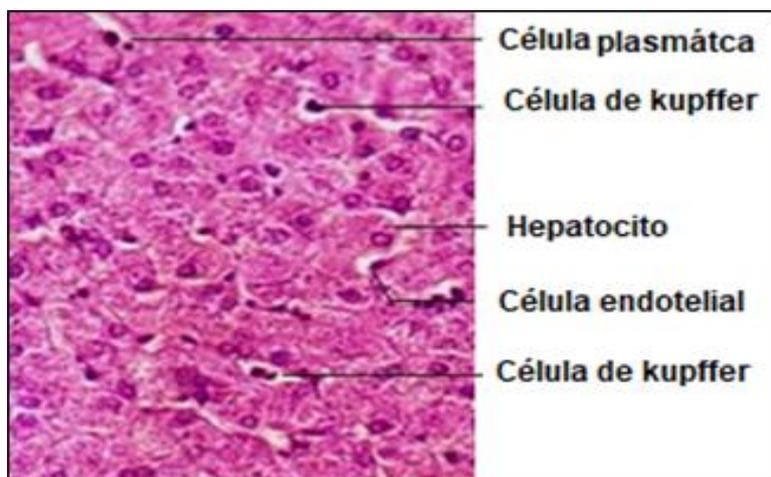


Figura 12 Corte histológico de un hígado sano
Fuente: (López P. , 2014)

En la figura 12 se observa las estructuras de un hígado sano compuesto por hepatocitos, con espacios intracelulares asociados a los cordones de hepáticos. Las sinusoides hepáticas son células que se localizan en los espacios vasculares.

Las lesiones hepáticas no siempre presentan inflamaciones y se debe a diferentes causas, es por ello que su estudio se realiza de forma aislada, formándose daños de balonización hepatocelular determinado por una rarefacción del citoplasma o también por edemas, los cuales

se aprecian como células agrandadas de color claro producida por degeneración del tejido (López P. , 2014).

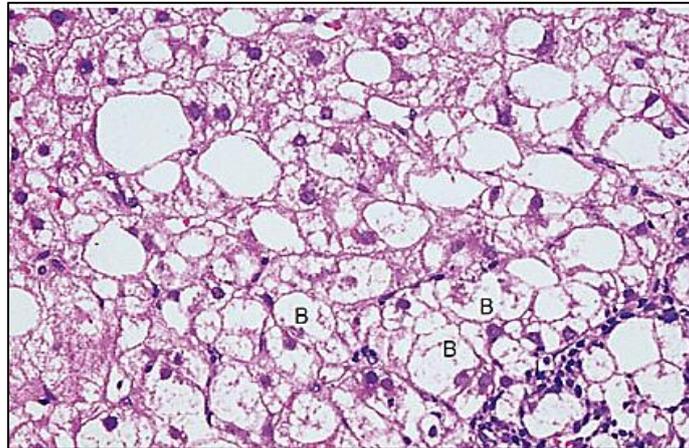


Figura 13 Degeneración del tejido hepático, en donde se presentan balonización hepatocelular (B)

Fuente: (López P. , 2014)

En la figura 14 el daño hepático se relaciona a la capacidad que posee el sistema inmunitario para eliminar un agente patógeno presente, como consecuencia daño hepatocelular continuo con riesgo de carcinoma celular (CHC) (Johns Hopkins, 2018).

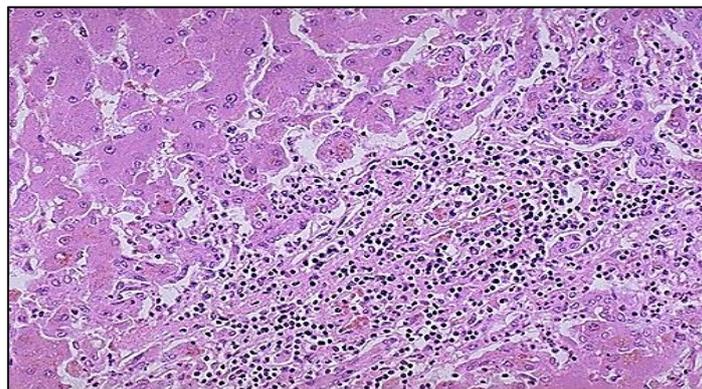


Figura 14 Daño en el tejido hepático e infiltrado de células inflamatorias

Fuente: (Johns Hopkins, 2018)

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Ubicación del área de Investigación

La investigación se llevó a cabo en el proyecto de Acuicultura, perteneciente a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I en la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

3.1.1 Ubicación Política

Provincia: Pichincha

Cantón: Rumiñahui

Parroquia: San Fernando

Localidad: Hacienda el Prado (IASA I), Pailones

3.1.2 Ubicación Geográfica

Longitud: 78° 24' 44"

Latitud: 0° 23' 20"

Altitud 2748 msnm



Figura 15 Vista aérea del Proyecto de Acuicultura en Pailones (A) y Laboratorio de Recursos Bioacuáticos y Acuicultura (B)

Fuente: (GoogleEarth, 2018)

3.1.3 Ubicación Ecológica

El presente proyecto estuvo ubicado ecológicamente en los parámetros que se describen a continuación:

- Precipitación media anual: 1285 mm/año
- Temperatura media anual: 13.89 ° C
- Humedad relativa: 69.03 %
- Piso altitudinal: Montano bajo
- Región latitudinal: Templada
- Zona de vida: Bosque Húmedo
- Clasificación Bioclimática: Húmedo-Temperado
- Provincia de Humedad: Húmedo (Estación, Meteorológica IASA I, 2017).

3.2 Materiales

Los materiales utilizados se describen a continuación:

Biológicos

360 truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) entre 80 y 90 g con un coeficiente de variación <10%.

3.2.1 Fase de campo

Insumos

- Alimento balanceado
- Cámara fotográfica
- Cuaderno de campo
- Baldes plásticos
- Red para pescar

- Escobas

Equipos

- Balanza eléctrica
- Ictiómetro
- Cámara fotográfica
- Sistema de oxigenación
- Oxímetro
- pH - metro

3.2.2 Fase de laboratorio

Insumos

- Guantes
- Fundas ziploc
- Bandejas
- Porta y cubre objetos
- Tubos capilares
- Jeringuillas de 3 ml
- Tubos eppendorf
- Pipeta hematocitométrica
- Regla para lectura de hematocrito
- Tubos de ensayo
- Vasos de precipitación

Equipos

- Molino manual

- Centrifugadora
- Microscopio electrónico
- Balanza electrónica
- Refrigeradora
- Micro-Kjeldahl destilador

3.2.3 Reactivos

- Alcohol al 96%
- Agua destilada
- Buclizina
- Eugenol
- Reactivo de Natt y Herrick
- Tintura de Iodo
- Heparina sódica

3.3 Métodos

3.3.1 Fase de campo

3.3.1.1 Limpieza y desinfección de las piscinas

Para la desinfección de las piscinas se utilizó carbonato de calcio (antes del inicio de la investigación). Durante el estudio, la limpieza de las piscinas se realizó aproximadamente cada 6 días sin la utilización de algún desinfectante.

3.3.1.2 Obtención de los peces

Se obtuvieron 360 truchas arco iris del proyecto de Acuicultura perteneciente a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I mediante el siguiente procedimiento:

- a) Se clasificó las truchas arco iris mediante un clasificador flotante de peces con barras laterales.
- b) Las truchas separadas fueron anestesiadas con eugenol a una concentración de 3ppt para ser pesados y medidos.
- c) Los pesos de cada trucha fueron determinados en una balanza electrónica (Micra Basic SD, apreciación 1 g) y la longitud en un ictiómetro (apreciación de 1cm).

El peso inicial fue entre 80-90g con un CV menor al 10%; con el propósito de obtener para obtener animales homogéneos y resultados adecuados.

3.3.1.3 Parámetros morfométricos

Los datos de los parámetros morfométricos fueron registrados desde el día 14 de octubre del 2017 hasta el 23 de enero del presente año, la frecuencia del muestreo fue cada 10 días con la ayuda de una balanza electrónica y un ictiómetro. Para reducir el estrés de los peces, fueron sedados con Eugenol a una dosis 3ppt e incorporados una fuente de oxígeno.

Los parámetros morfométricos obtenidos de los individuos *Oncorhynchus mykiss* en el ensayo fue masa corporal (g), longitud total (cm), longitud parcial (cm) y ancho (cm). Al final del ensayo, se procedió a determinar los parámetros productivos 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 de los índices productivos:

$$\text{Ganancia de peso (g)} = \frac{\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}}{\text{Tiempo (días)}}$$

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

*ln= logaritmo natural

$$\text{Factor de conversión alimenticio (F.C.A.)} = \frac{\text{Total de alimento ingerido (g)}}{\text{Peso ganado (g)}}$$

$$\text{Eficiencia alimenticia (E.A.)} = \frac{\text{Peso ganado (g)} * 100}{\text{Alimento ingerido (g)}}$$

$$\text{Índice de condición corporal} = \frac{\text{Peso corporal (g)} * 100}{\text{Longitud total (cm)}^3}$$

$$\text{Mortalidad (\%)} = \frac{\text{Número de peces muertos} * 100}{\text{Número de peces vivos}}$$



Figura 16 A. Sedación de peces con eugenol. B. Pesaje. C. Determinación del ancho, longitud parcial y total

3.3.1.4 Muestreo de animales

Considerando la dificultad que representa al tomar datos, se consideró un tamaño de muestra por cada unidad experimental mediante la siguiente ecuación:

$$n = \left(\frac{t_{\alpha/2} * CV}{L} \right)^2$$

Dónde: n = Tamaño de la muestra, $t_{\alpha/2}$ = Valor de la distribución normal para el nivel de confianza deseado, CV = Coeficiente de variación y L = Error aceptado; el número de animales estimado fue de 11 por cada unidad experimental.

3.3.1.5 Parámetros físicos

Los parámetros fisicoquímicos fueron tomados durante el experimento midiendo la cantidad de oxígeno (Oxímetro YSI 550), temperatura (Termómetro laser EXTECH, 42530) y pH (pHmetro HANNA, HI 98127).

3.3.1.6 Análisis de comportamiento

Se observó el comportamiento de las truchas tratadas con diferentes dosis de buclizina en Pailones a una altura de 2748 m.s.n.m. y temperatura de 12-14°C. Las condiciones fueron óptimas para el desarrollo y crecimiento (Recalde, 2014).

3.3.2 Fase de Laboratorio

Los análisis *in vitro* se realizaron en el Laboratorio de Recursos Bioacuáticos y Acuicultura.

3.3.2.1 Elaboración del alimento

La preparación del alimento se realizó cada 3 días, el tiempo de almacenamiento una vez preparado no fue mayor a 4 días. La metodología utilizada se detalla a continuación:

- a) Se trituró el alimento balanceado comercial (44% de proteína y 3mm de diámetro) con un molino manual sobre bandejas cubiertas de papel aluminio.
- b) Según la cantidad de alimento a preparar, se pesó la buclizina acorde al tratamiento en una balanza electrónica (apreciación 1mg) y se disolvió en alcohol al 96% en una concentración de 700ml/kg.
- c) Homogéneamente se incorporó la solución de buclizina en el alimento triturado y se dejó evaporar el alcohol a temperatura ambiente tapando con una malla anti mosquitos.
- d) Posteriormente se adiciono una solución de gelatina sin sabor a una concentración de 1:100 y se pasó por un molino de carne, obteniendo pellets de un diámetro de 5mm. Finalmente se dejó secar a temperatura ambiente por 24 h, una vez secos los pellets se almacenaron en fundas ziploc.

3.3.2.2 Contenido de proteína por cada tratamiento

Se determinó mediante el método de Kjeldahl, por cada tratamiento, para ello se utilizó la metodología descrita por la AOAC en el año 2016, la cual se describe a continuación:

Primero se realizó el proceso de digestión, en el que se pesó 1.5g de muestra seca de alimento en una balanza electrónica (apreciación 1mg), cada muestra fue envuelta en papel parafina, se colocó en tubos de ensayos de micro Kjeldahl, agregando 12.5 ml de ácido sulfúrico y se expuso durante 2 horas a temperatura de 350 °C. Después de 15 minutos se agregó 75 ml de agua destilada.

Posteriormente se realizó el proceso de destilación, agregando 30ml de ácido bórico más 2 gotas de colorante (rojo) y pasando por el equipo de destilación (Velp-UDK 129). Finalmente se procedió a realizar el proceso de titulación, para la determinación de proteína se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%N = \frac{0.014(V_1 - V_0)N}{m} * 100$$

Dónde: %N= Porcentaje de Nitrógeno, V_1 = Volumen de HCl 0.1N, V_0 = Volumen de HCl blanco y N = Normalidad

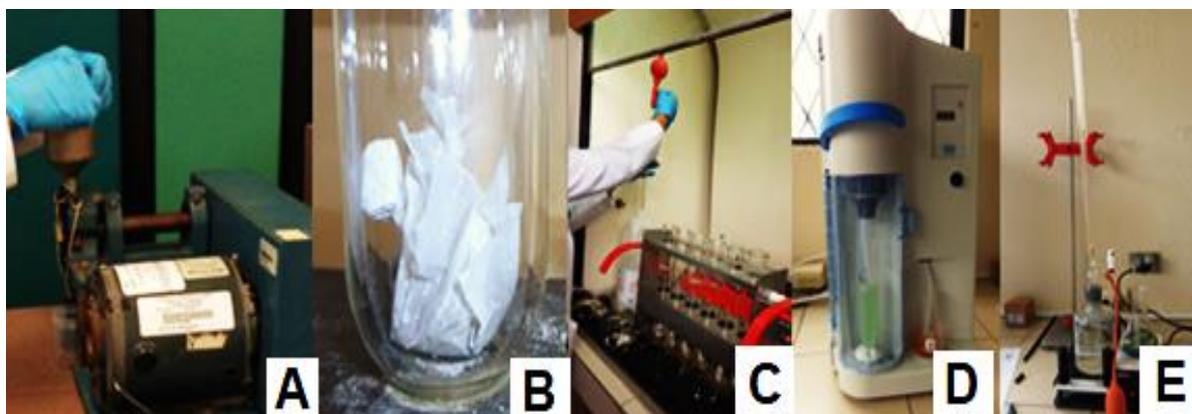


Figura 17 A. Trituración de la muestra de alimento. B. Muestra en papel parafina. C. Proceso de digestión. D y E. Proceso de titulación

3.3.2.3 Análisis Hematológicos

3.3.2.4 Extracción de sangre

Para la extracción de sangre se utilizó jeringuillas de 3 ml heparinizada con agujas calibre 23 G; la técnica utilizada fue la de punción caudal; todas las muestras de cada tratamiento y repetición fueron colocadas en tubos eppendorf de 3 ml, previamente auto claveados y etiquetados.

3.3.2.5 Hematocrito

Para el hematocrito se utilizó tubos de ensayos previamente etiquetados acorde el tratamiento y repetición, luego se colocó algodón en la base y el tubo capilar correspondiente sin anticoagulante con muestra de sangre y sellado con plastilina. Posteriormente se centrifugó a 3500 rpm durante 10 minutos y se dio lectura con la regla hematocimétrica.

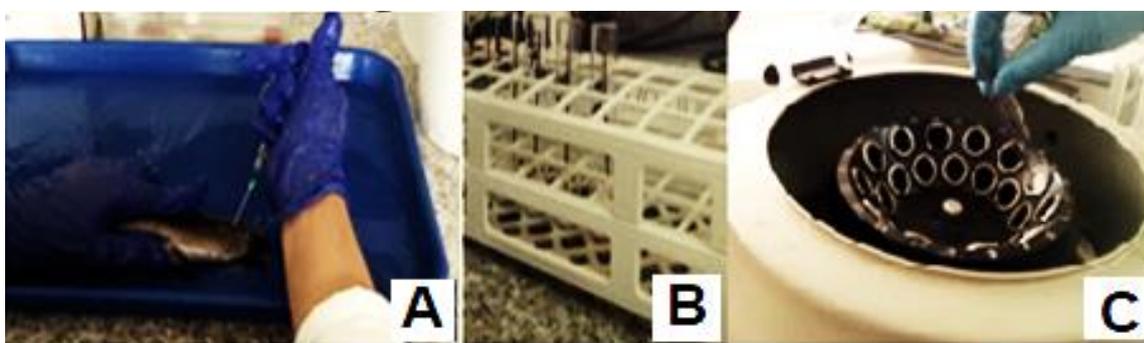


Figura 18 A. Extracción de sangre (técnica punción caudal). B. Tubos capilares con muestras de sangre. C. Centrifugación de las muestras de sangre

3.3.2.6 Conteo de glóbulos rojos

En el conteo de glóbulos rojos se utilizó la solución de Natt y Hericks a una disolución de 1:200. En la pipeta Thomas se mezcló la solución y muestra de sangre respectiva, posteriormente fue colocada (2 gotas) en la cámara de Neubauer y mediante un microscopio óptico (Leica) en aumento 100 X se determinó la cantidad de glóbulos rojos presentes.

