



**Evaluación del efecto fitobiótico del ajo, albahaca y orégano en la calidad de la carne de trucha arcoíris
(*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorda**

Ruiz Cisneros, Anthony David

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

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

Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal Ph.D.

02 de febrero del 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de titulación: **Evaluación del efecto fitobiótico del ajo, albahaca y orégano en la calidad de la carne de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorda**, fue realizado por el señor: **Ruiz Cisneros, Anthony David**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 02 de febrero del 2023



Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal PhD.

C. C: 1709998163

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos

2/2/23, 14:08

ANTHONY DAVID RUIZ CISNEROS - Documento sin título

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO
Titulación 202251

NOMBRE DEL ALUMNO
ANTHONY DAVID RUIZ CISNEROS

NOMBRE DEL ARCHIVO
ANTHONY DAVID RUIZ CISNEROS - Documento sin título

SE HA CREADO EL INFORME
2 feb 2023

Resumen

| | | |
|------------------------------------|----|-----|
| Fragmentos marcados | 17 | 4 % |
| Fragmentos citados o entrecorridos | 12 | 2 % |

Coincidencias de la Web

| | | |
|-------------------------|---|-------|
| uniroja.es | 6 | 1 % |
| academsa.edu | 3 | 1 % |
| agronovida.blogspot.com | 3 | 1 % |
| scielo.org.mx | 3 | 0,8 % |
| espe.edu.ec | 3 | 0,7 % |
| innovabiologia.com | 3 | 0,5 % |
| sciencedirect.com | 1 | 0,2 % |
| researchgate.net | 2 | 0,2 % |
| nih.gov | 1 | 0,2 % |
| ustq.edu.ec | 1 | 0,2 % |
| ups.edu.ec | 1 | 0,2 % |
| uant.mx | 1 | 0,2 % |
| lamolina.edu.pe | 1 | 0,1 % |



Firmado electrónicamente por:
JUAN CRISTOBAL
ORTIZ TIRADO

Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal Ph.D

C. C 1709998163




Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Ruiz Cisneros, Anthony David**, con cédula de ciudadanía No. **1725448912** declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo titulación: **Evaluación del efecto fitobiótico del ajo, albahaca y orégano en la calidad de la carne de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorda**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 02 de febrero del 2023


.....
Ruiz Cisneros Anthony David
C.C.: 1725448912



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo, **Ruiz Cisneros, Anthony David**, con cédula de ciudadanía No. **1725448912** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Evaluación del efecto fitobiótico del ajo, albahaca y orégano en la calidad de la carne de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorda**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 02. de febrero del 2023



Ruiz Cisneros Anthony David

C.C.: 1725448912

DEDICATORIA

A mi madre Doris Cisneros, quien ha sido un apoyo incondicional en todo momento. Gracias por su tiempo y palabras, que me han permitido llegar hasta este momento.

A mis abuelitos, quien siempre confiaron en que iba a tener éxito en cada etapa de mi vida, siendo ellos uno de los pilares fundamentales en mi vida, por su apoyo, sabiduría, amor infinito por siempre estar conmigo cuando más lo necesito.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, Doris Cisneros por su ánimo y apoyo económico a lo largo de toda mi carrera. Sin ella no me hubiera formado profesionalmente. Gracias por todo.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas, Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASAI, por formarme y darme los conocimientos necesarios para ser el mejor Ingeniero Agropecuario.

Al Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal PhD por brindarme sus conocimientos para poder finalizar mi trabajo de titulación, gracias por el apoyo y toda la paciencia brindada.

Índice de Contenido

| | |
|---|----|
| Carátula | 1 |
| Certificación | 2 |
| Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos..... | 3 |
| Responsabilidad de Autoría..... | 4 |
| Autorización de Publicación | 5 |
| DEDICATORIA | 6 |
| AGRADECIMIENTOS..... | 7 |
| Índice de Contenido..... | 8 |
| Índice de Tablas..... | 13 |
| Índice de Figuras..... | 15 |
| RESUMEN..... | 16 |
| ABSTRACT..... | 17 |
| CAPÍTULO I..... | 18 |
| INTRODUCCIÓN..... | 18 |
| Antecedentes | 18 |
| Justificación..... | 19 |
| Objetivos..... | 20 |
| Objetivo General..... | 20 |
| Objetivos específicos | 20 |
| Hipótesis..... | 21 |
| CAPÍTULO II..... | 22 |
| MARCO REFERENCIAL..... | 22 |
| Biología general de la trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) | 22 |

| | |
|--|----|
| Ubicación taxonómica..... | 22 |
| Anatomía interna..... | 23 |
| Sistema Digestivo..... | 23 |
| Factores que influyen en la crianza de truchas..... | 24 |
| Temperatura..... | 24 |
| Oxígeno..... | 25 |
| Alimento..... | 27 |
| Fisiología de la alimentación..... | 27 |
| Digestión del alimento..... | 27 |
| Manejo de la alimentación..... | 28 |
| Nutrición en peces..... | 29 |
| Requerimientos nutritivos..... | 29 |
| Óptima relación Proteína - Energía..... | 32 |
| Complementos alimenticios en las dietas de trucha arcoíris..... | 33 |
| Pigmentantes (Carotenoides)..... | 33 |
| Metabolitos secundarios..... | 33 |
| Especies vegetales como fuente de metabolitos secundarios..... | 34 |
| Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)..... | 34 |
| Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>)..... | 34 |
| Ajo (<i>Allium sativum</i>)..... | 35 |
| Uso de especies vegetales en la alimentación piscícola..... | 36 |
| Linaza (<i>Linum usitatissimum</i>) y Girasol (<i>Helianthus annuus</i>) en la alimentación piscícola..... | 36 |
| Comino Negro (<i>Nigella sativa</i>) en la alimentación piscícola..... | 36 |
| Romero (<i>Salvia rosmarinus</i>) en la alimentación piscícola..... | 37 |

| | |
|--|----|
| Ajo (<i>Allium sativum</i>) en la alimentación piscícola..... | 37 |
| CAPÍTULO III..... | 38 |
| MATERIALES Y MÉTODOS..... | 38 |
| Ubicación política | 38 |
| Ubicación geográfica..... | 38 |
| Piscinas de geomembrana..... | 38 |
| Manejo de peces | 39 |
| Manejo sanitario de los peces..... | 39 |
| Preparación del balanceado a base de ajo, orégano y albahaca | 40 |
| Variables del estudio..... | 40 |
| Variables morfométricas | 41 |
| Variables productivas..... | 41 |
| Variables hematológicas..... | 41 |
| Variables organolépticas | 41 |
| Diseño Experimental..... | 42 |
| Tratamientos | 43 |
| Características de las unidades experimentales..... | 44 |
| Croquis experimental | 44 |
| Análisis estadístico..... | 45 |
| CAPÍTULO IV..... | 46 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 46 |
| Resultados..... | 46 |
| Parámetros morfométricos | 46 |
| Longitud total | 48 |

| | |
|---|----|
| Ancho total..... | 50 |
| Parámetros productivos..... | 52 |
| Ganancia de peso..... | 52 |
| Factor de conversión alimenticia..... | 54 |
| Eficiencia Alimentaria..... | 56 |
| Índice de condición corporal..... | 58 |
| Tasa de supervivencia y mortalidad..... | 60 |
| Variables hematológicas..... | 62 |
| Hematocrito..... | 62 |
| Glucosa..... | 63 |
| Proteína..... | 63 |
| Albumina..... | 64 |
| Glóbulos Rojos..... | 65 |
| Glóbulos Blancos..... | 65 |
| Características organolépticas..... | 68 |
| Filete de trucha arcoíris..... | 68 |
| Color..... | 68 |
| Olor..... | 69 |
| Sabor..... | 70 |
| Textura..... | 71 |
| Discusión..... | 74 |
| CAPÍTULO V..... | 81 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 81 |
| Conclusiones..... | 81 |

| | |
|----------------------|----|
| Recomendaciones..... | 81 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 82 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Crecimiento de las truchas a diferente temperatura del agua..... | 25 |
| Tabla 2 Saturación de oxígeno del agua dulce a diferente temperatura | 26 |
| Tabla 3 Requerimientos nutricionales de la trucha según etapa productiva..... | 29 |
| Tabla 4 Requerimientos de macro y micro minerales de la trucha arcoíris | 30 |
| Tabla 5 Requerimientos de aminoácidos en trucha arcoíris..... | 32 |
| Tabla 6 Composición nutricional del orégano por 100gr | 34 |
| Tabla 7 Composición nutricional de la albahaca por 100gr | 35 |
| Tabla 8 Composición nutricional del ajo por 100gr | 36 |
| Tabla 9 Escala hedónica para degustación de filete de trucha..... | 42 |
| Tabla 10 Descripción de los tratamientos | 43 |
| Tabla 11 Descripción de la unidad experimental. | 44 |
| Tabla 12 Medias \pm desviación estándar del peso corporal de trucha arcoíris con 7 dietas de balanceadas a base de especias durante 60 días | 47 |
| Tabla 13 Medias \pm desviación estándar de longitud total de trucha arcoíris con 7 dietas de balanceadas a base de especias durante 60 días..... | 49 |
| Tabla 14 Medias \pm desviación estándar de ancho total de trucha arcoíris bajo 7 dietas de balanceadas a base de especias durante 60 días..... | 51 |
| Tabla 15 Medias \pm desviación estándar de ganancia de peso (g. día-1) de trucha arcoíris con 7 dietas de balanceadas a base de especias durante 60 días | 53 |
| Tabla 16 Medias \pm desviación estándar del factor de conversión alimenticia de trucha arcoíris con 7 dietas de balanceadas a base de especias durante 60 días | 55 |
| Tabla 17 Medias \pm desviación estándar de la eficiencia alimentaria de trucha arcoíris con 7 dietas de balanceadas a base de especias durante 60 días | 57 |
| Tabla 18 Medias \pm desviación estándar del índice de condición corporal de trucha arcoíris con 7 dietas balanceadas a base de especias durante 60 días | 59 |

Tabla 20 Medias \pm desviación estándar del porcentaje de mortalidad y supervivencia en trucha arcoíris con 7 dietas balanceadas a base de especias durante 60 días..... 61

Tabla 21 Medias \pm desviación estándar de Proteína total, Glucosa, Albúmina, hematocrito, conteo de glóbulo rojos y blancos en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) suplementadas con 7 dietas balanceadas a base de especias en 60 días 67

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Esquema de la anatomía interna de una trucha arcoíris..... | 24 |
| Figura 2 Visión satelital del área de estudio | 38 |
| Figura 3 Croquis del diseño experimental | 44 |
| Figura 5 Interacción de especias en la variable peso | 46 |
| Figura 6 Evolución de la variable longitud total (cm) en los diferentes tratamientos durante 60 días | 48 |
| Figura 7 Ancho total (cm) | 52 |
| Figura 8 Ganancia de peso (g.día ⁻¹)..... | 54 |
| Figura 9 Factor de conversión alimenticia | 56 |
| Figura 11 Eficiencia alimentaria | 58 |
| Figura 12 Índice de condición corporal..... | 60 |
| Figura 13 Enfermedades presentes en el proyecto acuícola..... | 61 |
| Figura 15 Mortalidad (%). | 62 |
| Figura 16 Hematocrito (%) | 62 |
| Figura 17 Glucosa (mg.dL ⁻¹)..... | 63 |
| Figura 18 Proteína (g.dL ⁻¹)..... | 64 |
| Figura 19 Albumina (g.dL ⁻¹) | 64 |
| Figura 20 Glóbulos rojos (cél x 10 ⁶ .uL ⁻¹)..... | 65 |
| Figura 21 Glóbulos blancos (cél x 10 ⁴ .uL ⁻¹) | 66 |
| Figura 22 Color del filete de trucha..... | 68 |
| Figura 23 Aceptación del color del filete de trucha arcoíris | 69 |
| Figura 24 Aceptación del olor del filete de trucha arcoíris..... | 70 |
| Figura 25 Aceptación del sabor del filete de trucha arcoíris..... | 71 |
| Figura 26 Aceptación de la textura del filete de trucha arcoíris | 72 |

RESUMEN

Las especies vegetales, *Allium Sativum*, *Origanum majorana* y *Ocimum basilicum* hierbas aromáticas conocidas a nivel mundial, son utilizadas como una estrategia nutricional para la población humana y animal. En el caso de cultivos acuícolas, no solo estimulan el sistema inmunológico de los organismos acuáticos, sino proporcionan una dieta rica en minerales y vitaminas, son utilizados como suplementos alimenticios. En el presente estudio se evalúa el efecto fitobiótico del ajo, albahaca y orégano en la calidad de la carne de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorda. El proyecto se llevó a cabo con 24 unidades experimentales y un total de 600 peces de *Oncorhynchus mykiss*. Se valoraron 8 tratamientos con tres repeticiones; T0 control 0 % de especias, (T1) 6% Albahaca (B), (T2) 6% Orégano (O), (T3) 6% de orégano y albahaca (OB), (T4) 6% de ajo (A), (T5) 6% de ajo y albahaca (AB), (T6) 6% de ajo y orégano (AO) y (T7) 6% de ajo, orégano y albahaca (AOB), durante 60 días. Cada 10 días se determinaron parámetros morfométricos y productivos. Al finalizar el ensayo se realizaron análisis hematológicos y una evaluación de cualidades sensoriales del filete de trucha. Se obtuvieron valores para la variable ancho total de 5,41 cm, siendo este un valor significativo ($p < 0,0305$), sin embargo, el tratamiento 7 presentó un peso de 207,12 g y un largo total de 22,1 cm para el tratamiento 7, las mismas que fueron mayores al tratamiento control ($p < 0,874$). Para las variables productivas el tratamiento 3 presentó una ganancia de peso de 2,34 g.día⁻¹ y una eficiencia alimentaria de 91,28%. Además, se obtuvo una mayor tasa de supervivencia en los peces alimentados con el tratamiento 1. La inclusión de especias en dietas balanceadas en trucha arcoíris, mejora en términos generales el perfil hematológico del pez; cabe resaltar que las especias tienen un efecto positivo en las características organolépticas del filete de trucha, siendo el sabor y olor las cualidades que presentan valores significativos ($p < 0,001$).

Palabras clave: Características organolépticas, ajo (*Allium sativum*), orégano (*Origanum vulgare*), albahaca (*Ocimum basilicum*), trucha (*Oncorhynchus mykiss*).

ABSTRACT

The plant species *Allium sativum*, *Origanum majorana* and *Ocimum basilicum*, aromatic herbs known worldwide, are used as a nutritional strategy for human and animal populations. In the case of aquaculture crops, they not only stimulate the immune system of aquatic organisms, but also provide a diet rich in minerals and vitamins, and are used as food supplements. The present study evaluated the phytobiotic effect of garlic, basil and oregano on the meat quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the fattening stage. The project was carried out with 24 experimental units and a total of 600 *Oncorhynchus mykiss* fish. Eight treatments with three replicates were evaluated; T0 control 0 % spices, (T1) 6% Basil (B), (T2) 6% Oregano (O), (T3) 6% oregano and basil (OB), (T4) 6% garlic (A), (T5) 6% garlic and basil (AB), (T6) 6% garlic and oregano (AO) and (T7) 6% garlic, oregano and basil (AOB), for 60 days. Morphometric and productive parameters were determined every 10 days. In addition, at the end of the trial, hematological analyses and an evaluation of the sensory qualities of the trout fillet were carried out. Values were obtained for the total width variable of 5.41 cm, being this a significant value ($p < 0.0305$), however, treatment 7 presented a weight of 207.12 g and a total length of 22.1 cm for treatment 7, which were greater than the control treatment ($p < 0.874$). For the productive variables, treatment 3 presented a weight gain of 2.34 g.day⁻¹ and a feeding efficiency of 89.76%. In addition, a higher survival rate was obtained in fish fed with treatment 1. The inclusion of spices in balanced diets in rainbow trout improves in general terms the hematological profile of the fish, and it should also be noted that spices have a positive effect on the organoleptic characteristics of trout fillet, with flavor and odor being the qualities that present significant values ($p < 0.001$).

Keywords: Organoleptic characteristics, garlic (*Allium sativum*), oregano (*Origanum vulgare*), basil (*Ocimum basilicum*), trout (*Oncorhynchus mykiss*).

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La trucha arco iris es un pez resistente, de crecimiento rápido y tolerante a una amplia gama de ambientes. Los peces son engordados hasta tamaño comercial (26 cm aproximadamente), hasta que alcanzan el peso comercial a un mínimo de 250 g. En esta etapa termina la formación de sus órganos sexuales y su alimento es de tipo acabado.

Estos peces se alimentan en la naturaleza de las presas vivas que capturan, es decir, son carnívoras, aunque, se ha demostrado que dentro de su dieta se incluye microalgas y algunas especies vegetales con alto cantidad de fibra, por lo tanto, su aparato digestivo y todas sus funciones relacionadas con la digestión, absorción y utilización alimenticia se encuentran orientadas de forma natural, a la propia naturaleza del alimento que habitualmente consumen, Öz (2018)

Las truchas en estado silvestre y en cultivos con baja tecnificación, presentan un color y sabor en su carne llamativo para el consumidor, debido a que su alimentación no se basa en balanceados comerciales, sino en una diversa gama de alimentos ricos en carotenos y distintos metabolitos secundarios que influyen directamente en sus características organolépticas y su sistema inmune , Öz (2018).

Especies vegetales como ajo y albahaca presentan una amplia variedad de metabolitos secundarios que al ser ingeridos tienen un impacto directo en el sistema inmune, digestivo y en las cualidades de la carne de distintos animales de producción, López & Jiménez (2012). Se ha comprobado que los metabolitos secundarios son almacenados en los tejidos lipídicos del músculo otorgándole un color y sabor agradable al consumidor.

Justificación

En los últimos años, la carne de trucha a pesar de que tiene un alto porcentaje de nutrientes, proteínas, vitaminas y minerales beneficiosos para el ser humano, su consumo es mínimo. El dispendio per cápita de pescado es de 6,4 kg en el Ecuador a comparación de otros países, como el caso de Colombia que tiene un consumo per cápita anual de pescado es de 8,8 kg, Rainuzzo (2020), esto se debe a que la carne presenta una apariencia pálida, un sabor y olor relativamente neutro para el consumidor. Sin mencionar, que las personas tienen otras preferencias alimenticias, ya sea por razones culturales y de gusto como la carne roja, chancho, aves de corral entre otras.

Las características organolépticas de la carne roja, chancho y aves de corral son más apetecibles por el consumidor Moya (2009), ya que estos animales tienen una alimentación variada que resulta ser una fuente importante de metabolitos secundarios, los cuales tienen un efecto positivo en cuanto al color, olor y sabor de la carne de los animales de producción. Mientras que las características organolépticas de la carne de pescado (trucha) están limitadas por el tipo de alimentación que se le ofrece al pez, consecuencia del consumo único de productos balanceados, Crespo (2018).