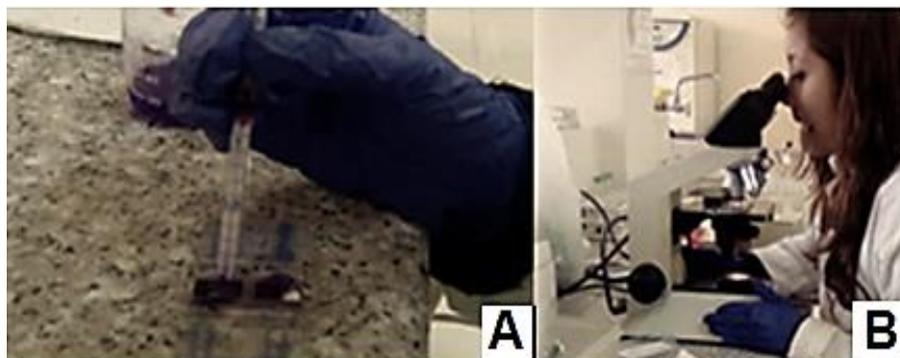


Figura 19 A. Muestra de eritrocitos más solución de Natt y Hericks en la cámara de Neubauer. B. Conteo de glóbulos rojos

3.3.2.7 Evaluación de la concentración de glucosa y albumina

Concentración de Albumina

Mediante el kit Albumin liquicolor (HUMAN), siguiendo el protocolo establecido, se determinó la concentración de albumina, para ello se realizó el procedimiento que se describe a continuación:

- a) Se etiquetó cada tubo de ensayo con su respectivo tratamiento y repetición, luego se colocó 10 μL de muestra de sangre extraída de cada tubo eppendor con 1000 μL de reactivo, adicionalmente en otro tubo de ensayo se colocó 10 μL de estándar con 1000 μL de reactivo.
- b) Cada tubo de ensayo se dejó incubar por 5 minutos a una temperatura de 20 a 25 $^{\circ}\text{C}$.
- c) Se midió la absorbancia en un espectrofotómetro (Thermo Spectronic, GENESYS 20) a 578 nm y mediante la ecuación presente a continuación se determinó la concentración de albumina.

$$C = 4 * \frac{A_{\text{muestra}} \text{ (g/dL)}}{A_{\text{estándar}}}$$

Dónde: A=Absorbancia

Concentración de Glucosa

La concentración de glucosa se obtuvo mediante el kit Glucose liquicolor (HUMAN), siguiendo el protocolo establecido, el cual se detalla a continuación:

- a) Primero cada tubo de ensayo se etiquetó con su respectivo tratamiento y repetición, luego se extrajo 10 μL de muestra de sangre de los tubos eppendorf y se colocó con 1000 μL de reactivo, adicionalmente en otro tubo de ensayo se colocó 10 μL de estándar con 1000 μL de reactivo.
- d) Cada tubo de ensayo se dejó incubar por 10 minutos a una temperatura de 20 a 25 $^{\circ}\text{C}$.
- e) Se midió la absorbancia en un espectrofotómetro (Thermo Spectronic, GENESYS 20) a 546 nm y mediante la ecuación presente a continuación se determinó la concentración de glucosa:

$$C = 100 * \frac{A_{\text{muestra}} \text{ (g/dL)}}{A_{\text{estándar}}}$$

Dónde: A=Absorbancia

La concentración tanto de glucosa como de albumina se realizó dentro de las 48 horas una vez extraída la sangre, según el protocolo establecido (HUMAN, Albumin liquicolor, 2005).

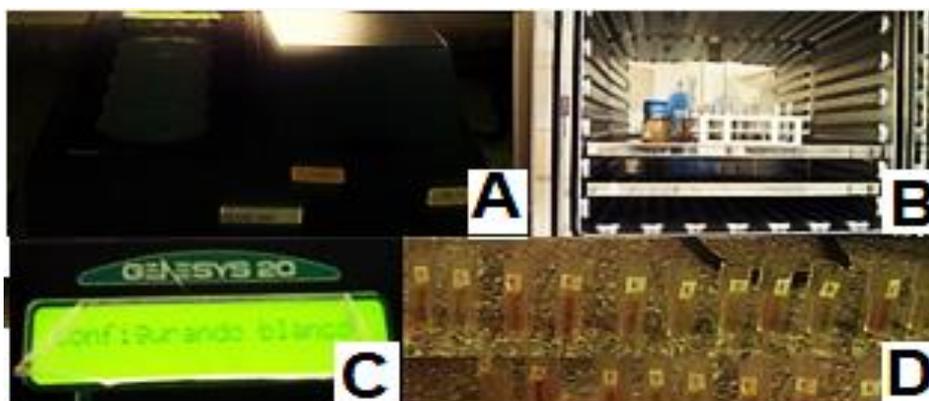


Figura 20 A. Espectrofotómetro. B. Estufa. C. Lectura de muestras de glucosa y albúmina. D. Muestras para lectura de glucosa y albúmina

3.3.2.8 Histología

Se sacrificó tres peces de forma aleatoria por cada tratamiento al final de la fase de campo y se evaluó el índice hepatosomático (IHS). La ecuación utilizada se describe a continuación:

$$\text{IHS} = \text{Ph} * (\text{Pt} - \text{Ph})^{-1} * 100.$$

Dónde: Pt= peso total y Ph= peso hígado.

Se evaluó visualmente los órganos internos de la trucha por cada tratamiento y repetición. Mediante histología clásica se procedió a realizar un análisis histológico con muestras de hígado de 2cm aproximadamente.

Cada muestra fue colocada en formalina al 10% neutralizada con fosfato de sodio. Los cortes histológicos obtenidos tuvieron un espesor de 7 μm y fueron teñidos con Hematoxilina-Eosina, finalmente fueron fijadas a placas porta objeto y observadas al microscopio óptico.



Figura 21 Cortes histológicos del tejido hepático

3.3.3 Análisis Económico

El análisis económico se realizó siguiendo la metodología de análisis de presupuesto parcial según Sabalza (2006), considerando cada uno de los tratamientos en estudio y determinando si existe o no diferencia entre tratamiento.

3.3.3.1 Análisis de rentabilidad

Se determinó la rentabilidad o no proveniente de los gastos efectuados al incorporar buclizina en el alimento balanceado (44% de proteína y 3mm de diámetro) mediante la metodología propuesta.

3.3.4 Diseño Experimental

3.3.4.1 Área de trabajo

Para la presente investigación se utilizaron 3 piscinas circulares de 9m³ de capacidad y 1,5m de profundidad.

3.3.4.2 Factor a probar

El factor a probar fue buclizina con tres diferentes niveles de inclusión en la dieta de trucha arco iris en la etapa de engorde; las dosis empleadas fueron obtenidas en un estudio realizado en la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, en el año 2017 (Molina J. , 2017)

3.3.4.3 Tratamientos

Los tratamientos empleados en esta investigación se encuentran descritos en la siguiente tabla a continuación:

Tabla 11

Tratamientos suministrados a las truchas arco iris (Oncorhynchus mykiss) en etapa de engorde

Nº Tratamiento	Descripción
T1	Tratamiento control
T2	Alimento balanceado más 100ppm de buclizina
T3	Alimento balanceado más 224ppm de buclizina
T4	Alimento balanceado más 400ppm de buclizina

3.3.4.4 Análisis experimental

El diseño experimental que se utilizó fue de bloques completamente al azar (DBCA) con tres repeticiones y estructura de parcelas unifactorial.

La fuente de variación para el bloqueo fue considerada por el efecto tanque. Para el análisis de datos se utilizó un software análisis estadístico Infostat.

3.3.4.5 Unidades experimentales

Las unidades experimentales estuvieron representadas por cada división realizadas en las piscinas (4 jaulas por cada piscina), en total se tuvo 12 unidades experimentales en donde se colocaron 30 unidades observacionales por cada unidad experimental).



Figura 22 Esquematización de las piscinas

Masa corporal de los peces al inicio del experimento (g): 80-90 g con CV < 10%.

Unidades observacionales: 30 truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) por cada unidad experimental

Tabla 12
Distribución de las Unidades Experimentales

Piscina	Tratamiento	Número de truchas arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)
E4	T1	30
	T2	30
	T3	30
	T4	30
E5	T1	30
	T2	30
	T3	30
	T4	30
E6	T1	30
	T2	30
	T3	30
	T4	30

3.3.4.6 Número de repeticiones

Cada tratamiento tuvo tres repeticiones.

3.3.4.7 Modelo Matemático

El modelo matemático que se empleó en la presente investigación se describe a continuación (Montgomery, 2004):

$$Y_{ij} = \mu + D_i + B_j + e_{ij}$$

Y_{ij} = Parámetros productivos

μ = Media general

D_i = Efecto de la i -ésima dosis de buclizina

B_j = Efecto del j -ésimo bloque

e_{ij} = Error experimental

3.3.4.8 Croquis del diseño

La distribución de los tratamientos dentro de cada bloque se realizó de forma aleatoria, como se describe a continuación:

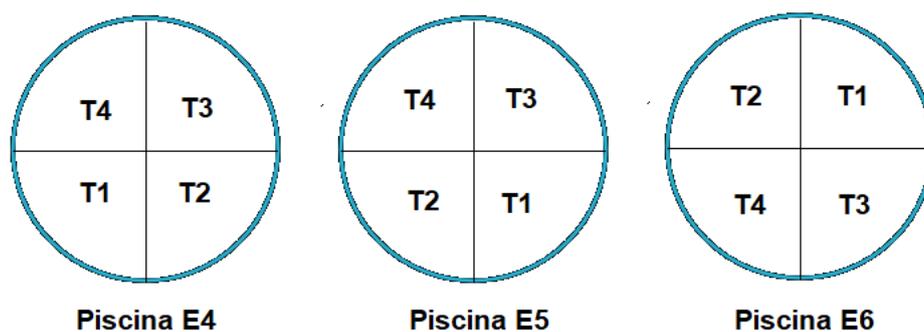


Figura 23 Esquemización del croquis experimental

3.3.4.9 Esquema de análisis de varianza

El análisis de varianza se detalla a continuación (Tabla 13):

Tabla 13

Análisis de varianza para determinación de la mejor dosis de buclizina para determinar mejores índices de producción en trucha arco iris

Fuente de variación (F.V.)	Grados de libertad (gl)
Total	11
Tratamientos	3
Bloques	2
Error	6

3.3.4.10 Variables a medir

Tabla 14

Variables medibles durante la investigación

Variable	Factor a determinar	Detalle
Lt	Longitud total	Medición de parámetros morfo métricos cada 10 días
Lp	Longitud Parcial	mediante una balanza electrónica y ictiómetro.
At	Altura total	
Masa corporal (g)		
M%	Tasa de Mortalidad	El cálculo se lo realizará mediante la fórmula $TM = (\# \text{ de peces muertos} / \# \text{ de peces total}) * 100$ donde: TM = Tasa de Mortalidad
TCE	% Tasa de crecimiento	$TCE = (\ln W_{xf} - \ln W_{xi} / t(\text{días})) * 100$ W_{xf} = peso(g), W_{xi} = peso inicial (g), t= días de crianza \ln = logaritmo natural
FCA	Conversión	FCA = Total de alimento ingerido/Biomasa
	Alimenticia	EA (%) = (Peso ganado/Alimento ingerido)*100
EA		
	Eficiencia alimenticia	
ICC %	Índice de Condición Corporal	$ICC = (P / Lt^3) * 100$ donde: P = peso corporal (g), Lt = longitud total (cm)
GP	Ganancia de Peso	Para el cálculo de ganancia se emplea la formula $GP = (\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) / \text{Tiempo}$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Condiciones físicas del agua

Los resultados de las mediciones de los parámetros fisicoquímicos del agua registrados entre los días 14/10/2017 al 13/01/2018 en las horas 9am-12pm, revelaron que son adecuados para el desarrollo y crecimiento de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorde (tabla 15).

Tabla 15

Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos del agua registrados durante el ensayo

Parámetro	Media	Mín.	Máx.
Temperatura °C	12,14 ± 0,25 °C	11,5	15,2
pH	6,89 ± 0,09	6,60	7,8
Oxígeno	6,65 ± 0,13mg/l	4,14	7,14

En la figura 24 se muestra el comportamiento de cada parámetro fisicoquímico (temperatura, pH y oxígeno) tomado del agua durante la fase de investigación.

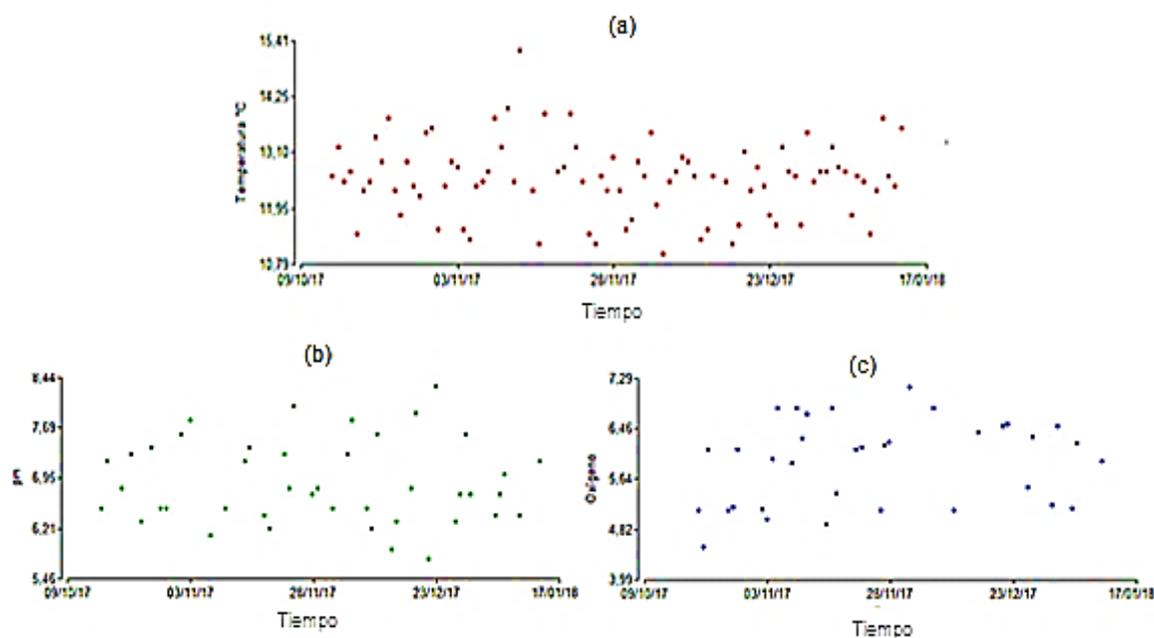


Figura 24 Evolución de los parámetros fisicoquímicos del agua durante el periodo de ensayo en trucha arco iris (a) temperatura, (b) pH y (c) oxígeno

4.2 Variables morfométricas

4.2.1 Peso

Los datos tomados de la variable peso corporal durante los 100 días de ensayo cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, posteriormente se realizó un ANOVA a un nivel de confianza del 95%, encontrando diferencias entre la interacción tratamiento y tiempo ($p=0.0001$).

Tabla 16
Promedio \pm error estándar de la variable peso (g) bajo el efecto de diferentes dosis de bluclizina.

Tiempo (Días)	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
0	92,10 \pm 0,99a	90,77 \pm 1,07a	91,03 \pm 1,56a	91,43 \pm 0,75a
10	101,47 \pm 0,50	100,67 \pm 0,63	100,90 \pm 1,47	102,03 \pm 0,57
20	108,93 \pm 0,90	108,57 \pm 1,01	108,83 \pm 1,76	111,57 \pm 0,46
30	116,70 \pm 0,81	117,23 \pm 0,37	120,03 \pm 1,97	124,40 \pm 1,90
40	120,60 \pm 1,69	120,53 \pm 1,59	123,40 \pm 1,13	128,17 \pm 0,09
50	130,33 \pm 1,48	129,70 \pm 2,37	133,60 \pm 0,95	138,97 \pm 0,17
60	139,93 \pm 1,56	139,30 \pm 2,48	144,80 \pm 0,99	151,53 \pm 0,92
70	147,03 \pm 1,93	150,87 \pm 1,56	156,40 \pm 0,78	164,13 \pm 1,20
80	171,23 \pm 2,57	171,13 \pm 0,32	177,23 \pm 2,33	182,60 \pm 1,65
90	193,10 \pm 2,73	193,40 \pm 1,48	195,97 \pm 3,27	205,43 \pm 1,09
100	205,83 \pm 2,56b	209,90 \pm 4,14b	220,63 \pm 1,11c	230,33 \pm 2,43d

*Las letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0.05$)

En la tabla 16 se muestran los promedios logrados en los 100 días de ensayo, inicialmente los individuos *Oncorhynchus mykiss*, es decir al día 0 presentaron pesos iniciales similares, con un coeficiente de variación de 2,24%. Al final del ensayo el peso corporal del T4 (230,33 \pm 2,43) seguido del T3 (220,63 \pm 1,11) mostraron valores medios superiores al resto de tratamientos, con diferencias de 24,5 g y 14,8 g respectivamente; al comparar con el tratamiento control (T1)

En la tabla 17 a través de una prueba múltiple de rangos mediante el método de Tukey se encontró que a un nivel del 95 % de confianza el T1 ($138,84 \pm 6,30$) y T2 ($139,28 \pm 6,50$) alcanzaron pesos corporales estadísticamente similares con promedios de $205,83 \pm 2,56$ y $209,90 \pm 4,14g$ respectivamente (tabla 16), determinando que al incluir 100 ppm (T2) de buclizina en la dieta el comportamiento de la variable peso fue similar al tratamiento control.