Ante la falta de alimentos balanceados en regiones de difícil acceso con producciones piscícolas a baja escala, los piscicultores utilizan, Öz (2018), alimentos alternativos con una baja cantidad de proteína digestible, pero ricos en fibra, carbohidratos y metabolitos secundarios, como carotenos, flavonoides, fenoles, antioxidantes, aceites esenciales, etc. trayendo consigo efectos positivos en cuanto a las características organolépticas de la carne de pescado, Öz (2018).

Los metabolitos secundarios han demostrado diferentes beneficios en la alimentación del sector piscícola siendo uno de los principales el mejoramiento del sistema inmune, la digestibilidad y cualidades de la carne, puesto que los aceites esenciales actúan directamente en el control de enfermedades y parásitos, la fibra contribuye a la absorción de nutrientes y buen funcionamiento del

sistema digestivo, Rezanejad *et al.* (2019) y los carotenos en la pigmentación del músculo del pez, dándole un atractivo visual a la carne.

Estas moléculas al ser ingeridas pasan al estómago y al intestino, las cuales son absorbidas en el intestino anterior y medio, posteriormente son acumulados en los tejidos lipídicos presentes en el músculo del pez, como es el caso de carotenos, Rezanejad *et al.* (2019), flavonoides aceites esenciales, geosmina y MIB, que modifican el color, sabor y textura.

Los estudios efectuados con énfasis en la absorción de carotenoides, como astaxantina y cantaxantina, demuestran que se absorben en el lumen intestinal de los peces de manera independiente y al mismo tiempo se metabolizan por rutas diferentes; así mismo se ha comprobado que algunos metabolitos secundarios una vez asimilados por el sistema digestivo son transportados en la sangre, unidos mediante enlaces no covalentes a lipoproteínas, Rodríguez (2016). Estos son sintetizados en el hígado para su consiguiente reubicación y depósito en los tejidos lipídicos del pez, Bermúdez *et al.* (2021).

Por tal razón, el uso de especias como, ajo, orégano y albahaca a manera de suplemento alimenticio son una fuente importante de metabolitos secundarios al mejorar las cualidades de la carne y el bienestar del pez, Reyes & Patiño (2007).

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto fitobiótico del ajo, albahaca y el orégano en la calidad de la carne de trucha arco iris en etapa de engorde.

Objetivos específicos

- Evaluar características morfométricas y productivas de trucha arcoíris con pesos comerciales de 200 a 250g, sujetas al suplemento alimenticios con ajo, albahaca y orégano.

- Evaluar características organolépticas en trucha arcoíris con pesos comerciales de 200 a 250g, sujetas al suplemento alimenticios con ajo, albahaca y orégano.
- Valorar el estado sanitario del pez al final del proceso de crianza mediante análisis hematológico general y el impacto en el sistema inmune del pez con dietas fitobióticas.

Hipótesis

HO: “El uso de fitobióticos ajo, albahaca y orégano no genera cambios en las características productivas y organolépticas en truchas adultas en etapa de engorde”.

H1: “El uso de fitobióticos ajo, albahaca y orégano genera cambios en las características productivas y organolépticas en truchas adultas en etapa de engorde”.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

Biología general de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

La trucha arcoíris es propia de las vertientes que alimentan al Pacífico al norte de América, abarcando un extenso territorio, desde Alaska hasta México. Su fisiología se compone de un cuerpo alargado, con alrededor de 66 vértebras, 4 espinas dorsales, 12 rayos dorsales blandos, 3 espinas anales, de 8 a 12 rayos anales blandos, 19 rayos caudales y una aleta adiposa presente, usualmente con borde negro. Sin embargo, su coloración varía dependiendo de las condiciones naturales de su hábitat, el tamaño, y la condición sexual que presente, Rainuzzo (2020).

Ubicación taxonómica.

Según Rainuzzo (2020) menciona la clasificación de la siguiente manera:

- **Reino:** *Animalia*
- **Filo:** *Chordata*
- **Clase:** *Actinopterygii*
- **Orden:** *Salmoniformes*
- **Familia:** *Salmonidae*
- **Género:** *Oncorhynchus*
- **Especie:** *mykiss*
- **Nombre científico:** *Oncorhynchus mykiss*

Anatomía interna

Sistema Digestivo

Su proceso alimenticio inicia con la introducción de pequeños crustáceos o balanceado comercial que es ingerido por la boca, el cual es tragado entero con la ayuda de un mucus que contiene enzimas libres. Posteriormente pasa a la faringe, que conduce a un corto esófago que termina en un esfínter, el cual evita la entrada de la corriente de agua respiratoria hacia el estómago, Moya (2009). En el estómago, con forma de U, se efectúa la auténtica digestión gástrica, en donde la válvula pilórica controla el tránsito del alimento desde el final del estómago al extremo del intestino.

El intestino avanza como duodeno, el cual presenta unos cuarenta tubos glandulares ciegos, conocidos como ciegos pilóricos, que en conjunto al estómago, están rodeados por pliegues sueltos de peritoneo llenos de grasa; constituidos de glándulas secretoras de enzimas (lactasa, sacarasa, lipasa, etc.), que intervienen en la digestión de las grasas y también participan directamente en la absorción de los alimentos ya digeridos, como parte esencial del proceso ya mencionado, partiendo de una ampliación de la superficie del tracto intestinal luego de dar una vuelta sobre sí mismo e ir hacia atrás, hasta llegar al ano. Asimismo, cabe señalar que su estructura posterior contiene una membrana mucosa realizada en forma de prominentes puentes anulares que incrementan la superficie de absorción, Crespo (2018).

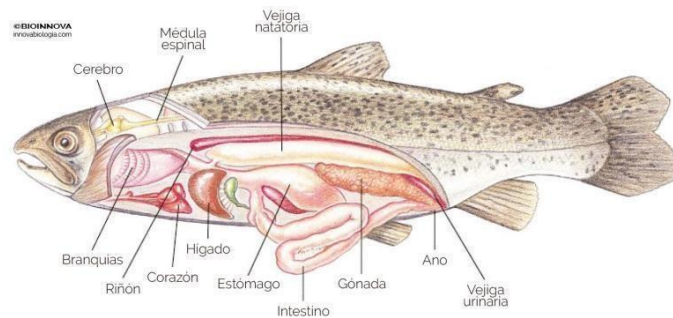
Por otro lado, el hígado está dividido en dos lóbulos, el derecho e izquierdo, los mismos que se encuentra en posición horizontal cerca del estómago y anclados tanto a los miómeros, como a la columna vertebral, a través de un tejido conectivo. Su función principal se centra en la producción de bilis, que se almacena en una gran vesícula biliar, ubicada en la parte inferior del hígado, con la finalidad de ayudar en la digestión de las grasas. Adicionalmente, las células pancreáticas, se encargan de producir desde las enzimas digestivas hasta la hormona insulina, Buenaño (2010).

Del mismo modo, se encuentra adherido al estómago un gran bazo, este consiste en un espacioso órgano para el almacenamiento de sangre y otras funciones relacionadas, no con el tubo digestivo, sino con el sistema vascular sanguíneo en particular. Entre dichas funciones se halla la liberación de eritrocitos adicionales para aumentar la eficiencia en la transportación de oxígeno en la sangre, Moya (2009).

Finalmente, la vejiga natatoria se encuentra entre el tubo digestivo y los riñones, ocupando la totalidad de la cavidad abdominal. Su apariencia resulta similar a un saco brillante de paredes delgadas y tiene por propósito regular la capacidad de flotación del pez, al hincharse o deshincharse. Al ser esencialmente un órgano hidrostático almacena aire con abundante porcentaje de oxígeno, de igual manera su funcionalidad varía, englobando tareas como producir y recibir sonidos, y en algunos casos hasta respirar, Rainuzzo (2020).

Figura 1

Esquema de la anatomía interna de una trucha arcoíris.



Nota. Autor Moya (2009).

Factores que influyen en la crianza de truchas

Temperatura

La trucha arcoíris es un animal poiquiloterma, esto hace referencia a la adaptación de temperatura de su cuerpo en relación al del agua, por ende, ante el cambio de esta última su alteración se vuelve inminente. No obstante, se consideran algunos rangos necesarios para que la trucha pueda

sobrevivir, los que parten desde el punto de congelación hasta los 25 °C, deteniéndose el crecimiento debajo de los 4 °C, y llegando a la zona de extremo peligro a partir de los 20 °C en adelante (Tabla 1).

Tabla 1

Crecimiento de las truchas a diferente temperatura del agua:

| TEMPERATURA AGUA (°C) | OBSERVACIONES |
|--------------------------|--|
| Hasta 11 °C | Crecimiento lento, resistencia a enfermedades |
| De 12 a 17 °C | Crecimiento Óptimo |
| De 18 a 22 °C | Crecimiento lento, presencia de enfermedades, mayor mortalidad |
| >23 °C | Temperatura mortal. |

Nota: Autores Vladimir *et al.* (2004).

Oxígeno

Esta especie en específico tiene exigencias muy altas de oxígeno, puesto que, si no hay una buena concentración de este elemento disuelto en el agua, las truchas pueden enfermarse o incluso morir, Vladimir *et al.* (2004) r. En el caso de una producción intensiva de truchas es recomendable que el contenido de oxígeno en el agua se halle entre los 5 mg.L⁻¹ y los 8 mg.L⁻¹, razón por la cual las temperaturas por encima de los 20 °C resultan críticas (Tabla 2). Paralelamente, la cantidad de la fuente de agua que va a utilizar el proyecto de truchas, debe medirse en temporadas secas, para conocer cuál es el mínimo caudal disponible, ya que de este dependerá la cantidad de oxígeno y por consiguiente el número máximo de truchas por cultivar, Bermúdez *et al.* (2021).

Tabla 2

Saturación de oxígeno del agua dulce a diferente temperatura.

| TEMPERATURA | OXÍGENO DISUELTO | TEMPERATURA | OXÍGENO DISUELTO |
|-------------|---------------------|-------------|---------------------|
| °C | mg.L ⁻¹ | °C | mg.L ⁻¹ |
| 0 | 14.30 | 13 | 10.38 |
| 1 | 13.92 | 14 | 10.15 |
| 2 | 13.57 | 15 | 9.96 |
| 3 | 13.20 | 16 | 9.76 |
| 4 | 12.22 | 17 | 9.55 |
| 5 | 12.52 | 18 | 9.35 |
| 6 | 12.21 | 19 | 9.16 |
| 7 | 11.91 | 20 | 9.00 |
| 8 | 11.62 | 21 | 8.82 |
| 9 | 11.33 | 22 | 8.67 |
| 10 | 11.10 | 23 | 8.41 |
| 11 | 10.83 | 24 | 8.36 |
| 12 | 10.61 | 25 | 8.22 |

Nota. Autores Vladimir et al. (2004)

Partiendo de la información expuesta en la tabla, se puede destacar al oxígeno como uno de los requerimientos más importantes en el desarrollo adecuado de las truchas. Por ende, su grado de saturación resulta ser inversamente proporcional a la altitud y a la temperatura; como resultado su rango óptimo está entre 7 y 9 ppm, teniendo como límite mínimo una concentración de 5 ppm, generalmente medida en la salida del estanque. Entre más altos sean los valores hallados, será factible tener una mayor capacidad de biomasa en los tanques, Vladimir *et al.* (2004).

Alimento

La trucha arcoíris es un pez carnívoro, su fisiología digestiva está en función del tipo de alimento que va a digerir. En vida silvestre se alimenta de distintas presas vivas y microalgas que le aporten un sin número de nutrientes, pigmentos y metabolitos secundarios. El alimento debe cubrir las necesidades de los peces, tanto las necesidades energéticas como proteína y nutrientes que son requeridos para su desarrollo y crecimiento, Gabriel *et al.* (2021). Las formulaciones del alimento han sido realizadas de tal manera que este satisfaga los requerimientos nutricionales de las truchas en sus distintas etapas de crecimiento (Tabla 3).

Fisiología de la alimentación

Digestión del alimento

Digestión en el estómago

La mayoría de peces reaccionan a la ingestión del alimento, a través de la secreción de ácido, en especial el clorhídrico generado por las propias células del estómago, sumado al fluido gástrico. En especies herbívoras el pH se ve menos afectado por la ingestión, el paso del bolo alimenticio crea una especie de efecto tampón, sin embargo, la variación del pH en el estómago puede influir sobre el proceso digestivo de las especies de aguas cálidas. Las diferentes células glandulares del estómago secretan proteasas (pepsina y endopeptidasa), al igual que ácido clorhídrico, la actividad proteolítica tiene su valor óptimo a un pH ácido, Öz *et al.* (2017).

Digestión en el intestino

Se inicia debido a la acción de diferentes enzimas secretadas por la pared intestinal o por las glándulas anexas al hígado y páncreas. El páncreas vierte al intestino proteasas, carbohidrasas y lipasas. La bilis procedente del hígado y acumulada en la vesícula biliar aporta principalmente sales biliares (compuestos tenso-activos) capaces de emulsionar los lípidos facilitando la acción de la lipasa. Tanto en los peces con estómago como en los agastros, el pH del fluido intestinal es cercano a la neutralidad o básico. Generalmente es neutro en la parte anterior y se hace alcalino en la parte posterior, Moya (2009).

Absorción

La absorción de nutrientes se produce a nivel intestinal, a comparación de otros vertebrados no se diferencian los tramos intestinales. En donde, la absorción de nutrientes resulta similar a lo largo de todo el tracto digestivo de los peces, en el caso de las truchas, el ciego pilórico y el intestino anterior presentan una mayor superficie de absorción de nutrientes. Ya que estos producen una serie de enzimas digestivas para hidrolizar proteínas, carbohidratos y lípidos en moléculas más pequeñas, para estas a su vez ser absorbidas por células epiteliales que recubren al intestino, Albrecht *et al.* (2001).

Manejo de la alimentación

Según Özogul & Özogul (2004) un manejo alimenticio debe cumplir las siguientes condiciones de manejo.

- La alimentación diaria y el cuidado de los peces en los estanques tienen prioridad.
- Un buen programa de alimentación incluye alimentar a los peces los 7 días de la semana
- Se debe tener cuidado de no dar alimento cerca de la compuerta de salida donde la corriente puede llevarse al alimento fuera del estanque antes que el pez pueda consumirlo.
- El alimento deberá aumentarse cada día de acuerdo con la Tabla de raciones elaborada de acuerdo con el peso esperado de la biomasa y a la temperatura del agua.
- Los peces deben muestrearse cada cierto tiempo para determinar si están logrando la tasa de crecimiento esperado, de lo contrario la ración debe ser modificada.
- Los peces deben mantenerse sin alimentación 24 horas antes de seleccionarlos, manipularlos y/o transportarlos.
- Se debe llevar registros individuales en los estanques, las conversiones, porcentajes de ganancia, los flujos de agua, el oxígeno disuelto y la mortalidad.

Nutrición en peces

La investigación dedicada a la nutrición de peces se ha desarrollado a gran escala en las últimas décadas, y se encuentra en constante perfeccionamiento y evolución. A pesar de ello, los costos son mayores en todo el proceso de cultivo de peces, al considerar que su rendimiento final depende, de la cantidad y calidad del alimento, además de las condiciones de cultivo que llegan a incidir en la fisiología y nutrición de los animales en desarrollo, así como también, se ven sujetos a cambios de las condiciones del medio (por acumulación de detritus, productos de excreción etc.) por las propiedades del alimento. En consecuencia, la nutrición puede influir en el comportamiento, la integridad estructural, el estado sanitario general y en varias funciones fisiológicas como el crecimiento y la reproducción, Öz *et al.* (2017). A razón de lo cual, la alimentación de especies acuícolas debe orientarse hacia tres aspectos primordiales, mayor utilización de proteínas vegetales y derivados de proteínas animales, menor excreción de nutrientes en las aguas y mínimo riesgo para la salud humana, Mexis *et al.* (2009).

Requerimientos nutritivos

Tabla 3

Requerimientos nutricionales de la trucha según etapa productiva.

| Requerimiento | ED (Mcal) | PC (%) | FC (%) | Ca (%) | P (%) | LIS (%) | MET (%) | CIS (%) | TRI (%) | ARG (%) | TRE (%) |
|--------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Trucha inicio | 3500 | 45 | 2 | 1,2 | 0,7 | 2,2 | 1 | 0,35 | 0,3 | 1,7 | 1 |
| Trucha crecimiento | 3600 | 42 | 3 | 1,1 | 0,65 | 2 | 0,9 | 0,3 | 0,25 | 1,6 | 0,9 |
| Trucha engorde | 4200 | 38 | 4 | 1 | 0,6 | 1,8 | 0,8 | 0,25 | 0,2 | 1,5 | 0,8 |

Nota. Donde: ED= energía digestible, PC=proteína cruda, FC=fibra cruda (no es nutriente, pero tiene límites máximos), Ca=calcio, P=fosforo, LIS=lisina, MET=metionina, CIS=cistina, TRI=triptófano, ARG=arginina, TRE=treonina. Autor Yucra (2022).

En el caso específico de la trucha, se destaca su eficiencia al usar la proteína y los lípidos de su dieta para generar energía, pero, también la pobre asimilación de los glúcidos. De modo que, los niveles altos de glúcidos digeribles en el alimento incrementan los depósitos de glucógeno en el hígado, reduce el apetito y su crecimiento, es por ello que se recomienda contener un máximo de 12% de estos en la dieta. Los valores en la Tabla 3, representan los requisitos mínimos para el desarrollo máximo del pez bajo condiciones experimentales.

Dentro de esta misma línea se puede mencionar el uso de los aceites, ya que con un 5% se provee suficientes cantidades de ácidos grasos; requieren de 15 vitaminas y de macro y micro minerales (Tabla 4) en su dieta para asegurar un buen desarrollo de los peces, Yucra (2022).

Tabla 4

Requerimientos de macro y micro minerales de la trucha arcoíris.

| Macrominerales | (%) | Microminerales | (mg/Kg) |
|----------------|------|----------------|---------|
| Calcio | 1 | Cobre | 3 |
| Cloro | 0,9 | Iodo | 1,1 |
| Magnesio | 0,05 | Hierro | 6 |
| Fosforo | 0,6 | Manganeso | 3 |
| Potasio | 0,7 | Zinc | 3 |
| Sodio | 0,6 | Selenio | 0,3 |

Nota. Autor Yucra (2022).