Tabla 17

Promedio \pm error estándar de la variable peso (g) por tiempo y tratamiento

Tiempo (Días)	Peso promedio (g) durante el ensayo por tiempo	Tratamiento	Peso promedio (g) durante el ensayo por tratamiento
0	$91,33 \pm 0,51^a$	T1	$138,84 \pm 6,30a$
10	$101,27 \pm 0,41b$	T2	$139,28 \pm 6,50a$
20	$109,48 \pm 0,61c$	T3	$142,98 \pm 6,93b$
30	$119,59 \pm 1,11d$	T4	$148,24 \pm 7,40c$
40	$123,18 \pm 1,09d$		
50	$133,15 \pm 1,27e$		
60	$143,89 \pm 1,63f$		
70	$154,61 \pm 2,03g$		
80	$175,55 \pm 1,65h$		
90	$196,98 \pm 1,81i$		
100	$216,68 \pm 3,12j$		
p-valor	< 0.0001	p-valor	< 0.0001

* Las letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0.05$)

Durante el ensayo entre los días 30 y 40 la incidencia de luz fue menor debido al cambio de malla sobre las piscinas afectando a la ganancia de peso normal (tabla 16 y 17).

A continuación, se muestra gráficamente el comportamiento de la variable peso bajo el suministro de diferentes dosis de buclizina durante los 100 días de ensayo (Figura 25).

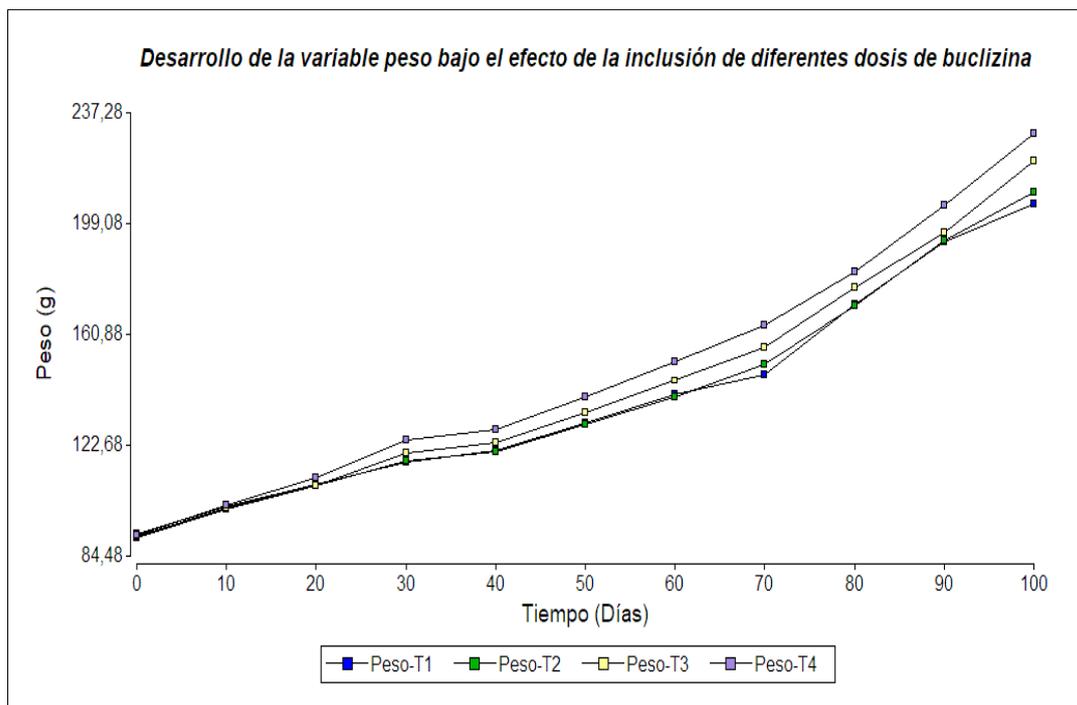


Figura 25 Evolución de la variable peso bajo el efecto de la inclusión de diferentes dosis de buclizina

4.2.2 Longitud total

Los datos de longitud total obtenidos durante el ensayo correspondieron a las mediciones en cm realizadas desde el inicio de la boca de la trucha hasta el extremo de la aleta caudal cada 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 presentando diferencias significativas entre tratamiento y tiempo ($p=0,0244$).

La tabla 18 presente a continuación, muestra los valores promedios obtenidos de la variable longitud total durante los 100 días de ensayo, inicialmente al día 0 los valores promedio por tratamiento fueron similares con un coeficiente de variación de 1,07%, no obstante, al final del ensayo las truchas arco iris tratadas con mayores dosis de buclizina 400 ppm (T4) y 224 ppm (T3) presentaron mayor longitud total en comparación con el tratamiento control, determinado una diferencia de 2,2 cm y 1,7 cm respectivamente.

Tabla 18

Promedio \pm error estándar de la variable longitud total (cm) bajo el efecto de diferentes dosis de bluclizina

Tiempo (Días)	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
0	20,40 \pm 0,12a	20,47 \pm 0,03a	20,53 \pm 0,23 ^a	20,63 \pm 0,07a
10	21,43 \pm 0,07	21,20 \pm 0,40	21,70 \pm 0,31	21,63 \pm 0,07
20	21,63 \pm 0,26	21,60 \pm 0,29	22,27 \pm 0,15	22,33 \pm 0,09
30	22,33 \pm 0,37	22,13 \pm 0,27	22,33 \pm 0,17	22,67 \pm 0,09
40	22,47 \pm 0,24	22,47 \pm 0,26	23,00 \pm 0,06	22,70 \pm 0,36
50	23,07 \pm 0,33	23,30 \pm 0,32	23,70 \pm 0,21	22,93 \pm 0,63
60	23,67 \pm 0,35	23,27 \pm 0,64	24,37 \pm 0,19	24,50 \pm 0,06
70	23,50 \pm 0,25	23,50 \pm 0,29	24,37 \pm 0,19	24,50 \pm 0,06
80	23,73 \pm 0,15	23,80 \pm 0,17	24,93 \pm 0,34	25,37 \pm 0,48
90	24,90 \pm 0,31	24,60 \pm 0,46	26,03 \pm 0,15	26,33 \pm 0,09
100	25,07 \pm 0,43b	25,77 \pm 0,15b	26,80 \pm 0,15c	27,27 \pm 0,15c

* Las letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0.05$)

En prueba múltiple de rangos mediante el método de Tukey a un nivel de confianza del 95% reveló que los tratamientos T4 (23,72 \pm 0,35) y T3 (23,64 \pm 0,32) presentaron una longitud total media similar (tabla 19), sin embargo, el T4 alcanzó una mayor longitud total final de 27,27 \pm 0,15 cm. El T2 (22,92 \pm 0,27) fue similar al T1 (22,93 \pm 0,25) (tabla 18).

Tabla 19

Promedio \pm error estándar de la variable longitud total (cm) por tratamiento

Tratamientos	Longitud total (cm) durante el ensayo por tratamiento
T1	22,93 \pm 0,25 ^a
T2	22,92 \pm 0,27 ^a
T3	23,64 \pm 0,32b
T4	23,72 \pm 0,35b
p-valor	< 0.0001

* Las letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0.05$)

En la figura 26 se muestra el comportamiento de la variable longitud total bajo el efecto de la inclusión de diferentes dosis de buclizina en la dieta de los individuos *Oncorhynchus mykiss* durante los 100 días de ensayo.

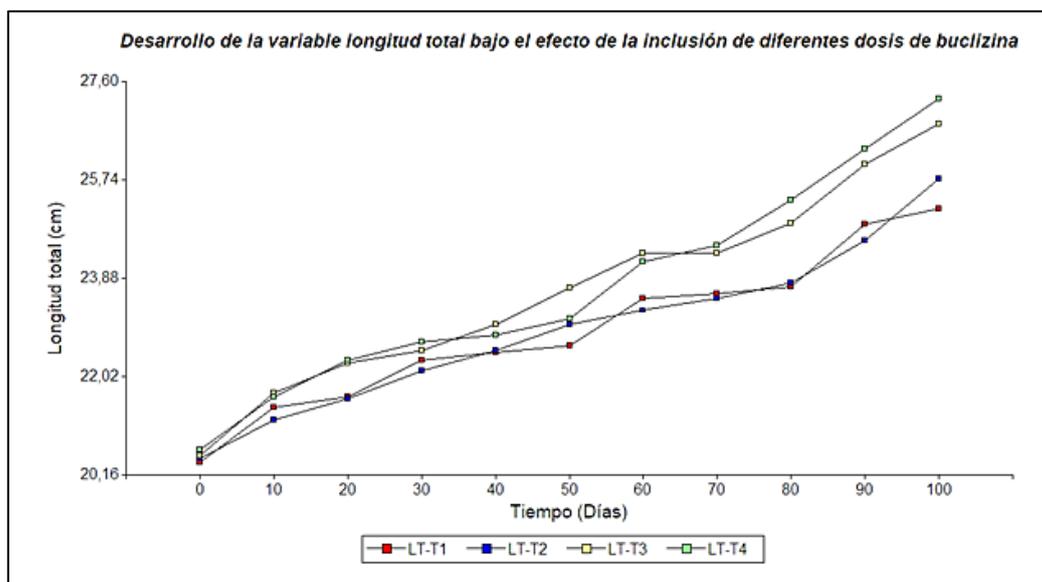


Figura 26 Comportamiento de la variable longitud total bajo la inclusión de diferentes dosis de buclizina

4.2.3 Longitud parcial

Los datos de longitud parcial corresponden a las mediciones en cm realizadas desde la boca de la trucha hasta el inicio de la aleta caudal, determinando que existen diferencias estadísticas entre tratamientos ($p=0.0001$) según el análisis de varianza realizado a un nivel de confianza del 95% una vez cumplidos con los supuestos de normalidad y homocedasticidad ($p>0,05$).

Posteriormente se comparó las medias finales alcanzadas por tratamiento (tabla 20), considerando que en el día 0 del ensayo presentaron valores similares entre tratamientos con un coeficiente de variación de 1,5%, obteniendo que a mayores dosis de inclusión de buclizina: 400ppm (T4) y 224ppm (T3) los individuos *Oncorhynchus mykiss* alcanzaron promedios superiores al tratamiento control (T1) con una diferencia de 2,63 y 2,13 cm respectivamente.

Tabla 20

Promedio \pm error estándar de la variable longitud parcial (cm) bajo el efecto de diferentes dosis de buclizina

Tiempo (Días)	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
0	18,12 \pm 0,11a	18,07 \pm 0,09a	17,82 \pm 0,20a	17,99 \pm 0,21a
10	18,30 \pm 0,06	18,30 \pm 0,10	18,40 \pm 0,10	18,37 \pm 0,07
20	18,80 \pm 0,25	18,70 \pm 0,38	18,83 \pm 0,18	18,90 \pm 0,21
30	19,67 \pm 0,12	19,87 \pm 0,32	19,40 \pm 0,21	19,37 \pm 0,64
40	20,27 \pm 0,37	20,60 \pm 0,20	20,30 \pm 0,42	20,43 \pm 0,13
50	20,87 \pm 0,09	20,53 \pm 0,03	20,73 \pm 0,38	21,27 \pm 0,41
60	21,00 \pm 0,00	21,20 \pm 0,44	21,23 \pm 0,15	21,47 \pm 0,39
70	21,40 \pm 0,31	21,50 \pm 0,26	22,53 \pm 0,27	22,83 \pm 0,17
80	21,47 \pm 0,20	21,60 \pm 0,15	23,03 \pm 0,57	23,53 \pm 0,23
90	21,77 \pm 0,15	22,00 \pm 0,29	23,83 \pm 0,17	23,67 \pm 0,33
100	22,20 \pm 0,15b	22,70 \pm 0,15b	24,10 \pm 0,21c	24,83 \pm 0,17c

* Las letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0.05$)

El T2 y tratamiento control (T1) en la variable longitud parcial al final del ensayo presentaron medias estadísticamente similares con promedios de $22,20 \pm 0,15$ cm y $22,70 \pm 0,15$ cm (tabla 20), determinando similitud entre los tratamientos según la prueba múltiple de rangos obtenida con el método de Tukey (tabla 21).

Tabla 21

Promedio \pm error estándar de la variable longitud parcial (cm) por tratamiento

Tratamientos	Longitud parcial (cm) durante el ensayo por tratamiento
T1	20,35 \pm 0,25a
T2	20,46 \pm 0,27a
T3	20,93 \pm 0,38b
T4	21,15 \pm 0,40b

p-valor < 0.0001

* Las letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0.05$)

En la figura 27, se indica la evolución de la variable longitud parcial bajo el efecto de la inclusión de diferentes dosis de buclizina en las dietas de las truchas arco iris durante 100 días de ensayo.

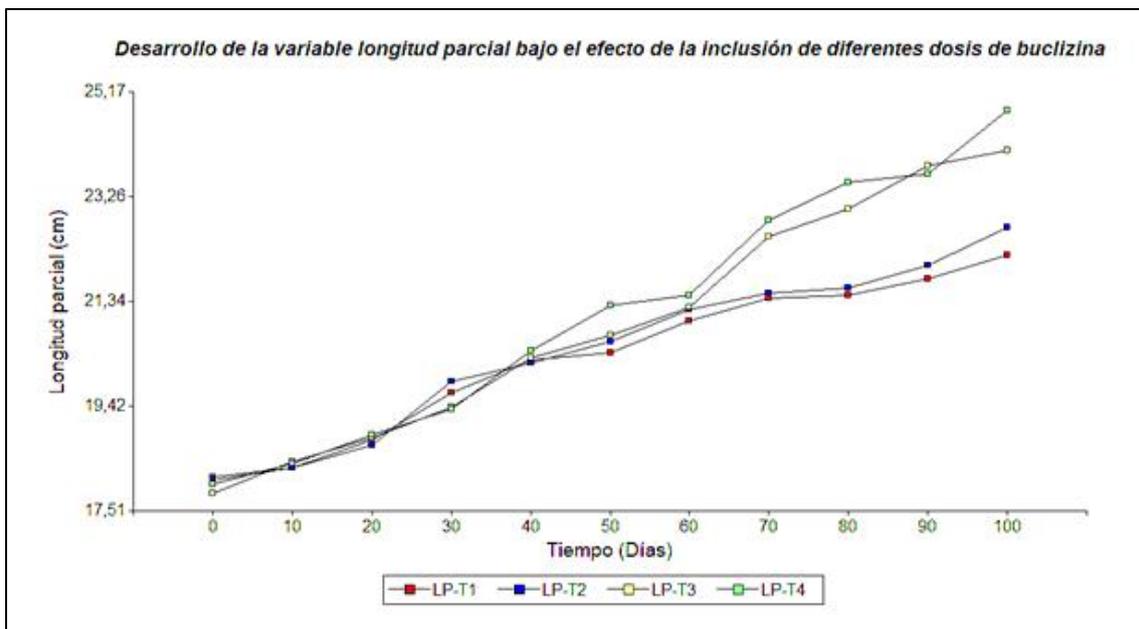


Figura 27 Comportamiento de la variable longitud parcial bajo la inclusión de diferentes dosis de buclizina

4.2.4 Ancho

Al igual que los otros parámetros morfométricos, los datos de la variable ancho fueron medidos en cm cada 10 días desde la aleta dorsal hasta el abdomen de la trucha, una vez cumplido el supuesto de homocedasticidad ($p > 0,05$) se realizó un análisis de varianza no paramétrica revelando que existe diferencias entre tratamiento y tiempo ($p = 0,001$).

Los promedios de la variable ancho al día 0, presentaron similitud entre tratamientos, con un coeficiente de variación de 1,44%, no obstante, al día 100 el T4 alcanzó mayor ancho con diferencia de 1 cm al comparar con el tratamiento control (T1).

Tabla 22

Promedio \pm error estándar de la variable ancho (cm) bajo el efecto de diferentes dosis de buclizina

Tiempo (Días)	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
0	4,18 \pm 0,02a	4,22 \pm 0,02 ^a	4,24 \pm 0,01a	4,31 \pm 0,04a
10	4,40 \pm 0,06	4,60 \pm 0,15	4,73 \pm 0,03	4,53 \pm 0,27
20	4,77 \pm 0,09	4,70 \pm 0,06	4,70 \pm 0,15	4,77 \pm 0,03

CONTINÚA

30	4,87 ± 0,07	4,87 ± 0,03	4,80 ± 0,00	4,90 ± 0,06
40	4,97 ± 0,15	4,77 ± 0,09	4,77 ± 0,09	5,03 ± 0,13
50	5,00 ± 0,06	5,00 ± 0,06	5,03 ± 0,03	5,17 ± 0,12
60	5,13 ± 0,09	5,00 ± 0,06	5,10 ± 0,06	5,33 ± 0,18
70	5,13 ± 0,09	5,10 ± 0,06	5,10 ± 0,06	5,47 ± 0,12
80	5,20 ± 0,02	5,33 ± 0,03	5,43 ± 0,09	5,67 ± 0,22
90	5,33 ± 0,07	5,40 ± 0,15	5,50 ± 0,00	5,97 ± 0,18
100	5,40 ± 0,05 b	5,40 ± 0,12 b	5,87 ± 0,07 b	6,40 ± 0,06 c

* Las letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0.05$)

En la prueba múltiple de rangos obtenida mediante el método de Tukey se obtuvo que el T4 presentó diferencias estadísticas en comparación con los demás tratamientos alcanzando un valor promedio final de $6,40 \pm 0,06$ cm; en cuanto a los demás tratamientos fueron similares entre ellos obteniendo valores promedio al día 100 de $5,40 \pm 0,05$ cm (T1), $5,40 \pm 0,12$ cm (T2) y $5,87 \pm 0,07$ cm (T3) (tabla 22).