Energía

La energía al no ser un nutriente, se libera durante la oxidación metabólica de los hidratos de carbono, grasas y aminoácidos. No obstante, el consumo de energía es un requerimiento nutricional básico, porque el mantenimiento de los procesos de la vida tiene prioridad sobre el crecimiento y otras funciones. Por lo tanto, la cantidad de energía debe ser la primera consideración en la formulación de la dieta alimenticia de los peces; recalando que la proteína y la energía deben

mantenerse en equilibrio constantemente, puesto que, en caso contrario un exceso puede reducir las tasas de crecimiento de los peces o conducir a la deposición de grandes cantidades de grasa corporal, que resulta ser indeseables en el cultivo de las truchas, Santaella *et al.* (2012).

Proteína

Las proteínas son los principales materiales orgánicos en tejidos de peces y constituyen aproximadamente el 65 al 75% del total de peso seco. Adicionalmente, los peces consumen proteína para obtener los aminoácidos que son absorbidos desde el tracto intestinal y se distribuyen por la sangre a los órganos y tejidos. Para la trucha arcoíris se considera como óptimo un 40% cuando se utiliza harina de pescado de mar, en vista de que el contenido proteico mínimo necesario depende en gran parte de la tasa energética del alimento, Rainuzzo (2020), sin embargo, es aceptable un 36% de proteína si el aporte energético es elevado. En el caso de los peces cuyo crecimiento se ralentiza con la edad, pero nunca cesa, se observa a lo largo del envejecimiento una disminución simultánea de síntesis y degradación de proteínas corporales, también con una progresiva ralentización de la retención, provocado por el envejecimiento celular, esto limita la cantidad de alimento a ingerir ya que el sistema digestivo se vuelve menos elástico, Yucra (2022).

Aminoácidos

Un requerimiento en el desarrollo de la trucha arcoíris es la obtención de estos diez aminoácidos: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, y valina que promueven la ganancia de peso y un buen estado sanitario del pez, Buenaño (2010).

Tabla 5*Requerimientos de aminoácidos en trucha arcoíris*

| Aminoácidos | (%) |
|-------------------------|------|
| Arginina | 1,52 |
| Histidina | 0,7 |
| Isoleucina | 0,9 |
| Leucina | 1,41 |
| Lisina | 1,81 |
| Meionina + Cistina | 1,01 |
| Fenilalanina + tirosina | 1,81 |
| Treonina | 0,8 |
| Triptofano | 0,2 |
| Valina | 1,21 |

Nota. Autor Buenaño (2010).

Óptima relación Proteína - Energía

Los peces tienen requerimientos energéticos más bajos porque su dieta natural es rica en proteínas que hace que su metabolismo se adapte a la proteína como fuente de energía. La tendencia es a intentar introducir el máximo de grasa para evitar el ahorro de aminoácidos y proteínas. La grasa es la forma óptima de almacenar energía dentro de los organismos, que paralelamente representa una fuente ilimitada de la misma, aunque con características distintas respecto a los hidratos de carbono (glucógeno), los cuales, dentro de la alimentación de truchas, representan una baja digestibilidad, ya que esta especie al ser netamente carnívora están diseñados para digerir proteínas de origen animal, Rezanejad *et al.* (2019).

Se debe buscar la relación proteína - energía adecuada para direccionar la cantidad de aminoácidos suministrados en el alimento hacia la generación de masa corporal y evitar su consumo en la energía empleada en el proceso biológico. Es decir que, en los monocavitarios, la energía estaría alrededor del 40:60 de proteína: energía. En los peces que sean carnívoros u omnívoros es de 90: 110, esto con el fin de aprovechar todos los aminoácidos aportados por la dieta en el crecimiento

muscular del pez y no en procesos metabólicos que la grasa o los carbohidratos intervienen. Como fuente de energía, Roció & García (2020) .

Complementos alimenticios en las dietas de trucha arcoíris

Pigmentantes (Carotenoides)

Buenaño (2010), menciona que a pesar de que los carotenoides tienen una distribución universal y una abundancia extensa en una amplia variedad de animales acuáticos, estos son sintetizados de nuevo solamente por las plantas y algunos microorganismos. Por lo tanto, los animales dependen del suplemento de carotenoides en una dieta exógena para abastecer sus requerimientos nutricionales metabólicos. A comparación de las plantas, la distribución cuantitativa y cualitativa de los carotenoides en organismos acuáticos es principalmente el resultado de los hábitos alimenticios de cada especie de forma particular, al tener en cuenta sus características de absorción y de las actividades metabólicas de transformación, que al variar se demuestra un alto grado de selectividad en la absorción específica de los carotenoides o en la transformación metabólica de los mismos.

Metabolitos secundarios

Los metabolitos secundarios que poseen las plantas se han desarrollado como mecanismos de coevolución contra los herbívoros (especialmente insectos) actuando en algunas ocasiones como medio de defensa ante los consumidores causando efectos tóxicos, no obstante, algunas plantas presentan metabolitos secundarios sin efectos nocivos al ser ingeridas por los animales de producción (bovinos, caprinos, cerdos, peces, aves, etc.). Adicionalmente, en los animales domésticos se pueden reflejar efectos beneficiosos al obtener resultados antibacterial, antifúngicos, y antiparasitarios, así como también se halla la reducción de grasa en canal; el riesgo de timpanismo en bovinos y caprinos; y la mejora de las características organolépticas de la carne de los animales destinados a la explotación cárnica, Mexis *et al.* (2009).

Especies vegetales como fuente de metabolitos secundarios

Orégano (*Origanum vulgare*)

El orégano es una planta aromática cultivada en varias regiones del mundo, cuyo valor comercial se debe a sus características como especia y propiedades medicinales. El orégano presenta una composición fotoquímica, que puede clasificarse en compuestos volátiles, lípidos y fenólicos, Skandamis & Nychas (2001).

Los compuestos volátiles son los responsables de las características sensoriales presentes en el *Origanum vulgare*, dado que su concentración varía el olor y sabor de las hojas. Dentro de los compuestos volátiles encontrados presenta terpenos, sesquiterpenos, aldehídos y alcoholes. Así mismo, el orégano presenta compuestos fenólicos como uteolina, taxifolina, quercetina y naringenina los cuales definen sus características organolépticas, Mexis *et al.* (2009).

Tabla 6

Composición nutricional del orégano por 100g.

| Composición | (g) | (%) | Minerales | (mg) | % | Vitaminas | (mg) | % |
|---------------|-------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|------|
| kcal | 308 | 16,1 | Na | 15 | 0,9 | Vit A | 0,69 | 76,7 |
| Carbohidratos | 21,63 | 7 | Ca | 1576 | 131,3 | Vit B1 | 0,34 | 28,3 |
| Proteína | 11 | 23 | Fe | 44 | 550 | Vit B2 | 0,32 | 24,6 |
| Fibra | 42,8 | 142,7 | Mg | - | - | Vit B3 | 6,22 | - |
| Grasa | 10,25 | 19,3 | P | 200 | 28,6 | Vit B12 | - | - |
| | | | K | 1669 | 83,5 | Vit C | 50 | 55,6 |

Nota. Autor Mexis *et al.* (2009).

Albahaca (*Ocimum basilicum*)

En plantas aromáticas como albahaca (*Ocimum basilicum*), se ha encontrado distintas moléculas asociadas a los metabolitos secundarios de la planta, llegando a evidenciar la presencia de alcaloides, flavonoides, fenoles, aceites esenciales y saponinas. En relación a la cuantificación, se evidenció una mayor concentración de fenoles, seguido de alcaloides y de flavonoides. La presencia de alcaloides, taninos, flavonoides y compuestos fenólicos ya había sido señalada por López &

Jiménez (2012), atribuyéndose a los mismos los principios activos como insecticida, nematocida, antifúngico y antibacterial, Reyes & Patiño (2007). Del mismo modo, evidenciaron la presencia de abundantes triterpenos y esteroides, taninos, azúcares, flavonoides y saponinas muy escasas. Por tal razón, el uso de extractos de albahaca dentro de dietas animales, disminuye el uso de tratamientos antiparasitarios y de distintas enfermedades que se presentan en el sistema digestivo.

Tabla 7

Composición nutricional de la albahaca por 100g.

| Composición | (g) | (%) | Minerales | (mg) | % | Vitaminas | (mg) | % |
|---------------|------|------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|
| Kcal | 178 | 9,3 | Na | 34 | 2,1 | Vit A | 5,54 | 615,4 |
| Carbohidratos | 20,5 | 6,6 | Ca | 2113 | 176,1 | Vit B1 | 0,15 | 12,5 |
| Proteínas | 14,4 | 30,1 | Fe | 42 | 525 | Vit B2 | 0,32 | 24,6 |
| Fibra | 40,5 | 135 | Mg | - | - | Vit B3 | 6,95 | - |
| Grasas | 3,98 | 7,5 | P | 490 | 70 | Vit B12 | - | - |

Nota. Autores López & Jiménez (2012).

Ajo (*Allium sativum*)

Dentro de la familia *Liliaceae* se encuentra, quizá, la especie más emblemática de todas con fuerte olor a ajo, el igualmente conocido como ajo (*Allium sativum*). Desde el punto de vista fitoquímico, el ajo, y en las demás especies de la familia con el idéntico olor, abundan compuestos azufrados del tipo organosulfurados (alil-sulfuros, propionaldehídos, propintiol, vinil disulfuro) como saponinas esteroideas, caso de dialil sulfido o disulfuro de alilo, dialil monosulfido, dimetil sulfito, entre otros. También cuentan con flavonoides y otros compuestos derivados de la cisteína. Dialil disulfido, allicina (dialil thiosulfinato), o allixina, parecen ser efectivos como anticancerígenos, ya que han demostrado su capacidad para disminuir el riesgo de padecer cáncer de esófago y combatir otros tumores, López & Jiménez (2012).

Las propiedades salutíferas del ajo se deben sobre todo a la aliina y al disulfuro de alilo, los principales precursores del aroma del ajo que son metabolitos volátiles, inactivos e inodoros, pero que cuanto se tritura o se corta el ajo se transforma la aliina en allicina (o alicina), que es el que realmente produce el olor a ajo tan característico, Bermúdez *et al.* (2021).

Tabla 8*Composición nutricional del ajo por 100g.*

| Composición | (g) | Minerales | (mg) | Vitaminas | (mg) |
|---------------|-----|-----------|------|-----------|------|
| kcal | 149 | Na | 17 | Vit A | - |
| Carbohidratos | 31 | Ca | 181 | Vit E | 0,1 |
| Proteína | 6,4 | Fe | 1,7 | Vit B12 | 3 |
| Fibra | 2,1 | Mg | - | Vit C | 31,2 |
| Grasa | 0,5 | P | - | | |
| | | K | 401 | | |

Nota. Autores Bermúdez *et al.* (2021).**Uso de especies vegetales en la alimentación piscícola*****Linaza* (*Linum usitatissimum*) y *Girasol* (*Helianthus annuus*) en la alimentación piscícola**

Drobná (2006) afirma que la inclusión de girasol y linaza mejoran la concentración de ácidos grasos monoinsaturados en el filete de trucha. Las truchas arcoíris alimentadas con semillas de girasol al 2,5 y 5% no mejoran las cualidades del filete como firmeza y jugosidad, pero tienen un impacto significativo sobre el color, la intensidad del olor y el sabor a aceite de pescado propio de la carne de trucha; mientras que la inclusión de linaza en el alimento de los peces provocó un sabor y olor desagradable en la carne de trucha, Drobná (2006).

***Comino Negro* (*Nigella sativa*) en la alimentación piscícola**

Öz *et al.* (2017), señala que la inclusión de comino negro en la alimentación de trucha arcoíris no causa ningún cambio sensorial en la carne de trucha, sin embargo, la adición de comino negro al alimento condujo a una disminución del contenido total de nitrógeno volátil (rimetilamina, dimetilamina, amoníaco y otros compuestos nitrogenados básicos volátiles) en la carne de pescado. La cantidad de compuestos nitrogenados volátiles básicos están relacionados con la actividad de descomposición bacterias y enzimas endógenas. La inclusión de comino negro al 1 y 1,3% disminuye la tasa de crecimiento microbiano en el filete de trucha, aumentando el tiempo de almacenamiento de la carne sin la pérdida de características organolépticas de la misma.

Romero (*Salvia rosmarinus*) en la alimentación piscícola

Rezanejad *et al.* (2019), manifiesta que dietas enriquecidas con extracto y nanopartículas de romero con 0,6 y 0,15 g.kg⁻¹ de adición respectivamente, mejora notablemente características como olor y sabor del filete de trucha, además la inclusión de nanopartículas de romero aumentó el tiempo de almacenamiento de la carne de trucha sin la pérdida de sus características nutricionales y organolépticas. El romero al presentar una gran variedad de compuestos fenólicos y de aceites esenciales redujo notablemente el microbiota presente en la carne de trucha, disminuyendo de esta manera los compuestos nitrogenados volátiles.

Ajo (*Allium sativum*) en la alimentación piscícola

Gabriel *et al.* (2021) menciona que el uso de ajo y aloe vera en la dieta de bagre africano (*Clarias gariepinus*) mejora los índices hematológicos, lo cual, conlleva a una resistencia a condiciones desfavorables presentes en el agua, además los animales sometidos a dietas con ajo y aloe vera muestran una tasa de crecimiento mayor, reduciendo el tiempo en producción y mejorando la rentabilidad de un proyecto piscícola con bagre africano.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación política

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Proyecto Piscícola Pailones y en el Laboratorio de Acuicultura, ubicados en la Hacienda El Prado, barrio San Fernando, parroquia Sangolquí, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha.

Figura 2

Visión satelital del área de estudio



Nota: A) Proyecto acuícola Pailones B) Laboratorio de acuicultura, Autor Google Maps (2022).

Ubicación geográfica

El Proyecto Acuícola Pailones se encuentra a una latitud de $0^{\circ}25'23.66''S$, longitud de $78^{\circ}24'44''W$ y altitud de 2926 m; mientras que, el Laboratorio de Acuicultura se encuentra ubicado a una latitud de $0^{\circ}23'15.66''S$, longitud de $78^{\circ}24'51.40''O$ y altitud de 2723 m.

Piscinas de geomembrana

Las piscinas de geomembrana constan de una tubería de caudal de entrada de 4 pulgadas y un sistema de aireación de cuatro salidas. Las piscinas presentan un caudal promedio de $21,66 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ y un volumen promedio de 109 m^3 .

Manejo de peces

Se utilizaron 600 truchas pertenecientes al Proyecto Piscícola de Pailones, las cuales fueron distribuidas en igual número en las dos piscinas de geomembranas.

Cada 10 días se determinaron los parámetros morfométricos y productivos con el seguimiento de las siguientes variables: peso promedio, biomasa, longitud total, longitud parcial, ancho total, lo que permitió el cálculo de los parámetros productivos de la trucha arcoíris:

- Ganancia de peso (g): $\frac{\text{Peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}}{\text{Tiempo (días)}}$
- T.C.E (Tasa de crecimiento específico): $\frac{(\ln P \text{ final} - \ln P \text{ inicial})}{\text{Tiempo (días)}} * 100$
- F.C.A (Factor de conversión alimenticia): $\frac{\text{Total alimento consumido (g)}}{\text{Peso ganado (g)}}$
- E.A (Eficiencia alimenticia): $\frac{\text{Peso ganado (g)}}{\text{Alimento ingerido (g)}} * 100$
- I.C.C (Índice de condición corporal): $\frac{\text{Peso corporal (g)}}{(\text{Longitud total})^3} * 100$

Manejo sanitario de los peces

Cada 15 días se sometió a los peces a un tratamiento en una solución de sal yodada (10 g. L⁻¹) sal en grano (20 g. L⁻¹) y ácidos orgánicos (0.5 g. L⁻¹) con el fin de reducir y prevenir enfermedades. Se colocó la solución en baldes de 20 litros, con ayuda de una red de pesca se sumergió a las truchas dentro de esta solución durante un tiempo de 10 a 60 segundos, a continuación, se llevó a las truchas a sus respectivas jaulas. Además, cada 4 días se formuló una solución de un probiótico elaborado a base de soja (0.5 ml. L⁻¹) de uso sanitario y probiótico comercial (FreshPlus 0.5 g. L⁻¹), la solución de microorganismos benéficos se preparó en baldes de 20 litros, una vez activados se colocó directamente en los tanques de oxidación y en las piscinas de geomembrana.

Preparación del balanceado a base de ajo, orégano y albahaca

Se procedió a preparar el balanceado al 6% de cada especia, a una razón de 60 gramos en 1 kilogramo de balanceado comercial. El porcentaje de inclusión fue determinado en base a distintas investigaciones tales como: “Dietary effects of garlic (*Allium sativum*) on haemato-immunological parameters, survival, growth, and disease resistance against *Vibrio harveyi* infection in Asian sea bass, *Lates calcarifer* (Bloch)” Talpur & Ikhwanuddin (2012) y “Effects of garlic (*Allium sativum*) supplemented fish diet on sensory, chemical and microbiological properties of rainbow trout during storage at $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ” Öz (2018), en estos estudios los investigadores recomiendan utilizar un porcentaje de inclusión del 6 y 9% de extractos de especias en la alimentación de trucha arcoíris.

Cada especia se la utilizó en forma de harina. Para asegurar la correcta distribución de las especias en el alimento balanceado, se realizó la siguiente metodología, esto para la preparación de un kilogramo:

- En una tina ovalada de 5 litros, previamente esterilizada, se colocó un kilogramo de balanceado más 60 gramos de la especia a utilizar.
- En un recipiente se aforó 100 ml de agua hervida la cual se calentó hasta los 60°C.
- Se pesó 6,25 gramos del ligante (Aquacc) y se diluyó en el agua hervida, formando una solución del ligante.
- Se roció la solución de ligante en el alimento balanceado más la especia se mezcló lo mejor posible para distribuir homogéneamente la harina.
- Se utilizó plástico negro previamente desinfectado sobre el mismo se colocó papel absorbente con el fin de mejorar el secado del balanceado preparado.
- Una vez seco se almacenó en recipientes transparentes en un cuarto oscuro.

Variables del estudio

La alimentación de las dietas fue suministrada 3 veces al día, además la limpieza de las piscinas de geomembrana se realizó cada 2 días. Finalmente, cada 15 días se procedió a tomar una muestra de agua para medir nitrógeno total, amoníaco y nitritos.

Variables morfométricas

De cada unidad experimental se tomaron 15 truchas para evaluar las variables morfométricas tales como: Longitud total (LT), longitud parcial (LP), ancho total (At) y masa corporal (g).

Variables productivas

A continuación, se describe las variables productivas que se utilizaron en el ensayo: Tasa de crecimiento (%), mortalidad (%), Ganancia de peso, Conversión alimenticia (F.C.A), Índice de condición corporal (I.C.C), Eficiencia alimentaria (E.A), todas estas variables fueron tomadas cada 10 días.