La figura 28, describe el comportamiento de la variable ancho (cm) bajo el efecto de diferentes niveles de inclusión de buclizina en la alimentación de la trucha arco iris durante el ensayo.

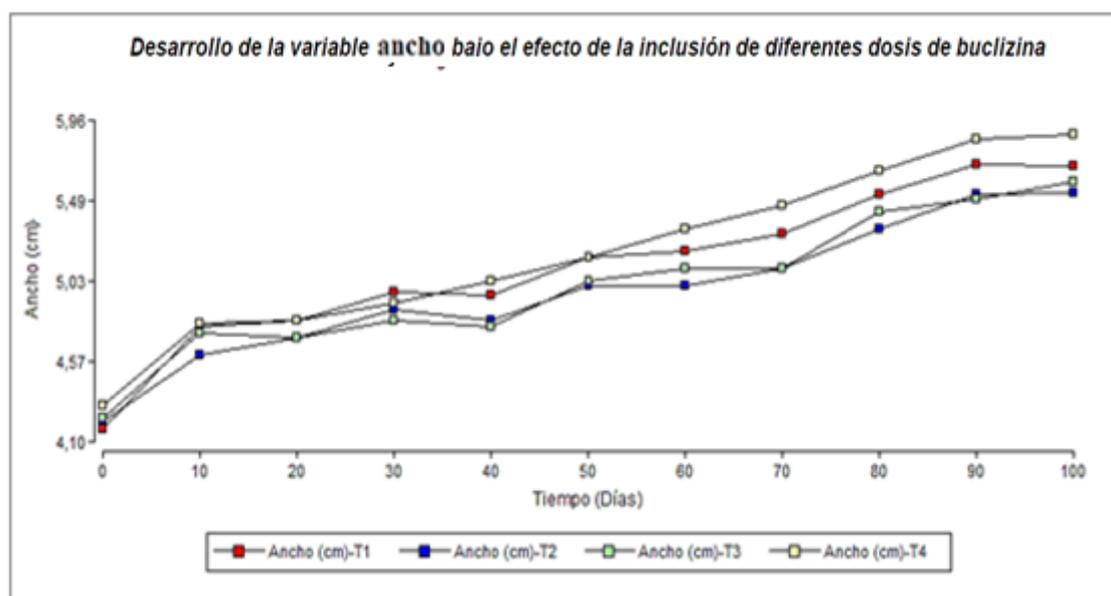


Figura 28 Comportamiento de la variable ancho bajo la inclusión de diferentes dosis de buclizina

4.3 Índices Productivos

4.3.1 Factor de conversión Alimenticia (FCA)

Los datos analizados en la variable factor de conversión alimenticia (biomasa ganada por la trucha arco iris por cada kg de alimento ingerido) durante los 100 días de ensayo con una frecuencia de alimentación de 4 veces por día (9am, 11am, 2pm y 4pm), fueron analizados a un nivel de confianza del 95%; para el cumplimiento de los supuestos ($P > 0,05$) fueron transformados a la función inversa, obteniendo que existe diferencias significativas entre tratamientos ($P = 0,0373$) (Tabla 24). La tabla 23 detalla los promedios alcanzados en conversión alimenticia durante los 100 días de ensayo.

Tabla 23

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

Tiempo (Días)	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
10	1,63 \pm 0,13	1,59 \pm 0,27	1,54 \pm 0,11	1,46 \pm 0,20
20	2,71 \pm 0,25	2,57 \pm 0,25	2,58 \pm 0,29	2,10 \pm 0,09
30	2,63 \pm 0,23	2,34 \pm 0,21	1,94 \pm 0,36	1,65 \pm 0,26
40	4,96 \pm 1,42	5,19 \pm 1,76	4,47 \pm 1,13	4,82 \pm 1,80
50	1,75 \pm 0,05	2,16 \pm 0,47	1,87 \pm 0,22	1,70 \pm 0,14
60	1,88 \pm 0,09	1,92 \pm 0,19	1,62 \pm 0,10	1,45 \pm 0,10
70	2,86 \pm 0,72	1,75 \pm 0,14	1,73 \pm 0,04	1,60 \pm 0,06
80	1,10 \pm 0,19	1,04 \pm 0,07	1,02 \pm 0,09	1,15 \pm 0,09
90	1,30 \pm 0,36	1,14 \pm 0,08	1,42 \pm 0,27	1,10 \pm 0,06
100	2,56 \pm 0,52	2,37 \pm 0,53	1,44 \pm 0,21	1,32 \pm 0,15

Mediante la prueba múltiple de rangos por el método de Tukey, se determinó diferencias estadísticas con el tratamiento control (tabla 24), obteniendo mayor eficiencia de consumo de alimento durante el transcurso de la investigación por parte del T4 con 1,32 \pm 0,15. (Tabla 23). Los mayores promedios alcanzados durante la investigación fueron entre el día 30 y 40 (Tabla 23).

Tabla 24*Promedio \pm error estándar de la variable eficiencia alimenticia (cm) por tratamiento*

Tratamientos	Factor de conversión de alimento durante el ensayo por tratamientos
T1	2,27 \pm 0,25a
T2	2,15 \pm 0,26a
T3	1,96 \pm 0,20ab
T4	1,84 \pm 0,25b
p-valor	<0.0375

* Las letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0.05$)

En la figura 29 se indica la evolución de la variable factor de conversión alimenticia obtenida durante 100 días de ensayo bajo el efecto de la inclusión de diferentes dosis de buclizina en las dietas de trucha arco iris.

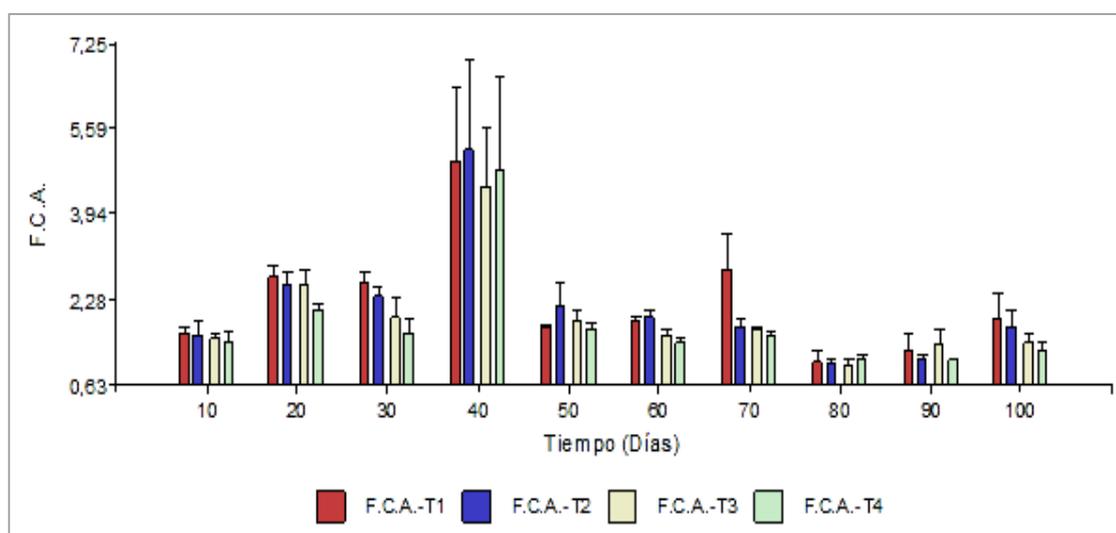


Figura 29 Comportamiento de la variable factor de conversión alimenticio

4.3.2 Eficiencia Alimenticia (E.A.)

En la eficiencia alimenticia (eficiencia del alimento para ganar biomasa) los datos analizados cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad ($P > 0.05$) por lo que se procedió a realizar un análisis de varianza a un nivel de confianza del 95 %, determinando diferencias entre tratamientos ($P = 0,0366$).

Los valores medios obtenidos de la variable eficiencia alimenticia (%) durante el ensayo por tratamiento (tabla 25) revelaron que el T4 seguido del T3 la eficiencia de alimento fue mayor que el resto de tratamientos, considerando que bajo la inclusión de 400 ppm y 224 ppm de buclizina en las dietas de trucha arco iris la pérdida de alimento es menor debido a que existe un mayor aprovechamiento del alimento por parte de la especie.

Tabla 25

Promedio ± error estándar de la variable eficiencia alimentara

Tiempo (Días)	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
10	62,36 ± 5,41	66,00 ± 9,66	65,84 ± 4,97	70,65 ± 8,70
20	37,44 ± 3,17	39,50 ± 3,48	39,62 ± 4,01	47,68 ± 1,91
30	38,62 ± 3,36	43,38 ± 3,65	55,83 ± 11,59	64,14 ± 11,55
40	23,17 ± 5,25	23,26 ± 5,93	24,92 ± 5,03	26,06 ± 7,20
50	57,22 ± 1,60	50,18 ± 8,98	54,94 ± 5,86	59,68 ± 4,66
60	53,37 ± 2,36	53,03 ± 4,77	62,46 ± 3,94	69,87 ± 4,74
70	39,39 ± 9,18	57,88 ± 4,59	57,88 ± 1,21	62,88 ± 2,68
80	96,73 ± 16,27	96,68 ± 6,28	99,28 ± 7,66	88,07 ± 6,81
90	87,52 ± 19,48	88,97 ± 6,96	74,91 ± 12,58	91,27 ± 4,95
100	60,91 ± 15,77	61,23 ± 10,07	72,38 ± 10,38	77,86 ± 8,13

En la tabla 26 relaciona la eficiencia alimenticia acumulada por tratamiento, evidenciando diferencias significanticas entre tratamientos mediante la prueba de comparación de medias Tukey a un 95% de confianza

Tabla 26

Promedio ± error estándar de la variable eficiencia alimenticia (%) por tratamiento

Tratamientos	Eficiencia alimenticia (%) durante el ensayo por tratamiento
T1	53,67 ± 4,86a
T2	58,01 ± 4,28ab
T3	60,81 ± 4,07ab
T4	65,82 ± 3,80b
p-valor	0,0366

* Las letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significanticas (p < 0.05)

En la figura 30 se muestra el comportamiento de la eficiencia alimenticia obtenida en los 100 días de ensayo, siendo menor en el día 40 para todos los tratamientos.

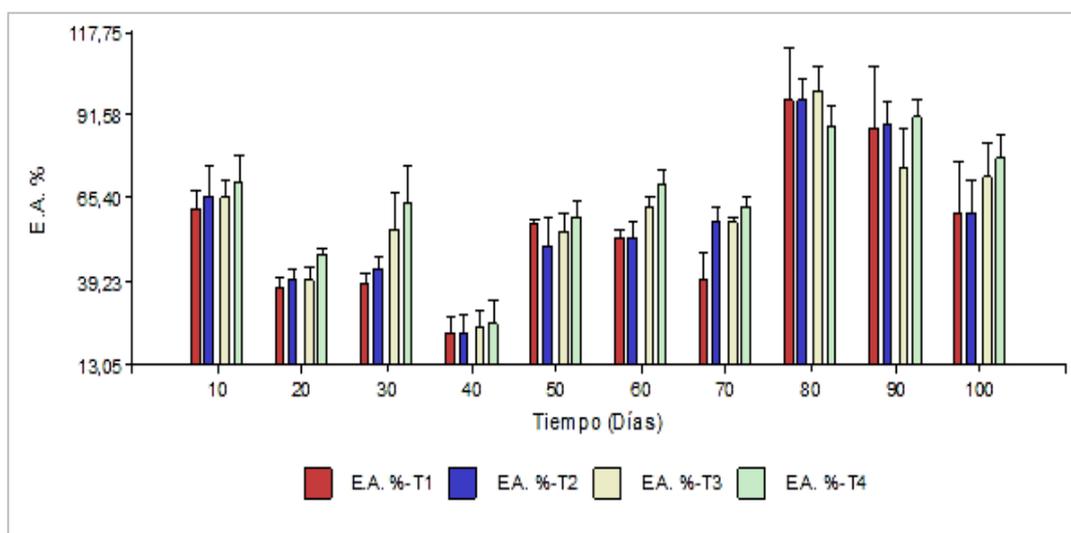


Figura 30 Comportamiento de la variable eficiencia alimenticia (%)

4.3.3 Índice de condición corporal

Los datos de la variable índice de condición corporal fueron transformados a logaritmo de base 10, posteriormente se procedió a determinar el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homocedasticidad ($p > 0,05$); una vez cumplidos los supuestos se obtuvo que existe diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,0002$) durante el tiempo de ensayo acorde el análisis de varianza realizado a un nivel de confianza del 95 %.

En la tabla 27 se da a conocer los valores medios obtenidos durante los días de ensayo por tratamiento.

Tabla 27

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

Tiempo (Días)	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
10	1,03 \pm 0,01	1,06 \pm 0,06	0,99 \pm 0,03	1,01 \pm 0,01
20	1,08 \pm 0,03	1,08 \pm 0,04	0,99 \pm 0,01	1,00 \pm 0,01
30	1,05 \pm 0,06	1,09 \pm 0,04	1,08 \pm 0,01	1,07 \pm 0,03
40	1,07 \pm 0,05	1,07 \pm 0,04	1,02 \pm 0,02	1,10 \pm 0,05
50	1,06 \pm 0,04	1,03 \pm 0,06	1,00 \pm 0,03	1,16 \pm 0,10
60	1,06 \pm 0,06	1,12 \pm 0,10	1,00 \pm 0,02	1,03 \pm 0,01

CONTINÚA 

70	1,14 ± 0,05	1,16 ± 0,04	1,08 ± 0,02	1,12 ± 0,01
80	1,28 ± 0,04	1,27 ± 0,03	1,14 ± 0,04	1,13 ± 0,08
90	1,25 ± 0,06	1,30 ± 0,08	1,11 ± 0,03	1,12 ± 0,01
100	1,31 ± 0,06	1,23 ± 0,04	1,15 ± 0,01	1,14 ± 0,02

Mediante la prueba de comparación de medias Tukey a un nivel de confianza del 95% la variable índice de condición corporal acumulada por tratamiento, reveló que el T1 y T2 son similares estadísticamente al igual que el T3 y T4 (tabla 28).

Tabla 28

Promedio ± error estándar de la variable índice de condición corporal por tratamiento

Tratamiento	Índice de condición corporal durante el ensayo
T1	1,13 ± 0,02 ^a
T2	1,14 ± 0,02 ^{ab}
T3	1,06 ± 0,01 ^b
T4	1,09 ± 0,02 ^b
p-valor	0,0002

* Las letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0.05$)

La figura 31, detalla la evolución de la variable índice de condición corporal bajo el efecto de diferentes niveles de inclusión de buclizina en la alimentación de la trucha arco iris durante la investigación.

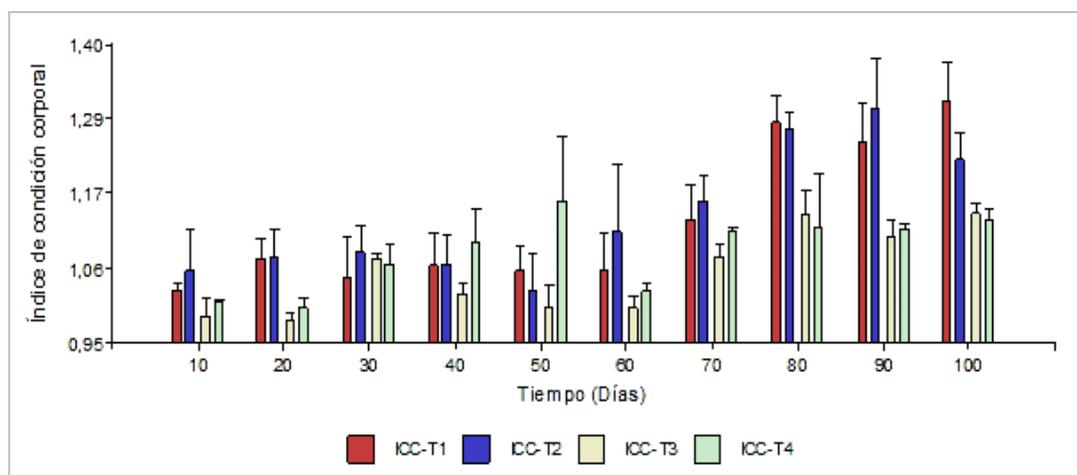


Figura 31 Comportamiento de la variable índice de condición corporal

4.3.4 Tasa de crecimiento específico y Ganancia de peso

Los datos de tasa de crecimiento específico (crecimiento diario en %/día), cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad determinando que no presentan diferencias estadísticas entre la interacción tratamientos y tiempo ($p= 0,1482$) a un nivel de confianza del 95%.

Tabla 29

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

Tiempo (Días)	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
10	0,97 \pm 0,09	1,04 \pm 0,15	1,03 \pm 0,08	1,10 \pm 0,14
20	0,71 \pm 0,06	0,75 \pm 0,06	0,75 \pm 0,07	0,90 \pm 0,04
30	0,68 \pm 0,06	0,77 \pm 0,07	0,98 \pm 0,20	1,09 \pm 0,19
40	0,33 \pm 0,07	0,33 \pm 0,09	0,35 \pm 0,07	0,35 \pm 0,10
50	0,78 \pm 0,03	0,68 \pm 0,11	0,73 \pm 0,08	0,76 \pm 0,06
60	0,71 \pm 0,03	0,71 \pm 0,06	0,81 \pm 0,05	0,87 \pm 0,05
70	0,49 \pm 0,18	0,80 \pm 0,08	0,77 \pm 0,02	0,80 \pm 0,03
80	1,52 \pm 0,25	1,26 \pm 0,09	1,25 \pm 0,09	1,07 \pm 0,08
90	1,20 \pm 0,27	1,22 \pm 0,09	1,00 \pm 0,17	1,18 \pm 0,07
100	0,64 \pm 0,14	0,82 \pm 0,15	1,19 \pm 0,11	1,14 \pm 0,12

La tasa de crecimiento específica alcanzada en función del peso corporal se obtuvo cada 10 días (tabla 29), alcanzando un mayor incremento entre el día 80.

Tabla 30

Promedio \pm error estándar de la variable tasa de crecimiento específico por tratamiento

Tratamiento	Tasa de crecimiento específico durante el ensayo
T1	0,80 \pm 0,07 ^a
T2	0,84 \pm 0,06 ^a
T3	0,89 \pm 0,05 ^a
T4	0,92 \pm 0,05 ^a
p-valor	0,1017

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

En la figura comparativa 32, indica el comportamiento de la tasa de crecimiento específica por cada tratamiento, determinando un descenso en el crecimiento entre el día 30 y 40 en todos los tratamientos.

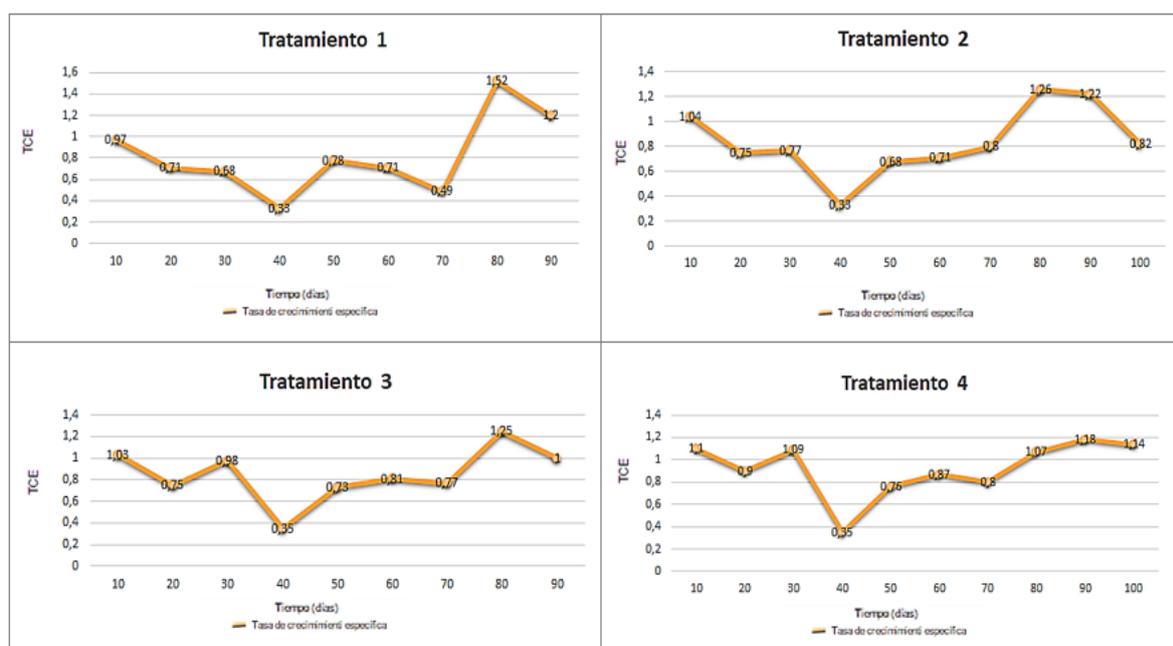


Figura 32 Comportamiento de la variable tasa de crecimiento específica por tratamiento

Los datos analizados de la variable ganancia de peso durante 100 días de ensayo fueron transformados a Logit y posteriormente analizados, cumpliendo con los supuestos de normalidad y homocedasticidad ($P > 0,05$), presentando diferencias estadísticas entre tratamientos ($P = 0,032$) a un nivel de confianza de 95%.

En la tabla 31 se relaciona la ganancia de peso acumulado durante 100 días de ensayo, mostrando diferencias desde el día 0 hasta el día 100, a excepción del día 40, día en el cual la ganancia de peso corporal fue menor en todos los tratamientos debido a que en esos días se colocó una malla sobre piscinas y la incidencia de luz fue menor; y en el día 70 únicamente por parte del tratamiento control la ganancia de peso fue menor.

Tabla 31
Promedio \pm error estándar de la variable ganancia de peso

Tiempo (Días)	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
10	0,94 \pm 0,08	0,99 \pm 0,15	0,99 \pm 0,08	1,06 \pm 0,13
20	0,75 \pm 0,06	0,79 \pm 0,07	0,79 \pm 0,08	0,95 \pm 0,04
30	0,77 \pm 0,07	0,87 \pm 0,08	1,12 \pm 0,23	1,28 \pm 0,23
40	0,39 \pm 0,09	0,40 \pm 0,10	0,42 \pm 0,09	0,44 \pm 0,12
50	0,97 \pm 0,03	0,85 \pm 0,15	0,93 \pm 0,10	1,01 \pm 0,08
60	0,96 \pm 0,04	0,95 \pm 0,09	1,13 \pm 0,07	1,26 \pm 0,09
70	0,71 \pm 0,25	1,16 \pm 0,09	1,16 \pm 0,02	1,26 \pm 0,05
80	2,42 \pm 0,41	2,03 \pm 0,13	2,08 \pm 0,16	1,85 \pm 0,14
90	2,19 \pm 0,49	2,22 \pm 0,17	1,87 \pm 0,32	2,28 \pm 0,12
100	1,27 \pm 0,27a	1,65 \pm 0,33ab	2,47 \pm 0,22b	2,49 \pm 0,26b

* Las letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0.05$)

El tratamiento 4 con mayor inclusión de buclizina en el alimento (400ppm) alcanzó mayor ganancia de peso con $2,49 \pm 0,26$ seguido del tratamiento 3 con $2,47 \pm 0,22$. El tratamiento control ($1,65 \pm 0,33$) y tratamiento 2 ($1,27 \pm 0,27$) tuvieron una ganancia de peso similar (tabla 32).

Tabla 32
Promedio \pm error estándar de la variable ganancia de peso por tratamiento

Tratamiento	Ganancia de peso durante el ensayo
T1	1,14 \pm 0,13a
T2	1,19 \pm 0,11ab
T3	1,30 \pm 0,12ab
T4	1,39 \pm 0,12b
p-valor	0,1017

* Las letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0.05$)

La figura 33 muestra el comportamiento de la variable ganancia de peso obtenido durante el ensayo por tratamiento bajo la inclusión de diferentes dosis de buclizina en las dietas de la trucha arco iris.

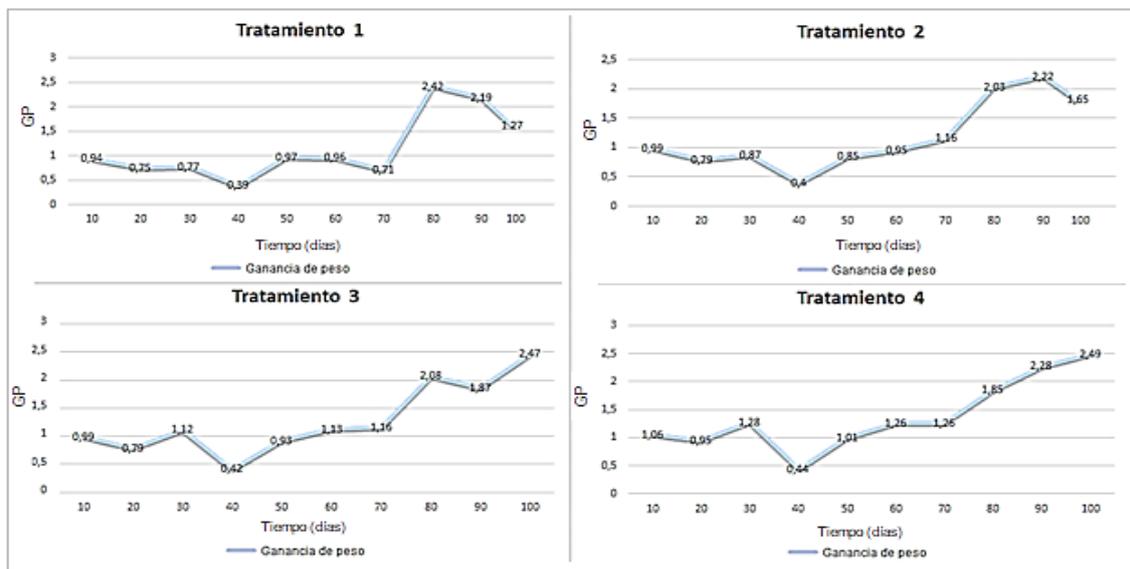


Figura 33 Desarrollo de la variable ganancia de peso (G.P) por tratamiento

4.3.5 Tasa de mortalidad

Al final del ensayo los individuos *Oncorhynchus mykiss* tratados con diferentes dosis de buclizina no presentaron mortalidad, excepto el T4 el cual presentó un porcentaje de mortalidad del 1.1 %. Los porcentajes de mortalidad y niveles de inclusión de buclizina por tratamiento durante la investigación se presentan a continuación en la tabla 33.

Tabla 33

Tasa de mortalidad (%) de trucha arco iris bajo el efecto de diferentes niveles de inclusión de buclizina

Tratamiento	Nivel de inclusión de buclizina	Número de peces	Tasa de mortalidad (%)
T1	0 ppm	90	0
T2	100 ppm	90	0
T3	224 ppm	90	0
T4	400 ppm	90	1,1

La figura 33 reveló que las truchas tratadas con diferentes niveles de inclusión de buclizina a 100 ppm (T2) y 224 ppm (T3) no tuvieron mortalidad, mientras que a 400 ppm (T4) el porcentaje de mortalidad fue bajo de 1,1 %.

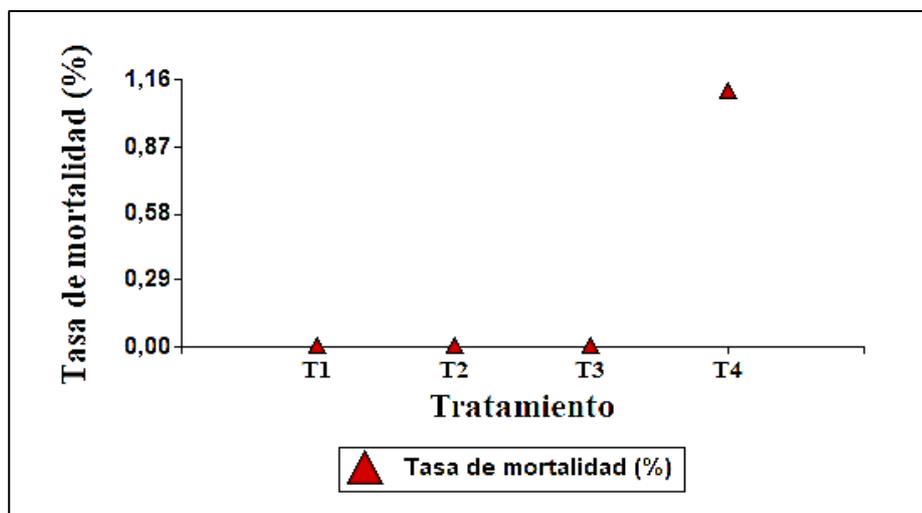


Figura 34 Comportamiento de la tasa de mortalidad (%) de trucha arco iris bajo el efecto de diferentes niveles de inclusión de buclizina

4.4 Contenido de proteína por cada tratamiento

Mediante el método de kjeldahl se determinó el contenido de proteína presente en las dietas de los individuos *Oncorhynchus mykiss*. En la tabla 34 se muestra el porcentaje de proteína por tratamiento con su respectivo nivel de inclusión de buclizina.

Tabla 34

Contenido de proteína (%) por cada tratamiento bajo la inclusión de diferentes niveles de buclizina

Tratamiento	Nivel de inclusión de buclizina	% Proteína
T1	0 ppm	44
T2	100 ppm	44,32
T3	224 ppm	44,92
T4	400 ppm	43,98

El análisis realizado mostró que el contenido de proteína no disminuye al incluir las diferentes dosis buclizina en el alimento balanceado comercial para la etapa de engorde.

4.5 Variables hematológicas

Las variables hematológicas no presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p > 0,05$).

Los datos analizados se encuentran dentro de los rangos normales para la especie, obteniendo como resultado que los individuos *Oncorhynchus mykiss* tratados con diferentes niveles de buclizina en la dieta no alteran su estado de salud y bienestar.

4.5.1 Hematocrito

Los datos del hematocrito, fueron obtenidos al final del experimento, la lectura en porcentaje de la variable hematocrito fue registrado y analizado a un nivel de confianza del 95%.

El análisis de varianza no fue significativo ($p = 0.6635$), determinando similitud entre tratamientos al suministrar diferentes niveles de buclizina en la alimentación, no obstante, el T4 presento mayor promedio ($48,11 \pm 2,48 \%$) y el T1 obtuvo menor promedio ($43,33 \pm 3,29\%$) (Tabla 35).

Tabla 35

Promedio \pm error estándar del contenido de Hematocrito (%) evaluado por cada tratamiento bajo la inclusión de diferentes niveles de buclizina

Tratamiento	Nivel de inclusión de buclizina	% Hematocrito
T1	0 ppm	$43,33 \pm 3,29$
T2	100 ppm	$45,56 \pm 2,39$
T3	224 ppm	$48,00 \pm 1,96$
T4	400 ppm	$48,11 \pm 2,48$

En la figura 35 se evidencia los valores promedios obtenidos en el Hematocrito (%) no son estadísticamente diferentes entre tratamientos.

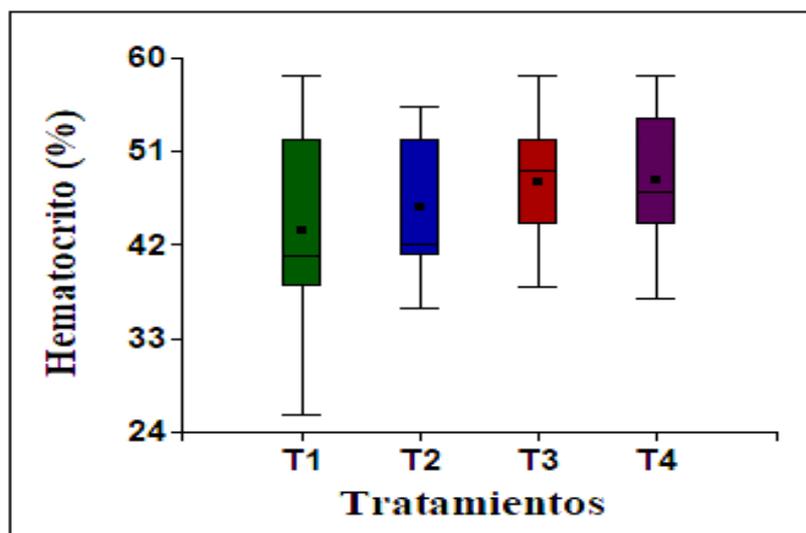


Figura 35 Promedio \pm error estándar del porcentaje de hematocrito

4.5.2 Glóbulos rojos

Los datos obtenidos de la variable de glóbulos rojos ($\times 10^6$ células/ mm^3), fueron analizados a un 95% de confianza, existiendo similitud entre tratamientos ($p=0,1453$), la inclusión de diferentes niveles de buclizina en el alimento suministrado a las truchas no alteraron el número de glóbulos rojos (tabla 36. A continuación, se detalla las concentraciones de glóbulos rojos ($\times 10^6$ células/ mm^3) comprendidos por cada tratamiento:

Tabla 36

Promedio \pm error estándar del conteo de glóbulos rojos ($\times 10^6$ células/ mm^3) evaluado por cada tratamiento bajo la inclusión de diferentes niveles de buclizina

Tratamiento	Nivel de inclusión de buclizina	Glóbulos rojos ($\times 10^6$ células/ mm^3)
T1	0 ppm	$1,55 \pm 0,04$
T2	100 ppm	$1,51 \pm 0,03$
T3	224 ppm	$1,49 \pm 0,05$
T4	400 ppm	$1,63 \pm 0,05$

Al final del ensayo el T4 presentó un mayor promedio de concentración de glóbulos rojos con $1,63 \pm 0,05 \times 10^6$ células/ mm^3 (tabla 36), no obstante, estadísticamente las concentraciones de glóbulos rojos obtenidas fueron similares entre tratamientos.