Variables hematológicas

Las variables hematológicas que se evaluaron en el estudio fueron: hematocrito, albúmina, proteína total y glucosa. La extracción de sangre se efectuó en 5 peces por tratamiento cuando finalizó el ensayo; para ello se utilizó una jeringa de 3ml con heparina sódica ($5000\text{UI}\cdot\text{ml}^{-1}$), a fin de evitar la coagulación de sangre. Para prevenir confusión de muestras se procedió a rotular y almacenar en el refrigerador a 4°C .

A fin de evaluar el porcentaje de hematocrito, en tubos capilares se colocó las muestras de sangre. Posteriormente, se procedió a sellar con plastilina cada una de ellas y fueron colocadas en la centrifugadora (MX8624) a 3500 rpm durante 10 minutos. Finalmente, con una Tabla de micro hematocrito se determinó el valor.

Variables organolépticas

Las variables organolépticas que se evaluaron en el estudio fueron: olor, color, sabor y textura. El levantamiento de información del proceso de degustación se realizó mediante una ficha, la cual contenía dos opciones correspondientes a los distintos tratamientos, por tanto, esta opción contiene una escala de 2 a 5, que fueron ubicados bajo cada criterio y gusto de los catadores; en el Tabla 9, se detalla la ficha.

La tabulación de los datos se lo realizó mediante una prueba no paramétrica (Test de Friedman), el mismo consiste en determinar si existe o no una diferencia estadísticamente

significativa ($p < 0,05$) entre las medias de tres o más grupos en los que aparecen los mismos sujetos en cada grupo.

Tabla 9

Escala hedónica para degustación de filete de trucha.

| Variable organoléptica | | Valor | Colocar una (X) |
|------------------------|---|-------|-----------------|
| SABOR | Perceptible a especias, agradable | 5 | |
| | Moderadamente perceptible a especias, agradable | 4 | |
| | Poco perceptible a especias, agradable | 3 | |
| | Imperceptible, agradable | 2 | |
| COLOR | Rojo intenso | 5 | |
| | Rojo | 4 | |
| | Moderadamente rojo | 3 | |
| | Pálido | 2 | |
| OLOR | Distinguible a especias | 5 | |
| | Moderadamente distinguible a especias | 4 | |
| | Poco distinguible a especias | 3 | |
| | Imperceptible | 2 | |
| TEXTURA | Muy tierna, firme y jugosa | 5 | |
| | Tierna, firme y jugosa | 4 | |
| | Moderadamente tierna, firme y acuosa | 3 | |
| | Muy seca y dura | 2 | |

Nota. Autoría propia.

Diseño Experimental

Para este estudio se estableció un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 3 repeticiones, para un total de 24 unidades experimentales (jaulas), cada unidad experimental estuvo conformada por 25 truchas. El modelo matemático que se siguió fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + e \text{ (Rep/}\tau_i\text{)}$$

Donde:

- Y_{ij} = Características morfométricas, productivas, hematológicas y organolépticas
- μ = Media muestral
- τ_i = Efecto de las especias
- β_j = Efecto de los bloques
- e = Error de la muestra

Tratamientos

En la Tabla 10, se describen los tratamientos que se evaluaron en la alimentación de trucha arcoíris.

Tabla 10

Descripción de los tratamientos.

| Tratamiento | Descripción | Código |
|--------------------|---|---------------|
| T0 | Alimento balanceado | C |
| T1 | 1000g Alimento balanceado + 60g de harina de ajo | A |
| T2 | 1000g Alimento balanceado + 60g de harina de orégano | O |
| T3 | 1000g Alimento balanceado + 60g de harina de albahaca | B |
| T4 | 1000g Alimento balanceado + 60g de harina de ajo + 60g de harina de orégano | AO |
| T5 | 1000g Alimento balanceado + 60g de harina de ajo + 60g de harina de albahaca | AB |
| T6 | 1000g Alimento balanceado + 60g de harina de orégano + 60g de harina de albahaca | OB |
| T7 | 1000g Alimento balanceado + 60g de harina de ajo + 60g de harina de orégano + 60g de harina de albahaca | AOB |

Nota: Tratamientos y dosis. Autoría propia.

Características de las unidades experimentales

Tabla 11

Descripción de la unidad experimental.

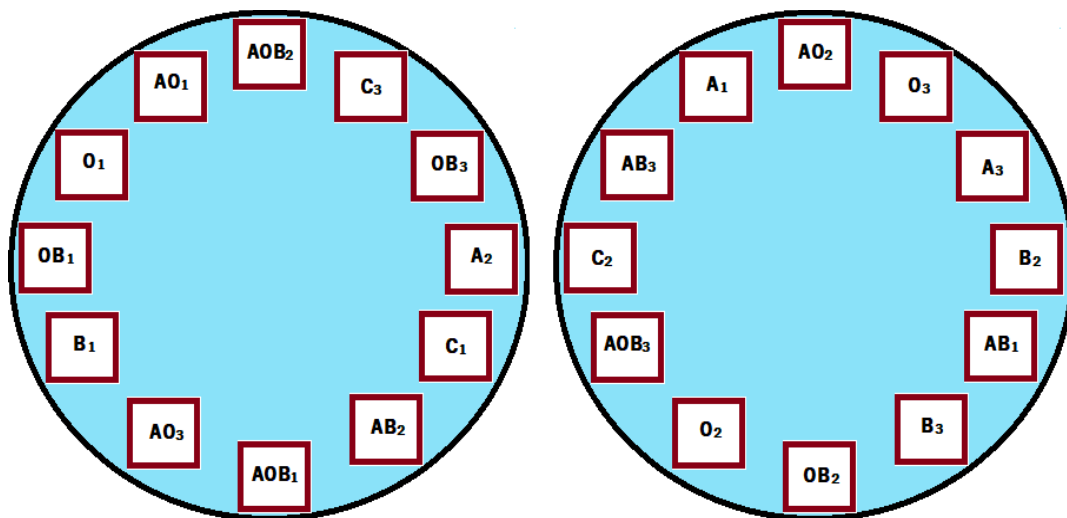
| Descripción | Unidad Experimental |
|--|--|
| Número de unidades experimentales totales | 24 |
| Número de unidades observacionales (peces) | 600 |
| Especie | Trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) |
| Peso promedio inicial (g) | 110 ± 5,17 |

Nota. Autoría propia.

Croquis experimental

Figura 3

Croquis del diseño experimental



Nota: Autoría propia

Donde:

- | | |
|-----------------------|-------------------------------|
| C = T0 (Sin especies) | AO = T4 (A 6% + O 6%) |
| A = T1 (A 6%) | AB = T5 (A 6% + B 6%) |
| O = T2 (O 6%) | OB = T6 (O 6% + B 6%) |
| B = T3 (6% B) | AOB = T7 (A 6% + O 6% + B 6%) |

Análisis estadístico

Los datos presentan una estadística descriptiva y fueron analizados en el paquete estadístico INFOSTAT®, previa normalización de datos y análisis de homocedasticidad, se realizó un análisis de varianza (ANOVA); para las variables morfométricas, productivas, hematológicas. Detectadas las diferencias a un nivel de confianza del 95% se procedió a un análisis de comparación múltiple de Tukey con un alfa de 5%. Las variables organolépticas fueron analizadas mediante una prueba no paramétrica de Friedman ($p < 0,05$), donde cada catador emitió un juicio de cada muestra en una escala ordinal de 2 a 5, donde 2 fue el valor de menor aceptación y 5 mayor aceptación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

Parámetros morfológicos.

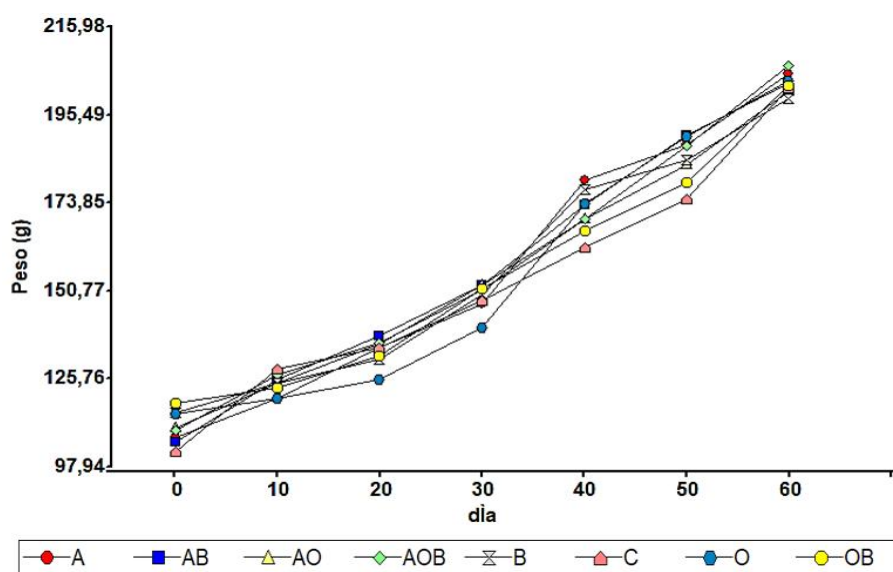
Peso (g)

A los 60 días del estudio, se procedió a realizar un ANOVA donde se muestra un efecto significativo ($F=0,49$; $p<0,0305$) (Figura 5).

En la Figura 5 se puede apreciar la gráfica de variación del peso total durante los 60 días del estudio.

Figura 5

Interacción de especias en la variable peso.



Nota. Autoría propia.

En la Tabla 12, se muestra que los peces *Oncorhynchus mykiss*, alimentados con dietas balanceadas formuladas con (AOB) presentaron un mayor peso promedio de $207 \pm 2,54g$ al día 60 (Figura 5). Sin embargo, los peces *Oncorhynchus mykiss* alimentados con dietas balanceadas suministradas con 0% de especias, presentaron un menor peso corporal de ($199,81 \pm 4,89g$).

Tabla 12

Medias \pm desviación estándar del peso corporal de trucha arcoíris con 7 dietas de balanceadas a base de especias durante 60 días.

| Tiempo (Días) | T0 (C) | T1 (B) | T2 (O) | T3 (OB) | T4 (A) | T5 (AB) | T6 | (AO) | T7 (AOB) |
|------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-------------|
| 0 | 102,89 \pm 10,67 ^a | 115,34 \pm 5,96 ^a | 115,03 \pm 4,86 ^a | 118,55 \pm 8,28 ^a | 107,79 \pm 12,2 ^a | 106,15 \pm 12,63 ^a | 110,65 \pm 9,47 ^a | 109,86 \pm 9,04 ^a | |
| 10 | 128,53 \pm 10,52 ^{ab} | 124,5 \pm 3,61 ^a | 119,98 \pm 2,68 ^a | 123,06 \pm 7,91 ^a | 119,74 \pm 13,28 ^a | 125,54 \pm 17,78 ^b | 124,5 \pm 19,12 ^a | 126,95 \pm 8,31 ^a | |
| 20 | 134,72 \pm 9,49 ^{bc} | 131,45 \pm 7,58 ^{ab} | 125,45 \pm 2,04 ^a | 132,33 \pm 3,31 ^a | 134,73 \pm 13,63 ^{ab} | 138,32 \pm 13,26 ^b | 136,03 \pm 7,54 ^{ab} | 136,2 \pm 10,7 ^a | |
| 30 | 148,21 \pm 4,31 ^{bc} | 149,74 \pm 4,99 ^{bc} | 140,71 \pm 5,33 ^{bc} | 151,24 \pm 5,97 ^b | 147,28 \pm 5,18 ^b | 152,35 \pm 9,34 ^{bc} | 152,36 \pm 1,01 ^b | 150,91 \pm 1,73 ^a | |
| 40 | 162,35 \pm 12,99 ^{cd} | 177,19 \pm 2,52 ^{cd} | 173,48 \pm 8,25 ^c | 166,67 \pm 11,18 ^{bc} | 179,52 \pm 9,15 ^c | 173,34 \pm 9,26 ^c | 169,66 \pm 10,46 ^b | 169,68 \pm 4,93 ^a | |
| 50 | 174,82 \pm 5,49 ^{cd} | 184,38 \pm 7 ^{de} | 190,29 \pm 2,88 ^{de} | 178,95 \pm 7,67 ^c | 188,2 \pm 1,35 ^c | 190,56 \pm 3,8 ^d | 183,39 \pm 5,71 ^c | 187,9 \pm 7,42 ^a | |
| 60 | 199,81 \pm 4,89 ^d | 199,36 \pm 4,98 ^e | 203,51 \pm 3,01 ^e | 202,28 \pm 1,96 ^d | 204,99 \pm 9,78 ^d | 202,93 \pm 2,44 ^d | 199,81,04 \pm 2,06 ^d | 207,12 \pm 2,54 ^a | |

Nota. Medias en la misma columna con letra similar no son significativamente diferentes (HSD Tukey $p \leq 0.05$). Autoría propia.

Longitud total

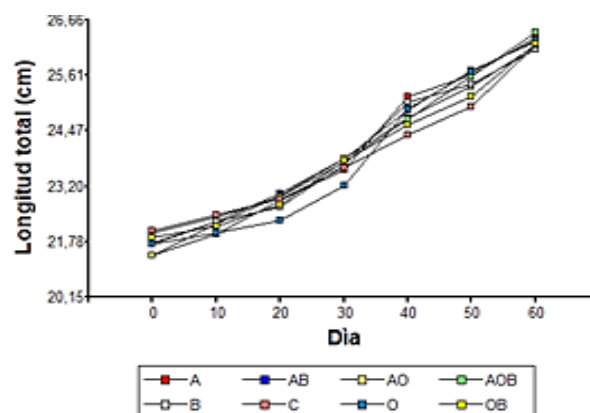
A los 60 días del estudio, se procedió a realizar un ANOVA donde se muestra que no hay un efecto significativo ($F= 0,55$; $p<0,874$) (Tabla 13).

En la Tabla 13 se muestra la media y desviación estándar de la variable morfométrica longitud total de las truchas sometidas a los distintos tratamientos, donde la longitud total para el tratamiento C fue desde los 22,07 cm al día 0 a los 26,21 cm al día 60 obteniendo un crecimiento total de 4,14 cm, mientras que para el tratamiento B fue desde los 21,71 cm en el día 0 a los 26,21 cm en el día 60 obteniendo un crecimiento total de 4,5 cm. Para el tratamiento O la longitud total fue desde los 21,71 cm en el día 0 a los 26,29 cm en el día 60 obteniendo un crecimiento total de 4,58 cm, en tanto, la longitud total para el tratamiento OB fue desde los 21,91 cm en el día 0 a los 26,23 cm en el día 60 obteniendo un crecimiento total de 4,32 cm. Para el tratamiento A la longitud total fue desde los 21,41 cm en el día 0 a los 26,18 cm en el día 60 obteniendo un crecimiento total de 4,77 cm, en tanto, la longitud total para el tratamiento AB fue desde los 21,76 cm en el día 0 a los 26,26 cm en el día 60 obteniendo un crecimiento total de 4,5 cm.

En la Figura 6 se puede apreciar la gráfica de variación de la longitud total durante los 60 días del estudio.

Figura 6

Evolución de la variable longitud total (cm) en los diferentes tratamientos durante 60 días



Nota. Autoría propia.

Tabla 13

Medias \pm desviación estándar de longitud total de trucha arcoíris con 7 dietas de balanceadas a base de especias durante 60 días.

| Tiempo (Días) | T0 (C) | T1 (B) | T2 (O) | T3 (OB) | T4 (A) | T5 (AB) | T6 (AO) | T7 (AOB) |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 0 | 22,07 \pm 0,62 ^a | 21,71 \pm 0,36 ^a | 21,71 \pm 0,3 ^a | 21,91 \pm 0,5 ^a | 21,4 \pm 0,77 ^a | 21,76 \pm 0,77 ^a | 21,41 \pm 0,63 ^a | 22,01 \pm 0,56 ^a |
| 10 | 22,5 \pm 0,55 ^a | 22,31 \pm 0,21 ^a | 22,03 \pm 0,16 ^a | 22,19 \pm 0,46 ^a | 21,99 \pm 0,81 ^a | 22,33 \pm 1,02 ^a | 22,25 \pm 1,13 ^a | 22,43 \pm 0,48 ^a |
| 20 | 22,88 \pm 0,55 ^a | 22,7 \pm 0,44 ^a | 22,34 \pm 0,12 ^a | 22,75 \pm 0,19 ^a | 22,85 \pm 0,7 ^a | 23,04 \pm 0,65 ^a | 22,96 \pm 0,42 ^a | 22,95 \pm 0,61 ^a |
| 30 | 23,65 \pm 0,23 ^a | 23,73 \pm 0,27 ^a | 23,23 \pm 0,29 ^a | 23,8 \pm 0,3 ^a | 23,59 \pm 0,28 ^a | 23,85 \pm 0,49 ^a | 23,85 \pm 0,05 ^a | 23,78 \pm 0,09 ^a |
| 40 | 24,37 \pm 0,66 ^a | 25,07 \pm 0,17 ^a | 24,92 \pm 0,4 ^a | 24,59 \pm 0,54 ^a | 25,19 \pm 0,43 ^a | 24,91 \pm 0,45 ^a | 24,73 \pm 0,52 ^a | 24,72 \pm 0,24 ^a |
| 50 | 24,98 \pm 0,26 ^a | 25,43 \pm 0,34 ^a | 25,69 \pm 0,13 ^a | 25,18 \pm 0,36 ^a | 25,61 \pm 0,06 ^a | 25,71 \pm 0,15 ^a | 25,39 \pm 0,27 ^a | 25,59 \pm 0,34 ^a |
| 60 | 26,21 \pm 0,21 ^a | 26,11 \pm 0,22 ^a | 26,29 \pm 0,13 ^a | 26,23 \pm 0,08 ^a | 26,35 \pm 0,42 ^a | 26,26 \pm 0,1 ^a | 26,18 \pm 0,09 ^a | 26,44 \pm 0,11 ^a |

Nota. Medias en la misma columna con letra similar no son significativamente diferentes (HSD Tukey $p \leq 0.05$). Autoría propia.

Ancho total

A los 60 días del estudio, se procedió a realizar un ANOVA donde se muestra un efecto significativo ($F=0,25$; $p<0,0458$) (Tabla 14).