En la figura 36 se observa que el T2, T3 y T4 no presentaron diferencias significativas al comparar con el tratamiento control (T1).

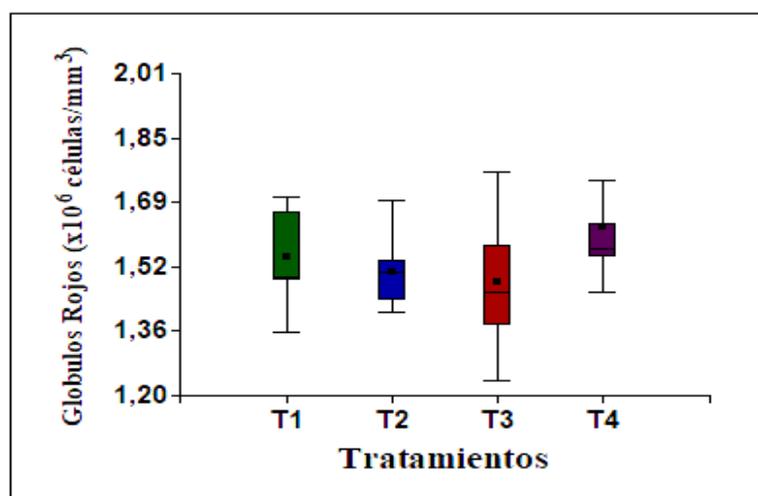


Figura 36 Promedio \pm error estándar del conteo de glóbulos rojos

4.5.3 Contenido de Glucosa

El contenido de glucosa (mg/dl) presente en la sangre de los individuos de trucha arco iris analizados a un nivel de confianza del 95% fue similar entre tratamientos ($p=0.056$).

A continuación, en la tabla 37 se presenta el contenido de glucosa por tratamiento con su respectivo nivel de inclusión de buclizina.

Tabla 37

Promedio \pm error estándar del contenido de glucosa (mg/dl) evaluado por cada tratamiento bajo la inclusión de diferentes niveles de buclizina

Tratamiento	Nivel de inclusión de buclizina	Contenido de glucosa (mg/dl)
T1	0 ppm	75,75 \pm 0,73
T2	100 ppm	73,85 \pm 0,90
T3	224 ppm	74,12 \pm 0,98
T4	400 ppm	76,28 \pm 0,77

El análisis de glucosa reveló que las concentraciones en la sangre de las truchas fueron normales bajo el suministro de diferentes dosis de buclizina.

En la figura 37, muestra las concentraciones de glucosa por tratamiento, evidenciando que el tratamiento control no fue diferente estadísticamente a los demás tratamientos.

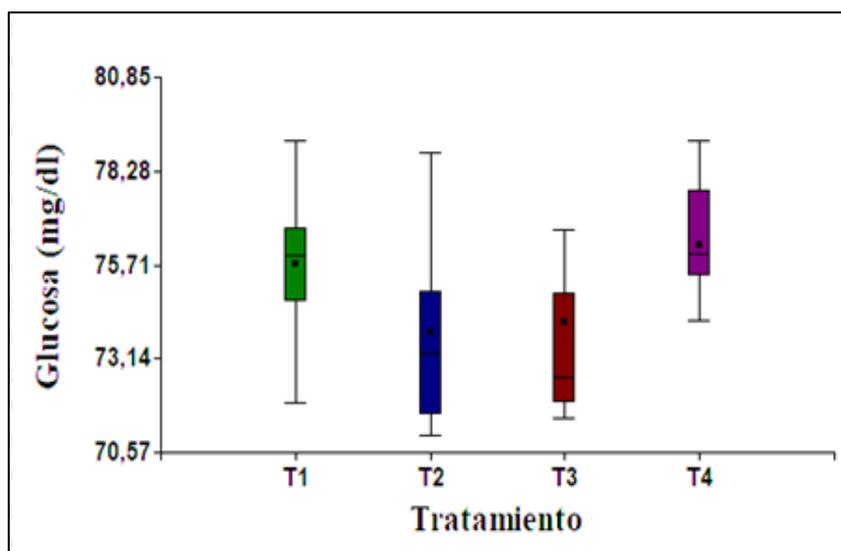


Figura 37 Promedio \pm error estándar del conteo de glucosa

4.5.4 Contenido de Albúmina

Los contenidos de albumina (g/dl) presentes en la sangre de los individuos de trucha arco iris seleccionados al azar fueron analizados a un nivel de confianza del 95%, en el cual se determinó que el contenido de albumina no presentó diferencias significativas entre tratamientos al incluir diferentes dosis de buclizina en el alimento ($p=0,2817$).

En la tabla 38 se observa la concentración de albumina por cada tratamiento, a pesar que no existe diferencias, el T4 presentó menor promedio con $1,07 \pm 0,12$ g/dl.

Tabla 38

Promedio \pm error estándar del contenido de albumina (g/dl) evaluado por cada tratamiento bajo la inclusión de diferentes niveles de buclizina

Tratamiento	Nivel de inclusión de buclizina	Contenido de albumina (g/dl)
T1	0 ppm	1,33 \pm 0,07
T2	100 ppm	1,41 \pm 0,16
T3	224 ppm	1,31 \pm 0,20
T4	400 ppm	1,07 \pm 0,12

En la figura 38 se analizó las concentraciones de albumina por tratamiento, en donde, el contenido de albumina del T1 no fue diferente a los demás tratamientos.

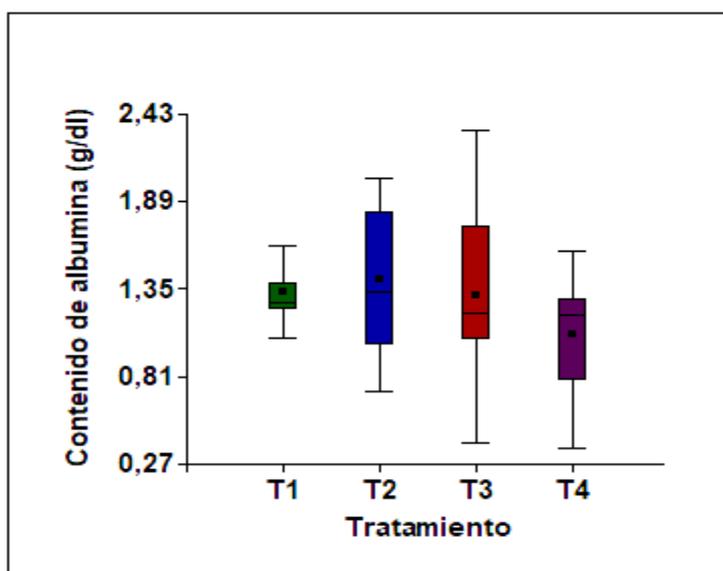


Figura 38 Promedio \pm error estándar del contenido de albumina (g/dl) en la sangre

4.5.5 Análisis de cortes histológicos hepáticos

Los cortes histológicos hepáticos por tratamiento revelaron que el T2 tuvo daño a nivel hepático en menor grado al comparar con el tratamiento control. Los tratamientos T3 y T4 presentaron mayores daños a nivel hepático (figura 39), sin embargo, el daño no alteró la supervivencia de la especie, debido a que únicamente se registró mortalidad en el T4 de 1,1%.

La figura comparativa 39, muestra los cortes histológicos de los individuos *Oncorhynchus mykiss* por tratamiento y repetición a los 100 días de ensayo.

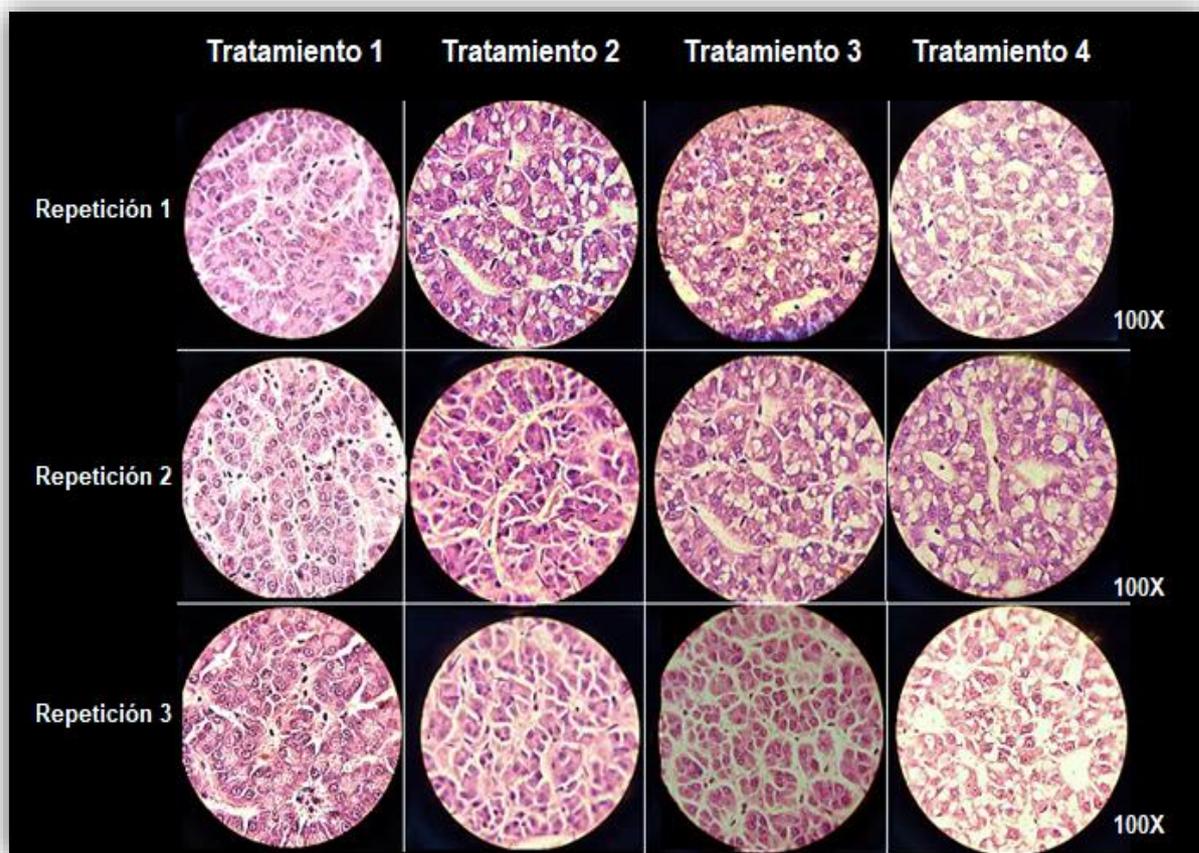


Figura 39 Tejidos hepáticos de trucha arco iris vistos al microscopio con lente de aumento 100X

Se evidenció daños a nivel hepático presentando dilatación sinusoidal y vacuolización lipídica, ocupando una parte del parénquima, lo cual provocó la distensión de los hepatocitos; esta valoración se analizó especialmente en el T3 y T4.

El daño hepático a 224 ppm (T3) y 400 ppm (T4) fue mayor, no obstante, el rendimiento obtenido en las variables morfométricas y productivas fueron mejores al comparar con el tratamiento control.

4.6 Análisis económico

4.6.1 Instalaciones y equipos

Las instalaciones y equipos estimados para la implementación de un proyecto piscícola se presentan a continuación en la tabla 39 con su respectiva depreciación. Para la infraestructura se consideró estanques de cemento y tuberías en un área de 30m²; mientras que en equipos se incluyó un aireador, balanza eléctrica, oxímetro, termómetro laser y un pH-metro.

Tabla 39
Inversiones para el proyecto

ITEMS	Valor (\$)	Vida útil (Años)	Depreciación (\$)
Infraestructura	950,00	10,00	95,00
Equipos	1.800,00	10,00	180,00
Total	2.750,00		275,00

4.6.2 Costos de producción

Los costos de producción fueron evaluados para un año con un total de 1000 truchas, determinando que el valor de alcohol utilizado en la elaboración de las dietas de la trucha y el valor del alimento empleado en la etapa de engorde repercuten mayoritariamente en los costos operativos.

El costo de buclizina empleado por tratamiento no fue alto (tabla 40) siendo así de 0,52 ctv. para el T2, 1,21 ctv. para el T3 y 2,13 ctv. para el T4.

En mano de obra se empleó 1,5 horas hombre para realizar tareas de manejo y alimentación, al igual que la limpieza de los estanques.

El valor de alimentación se obtuvo en base al factor de conversión alimenticia alcanzado durante la investigación.

En la tabla 40 se indica los costos variables y fijos de una producción de trucha arco iris en la etapa de engorde por tratamiento.

Tabla 40
Costos operativos en una producción de trucha arco iris

Costos Variables (\$)				
Tratamientos	T1	T2	T3	T4
Alevines	80,00	80,00	80,00	80,00
Alimento balanceado	507,87	519,13	539,93	533,00
Alcohol	-	160,42	229,17	297,92
Buclizina	-	0,52	1,21	2,13
Agua	24,00	24,00	24,00	24,00
Gastos transporte	30,00	30,00	30,00	30,00
Mano de obra	540,00	540,00	540,00	540,00
Total costos variables	1.181,87	1.354,07	1.444,31	1.507,05
Costos Fijos (\$)				
Tratamientos	T1	T2	T3	T4
Materiales y productos de limpieza	15,00	15,00	15,00	15,00
Energía eléctrica	30,00	30,00	30,00	30,00
Mantenimiento y reparación	47,50	47,50	47,50	47,50
Depreciación	275,00	275,00	275,00	275,00
Total costos fijos	367,50	367,50	367,50	367,50
Total costos operativos	1.549,37	1.721,57	1.811,81	1.874,55

*Valor de 1,30 dólares por kilogramo de alimento

4.6.3 Ingresos económicos

Los ingresos obtenidos (Beneficio) fueron calculados en base a los pesos corporales alcanzados durante la investigación con una cantidad de 1000 peces. Los ciclos de producción fueron estimados para un año.

Los ingresos de producción de trucha (tabla 41), mostraron que a 400 ppm de buclizina (T4) el beneficio fue de \$ 2.919,43, a 224 ppm de buclizina (T3) el beneficio fue de \$ 2.696,10, a

100 ppm de buclizina (T2) el beneficio fue de \$ 2.455,83 y con el tratamiento control se obtuvo el menor beneficio alcanzando un valor de \$ 2.408,09.

El tratamiento 4 alcanzó un mayor ciclo de producción por año con 1,95 ciclos

Tabla 41

Ingresos estimados en una producción de trucha arco iris

Tratamientos	Número de peces	Biomasa total (Kg)	Ciclos	Beneficio (\$)
T1	1.000,00	205,82	1,80	2.408,09
T2	1.000,00	209,90	1,80	2.455,83
T3	1.000,00	220,63	1,88	2.696,10
T4	1.000,00	230,33	1,95	2.919,43

*Valor de 6,50 dólares por kilogramo de trucha

4.6.4 Ingreso de alimentación en etapa de engorde

Los resultados del ingreso de alimentación en etapa de engorde determinaron que bajo el efecto de la inclusión de buclizina en las dietas de las truchas arco iris en etapa de engorde con dosis de 400 ppm y 224 ppm el consumo de alimento fue mayor, obteniendo un ingreso de diferencia con el tratamiento control de 220 dólares y 149 dólares respectivamente, no obstante, el T2 presentó similar rendimiento al T1 (tabla 42).

La tabla 42 corresponde al alimento consumido por los individuos *Oncorhynchus mykiss* en la etapa de engorde acorde la eficiencia alimenticia obtenida durante el ensayo por tratamiento.

Tabla 42

Alimento consumido (kg) en una producción de trucha arco iris en etapa de engorde

Detalle	T1	T2	T3	T4
Alimento balanceado en etapa de engorde (kg)	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00
Eficiencia alimenticia	60,91%	61,23%	72,38%	77,86%
Alimento consumido (kg)	609,10	612,30	723,80	778,60

*Valor de 1,30 dólares por kilogramo de alimento

4.6.5 Análisis financiero

La evaluación de la tabla 43, 44, 45 y 46 corresponden al flujo económico determinado durante 5 años por cada tratamiento, los valores fueron obtenidos en base a los costos de producción (tabla 40), infraestructura y equipos (tabla 39) generados para un proyecto piscícola.

En los egresos operacionales se consideró un incremento del 3% por año.

Tabla 43

Flujo económico estimado en el tratamiento 1

ITEMS	AÑOS					
	-	1	2	3	4	5
Ingresos operacionales		2.408,09	2.408,09	2.408,09	2.408,09	2.408,09
Egresos operacionales		1.536,67	1.582,77	1.630,25	1.679,16	1.729,54
Utilidad antes de impuestos		871,42	825,32	777,84	728,93	678,56
Utilidad después de impuestos		653,57	618,99	583,38	546,70	508,92
Inversión	2.750,00					
Ingreso no operacional (valor rescate)						2.325,00
Egreso no operacional		-	-	-	-	-
Flujo neto		928,6	894,0	858,4	821,7	3.108,9

*Flujo neto sin depreciación

El tratamiento 1 presentó un periodo de recuperación de 3,08 años. Los egresos operacionales obtenidos fueron menores en comparación con los demás tratamientos con un valor de \$1.536,67.