En la Tabla 14 se muestra la media y desviación estándar de la variable morfométrica ancho total de las truchas sometidas a los distintos tratamientos, donde el ancho total para el tratamiento C fue desde los 4,3 cm en el día 0 y llegó a los 5,41 cm al día 60 obteniendo un ancho total de 1,11 cm, mientras, el ancho total para el tratamiento B fue de 4,33 cm en el día 0 hasta los 5,41 cm en el día 60 obteniendo un ancho total de 1,08 cm. Para el tratamiento O el ancho total fue de 4,23 cm y llegó hasta los 5,36 cm en el día 60 obteniendo un aumento de 1,13 cm, mientras tanto, para el tratamiento OB el ancho total inicial fue de 4,39 cm en el día 0 y llegó a los 5,39 cm al día 60 obteniendo un ancho total de 1 cm. Para el tratamiento A el ancho total fue de 4,23 cm y llegó hasta los 5,39 cm en el día 60 obteniendo un aumento de 1,16 cm, mientras tanto, para el tratamiento AB el ancho total inicial fue de 4,2 cm en el día 0 y llegó a los 5,24 cm al día 60 obteniendo un ancho total de 1,04 cm y para el tratamiento AO el ancho total fue de 4,39 cm y llegó hasta los 5,47 cm en el día 60 obteniendo un aumento de 1,08 cm, siendo este el que presentó un valor significativo (Tabla 14) mientras tanto, para el tratamiento AOB el ancho total inicial fue de 4,38 cm en el día 0 y llegó a los 5,44 cm al día 60 obteniendo un ancho total de 1,06 cm.

Tabla 14

Medias \pm desviación estándar de ancho total de trucha arcoíris bajo 7 dietas de balanceadas a base de especias durante 60 días.

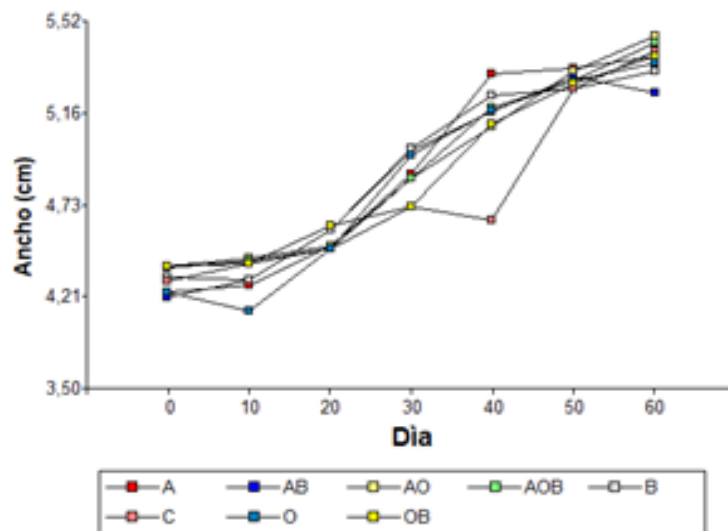
| Tiempo (Días) | T0 (C) | T1 (B) | T2 (O) | T3 (OB) | T4 (A) | T5 (AB) | T6 (AO) | T7 (AOB) |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 0 | 4,3 \pm 0,27 ^a | 4,33 \pm 0,25 ^a | 4,23 \pm 0,19 ^a | 4,39 \pm 0,27 ^a | 4,23 \pm 0,21 ^{ab} | 4,2 \pm 0,31 ^a | 4,39 \pm 0,32 ^a | 4,38 \pm 0,35 ^a |
| 10 | 4,41 \pm 0,21 ^a | 4,31 \pm 0,18 ^a | 4,11 \pm 0,36 ^a | 4,41 \pm 0,2 ^{ab} | 4,28 \pm 0,16 ^{ab} | 4,31 \pm 0,16 ^{ab} | 4,44 \pm 0,22 ^{ab} | 4,42 \pm 0,31 ^{ab} |
| 20 | 4,49 \pm 0,14 ^a | 4,6 \pm 0,12 ^{ab} | 4,49 \pm 0,04 ^a | 4,62 \pm 0,12 ^{ab} | 4,51 \pm 0,08 ^{ab} | 4,6 \pm 0,15 ^{ab} | 4,51 \pm 0,1 ^{ab} | 4,49 \pm 0,18 ^{ab} |
| 30 | 4,72 \pm 0,45 ^{ab} | 5 \pm 0,33 ^{ab} | 4,97 \pm 0,26 ^a | 4,72 \pm 0,24 ^{ab} | 4,88 \pm 0,3 ^b | 4,99 \pm 0,39 ^b | 4,86 \pm 0,32 ^b | 4,86 \pm 0,32 ^b |
| 40 | 4,65 \pm 0,79 ^{ab} | 5,23 \pm 0,07 ^{bc} | 5,17 \pm 0,12 ^a | 5,11 \pm 0,07 ^b | 5,32 \pm 0,06 ^c | 5,16 \pm 0 ^{bc} | 5,1 \pm 0,16 ^c | 5,18 \pm 0,13 ^{bc} |
| 50 | 5,26 \pm 0,08 ^b | 5,26 \pm 0,11 ^{bc} | 5,29 \pm 0,09 ^a | 5,28 \pm 0,09 ^{bc} | 5,34 \pm 0,09 ^c | 5,31 \pm 0,25 ^c | 5,33 \pm 0,04 ^{cd} | 5,29 \pm 0,1 ^c |
| 60 | 5,41 \pm 0,2 ^b | 5,33 \pm 0,08 ^{bc} | 5,36 \pm 0,14 ^a | 5,39 \pm 0,19 ^{bc} | 5,39 \pm 0,18 ^c | 5,24 \pm 0,14 ^{bc} | 5,47 \pm 0,17 ^c | 5,44 \pm 0,21 ^c |

Nota. Medias en la misma columna con letra similar no son significativamente diferentes (HSD Tukey $p \leq 0.05$). Autoría propia.

En la Figura 7 se observa el comportamiento del ancho (cm) durante los 60 días del estudio, suplementados con 8 dietas balanceadas de especias en el tiempo, siendo el tratamiento T6 (AO) el que presentó un ancho mayor de $5,47 \pm 0,17$ cm.

Figura 7

Ancho total (cm)



Nota. Autoría propia.

Parámetros productivos

Ganancia de peso

A los 60 días del estudio, se procedió a realizar un ANOVA donde se muestra un efecto significativo, ($F= 666,1$; $p<0,001$) (Tabla 15).

En la Tabla 15 se muestra la media y desviación estándar de la variable productiva ganancia de peso de las truchas sometidas a los distintos tratamientos, donde la ganancia de peso para el tratamiento 3 (OB) fue de $2,34 \pm 0,03$ g.día⁻¹, siendo este el que presentó una mejor ganancia de peso a los 60 días del estudio (Figura 8), además el tratamiento 5 (AB) presentó una ganancia de peso menor de $1,24 \pm 0,03$ g. día⁻¹, a comparación del testigo con un valor de $(1,5 \pm 0,02$ g. día⁻¹).

Tabla 15

Medias \pm desviación estándar de ganancia de peso ($g \cdot día^{-1}$) de trucha arcoíris con 7 dietas de balanceadas a base de especias durante 60 días

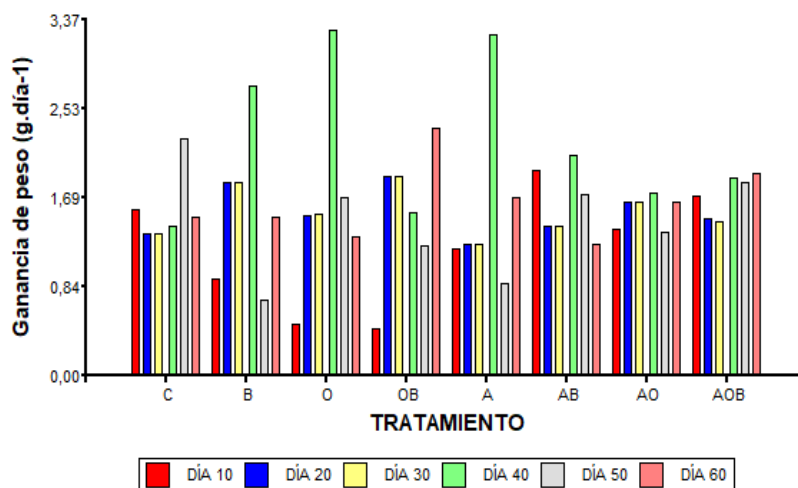
| Tiempo (Días) | T0 (C) | T1 (B) | T2 (O) | T3 (OB) | T4 (A) | T5 (AB) | T6 (AO) | T7 (AOB) |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 10 | 1,57 \pm 0 ^f | 0,92 \pm 0,01 ^c | 0,49 \pm 0,01 ^b | 0,45 \pm 0,01 ^a | 1,2 \pm 0,01 ^d | 1,94 \pm 0,01 ^h | 1,39 \pm 0,01 ^e | 1,7 \pm 0,01 ^g |
| 20 | 1,35 \pm 0,04 ^{ab} | 1,83 \pm 0,03 ^{ab} | 1,51 \pm 0,06 ^c | 1,88 \pm 0,06 ^e | 1,25 \pm 0,04 ^{ab} | 1,42 \pm 0,05 ^{bc} | 1,64 \pm 0,04 ^{ab} | 1,48 \pm 0,02 ^c |
| 30 | 1,34 \pm 0,01 ^b | 1,83 \pm 0,03 ^f | 1,53 \pm 0,03 ^d | 1,89 \pm 0,04 ^f | 1,25 \pm 0,03 ^a | 1,42 \pm 0,03 ^{bc} | 1,64 \pm 0,04 ^e | 1,46 \pm 0,04 ^{cd} |
| 40 | 1,42 \pm 0,02 ^a | 2,74 \pm 0,02 ^f | 3,28 \pm 0,02 ^g | 1,55 \pm 0,03 ^b | 3,23 \pm 0,03 ^g | 2,09 \pm 0,02 ^e | 1,73 \pm 0,03 ^c | 1,87 \pm 0,02 ^d |
| 50 | 2,25 \pm 0,03 ^f | 0,72 \pm 0,02 ^a | 1,68 \pm 0,02 ^e | 1,23 \pm 0,02 ^c | 0,87 \pm 0,03 ^b | 1,72 \pm 0,02 ^e | 1,36 \pm 0,04 ^d | 1,83 \pm 0,03 ^f |
| 60 | 1,5 \pm 0,02 ^c | 1,5 \pm 0,02 ^c | 1,32 \pm 0,02 ^b | 2,34 \pm 0,03 ^f | 1,68 \pm 0,02 ^d | 1,24 \pm 0,03 ^a | 1,65 \pm 0,03 ^d | 1,92 \pm 0,02 ^e |

Nota. Medias en la misma columna con letra similar no son significativamente diferentes (HSD Tukey $p \leq 0.05$). Autoría propia.

En la Figura 8 se muestra la gráfica de variación de los parámetros productivos de ganancia de peso durante los 60 días del estudio.

Figura 8

Ganancia de peso (g.día⁻¹)



Nota. Autoría propia.

Factor de conversión alimenticia.

A los 60 días del estudio, se procedió a realizar un ANOVA donde se muestra un efecto significativo, (F= 101,66; p<0,001) (Tabla 16).

En la Tabla 16 muestra la media y desviación estándar de la variable productiva conversión alimenticia de las truchas sometidas a los distintos tratamientos, se observa un factor de conversión mayor para el tratamiento 3 (OB) con un valor de 1,1 a los 60 días del estudio, sin embargo el tratamiento 5 (AB) mostró un valor de 2,08, siendo éste un valor de menor en comparación del tratamiento control que presentó un factor de conversión alimenticia de 1,73. Cabe recalcar que esta variable está sujeta a la calidad del agua, estado sanitario del pez y alimento balanceado.

Tabla 16

Medias \pm desviación estándar del factor de conversión alimenticia de trucha arcoíris con 7 dietas de balanceadas a base de especias durante 60 días

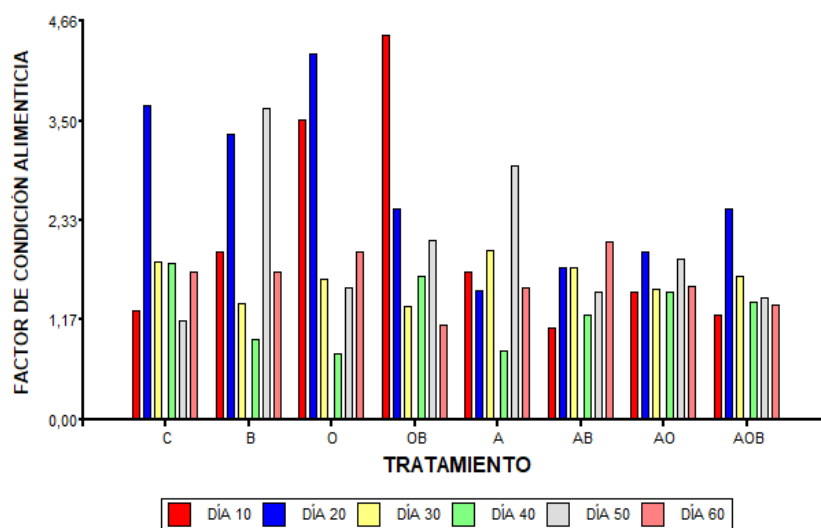
| Tiempo (Días) | T0 (C) | | T1 (B) | | T2 (O) | | T3 (OB) | | T4 (A) | | T5 (AB) | | T6 (AO) | | T7 (AOB) | |
|--------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------|
| 10 | 1,28 | \pm 0,05 ^a | 1,96 | \pm 0,49 ^a | 3,51 | \pm 1,03 ^b | 4,49 | \pm 0,23 ^b | 1,73 | \pm 0,06 ^a | 1,07 | \pm 0,06 ^a | 1,49 | \pm 0,06 ^a | 1,22 | \pm 0,03 ^a |
| 20 | 3,67 | \pm 0,22 ^{cd} | 3,33 | \pm 0,33 ^c | 4,28 | \pm 0,34 ^d | 2,47 | \pm 0,33 ^b | 1,51 | \pm 0,27 ^a | 1,78 | \pm 0,13 ^{ab} | 1,96 | \pm 0,08 ^{ab} | 2,47 | \pm 0,06 ^b |
| 30 | 1,85 | \pm 0,07 ^{de} | 1,36 | \pm 0,05 ^a | 1,64 | \pm 0,05 ^{bc} | 1,33 | \pm 0,05 ^a | 1,98 | \pm 0,05 ^e | 1,77 | \pm 0,05 ^{cd} | 1,53 | \pm 0,04 ^b | 1,68 | \pm 0,05 ^c |
| 40 | 1,83 | \pm 0,04 ^s | 0,94 | \pm 0,05 ^b | 0,77 | \pm 0,05 ^a | 1,67 | \pm 0,05 ^f | 0,8 | \pm 0,03 ^a | 1,23 | \pm 0,03 ^c | 1,5 | \pm 0,03 ^e | 1,38 | \pm 0,03 ^d |
| 50 | 1,15 | \pm 0,04 ^a | 3,63 | \pm 0,05 ^f | 1,55 | \pm 0,05 ^b | 2,1 | \pm 0,09 ^d | 2,97 | \pm 0,06 ^e | 1,5 | \pm 0,02 ^b | 1,87 | \pm 0,05 ^c | 1,42 | \pm 0,03 ^b |
| 60 | 1,73 | \pm 0,04 ^d | 1,73 | \pm 0,04 ^d | 1,96 | \pm 0,06 ^e | 1,1 | \pm 0,09 ^a | 1,55 | \pm 0,05 ^c | 2,08 | \pm 0,05 ^e | 1,56 | \pm 0,05 ^c | 1,34 | \pm 0,05 ^b |

Nota. Medias en la misma columna con letra similar no son significativamente diferentes (HSD Tukey $p \leq 0.05$). Autoría propia.

En la Figura 9 se muestra la gráfica de variación de los parámetros productivos del factor de conversión alimenticia durante los 60 días del estudio.

Figura 9

Factor de conversión alimenticia



Nota. Autoría propia.

Eficiencia Alimentaria

A los 60 días del estudio, se procedió a realizar un ANOVA donde se muestra un efecto significativo, ($F= 1222,9$; $p<0,001$) (Tabla 17).

En la Tabla 17 se muestra la media y desviación estándar de la variable productiva eficiencia alimentaria de las truchas sometidas a los distintos tratamientos, donde la eficiencia alimentaria para el tratamiento 3 (OB) fue de 91,28%, siendo este el que presentó una mejor eficiencia alimentaria a los 60 días del estudio, seguido del tratamiento 7 (AOB) con 74,7%, a comparación del tratamiento control con un valor de 57,82% (Figura 11).

Tabla 17

Medias \pm desviación estándar de la eficiencia alimenticia en trucha arcoíris con 7 dietas de balanceadas a base de especias durante 60 días

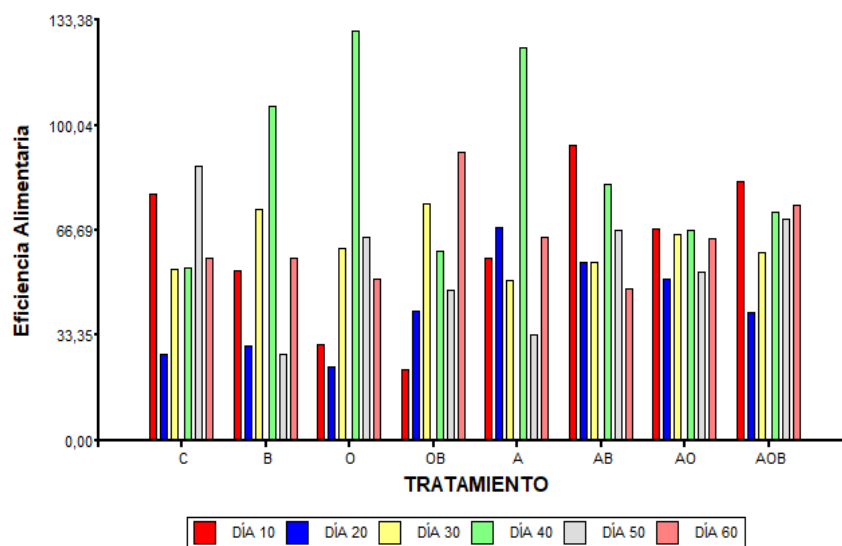
| Tiempo (Días) | T0 (C) | T1 (B) | T2 (O) | T3 (OB) | T4 (A) | T5 (AB) | T6 (AO) | T7 (AOB) |
|--------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 10 | 77,97 \pm 2,87 ^{cd^e} | 53,78 \pm 15,78 ^b | 30,61 \pm 10,81 ^a | 22,31 \pm 1,17 ^a | 57,69 \pm 1,85 ^{bc} | 93,69 \pm 4,9 ^e | 67,28 \pm 2,77 ^{bcd} | 82,09 \pm 2,2 ^{de} |
| 20 | 27,35 \pm 1,7 ^{ab} | 30,21 \pm 3,02 ^{ab} | 23,44 \pm 1,82 ^a | 41,01 \pm 5,53 ^{bc} | 67,63 \pm 12,37 ^e | 56,47 \pm 4,07 ^{de} | 51,16 \pm 2,02 ^{cd} | 40,5 \pm 1,04 ^{bc} |
| 30 | 54,15 \pm 1,92 ^{ab} | 73,4 \pm 2,42 ^e | 61,14 \pm 1,87 ^{cd} | 75,07 \pm 2,85 ^e | 50,61 \pm 1,33 ^a | 56,52 \pm 1,48 ^{bc} | 65,39 \pm 1,71 ^d | 59,68 \pm 1,85 ^{bc} |
| 40 | 54,76 \pm 1,06 ^a | 106,17 \pm 5,05 ^e | 129,64 \pm 8,16 ^f | 59,91 \pm 1,66 ^{ab} | 124,56 \pm 3,88 ^g | 81,1 \pm 1,64 ^d | 66,69 \pm 1,34 ^{bc} | 72,3 \pm 1,31 ^{cd} |
| 50 | 87,03 \pm 3,03 ^g | 27,55 \pm 0,4 ^a | 64,7 \pm 2,1 ^e | 47,6 \pm 2,05 ^c | 33,71 \pm 0,67 ^b | 66,52 \pm 0,67 ^{ef} | 53,41 \pm 1,36 ^d | 70,44 \pm 1,49 ^f |
| 60 | 57,82 \pm 1,34 ^{bc} | 57,71 \pm 1,16 ^{bc} | 51,13 \pm 1,44 ^{ab} | 91,28 \pm 7,2 ^e | 64,7 \pm 2,1 ^c | 48,17 \pm 1,16 ^a | 64,15 \pm 2,22 ^c | 74,7 \pm 2,89 ^d |

Nota: Medias en la misma columna con letra similar no son significativamente diferentes (HSD Tukey $p \leq 0.05$). Autoría propia.

En la Figura 11 se muestra la gráfica de variación de los parámetros productivos de la eficiencia alimentaria durante los 60 días del estudio.

Figura 11

Eficiencia alimentaria



Nota. Autoría propia.

Índice de condición corporal

A los 60 días del estudio se procedió a realizar un ANOVA donde se muestra que no hay un efecto significativo, ($F= 0,47$ $0,098$; $p<0,8405$) (Tabla 18).

En la Tabla 18, se muestra los valores promedios alcanzados del índice de condición corporal (%) durante los 60 días que se realizó la investigación.

Tabla 18*Medias \pm desviación estándar del índice de condición corporal de trucha arcoíris con 7 dietas balanceadas a base de especias durante 60 días*

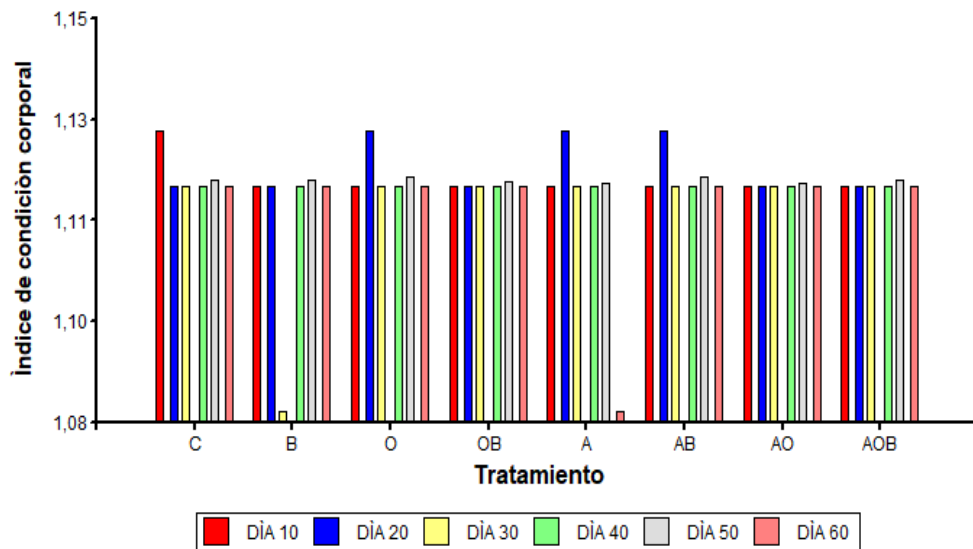
| Tiempo (Días) | T0 | | T1 | | T2 | | T3 | | T4 | | T5 | | T6 | | T7 | |
|---------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|----|--|----|--|----|--|----|--|
| | (C) | (B) | (O) | (OB) | (A) | (AB) | (AO) | (AOB) | | | | | | | | |
| 10 | 1,13 \pm 0,01 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0,01 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0,01 ^a | 1,12 \pm 0,004 ^a | | | | | | | | |
| 20 | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,13 \pm 0,01 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,13 \pm 0,01 ^a | 1,13 \pm 0,01 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0,03 ^a | | | | | | | | |
| 30 | 1,12 \pm 0,00 ^a | 1,08 \pm 0,06 ^a | 1,12 \pm 0,00 ^a | 1,12 \pm 0,00 ^a | 1,12 \pm 0,00 ^a | 1,12 \pm 0,00 ^a | 1,12 \pm 0,00 ^a | 1,12 \pm 0,00 ^a | | | | | | | | |
| 40 | 1,12 \pm 0,03 ^a | 1,12 \pm 0,01 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | | | | | | | | |
| 50 | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0,0006 ^a | | | | | | | | |
| 60 | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,08 \pm 0,07 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | 1,12 \pm 0 ^a | | | | | | | | |

Nota. Medias en la misma columna con letra similar no son significativamente diferentes (HSD Tukey $p \leq 0.05$). Autoría propia.

En la Figura 12 se muestra la gráfica de variación de los parámetros productivos del índice de condición corporal durante los 60 días del estudio.

Figura 12

Índice de condición corporal



Nota. Autoría propia.

Tasa de supervivencia y mortalidad

A los 60 días del estudio, se procedió a realizar un ANOVA donde se muestra un efecto significativo, ($F= 9,10$; $p<0,0205$) (Tabla 20).

En la Tabla 20, se muestra los valores de mortalidad y supervivencia, siendo el tratamiento B con 88% el mayor porcentaje de supervivencia, seguido del tratamiento O con 86,67% (Figura 14). Se tuvo una mortalidad muy alta los primeros 10 días del ensayo, ya que las truchas entregadas para el estudio presentaron un estado sanitario bajo. Presentaron llagas a lo largo del cuerpo provocadas por *Saprolegnia parasítica*, esta se manifestó en llagas en la base de las aletas y branquias (Figura 13 A), además hubo presencia de *Flavobacterium spp.* esta se manifestó en pudrición de aletas, tanto de la aleta dorsal o caudal hasta exponer la espina dorsal (Figura 13 B). Se realizó desinfecciones periódicas con sal yodada al 1% más sal en grano al 10%, se incorporó microorganismos benéficos activados a las piscinas y tanques de oxidación, con la finalidad mejorar el estado sanitario del pez y la calidad de agua. A los 30 días del ensayo se redujo totalmente la mortalidad, sin embargo, en el

transcurso del tiempo los peces seguían presentando signos de las enfermedades en menor escala.
(Figura 13).

Tabla 20

Medias \pm desviación estándar del porcentaje de mortalidad y supervivencia en trucha arcoíris con 7 dietas balanceadas a base de especias durante 60 días.

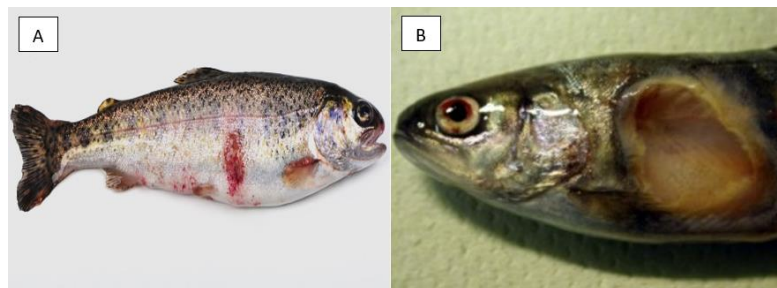
| TRATAMIENTO | Mortalidad (%) | Supervivencia (%) |
|-------------|----------------|-------------------|
| C | 21,33 | 78,67 |
| B | 12,00 | 88,00 |
| O | 13,33 | 86,67 |
| OB | 16,00 | 84,00 |
| A | 16,00 | 84,00 |
| AB | 17,33 | 82,67 |
| AO | 14,67 | 85,33 |
| AOB | 22,67 | 77,33 |

Nota. Autoría propia.

En la Figura 13 se observa la presencia de *Saprolegnia parasítica* y *Flavobacterium* spp.

Figura 13

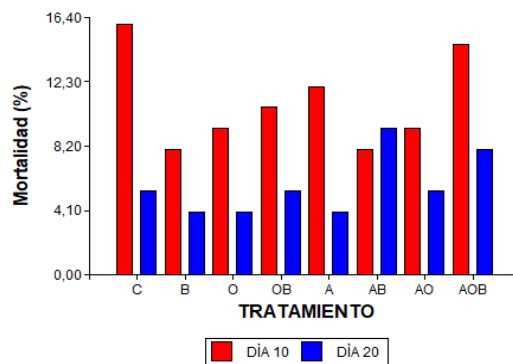
Enfermedades presentes en el proyecto acuícola.



Nota. A) *Saprolegnia parasítica* y B) *Flavobacterium* spp. Autoría propia.

Figura 14

Mortalidad (%).



Nota. Autoría propia.

Variables hematológicas

Hematocrito

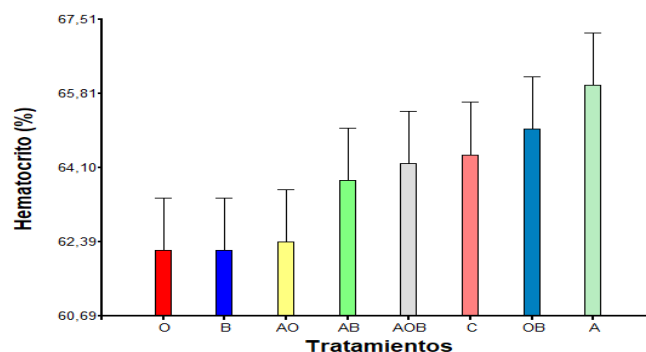
El análisis de varianza para hematocrito dio como resultado un efecto estadísticamente significativo ($F= 50,63$; $p<0,0126$).

Las muestras de sangre de los peces del tratamiento A, mostraron un porcentaje de hematocrito mayor con un valor de $66 \pm 2,12\%$, a comparación de los peces del T0 con un valor de $64,1 \pm 3,85\%$ (Tabla 19), además, los peces del tratamiento 3 (OB) y tratamiento 7 (AOB) presentaron valores de $65 \pm 1,41\%$ y $64,2 \pm 1,82$ respectivamente, mayores al tratamiento 0.

En la Figura 15 se evidencia las concentraciones de hematocrito por tratamiento, siendo el tratamiento A con el porcentaje más alto de hematocrito.

Figura 15

Hematocrito (%)



Nota. Autoría propia.

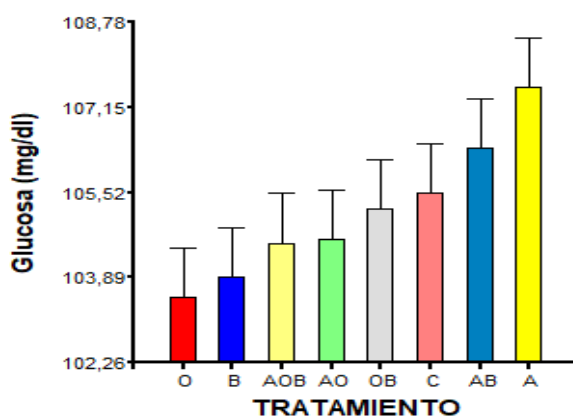
Glucosa

El contenido de glucosa presente en la sangre de las truchas muestreadas mostró un valor estadísticamente significativo ($F= 4,14$; $p<0,0456$). Los análisis revelaron que los peces del tratamiento 4 (A) con un valor de $107,54 \pm 1,77$ mg.dL⁻¹ de glucosa en sangre (Tabla 21) presentaron un contenido mayor de glucosa a comparación del tratamiento 2 (O) con un valor de $103,91 \pm 2,33$ mg.dL⁻¹ de glucosa en sangre, siendo este el valor más bajo a comparación del resto de tratamientos.

En la Figura 16 se evidencia las concentraciones de glucosa por tratamiento, siendo el tratamiento A con la mayor concentración de glucosa.

Figura 16

Glucosa (mg.dL⁻¹).



Nota. Autoría propia.

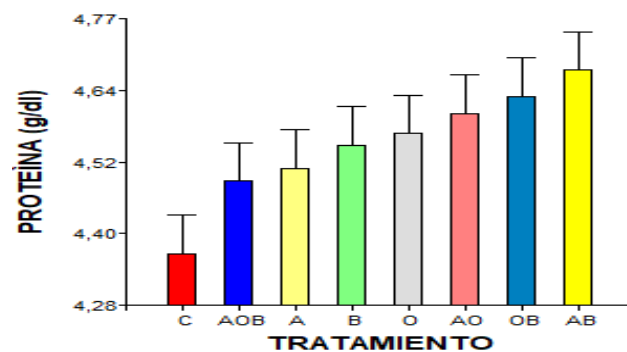
Proteína

El contenido de proteína en sangre presentó un valor estadísticamente significativo ($F= 4,14$; $p<0,0386$). Los análisis obtenidos revelaron que las concentraciones de proteína fueron elevadas para los individuos de trucha arcoíris alimentados con el tratamiento 5 (AB) con un valor de $4,68 \pm 0,16$ g.dL⁻¹ de proteína en sangre (Tabla 21) a comparación del testigo con un valor de $4,36 \pm 0,05$ g.dL⁻¹ de proteína en sangre.

En la Figura 17 se evidencia las concentraciones de proteína por tratamiento, siendo el tratamiento A con la mayor concentración de proteína en (g.dL⁻¹).

Figura 17

Proteína (g.dL⁻¹).



Nota. Autoría propia.

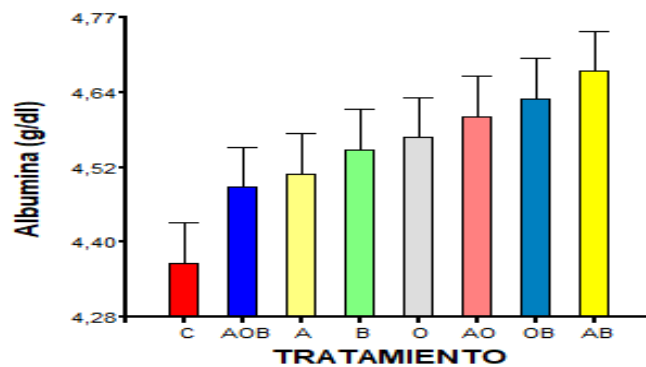
Albumina

El contenido de albumina en sangre obtuvo un valor estadísticamente significativo ($F= 2,65$; $p<0,0278$). En la Tabla 21 se observa las concentraciones de albúmina por los diferentes tratamientos. El tratamiento B presentó el mayor promedio con un valor de $1,466 \pm 0,02$ (g.dL⁻¹) de albumina en sangre a comparación del testigo que presentó un valor de 1,39 (g.dL⁻¹) de albumina en sangre (Figura 17).

En la Figura 18 se evidencia las concentraciones de albumina por tratamiento, siendo el tratamiento AB con la mayor concentración de albumina en (g.dL⁻¹).

Figura 18

Albumina (g.dL⁻¹).



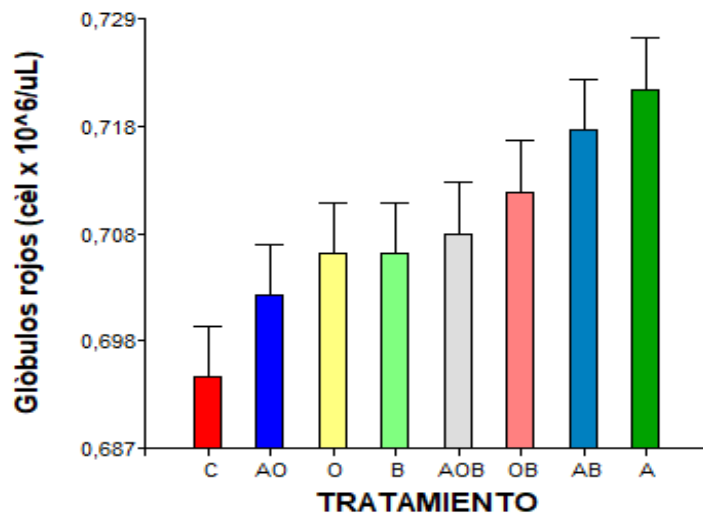
Nota. Autoría propia.

Glóbulos Rojos

Los datos que se obtuvieron en la variable de glóbulos rojos evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos ($F=3,15$; $p<0,0115$). Al finalizar el estudio el tratamiento A presentó mayor concentración de glóbulos rojos con un valor de $0,722 \pm 0,008$ (cél $\times 10^6 \cdot uL^{-1}$) a comparación del tratamiento C (Tabla 21), que presentó un valor de $0,694 \pm 0,01$ (cél $\times 10^6 \cdot uL^{-1}$).

Figura 19

Glóbulos rojos (cél $\times 10^6 \cdot uL^{-1}$).



Nota. Autoría propia.

En la Figura 19 se evidencia las concentraciones de glóbulos rojos por tratamiento, siendo el tratamiento A con la mayor concentración de glóbulos rojos $0,722$ (cél $\times 10^6 \cdot uL^{-1}$), este aumento puede estar ligado a la variación de temperaturas y a la disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua. Una disminución en la solubilidad del oxígeno en el agua, disminuye la disponibilidad de oxígeno para los peces, por lo cual, para compensarlo se produce una mayor cantidad de glóbulos rojos para aumentar la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre.