Tabla 44

Flujo económico estimado en el tratamiento 2

ITEMS	AÑOS					
	-	1	2	3	4	5
Ingresos operacionales		2.455,83	2.408,09	2.408,09	2.408,09	2.408,09
Egresos operacionales		1.721,57	1.773,22	1.826,41	1.881,21	1.937,64
Utilidad antes de impuestos		734,26	634,88	581,68	526,89	470,45
Utilidad después de impuestos		550,70	476,16	436,26	395,17	352,84
Inversiones	2.750,00					
Ingreso no operacional (valor rescate)						2.325,00
Egreso no operacional		-	-	-	-	-
Flujo neto		825,70	751,16	711,26	670,17	2.952,84

El tratamiento 2 presentó un periodo de recuperación de 3,3 años, presentando un egreso operacional inicial de \$.1721,57, no obstante, el flujo neto obtenido durante los 5 años fue menor al comparar con los demás tratamientos.

Tabla 45
Flujo económico estimado en el tratamiento 3

ITEMS	AÑOS					
	-	1	2	3	4	5
Ingresos operacionales		2.696,10	2.696,10	2.696,10	2.696,10	2.696,10
Egresos operacionales		1.811,81	1.866,16	1.922,15	1.979,81	2.039,21
Utilidad antes de impuestos		884,29	829,93	773,95	716,29	656,89
Utilidad después de impuestos		663,22	622,45	580,46	537,21	492,67
Inversiones	2.750,00					
Ingreso no operacional (valor rescate)						2.325,00
Egreso no operacional		-	-	-	-	-
Flujo neto		938,22	897,45	855,46	812,21	3.092,67

El tratamiento 3 presentó un periodo de recuperación de 3,07 años inferior al tratamiento 2 y 1, con un egreso operacional inicial de \$1811,81.

Tabla 46
Flujo económico estimado en el tratamiento 4

ITEMS	AÑOS					
	-	1	2	3	4	5
Ingresos operacionales		2.919,43	2.919,43	2.919,43	2.919,43	2.919,43
Egresos operacionales		1.874,55	1.930,79	1.988,71	2.048,37	2.109,82
Utilidad antes de impuestos		1.044,88	988,65	930,72	871,06	809,61
Utilidad después de impuestos		783,66	741,49	698,04	653,30	607,21
Inversiones	2.750,00					
Ingreso no operacional (valor rescate)						2.325,00
Egreso no operacional		-	-	-	-	-
Flujo neto		1.058,66	1.016,49	973,04	928,30	3.207,21

El tratamiento 4 presentó un periodo de recuperación de 2,3 años inferior a los demás tratamientos, no obstante, el egreso operacional y flujo neto fue mayor a los demás tratamientos.

Los indicadores financieros por tratamiento se muestran en la tabla 47, sobre una tasa mínima aceptable de rendimiento del 11,26% estimado por BanEcuador (Banca para el desarrollo productivo rural y urbano).

Tabla 47
Indicadores financieros por tratamiento

Tratamiento	TIR	VAN	Punto de equilibrio (%)	B/C
T1	30%	1.789,8	38	1,33
T2	25%	1.284,7	47	1,25
T3	30%	1.783,4	39	1,33
T4	35%	2.216,2	34	1,39

En los resultados obtenidos los indicadores financieros TIR y VAN determinaron la viabilidad del proyecto piscícola entre tratamientos, observando un valor de Beneficio/Costo de \$1,33 en el tratamiento control, en el T2 bajo la administración de 100 ppm de buclizina un valor de Beneficio/Costo de \$1,25, el T3 bajo la administración de 224 ppm de buclizina un valor de Beneficio/Costo de \$1,33 y el T4 bajo la administración de 400 ppm de buclizina un valor de Beneficio/Costo de \$1,39, presentando el T4 mayor rentabilidad.

4.7 Discusión

Al final del ensayo se obtuvo una temperatura media de $12,14 \pm 0,25$ °C, pH de $6,89 \pm 0,09$ y concentración de oxígeno de $6,65 \pm 0,13$ mg/l, determinando que las condiciones fueron adecuadas para el desarrollo de la especie en estudio en la etapa de engorde. Acorde con otros autores la temperatura es un factor fundamental puesto que se encuentra relacionada con la tasa metabólica e ingestión del alimento siendo óptima entre 12-18°C (Sedwick, 1985). La cantidad de oxígeno disponible en el medio acuático debe permanecer entre 6-8,5 mg/l (Recalde, 2014) y un pH alcalino de 6,5-8,5 (Blanco, 1995). Bajo estas condiciones, los parámetros fisicoquímicos del agua se encontraron dentro de los rangos establecidos durante el experimento.

Durante la investigación se incorporó diferentes niveles de buclizina en el alimento balanceado comercial con la finalidad de estimular el apetito de alimento en la especie *Oncorhynchus mykiss* con dosis de 100 ppm (T2), 224 ppm (T3) y 400 ppm (T4).

Según Guillaume (1991), la formulación de dietas para peces tiene como propósito satisfacer requerimientos nutricionales propios de la especie, no obstante, para dicho propósito se incorpora diferentes factores de apetencia y aceptación. En peces la estimulación de ingesta del alimento se genera mediante señales emanadas por un sistema integrado y controlado por el hipotálamo, en donde el sistema nervioso central juega un papel importante en la sensación de hambre. Se ha demostrado que productos bioquímicos o nutrientes circulantes en la sangre son capaces de atravesar la barrera hematoencefálica, logrando tal efecto (Castello, 2013).

Buclizina es un antihistamínico de primera generación de ingrediente activo clorhidrato de buclizina, fue el factor a probar en esta investigación de tal manera que puede pasar la barrera hematoencefálica y estimular el apetito debido a la acción orexígena y no hormonal que se genera al actuar sobre la secreción de serotonina (Cervino citado por Balseca, 2015).

Investigaciones en trucha arco iris determinan que el cerebro, especialmente el hipotálamo y telencéfalo integran información para controlar la respuesta reguladora modular de señalización de tal manera que la detección de mayores niveles de nutrientes se encuentra en la inhibición o ingesta de alimento a través de cambios producidos principalmente en la expresión de neuropéptidos anorexígenos y orexigénicos. El indicativo potencial orexígeno es producido principalmente por la disminución de los neuropéptidos CART y POMC, y aumento de ARNm de NPY junto con la relación aminoácido y metabolismo, los cuales mantienen una importante relación acorde la alimentación (Conde, 2012). Así mismo, en otro estudio de trucha determina que la ingesta de alimentos responde a el aumento de nivel intracerebroventricular estimulado por aminoácidos a través de cambios en la expresión de neuropéptidos, mediante la activación de los sistemas sensores de aminoácidos (Ceinos, y otros, 2017)

En el ensayo se determinó la potencialidad orexígenica de la buclizina, sobre el crecimiento y desarrollo de la trucha a 224 ppm y 400 ppm alcanzando mayor promedio de peso y longitud total a 224 ppm (T3) y 400 ppm (T4), pero no a 100 ppm (T2), puesto que a esa dosis el desarrollo fue similar al tratamiento control durante los 100 días de ensayo. Esto se evidenció mediante el análisis estadístico realizado, en el que se tuvo diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$). En un estudio realizado bajo las mismas condiciones de ensayo en trucha arco iris en etapa de engorde durante 60 días, se valoró diferentes aditivos orgánicos y sintéticos: espirulina (0.05 %), betaína (0.05 %) y buclizina (0.002 %) presentando mejores parámetros morfométricos (peso corporal y longitud total) con el tratamiento buclizina, aseverando que la inclusión de buclizina influye en el desarrollo y crecimiento de la especie (Molina J. , 2017).

Así mismo en otro estudio realizado en aves de engorde, se administró clorhidrato de buclizina a dos concentraciones (0,05 y 0,1%) durante 38 días presentando un crecimiento

constante en el desarrollo de las variables morfométricas y productivas (Curipallo, 2018), no obstante, tal efecto no se obtuvo en la especie *Cavia porcellus*, en etapa de engorde, en el cual se administró dosis menores a 0,2 ppm de buclizina en el alimento, atribuyendo a que las dosis aplicadas fueron bajas y el ingrediente activo no fue puro (Balseca D. , 2015)

En cuanto a variables productivas, los individuos *Oncorhynchus mykiss* bajo el efecto de la inclusión de 224 ppm y 400 ppm de buclizina presentaron mejores rendimientos productivos, alcanzando una eficiencia de alimento del 72,38% y 77,86% respectivamente, encontrándose dentro de los rangos establecidos de acuerdo a la literatura citada, la cual expone que la eficiencia alimenticia de los salmónidos está entre 60-80% (Kaushik & Medale, 1994). Para un productor es importante determinar este parámetro porque está relacionado con la rentabilidad del proyecto piscícola mejorando los costos de alimentación (Buitrago, López, & Reyes, 2017), no obstante, la mejora de la eficiencia de digestibilidad de los piensos constituye una alternativa para reducir la contaminación de masas de agua producidos por residuos del alimento (Jover, 2000).

La tasa de crecimiento específica (TCE) y ganancia de peso (GP) están relacionados directamente con el peso corporal del pez en un tiempo determinado (Jover, 2000). En la investigación la tasa de crecimiento disminuye conforme van pasando los días de ensayo, por el contrario, la variable ganancia de peso aumentó, presentando una tendencia creciente, a excepción del día 40, día en el cual obtuvo menores promedios en todos los tratamientos. Al analizar la tendencia gráfica de la variable peso corporal y el análisis estadístico el comportamiento entre los días 30 y 40 se enlazó al factor luz puesto que en los días mencionados la incidencia de luz fue menor debido a la utilización de malla sobre las piscinas, influyendo en el desarrollo normal de la especie. Varios autores mencionan que en una producción de trucha son fundamentales los factores ambientales como temperatura, oxígeno disuelto, luminosidad,

requerimientos nutritivos puesto que influyen negativamente en los parámetros productivos (Cho, 1992), otro autor determina que al usar luz natural o atenuada los resultados que se obtienen son diferentes manifestándose principalmente en la ganancia de peso y eficiencia alimenticia (Thorpe, Metcalfe, & Fraser, 1993).

En cuanto a condición corporal, es un indicador del bienestar animal, hace referencia al contenido de carne grasa que mantiene el individuo. Según Castro, Forero, & Guillot (2004) en su investigación determinan que a mayor peso del pez con una longitud proporcional presenta una adecuada condición adecuada, al igual que la especie *Oncorhynchus mykiss* es territorial y mantiene su jerarquía acorde el tamaño. Al comparar con otro estudio realizado en trucha arco iris en etapa de engorde la condición corporal media obtenida en el presente ensayo por tratamiento presentó valores aproximados, encontrándose entre 0,88-1,34 (Quirós & Morales, 2006).

El análisis hematológico reveló que los valores obtenidos del hematocrito y glóbulos rojos fueron normales para la especie. Según McCarthy (1982) en su estudio reveló que los valores normales del hematocrito (Hct) en trucha arco iris está entre 30 y 50% y también da a conocer que la cantidad de glóbulos rojos se encuentra entre $1-3 * 10^6$ células/mm³, obteniendo que las truchas sometidas a diferentes niveles de inclusión de buclizina en la dieta no alteran el estado de salud y bienestar, puesto que por el contrario, varios autores mencionan que los valores hematológicos fuera del rango normal de la especie afectan el estado nutricional de la especie, transporte de oxígeno, presentando desordenes fisiológicos (Mallya, 2012) (Sanz F. , 2009). A pesar de que los valores obtenidos se encuentran dentro del rango normal para la especie, el T4 presentó mayores promedios en glóbulos rojos y porcentaje de hematocrito. Estudios en la misma especie determinaron que la principal función de los glóbulos rojos es el transporte de oxígeno en la sangre y las concentraciones depende principalmente de la disponibilidad de

oxígeno en el medio acuático, alimentación, procesos fisiológicos, metabólicos y actividad física (Alvis, 2006). Al existir mayor gasto energético en el proceso de alimentación la demanda de hematocrito y glóbulos rojos es mayor debido a la cantidad de oxígeno que requiere la trucha para la transformación y oxidación de nutrientes (Alaye & Morales, 2013).

En el análisis de albumina no tuvieron diferencias estadísticas entre tratamientos ($P>0,05$), mostrando valores normales para la especie. Según Manera & Britti (2006) el contenido de albúmina obtenido de la sangre de las truchas arco iris se encuentra hasta los 2,06 g/Dl, no obstante, al comparar con el presente estudio, los valores se encontraron dentro de los valores normales para la especie, no obstante, el T4 obtuvo menor promedio en comparación al resto de tratamientos. La disminución del contenido de albumina en la sangre en los peces es debido a factores como contaminación del agua, presencia de químicos o procesos patológicos, relacionado con deficiencia hepática, renal o mal estado nutricional, considerando que la principal proteína que sintetiza el hígado es la albúmina (Rudneva, 2013). Atribuyendo a que el daño hepático generado en el T4 repercute en la producción de albumina.

El contenido de glucosa no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos ($p>0,005$), registrando concentraciones normales para la especie según la literatura, los rangos de concentración de glucosa en trucha arco iris se encuentran entre 70-100 mg/dl (César, 2005). Se considera que el nivel de glucosa es alterado cuando el pez se encuentra bajo estrés (Muñoz, Mardones, Vargas, & Gesto, 2015) debido a la concentración de cortisol producida en el proceso de metabolización de los carbohidratos (Ellis, y otros, 2012).

Los cortes histológicos presentaron daño progresivo por tratamiento a medida que se incrementó las dosis de buclizina especialmente a 224 ppm (T3) y 400 ppm (T4) en las dietas, presentando vacualización lipídica en el parénquima producido por la distensión de los hepatocitos (Figura 39). Varios autores han determinado que la inclusión de diferentes aditivos

en las dietas pueden llegar a modificar diferentes funciones en el hígado y tejido muscular en los peces (Ablett, Selivonchick, & Taylor, 1983). La vacuolización, es producida por la acumulación de agua a nivel celular, alterando la capacidad de mantener homeostasis (Marcos, 2018), produciendo alteraciones en el transporte de los lípidos por parte de los hepatocitos (Naranjo, Rondón, & Vargas, 2013). También se considera que es una alteración morfológica del tracto gastrointestinal, relacionada con toxinas o infecciones, como consecuencia de disminución de K y H₂O, los lípidos entre las células hepáticas se dan cuando la dieta supera el límite de concentración de grasa o los hepatocitos se encuentran bajo concentraciones menores de oxígeno, toxinas o enfermedades (Szende y Suba 1999). En el presente estudio las truchas examinadas con lesiones hepáticas, principalmente en tratamiento 4 y 3 presentaron mayor concentración de glóbulos rojos y hematocrito debido atribuyéndole a la producción de oxígeno. La degeneración vacuolar pueden ser lesiones reversibles, dependiendo del daño generado, se ha encontrado en un estudio que truchas pudieron regenerar su hígado al estar expuestas a hidrocarburos (George-Nascimento et al., 2000, Pacheco & Santos 2004), sin embargo, se necesitan realizar otros estudios para determinar si existe regeneración del tejido hepático con buclizina.

El daño presentado a nivel hepático no alteró la supervivencia de la especie, durante el estudio las truchas tratadas con diferentes dosis de buclizina presentando mortalidad únicamente en el T4 con 1,1%, debido a condiciones ambientales. La metodología de toxicidad con *Artemia Salina* es una herramienta de útil ayuda para determinar la toxicidad de químicos y contaminación en agua, según Molina (2017) la buclizina es un fármaco de toxicidad de categoría III, que se obtuvo mediante la prueba de biotoxicidad realizada con el modelo biológico de *Artemia salina*, obteniendo mortalidad del 15 % a 100 ppm (T2), 50 % a 224 ppm (T3) y 90% a 400 ppm (T4) aproximadamente. Al comparar con los resultados de mortalidad

obtenidos en *Artemia salina*, se determinó que en el presente estudio las truchas tratadas durante 100 días de ensayo con diferentes dosis de buclizina no presentan la mortalidad indicada. Según Murphy (2001), la toxicidad de los antihistamínicos depende del animal y cantidad administrada. Los tratamientos 4 y 3 presentaron daño hepático en mayor grado, no obstante, en el análisis hematológico los valores obtenidos fueron normales para la especie ($P > 0,05$), evaluando variables hematológicas con la condición hepática acorde a la edad, determinando que los daños producidos por presencia de micotoxinas producen hepatomas y hepatocarcinomas con mortalidad alta a los dos años y medio de edad (Bastardo, Scorcìa y Sofía, 2006).

Para el análisis económico se consideró un volumen de producción de 1000 peces analizados en base a los pesos corporales alcanzados al final de la investigación por tratamiento; los valores del alcohol utilizado en la elaboración de las dietas de las truchas repercutieron en los costos, presentando el T4 mayores costos operativos al compararlo con el resto de tratamientos. En la elaboración de las dietas de trucha se utilizó alcohol al 96% para incluir diferentes dosis de buclizina, debido a que no mantiene un efecto hídrico (Cervino citado por Balseca, 2015).