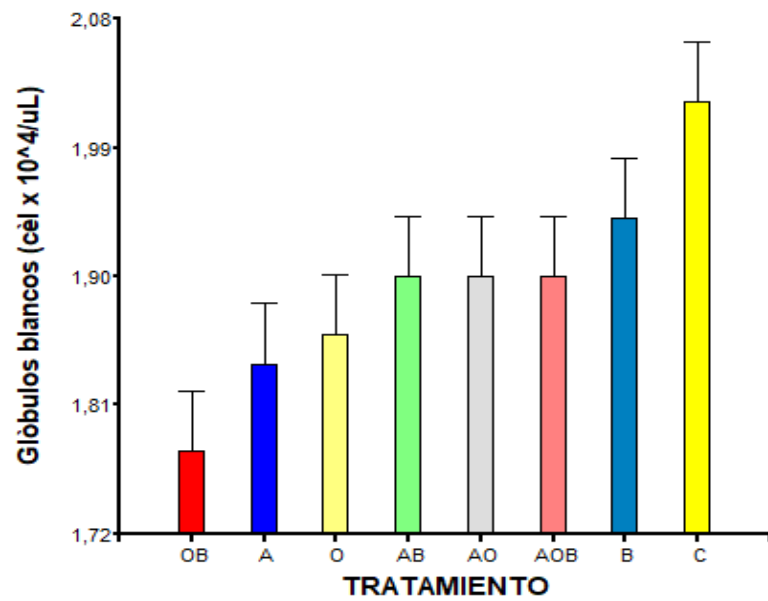
Glóbulos Blancos

Los datos observados en la variable de glóbulos blancos presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($F=2,95$; $p<0,0167$). Al finalizar el estudio los peces del tratamiento C presentaron un mayor promedio de concentración de glóbulos blancos en sangre $2,02$

$\pm 0,08$ (cél $\times 10^4 \cdot \text{uL}^{-1}$) en comparación al resto de tratamientos, siendo el tratamiento OB con el menor promedio de concentración de glóbulos blancos con $1,78 \pm 0,08$ (cél $\times 10^4 \cdot \text{uL}^{-1}$).

Figura 20

Glóbulos blancos (cél $\times 10^4 \cdot \text{uL}^{-1}$).



Nota. Autoría propia.

La influencia de edad, sexo, tamaño, reproducción, temperatura del agua, calidad del ambiente, etc., tienen un fuerte impacto en los valores hematológicos en peces. En el presente análisis sanguíneo de trucha arco iris, las variables analizadas reflejan estas diferencias a causa de la calidad de agua, alimentación y manejo. Al finalizar el ensayo se observa en la Figura 20 el tratamiento C muestra mayor concentración de glóbulos blancos a diferencia de los demás tratamientos

Tabla 21

*Medias \pm desviación estándar de Proteína total, Glucosa, Albúmina, hematocrito, conteo de glóbulo rojos y blancos en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) suplementadas con 7 dietas balanceadas a base de especias en 60 días.*

| Variable | N | T0 (C) | T1 (B) | T2 (O) | T3 (OB) | T4 (A) | T5 (AB) | T6 (AO) | T7 (AOB) |
|--|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| HEMATOCRITO (%) | 5 | 64,4 \pm 3,85 ^a | 62,2 \pm 1,79 ^a | 62,2 \pm 1,79 ^a | 65 \pm 1,41 ^a | 66 \pm 2,12 ^b | 63,8 \pm 4,09 ^a | 62,4 \pm 1,82 ^a | 64,2 \pm 1,82 ^a |
| GLUCOSA (mg.dL ⁻¹) | 5 | 105,52 \pm 1,89 ^b | 103,91 \pm 2,33 ^a | 103,51 \pm 2,8 ^a | 105,2 \pm 3,13 ^a | 107,54 \pm 1,77 ^c | 106,37 \pm 0,64 ^{bc} | 104,62 \pm 1,62 ^a | 104,55 \pm 1,78 ^a |
| PROTEÍNA (g.dL ⁻¹) | 5 | 4,36 \pm 0,05 ^a | 4,55 \pm 0,17 ^{ab} | 4,57 \pm 0,15 ^{ab} | 4,63 \pm 0,21 ^{ab} | 4,51 \pm 0,15 ^{ab} | 4,68 \pm 0,16 ^b | 4,6 \pm 0,04 ^{ab} | 4,49 \pm 0,17 ^{ab} |
| ALBUMINA (g.dL ⁻¹) | 5 | 1,394 ^a | 1,466 \pm 0,02 ^b | 1,450 \pm 0,03 ^{ab} | 1,442 \pm 0,03 ^{ab} | 1,450 \pm 0,04 ^{ab} | 1,443 \pm 0,03 ^{ab} | 1,455 \pm 0,03 ^{ab} | 1,458 \pm 0,03 ^b |
| GLÓBULOS ROJOS (cél x 10 ⁶ .uL ⁻¹) | 5 | 0,694 \pm 0,01 ^a | 0,706 \pm 0,01 ^{ab} | 0,706 \pm 0,01 ^{ab} | 0,712 \pm 0,013 ^{ab} | 0,722 \pm 0,008 ^b | 0,718 \pm 0,013 ^b | 0,702 \pm 0,011 ^{ab} | 0,708 \pm 0,008 ^{ab} |
| GLÓBULOS BLANCOS (cél x 10 ⁴ .uL ⁻¹) | 5 | 2,02 \pm 0,08 ^b | 1,94 \pm 0,09 ^{ab} | 1,86 \pm 0,09 ^{ab} | 1,78 \pm 0,08 ^a | 1,84 \pm 0,11 ^{ab} | 1,9 \pm 0,1 ^{ab} | 1,9 \pm 0,1 ^{ab} | 1,9 \pm 0,07 ^{ab} |

Nota. Medias en la misma columna con letra similar no son significativamente diferentes (HSD Tukey $p \leq 0.05$). Autoría propia.

Características organolépticas

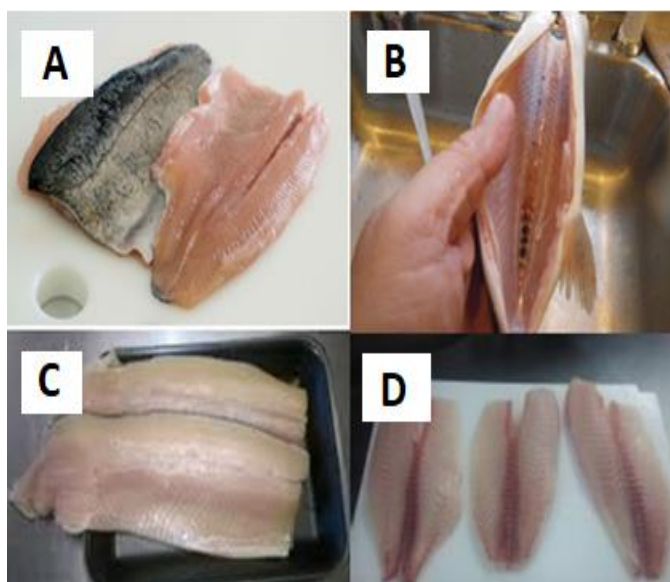
Filete de trucha arcoíris

Color

El Test de Friedman para el color del filete de trucha arcoíris mostró un efecto estadísticamente significativo ($X^2=14,067 < 19,256$; $p < 0,001$) para el tratamiento AB con valor promedio de 6,86, (Figura 21) siendo éste el que presentó un color moderadamente rojo a comparación al testigo con un valor de 3,46 con un color pálido, además el tratamiento AOB presentó un color aceptable para el evaluador (Tabla 22).

Figura 21

Color del filete de trucha.

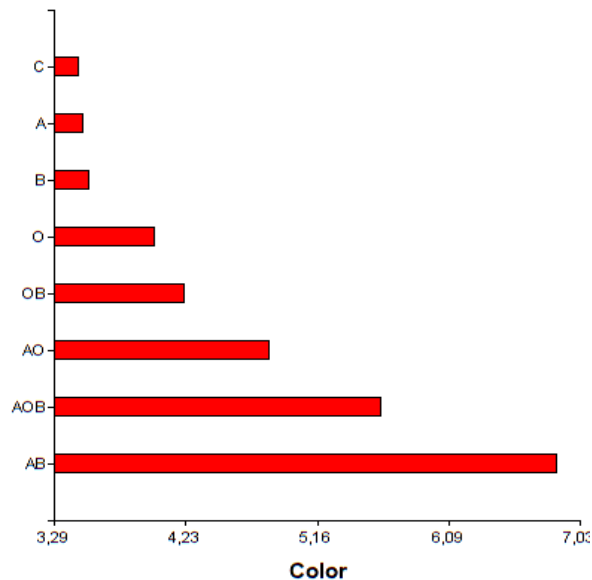


Nota. En la Figura A) Tratamiento AB, B) Tratamiento AOB, C) Tratamiento AO y D) Tratamiento C, A y B. Autoría Propia.

En la Figura 22 se evidenció que el tratamiento AB tuvo mayor aceptación por parte de los evaluadores.

Figura 22

Aceptación del color del filete de trucha arcoíris



Nota. Autoría propia.

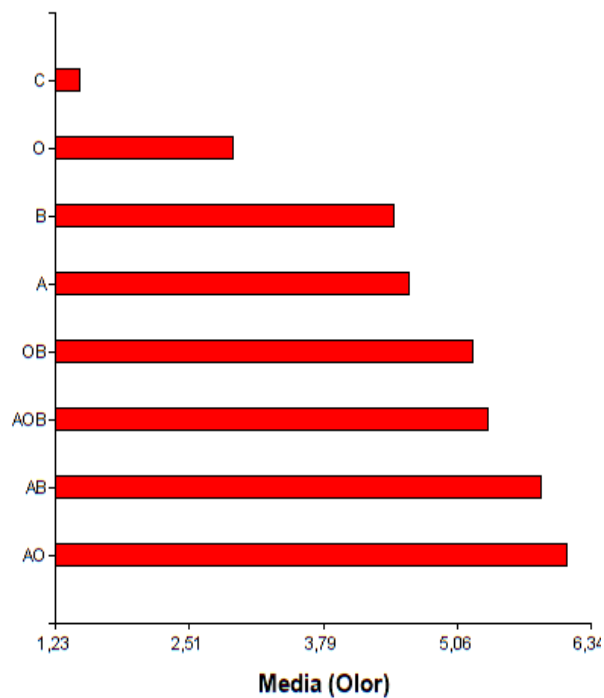
Olor

El análisis de la varianza no paramétrico (Test de Friedman) para el olor del filete de trucha arcoíris mostró un efecto estadísticamente significativo ($X^2=14,067 < 17,659$; $p < 0,001$) para el tratamiento AO con valor promedio de 6,11, siendo este el que presentó un olor moderado a especias, a comparación al testigo con un valor de 1,46 y un olor imperceptible a especias, pero agradable al catador, además el tratamiento AOB presentó un olor aceptable para el evaluador (Tabla 22).

En la Figura 23 se evidenció que el tratamiento AO tuvo mayor aceptación por parte de los evaluadores.

Figura 23

Aceptación del olor del filete de trucha arcoíris



Nota. Autoría propia.

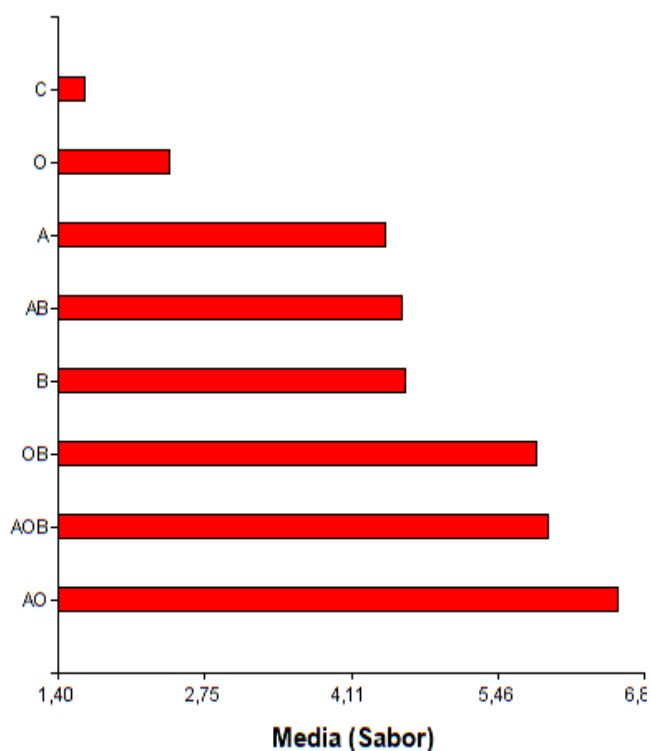
Sabor

El Test de Friedman para el sabor del filete de trucha arcoíris mostró un efecto estadísticamente significativo ($X^2=14,067 < 19,490$; $p < 0,001$) para el tratamiento AO con valor promedio de 6,57 en comparación al testigo con un valor de 1,64, además el tratamiento AOB presentó un sabor aceptable para el evaluador (Tabla 22).

En la Figura 24 se evidenció que el tratamiento AO tuvo mayor aceptación por parte de los evaluadores.

Figura 24

Aceptación del sabor del filete de trucha arcoíris



Nota. Autoría propia.

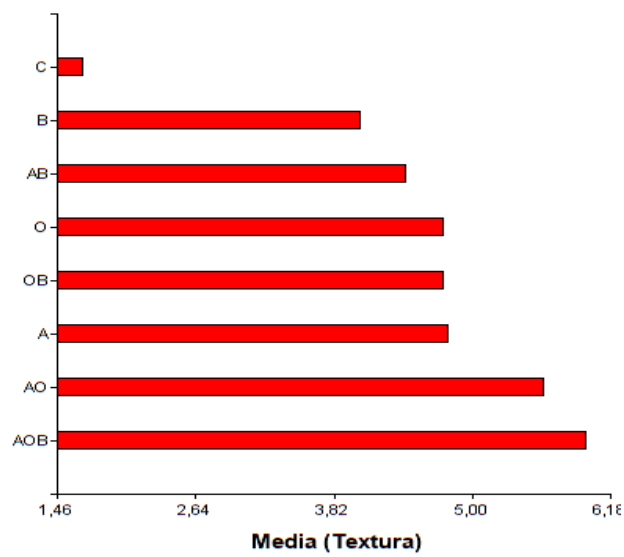
Textura

El análisis de la varianza no paramétrico (Test de Friedman) para la textura del filete de trucha arcoíris mostró un efecto estadísticamente significativo ($X^2=14,067 < 16,500$; $p < 0,001$) para el tratamiento AOB con valor promedio de 5,96, siendo este el que presentó una textura, consistencia más firme y jugosa a comparación al testigo con un valor de 1,68, además el tratamiento AOB presentó una textura aceptable para el evaluador (Tabla 22).

En la Figura 25 se evidenció que el tratamiento AO tuvo mayor aceptación por parte de los evaluadores.

Figura 25

Aceptación de la textura del filete de trucha arcoíris



Nota. Autoría propia.

En la Figura 26 se observa el conjunto de panelistas degustando los filetes de trucha de los diferentes tratamientos.

Figura 26

Degustación del filete de trucha



Nota. Autoría propia.

Tabla 22

Medias (Ranks) test de Friedman de color, olor, sabor, textura y aceptación general del filete de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) alimentadas previamente con 7 dietas balanceadas a base de especias en 60 días.

| Variable | N | T0 (C) | T1 (B) | T2 (O) | T3 (OB) | T4 (A) | T5 (AB) | T6 (AO) | T7 (AOB) |
|-----------------|----------|-------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|--------------------|---------------------|
| Color | 14 | 3,46 ^a | 3,54 ^{abc} | 4 ^{ab} | 4,21 ^{abcde} | 3,5 ^{abcd} | 6,86 ^{abcdef} | 4,82 ^g | 5,61 ^{fg} |
| Olor | 14 | 1,46 ^a | 4,46 ^c | 2,93 ^b | 5,21 ^{cde} | 4,61 ^{cd} | 5,86 ^{cde} | 6,11 ^e | 5,36 ^{de} |
| Sabor | 14 | 1,64 ^a | 4,61 ^c | 2,43 ^{ab} | 5,82 ^{cde} | 4,43 ^{cd} | 4,57 ^f | 6,57 ^f | 5,93 ^f |
| Textura | 14 | 1,68 ^a | 4,04 ^{bc} | 4,75 ^b | 4,75 ^{bcd} | 4,79 ^{bcd} | 4,43 ^{bcd} | 5,61 ^d | 5,96 ^{cd} |

Nota. Medias en la misma columna con letra similar no son significativamente diferentes (HSD Tukey $p \leq 0.05$). Autoría Propia.

Discusión

Durante el ensayo se prepararon 7 tratamientos a base de especias, ajo, albahaca y orégano, además un testigo alimentado con balanceado comercial con la finalidad de mejorar parámetros morfométricos, productivos y organolépticos. Actualmente, las nuevas prácticas de alimentación juegan un papel fundamental en la acuicultura en la suplementación de aditivos naturales que mejoran la calidad de dietas, por ende, sus resultados se reflejan en optimizar los parámetros de crecimiento e inmunidad de peces.

El uso de especias vegetales (especias) es empleada en la alimentación por ser una fuente rica de minerales, fibra, aceites esenciales y otros metabolitos secundarios. Desde el punto de vista fitoquímico, en el ajo, y en las demás especies de la familia con el mismo olor, abundan compuestos azufrados del tipo organosulfurados (alil-sulfuros, propionaldehídos, propintiol, vinil disulfuro), estos compuestos presentan características antifúngicas y antibacterial, además estas sustancias mejoran los parámetros productivos, metabolismo de los lípidos, sistema inmunológico y resistencia a enfermedades en animales acuáticos, López & Jiménez (2012).

En el ensayo el tratamiento AOB tuvo un incremento del peso total de 3,29% respecto a los peces sometidos al tratamiento testigo durante los 60 días de prueba. Los resultados de incremento en el peso total con la investigación realizada en truchas arcoíris en fase de crecimiento y producción, donde se suministró extracto de ajo al 1,5% durante 45 días se encontró un aumento en la masa corporal y longitud en relación a las que suministraron solamente con alimento balanceado, Talpur & Ikhwanuddin (2012). Además, en otro estudio realizado en trucha arcoíris durante 15 semanas, se evaluó el efecto de las dietas suplementadas con extracto de orégano al 0,5, 1 y 1,5% de orégano, el cuál presentó mejor masa corporal a los peces suministrados el extracto de orégano al 1% con un peso de 235,8g a diferencia del tratamiento testigo que presentó una masa corporal de 196,45g aseverando que la inclusión de especias influye en el crecimiento de las truchas arcoíris Skandamis & Nychas (2001).

En relación a los parámetros productivos como ganancia de peso, factor de condición corporal, eficiencia alimentaria, tasa de supervivencia y mortalidad, el tratamiento 3 (OB) fue de $2,34 \pm 0,03 \text{ g.día}^{-1}$, siendo este el que presentó una mejor ganancia de peso a los 60 días del estudio, seguido del tratamiento 7 (AOB) con $1,92 \pm 0,02 \text{ g.día}^{-1}$.

Varios estudios demostraron que peces suplementados con Orégano tuvieron un aumento de ganancia de peso en comparación a los alimentos con balanceados comerciales, se observaron hallazgos similares en trucha de arcoíris, Özogul & Özogul (2004). A su vez investigaciones en trucha, determinaron que la inclusión de orégano de $24,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ en la dieta, mejoró significativamente ($p < 0,001$) la ganancia de peso y factor de condición corporal, Mexis *et al.* (2009).