El T4 presentó mayores costos de producción, no obstante, obtuvo mayor eficiencia alimenticia disminuyendo los costos de alimentación efectuados en una producción puesto que en un proyecto trutícola el alimento balanceado es el principal rubro (Buitrago, López, & Reyes, 2017).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La inclusión de 400ppm y 224ppm de buclizina en el alimento balanceado influyeron positivamente sobre el mejoramiento de parámetros morfométricos y productivos de trucha, con 100ppm no se logró el efecto indicado.
- A dosis de 400ppm de buclizina incorporada a la dieta alimenticia, se logró mayor eficiencia de consumo de alimento con un factor de conversión de $1,32 \pm 0,1$ y peso corporal de $230,33 \pm 2,43$ g.
- La inclusión de buclizina en el alimento balanceado no afectó a la supervivencia de la especie, únicamente se obtuvo mortalidad del 1,1% en el tratamiento 4 al final del ensayo (100 días), encontrándose daño hepático a 224ppm y 400ppm con vacualización lipídica.
- Al incorporar 400 ppm en las dietas los costos de alimentación disminuyeron debido a la una mejor eficiencia alimenticia alcanzada al final del ensayo con 77,86%, no obstante, el tratamiento 1 logró menor valor de costos operativos debido a la utilización de alcohol en la elaboración de las dietas.

5.2 Recomendaciones

- a. Realizar estudios con buclizina en otras especies acuícolas en la etapa de engorde.
- b. Efectuar estudios complementarios a largo plazo con la finalidad de determinar el efecto residual de buclizina en tejido hepático.
- c. Desarrollar una metodología para la inclusión de buclizina en el alimento balanceado, que no repercuta en los costos operativos de una producción piscícola y en el Beneficio/Costo.
- d. Realizar estudios complementarios sobre las características organolépticas de la trucha arco iris tratada con diferentes dosis de buclizina en la alimentación.

5.3 Bibliografía

- Ablett, R., Selivonchick, D., & Taylor, M. (1983). The Effect of High-Protein and High-carbohydrate diets on iodoinsulin-I-125 Binding in Skeletal-Muscle plasma membranes and isolated hepatocytes of Rainbow trout (*Salmo gairdneri*). 129-139. *British Journal of Nutrition* 50.
- Aeasar, A. (2015, 11 09). *Ficha de de datos de seguridad Betaine anhydrous*. Retrieved from <https://www.alfa.com/es/content/msds/SouthAmerican/B24397.pdf>
- Alaye, N., & Morales, J. (2013). Parámetros hematológicos y células sanguíneas de organismos juveniles del pescado blanco (*Chirostoma estor*) cultivados en Pátzcuaro, Michoacán, México. *Hidrobiológica*, 340-347.
- Alberdi, A., Cubillos, V., & López, A. (2001). Aspectos lesionales microscópicos en hígados de salmonideos, provenientes de centros de cultivo de la Xª a XIIª Región de Chile (1988-1998). *Arch, med, vet*, 33(2), 203-2016.
- Arias, V., & Poblete, M. (1996). Descripción histológica y ultraestructural comparada del hígado de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) silvestre y cultivada. *Avances en Ciencias Veterinarias*.
- Babu, T. (2011). *Indian J Pharmacol*. Retrieved from Buclizine is back again. This time as a pediatric appetite stimulant.: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Babu%2C+2011+buclizine>
- Balseca, D. (2015). Evaluación de buclizina en la alimentación de cuyes durante la etapa de engorde, en el centro experimental de Uyumbicho. *Tesis*. Ecuador.
- Bastardo, H., Infante, O., & Segnini, S. (1994). Hábitos alimenticios de la trucha arco iris en una quebrada altiandina venezolana. *Revista de Biología Tropical*, 685-693.
- Benedí, J. (2005). Antihistaminicos. *19*(3).
- Bioinnova. (2016). *Anatomía de un vertebrado, trucha arco iris*. Retrieved from Grupo de Innovación sobre la Docencia en Diversidad Biológica: <http://www.innovabiologia.com/biodiversidad/diversidad-animal/anatomia-oncorhynchus-mykiss/>
- Blanco, C. (1995). *La trucha cría industrial*. Madrid: Mundi Prensa.
- Blouet, C., & Schwartz, G. (2010). Hypothalamic nutrient sensing in the control of energy. 209: 1-12. (Res, Ed.) *Behav. Brain*.

- Bortone, E. (2002). Interacción de ingredientes y procesos en la producción de alimentos hidroestables para camarones. In L. Suárez, D. Ricque, M. Tapia, M. Garciola, & N. Simoes, *Avances en nutrición acuícola VI* (pp. 407- 437). Cancún: Universidad de Nuevo León.
- Briceño, D., Maíz , A., & Valero, L. (2010). Elementos prácticos para la cria de Truchas en Venezuela. *Mundo Pecuario, I(2)*, 157-168.
- Buitrago, M., López, F., & Reyes, J. (2017). Viabilidad de una truchifactoría como alternativa de producción sostenible en la zona del Páramo de Letras, Caldas y Tolima, Colombia. *2*, 30-42. Colombia: vet.zootec. .
- Camacho, B., Luna, C., Moreno, R., Rodríguez, M., & Vásquez, M. (2000). *Guia para cultivo de trucha*. . México: Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca D.F.
- Carrillo O, Gallardo N, Nolasco H & Vega V. (2000). *Aditivos alimentarios como estimuladores del crecimiento de camarón*. Retrieved from www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/V/archivos/nolasco.pdf
- Castañeda, J. (2010). *IICA-COFUPRO*. Retrieved from Programa de documntación de cosas de éxito: www.redinnovagro.in
- Castelló, F. (1993). *Acuicultura marina: fundamento biológicos y tecnología de la producción*. Barcelona: Publicacions de la Universitat de Barcelona.
- Castello, F. (2013). *Piscicultura marina en Latinoamérica. Bases científicas y técnicas para su desarrollo*: Edicions Universitat Barcelona.
- Castro, A., Forero, E., & Guillot, G. (2004). Algunos aspectos bioecológicos de la trucha arco iris en el embalse Pantano Redondo Cundinamarca. *Acta Biológica Colombiana*.
- Ceinos, R., Comesaña , S., Míguez, J., Morais, S., Patiño, M., Soengas, J., & Velasco, C. (2017). Evidence for the presence in rainbow trout brain of amino acid sensing. *Physiol Regul Integr Comp Physiol* , 44.
- Cerdá, M. (2000). Estimación del crecimiento, tasa de alimentación y producción de desechos en piscicultura mediante un modelo bioenergético. *Revista AquaTIC(9)*, 11.
- Cho, C. (1992). Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy. *Aquaculture, 100*, 107-123.

- Cifuentes, R., Gonzales, J., Montoya, G., Jara, A., Ortiz, N., Piedra, P., & Habit, E. (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana Especial*, 101-110.
- Conde, M. (2012). Efectos del estrés sobre la ingesta de alimento y su regulación por mecanismos neuroendócrinos y metabólicos en peces teleósteos.
- Curipallo, G. (2018). Evaluación de diferentes dosis de clorhidrato de buclizina oral, para obtener un efecto orexígeno en aves de engorde en la provincia de Imbabura. Imbabura, Ecuador: UDLA.
- De la Oliva, G. (2011). Manual de buenas prácticas de producción Acuícola en el cultivo de Trucha arco iris. 62.
- Eurostat. (2012). Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). *Pesca y Acuicultura en Europa*, 20.
- FAO. (2005). Retrieved from Programa de información de especies acuáticas. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/es
- FAO. (2014). Retrieved from Manual práctico para el cultivo de Trucha arcoiris: www.fao.org/3/a-bc354s.pdf
- FAO. (2016). Retrieved from El estado mundial de la pesca y la acuicultura: www.fao.org/3/a-i5555s.pdf
- FAO. (2017). Retrieved from Sistema de información sobre alimentos y recursos fertilizantes para la acuicultura. Rainbow trout: <http://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/rainbow-trout/rainbow-trout-home/es/>
- FAO. (2017). *Rainbow trout*. Retrieved from Sistema de información sobre alimentos y recursos fertilizantes para la acuicultura: <http://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/rainbow-trout/rainbow-trout-home/es/>
- FAO. (2018, marzo 10). Retrieved from Estadísticas de pesca y departamento de acuicultura: http://www.fao.org/figis/servlet/SQServlet?file=/usr/local/tomcat/8.5.16/figis/webapps/figis/temp/hqp_2760260966282846574.xml&outtype=html
- FAO. (2018, 04 17). Retrieved from Aditivos alimenticios: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB492S/AB492S11.htm>
- FONDEPES. (2014). *Manual de crianza de Trucha en Ambiente Convencionales*. Lima: EINS PERÚ S.A.C. Retrieved marzo 20, 2018

- GoogleEarth. (2018). Retrieved from <https://earth.google.es/>
- Guillaume, J. (1991). Avances en Nutrición y Alimentación de salmonídeos, 1ª Jornada sobre Nutrición y Alimentación de peces. . Santiago-Chile: Universidad de Chile Fac. Cs. Vet. y Pec.
- Hernández, J. (2015). *Hábitos alimentarios de la trucha común*. Retrieved from Federpesca: <http://www.federpesca.com/habitos-alimentarios-de-la-trucha-comun/>
- Hill, R., Wyse, G., & Anderson, M. (2006). *Fisiología animal*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- HUMAN. (2005). *Albumin liquicolor*. Retrieved from <http://www.bganalizadores.com.ar/img/inserto3.pdf>
- HUMAN. (2005). *Glucose liquicolor*. Retrieved from <http://www.bganalizadores.com.ar/img/inserto60.pdf>
- Johns Hopkins. (2018). Retrieved from Gastroenterology y Hepatology: https://www.halstedurgery.org/GDL_Disease.aspx?CurrentUDV=31&GDL_Disease_ID=A6D10E80-887D-49A7-B3BB-0517D38CE757&GDL_DC_ID=320F4EDD-0021-4952-83D7-8B0C67B47BFF
- Jover, M. (2000, marzo 1). *AcuaTIC*. Retrieved from Estimulación de crecimiento, tasa de alimentación y desechos en piscicultura: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/html/art906/desechos.htm>
- Kaushik, S., & Medale, F. (1994). *Energy requirements utilization and dietary supply to salmonids Aquaculture*, 124: 81-97.
- Librán, M. (2015, Agosto 16). *Mecanismos centrales y periféricos sensores de ácidos grasos en la trucha arco iris como modelo de pez teleósteo : implicación en el control de la ingesta de alimento*. Retrieved from Repositorio universal de la Universidad de Vigo. Campus Universitario, s/n, 36310 Vigo, Pontevedra, España: <http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/handle/11093/355>
- López, D. (2016, junio 3). *Carbohidratos en la nutrición de peces*. Retrieved from Aquafeed: <http://www.aquafeed.co/carbohidratos-en-la-nutricion-de-peces/>
- López, P. (2014). *Enfermedad hepática grasa. Aspectos patológicos*. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99572014000100012

- Luchini, L. & Panné, S. (2012, Junio). Producción de "Trucha arco iris". *Incremento de actividad de acuicultura en las regiones NEA, NOA y Centro*.
- MAGAP. (2012). *Proyecto de MAGAP fortalece la producción de Trucha*. Retrieved from [//www.agricultura.gob.ec/proyecto-de-magap-fortalece-la-produccion-de-alevines-de-trucha/](http://www.agricultura.gob.ec/proyecto-de-magap-fortalece-la-produccion-de-alevines-de-trucha/)
- Maiz, A., Valero, L., & Briceño, D. (2010). *Elementos prácticos para la cría de trucha en venezuela*. Retrieved from http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/137-truchas.pdf
- Mallya, Y. (2012). *Los efectos del oxígeno disuelto en el crecimiento de los peces*. Retrieved from AQUAFEED: <http://www.aquafeed.co/los-efectos-del-oxigeno-disuelto-en-el-crecimiento-de-los-peces-en-la-acuicultura/>
- Manera, M., & Britti, D. (2006). Assessment of blood chemistry normal ranges in rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, 1427-1434.
- Mantilla, E., & Vergara, P. (1996). Morfología comparativa de las células sanguíneas del tiburón nodriza *Ginglymostoma cirratum*,. 1, 102. Santafé de Bogotá, Colombia.
- Marco, A. (2018, marzo 20). *FAO*. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/005/ad020s/AD020s06.htm>
- Marcos, G. (2018). *Naturaleza y significado de la vacuolización en peces*. Retrieved from http://www.marcosgodoy.com/~marcosgo/index.php?option=com_content&view=article&id=223:naturaleza-y-significado-de-la-vacuolizacion-hepatica-en-peces-i-esteatosis-degeneracion-grasa&catid=106:salmon-del-atlantico&Itemid=505&lang=en
- Marui, T., Evans, R., Zielinski, B., & Toshiaki, H. (1983). Gustatory responses of the rainbow trout *Salmo gairdneri* palate to amino acids and derivatives. *Journal of Comparative Physiology*, 423-433.
- Mendoza, D. (2010). Elaboración del estudio de mercado de la trucha en Arequipa. *Maxime Consult S. A.*, 174.
- Meschkat, A. (1975). *Informe al gobierno del Ecuador sobre pesca continental y piscicultura*. Roma: FAO.
- Molina, J. (2017). *Valoración de aditivos alimenticios para la estimulación del apetito en trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en etapa de engorde*. Quito, Ecuador.

- Mora, V., Osorio, V., & Uyaguary, M. (2009). Situación actual de las especies introducidas en el Ecuador con fines Acuícolas. *Researchgate*, 12. Retrieved from www.researchgate.net/publication/28792785_Situacion_Actual_De_Las_Especies_Introducidas_En_El_Ecuador_Con_Fines_Acuicolas
- Moreno, A. (2012). Estudio y diversidad de Tunicados, Cefalocordados y Vertebrados peces. Disección de la trucha. *Zoología*, 3, 74.
- Moreno, M. (2000). *Guía para el cultivo de trucha*. México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente.
- Mostafa, G., & Al-Badr, A. (2011). Buclizine. *Profiles of drugs substances, excipients and related methodology*, 1-33.
- Muñoz, J. (2011). *Melatonina en el tracto gastro intestinal de la trucha arco iris: regulación y papel fisiológico*. Universidad de Vigo., 267.
- Naranjo, J., Rondón, B., & Vargas, R. (2013). Toxicidad aguda de cloruro de mercurio (HgCL₂) en cachama blanca, *Piaractus brachyomus* (Cuvier, 1818). *ActuBiol*.
- Neira, J. (2011, Noviembre 29). *Anemia Infecciosa del Salmón: Histopatología I - Hígado*. Retrieved from Patología en Acuicultura: http://www.marcosgodoy.com/index.php?option=com_content&view=article&id=97:&catid=179:anemia-infecciosa-del-salmon&Itemid=435&lang=es
- Ortiz, J. (2015). *Acuicultura. Producción dulce acuícola en Ecuador I*. Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.
- Otero, C. (2017). Avances en el estudio de los sistemas glucosensores en trucha arco iris y su implicación en el control de la ingesta.
- Pharmacopoeia, B. (2013). *Safety data sheet of Buclizine hydrochloride impurity standard*. London: British Pharmacopoeia Commission.
- PROMPERU. (2010). Cultivo de Trucha. *Producción Nacional de Trucha*, 54.
- Quirós, R., & Morales, G. (2006). Desempeño productivo de la trucha arco iris en jaulas bajo diferentes estrategias de alimentación. *Latinamericanos de Producción Animal*, 9. Retrieved from www.alpa.org.ve/ojs.index/php
- Ragash. (2009). *Manual de crianza de trucha*. Retrieved from <http://www.gbcbiotech.com/genomicaypesca/documentos/peces/trucha/Manual%20de%20crianza%20truchas.pdf>

- Ramos, L. (2014, abril 27). *Sistema de circulación en vertebrados y peces*. Retrieved from Acua.
- Recalde, D. (2014). Manual práctico para el cultivo de Trucha arco iris. *La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, 44.
- Romero, J. (2011). *Diseño de criadero: Cultivo de truchas y tilapia*. Lima.
- Rudneva, I. (2013). *Biomarkers for stress in fish embryos and larvae*. Sevastopol: CRC Press.
- Samaniego, E. (2005). *Fundamentos de la Farmacología médica*. Editorial de la Universidad Central del Ecuador, Quito. Retrieved from Fundamentos de la Farmacología médica.
- Sánchez, L., & Neira, A. (2005). Bioensayo general de letalidad en *Artemis salina*, a las fracciones del extracto etanólico de *Psidium guajava* y *Psidium guineense*. *Cultura científica*, 40-45.
- Sanz, F. (2009). *La nutrición y alimentación en piscicultura*. Madrid: Fundación Observatorio Español de Acuicultura.
- Sedwick. (1985). Trout Farming Handbook. *Fishing News Books*, 4th, 160. England.
- Silveira. (2018). *FAO*. Retrieved from El estado actual de la alimentación y la nutrición en la Acuicultura: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB487S/AB487S03.htm>
- Thorpe, J., Metcalfe, N., & Fraser, N. (1993). *Temperature-dependent switch between diurnal and nocturnal foraging in salmon*, 135-139. *Proc. R. Soc. Lond. B* 252.
- Toledo, M. (2017). Retrieved from Calidad física y química de los alimentos para peces y su <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab482s/AB482S17.htm>
- TULSMA. (2014). *Registro oficial*. Retrieved from Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua: <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>
- Vademécum. (2018). *Blucizina*. Retrieved from <http://mx.prvademecum.com/principio-activo/?droga=708>
- Zubeldia, J. (2011). Retrieved from Los antihistamínicos: <http://alergiafbbva.es/el-tratamiento-de-las-enfermedades-alergicas/46-los-antihistaminicos/#c02>