Estudio en truchas marrón del Caspio alimentadas con $0,05 \text{ mg.Kg}^{-1}$ de romero evidenciaron un aumento de la eficiencia alimentaria de 97,34%, a diferencia de los animales alimentados con balanceado comercial, Rezanejad *et al.* (2019). Estos resultados se acercan con la investigación realizada, donde la eficiencia alimentaria fue mayor en los peces alimentados con el tratamiento 3 (OB) con un valor de 91,28%, a comparación del tratamiento control con un valor de 57,82%.

El índice de condición corporal no fue significativo, arrojó datos estadísticamente similares en los ocho tratamientos. Este resultado se corrobora en un estudio realizado en *Oreocromis niloticus* alimentados con 5% de harina de ajo, donde no se encontraron diferencias significativas en la variable ICC, Roció & García (2020). El ajo, girasol, linaza y romero aumentan el crecimiento de peces carnívoros y la calidad muscular. Una mejora en los parámetros productivos en los peces suplementados con tratamientos en los cuales la mezcla incluye ajo, puede deberse a la palatabilidad del alimento, propiedades químicas y biodisponibilidad de algunos minerales como calcio, fósforo y hierro. Además, la suplementación de especias puede aumentar la absorción de algunos aminoácidos esenciales que se encuentran en el intestino; actúa y evita su oxidación, para que se encuentre disponible en la sangre, Gabriel *et al.* (2021). Sin embargo, Rezanejad *et al.* (2019) reconoce que el aumento de la ganancia de peso y la eficiencia alimentaria, está asociada a las características nutritivas que presentan las especias, como un alto contenido de minerales,

vitaminas, fenoles, polifenoles, carotenoides y otros metabolitos secundarios que pueden considerarse como nutrientes indirectos, pero que a su vez actúan de forma beneficiosa en el estado sanitario y nutricional de la trucha arcoíris López & Jiménez (2012).

Se obtuvo un mayor porcentaje de supervivencia en los peces alimentados con el tratamiento B con 88% de supervivencia, siendo el mayor valor a comparación del control que presentó una tasa de supervivencia del 52%. Estos datos se corroboran con la tasa de supervivencia del 86,5% en un estudio evaluado en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) donde se utilizó dietas balanceadas al 4% de linaza, Drobná (2006).

Los resultados de supervivencia se encuentran relacionados con el sistema inmunitario en los grupos alimentados con albahaca, atribuyéndose a los mismos los principios activos de la albahaca como insecticida, nematocida, fungistáticos y antibacterial. Del mismo modo Rodríguez (2016) evidenció la presencia de abundantes triterpenos y esteroides, taninos, azúcares, flavonoides y saponinas muy escasas. Por tal razón, el uso de extractos de albahaca dentro de dietas animales, disminuye el uso de tratamientos antiparasitarios y de distintas enfermedades que se presentan en el sistema digestivo.

Se ha determinado que distintas especies vegetales utilizadas en las dietas de trucha arcoíris impactan en la riqueza de la microbiota intestinal, ya que actúan directamente como un prebiótico al ser ingeridas, debido a la presencia de carbohidratos no digeribles por las truchas como celulosa, hemicelulosa y distintos polisacáridos presentes en la estructura de estas especies vegetales. La flora intestinal actúa directamente sobre el estado fisiológico del pez, ya que, son precursoras de la producción de ácidos grasos de cadena corta, que regulan tanto la expresión de genes, al actuar como inhibidores de desacetilasas de histonas. Además, actúan como moléculas de señalización que obedecen a receptores específicos, promoviendo la regulación del sistema inmune y la inflamación. El acetato y propionato, siendo ácidos grasos de cadena corta son activadores de receptores de ácidos grasos, estos se expresan directamente en las células que recubren al sistema digestivo, al tejido adiposo, células del sistema inmune, sistema nervioso, páncreas y en células

enteroendocrinas. En esta forma se relaciona con el metabolismo de lípidos o glucosa, así como con la respuesta del sistema inmune, Abreu *et al.* (2021).

En el caso del ajo sus efectos sobre el crecimiento y estado sanitario en trucha arcoíris están atribuidos a la alicina (compuesto organosulfurado), debido a su modo de acción parecido al de un polisacárido. La alicina mejora la motilidad intestinal y modula la secreción de distintas enzimas digestivas que mejoran la digestión y absorción de nutrientes, dando como un resultado un mayor peso del pez, Gabriel *et al.* (2021).

Respecto a los parámetros hematológicos, la inclusión de especies vegetales al alimento afecta significativamente al contenido de proteína total, hematocrito y glucosa. En el estudio de, Mexis *et al.* (2009) señala que el hematocrito normal está en el rango de 30-50 %. Los valores de hematocrito de *Oncorhynchus mykiss* determinados en esta investigación está dentro del rango normal para trucha arcoíris. El hematocrito es el principal indicador de alteraciones sanguíneas como anemia, la cual fue descartada en este estudio, Mexis *et al.* (2009). La concentración de hematocrito se mantuvo en rangos típicos de la especie. Los animales del tratamiento OB y A mostraron la mayor concentración de hematocrito ($65 \pm 1,41$ y $66 \pm 2,12$ %) con relación a los peces sometidos a la dieta O y B.

La concentración de glucosa plasmática en los animales de los tratamientos de A y AB se elevaron sobre el rango normal de la especie ($70 - 100 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$). Con la inclusión de especias en los grupos A y AB se logró una concentración de glucosa promedio de $107,54 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ y $106,37 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$, dicho valor es alto y puede deberse a la alta actividad enzimática de las bacterias del tracto digestivo que degradan el glucógeno. Las bacterias presentes en el tracto digestivo con cualidades probióticas incrementan procesos como la glucólisis, el aumento de galactosa, y N-acetilglucosamina productos procedentes de la glucosa, Rodríguez (2016). Uno de los indicadores de estrés en los peces es la concentración de glucosa en sangre debido a que en momentos de estrés los receptores celulares de insulina se ven alterados debido al aumento de hormonas como adrenalina y cortisol, en consecuencia, existe acumulación de glucosa en la sangre, López & Jiménez (2012).

Según el estudio de, Buenaño (2010) el contenido de proteína total en sangre se mantuvo dentro de los parámetros normales. Los peces sometidos a la dieta (AB) presentaron el mayor contenido de proteína en sangre ($4,68 \text{ g.dL}^{-1}$). En los peces alimentados solo con albahaca (B) se notó un aumento de la concentración de albúmina ($1,466 \text{ g.dL}^{-1}$), dicho aumento es sinónimo de problemas hepáticos, problemas en los procesos de coagulación de la sangre y aumento de infecciones en el organismo, Öz *et al.* (2017).

En el estudio de *Oncorhynchus mykiss* alimentadas con ajo y aloe vera al 1% se evidenció una mayor concentración de glóbulos rojos $2,1 \text{ RBC (cél x } 10^{12} \cdot \text{uL}^{-1})$ a diferencia del tratamiento control. Los resultados del presente estudio muestran que los peces alimentados con el tratamiento A con un valor de $0,722 \pm 0,008 \text{ (cél x } 10^6 \cdot \text{uL}^{-1})$ a comparación del tratamiento C, que presentó un valor de $0,694 \pm 0,01 \text{ (cél x } 10^6 \cdot \text{uL}^{-1})$. Además, los peces alimentados con el tratamiento OB presentaron los niveles más bajos de glóbulos blancos, debido a que ambas especies vegetales presentes metabolitos secundarios que actúan como antifúngicos y antibacteriales. Esta es una indicación de que existen algunos beneficios al combinar extractos de hierbas en alimentos para peces.

El crecimiento mejorado, los parámetros de salud y el aumento de la resistencia contra el estrés en los peces después de la suplementación con extractos de hierbas podrían atribuirse a sus composiciones nutricionales, así como a sus factores anti nutricionales. La combinación de especies vegetales manifiesta mejores efectos sinérgicos beneficiosos en animales acuáticos, como se demostró anteriormente en este estudio, porque pueden complementarse entre sí en términos de nutrientes y otras propiedades medicinales. Además, los polisacáridos (prebióticos) presentes en *Allium Sativum*, *Origanum majorana* y *Ocimum basilicum* son algunos de los factores anti nutricionales (metabolitos secundarios) que se ha informado que poseen propiedades promotoras del crecimiento y la salud en los animales. Se informa que los polisacáridos tienen la capacidad de mantener la homeostasis de la comunidad microbiana intestinal, así como la salud del pez, ya sea reduciendo la infección bacteriana y viral o al afectar directamente a la microflora intestinal patógena. Como resultado, mejora la digestibilidad del alimento y la disponibilidad de nutrientes de

los alimentos, y acorta el tiempo de tránsito del alimento, lo que podría tener una influencia beneficiosa sobre las enzimas digestivas con la finalidad de aumentar la absorción de nutrientes, Gabriel *et al.* (2021).

En cuanto a las características sensoriales son los factores clave que atraen a los consumidores a los productos procedentes de la industria acuícola. El filete de trucha del tratamiento control mostró los valores más bajos para color 3,46 pálido a comparación del tratamiento AB, el cual presentó un color moderadamente rojo con un valor de aceptación del 6,86. Estos datos se asemejan al estudio de *Oncorhynchus mykiss* alimentadas con ajo al 1,5% con un valor del 4,56 para color, mostrando un color moderadamente rojo, Sáez & Soto (2010)

El estudio realizado por Rezanejad *et al.* (2019), señala que no mostró cambios significativos en el color del filete de *Oncorhynchus mykiss* alimentadas con extracto de romero al 1,5 y 0,5% de nanopartículas de romero presentando un valor de 3 en cuanto al juicio de valor, siendo este un color pálido.

Al suministrar el tratamiento AO en dietas balanceadas en *Oncorhynchus mykiss* obtuvo un valor de aceptación de 6,11, siendo este el que presentó un olor moderado a especias, frente al testigo que presentó un valor de aceptación de 1,46 siendo este el que presentó un olor imperceptible a especias, pero agradable para el panelista. Las especies vegetales como el ajo y el orégano presentan compuestos anti nutricionales como fenoles que, al ser ingeridos, son absorbidos en el intestino y transportados mediante enlaces covalentes lipídicos hacia los tejidos adiposos presentes en el musculo del pez. Estos compuestos al reaccionar con altas temperaturas son liberados al ambiente y en este caso percibidos por los catadores, Reyes & Patiño (2007).

En estudios relacionados en *Oncorhynchus mykiss* alimentadas con 1,3% de pimienta negra se evidenciaron resultados positivos en los análisis sensoriales, el olor del filete de trucha presentó un valor de aceptación de 5,9 siendo este el que presentó un olor agradable para el catador, sin embargo, para la característica sensorial sabor no mostró ningún efecto significativo, Öz (2018).

Se obtuvo un valor de aceptación mayor en *Oncorhynchus mykiss* alimentadas con el tratamiento AO con un valor de aceptación del 6,57, siendo este el que presentó un sabor moderadamente perceptible a especias, agradable; a comparación de los peces alimentados con el tratamiento control que presentaron un sabor imperceptible a especias, pero agradable al catador. Estos datos se corroboran en el análisis sensorial con valor de aceptación del sabor del 7,2 en un estudio evaluado en *Oncorhynchus mykiss* donde se suministró dietas balanceadas al 1,5 y 0,5% extracto y nanopartículas de romero respectivamente, a diferencia del control que presentó un valor de 4 en cuanto a sabor.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

De acuerdo con los datos obtenidos se determinó que:

- El tratamiento AB presentó las mejores características organolépticas (color 5,61, olor 5,36, sabor 5,93 y textura 5,96) a comparación del tratamiento control.
- La inclusión de especies vegetales como *Allium Sativum*, *Origanum majorana* y *Ocimum basilicum*, en la alimentación de *Oncorhynchus mykiss* influyeron positivamente en los parámetros morfométricos y productivos de forma óptima a comparación de los peces alimentados con el tratamiento control.
- La combinación de *Allium Sativum*, *Origanum majorana* y *Ocimum basilicum*, en la alimentación de trucha arcoíris en fase de engorde evidencia una mejora en el perfil hematológico; aumentando el contenido de glucosa, albumina y las proteínas totales en la sangre, por ende, fortaleciendo el sistema inmunitario lo que se ve reflejado en un mayor porcentaje de supervivencia.

Recomendaciones

- Se recomienda la mezcla de especies como ajo albahaca y orégano al 6% para mejorar los parámetros productivos morfométricos y hematológicos, además de las características organolépticas.
- Con la finalidad de aumentar las características organolépticas se recomienda realizar estudios complementarios con dosis mayores al 6% de inclusión de especias.
- Realizar estudios complementarios con la finalidad de determinar problemas fisiológicos (hepáticos) en la inclusión de especias en la alimentación de trucha arcoíris.

BIBLIOGRAFÍA

- Abreu y Abreu, A. T., Milke-García, M. P., Argüello-Arévalo, G. A., Calderón-de la Barca, A. M., Carmona-Sánchez, R. I., Consuelo-Sánchez, A., Coss-Adame, E., García-Cedillo, M. F., Hernández-Rosiles, V., Icaza-Chávez, M. E., Martínez-Medina, J. N., Morán-Ramos, S., Ochoa-Ortiz, E., Reyes-Apodaca, M., Rivera-Flores, R. L., Zamarripa-Dorsey, F., Zárate-Mondragón, F., & Vázquez-Frías, R. (2021). Dietary fiber and the microbiota: A narrative review by a group of experts from the Asociación Mexicana de Gastroenterología. En *Revista de Gastroenterología de Mexico* (Vol. 86, Issue 3, pp. 287-304). Asociación Mexicana de Gastroenterología. <https://doi.org/10.1016/j.rgm.2021.02.004>
- Albrecht, M. P., Ferreira, M. F. N., & Caramaschi, E. P. (2001). Anatomical features and histology of the digestive tract of two related neotropical omnivorous fishes (Characiformes; Anostomidae). *Journal of Fish Biology*, 58(2), 419-430. <https://doi.org/10.1006/jfbi.2000.1462>
- Bermúdez, A., Santana, A. M., Isea, F., & Cruz, Y. (2021). Evaluación sensorial y estimación del rendimiento cárnico del chame *Dormitator latifrons*. *AquaTechnica: Revista Iberoamericana de Acuicultura.*, 3(2), 55. <https://doi.org/10.33936/at.v3i2.3661>
- Buenaño, M. (2010). Hemograma de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en tres etapas de producción en la cuenca alta de la provincia del Napo, Ecuador. 6(1-14). [Tesis de Pregrado]. Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. Obtenido de <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-serie-zoologica/article/view/1426>
- Crespo, C. (2018). Evaluación de buclizina en la estimulación del apetito en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorde. [Tesis de Pregrado]. Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Quito, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/14638>
- Drobná, Z. (2006). Influence of dietary linseed and sunflower oil on sensory characteristics of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). 11, 475-482. <https://doi.org/10.33936/at.v3i2.4838>
- Gabriel, N. N., Wilhelm, M. R., Habte-Tsion, H. M., Chimwamurombe, P., & Omoregie, E. (2021). The

- effects of dietary garlic (*Allium sativum*) and Aloe vera crude extract mixtures supplementation on growth performance, feed utilization, hematological parameters, whole body composition, and survival at low pH in African catfish (*Clarias gariepinus*) juveniles. *Scientific African*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00671>
- López, I., & Jiménez, I. (2012). *Metabolitos secundarios de especies de la flora Iberoamericana como potenciales agentes antiparasitarios*. [Tesis de Doctorado]. Instituto Universitario de Bio-Organica "Antonio González", San Cristobal, España. Obtenido de <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/44>
- Mexis, S., Chouliara, E., & Kontominas, M. (2009). Combined effect of an oxygen absorber and oregano essential oil on shelf life extension of rainbow trout fillets stored at 4 °C. *Food Microbiology*, 26(6), 598-605. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.04.002>
- Moya, A. (2009). *Atlas alimentario de los pueblos indígenas y afrodescendientes del Ecuador*. (3.ª ed.). Instituto Nacional de Educación Intercultural y Bilingüe. <http://repositoriointerculturalidad.ec/jspui/handle/123456789/37495>
- Öz, M. (2018). Effects of garlic (*Allium sativum*) supplemented fish diet on sensory, chemical and microbiological properties of rainbow trout during storage at -18 °C. *LWT*, 92, 155-160. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.030>
- Öz, M., Dikel, S., Durmuş, M., & Özoğul, Y. (2017). Effects of Black Cumin Oil (*Nigella sativa*) on Sensory, Chemical and Microbiological Properties of Rainbow Trout During 23 Days of Storage at 2 ± 1°C. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 26(6), 665-674. <https://doi.org/10.1080/10498850.2016.1253631>
- Özogul, Y., & Özogul, F. (2004). Effects of slaughtering methods on sensory, chemical and microbiological quality of rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*) stored in ice and MAP. *European Food Research and Technology*, 219(3), 211-216. <https://doi.org/10.1007/s00217-004-0951-0>
- Rainuzzo, J. (2020). *La cadena de valor de la trucha*. [Estudio de Prospectiva]. Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura, Quito, Ecuador. Obtenido de

<https://hdl.handle.net/20.500.12864/194>

Reyes, J., & Patiño, J. (2007). Caracterización de los metabolitos secundarios de dos especies de *ocimum* (fam. labiatae), en función del método de extracción. [Tesis de Doctorado]. Universidad Tecnológica de Pereira Colombia, Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84903328.pdf>

Rezanejad, R., Ojagh, S., Heidarieh, M., Raeisi, M., Alishahi, A., & Rafiee, G. (2019). The Impact of Diets Supplemented with Different Forms of Rosemary and BHA on Chemical, Microbial and Sensory Properties of Rainbow Trout Fillet. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 28(5), 478-494. <https://doi.org/10.1080/10498850.2019.1604594>

Rocio, R., & García, C. (2012). Determinación del factor de conversión alimentaria y crecimiento de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) bajo diferentes densidades y niveles de alimentación en estanques artificiales en Llaullini, [Tesis de Pregrado]. Universidad Mayor de San Andrés La Paz, Bolivia. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/23727>

Rodríguez, A. (2016). Efecto de los carotenoides y los probióticos sobre los parámetros de desempeño, hematológicos, bioquímicos, color del filete, carotenoides totales y estrés térmico en la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). [Tesis (Maestría en ciencias veterinarias)]. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Ciudad de México, México. Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/Efecto-de-los-carotenoides-y-los-probi%C3%B3ticos-sobre-Ram%C3%ADrez-Rosario/9e1f503071ad6def8950bc43c8d420de071ba2d4>

Santaella, M., Martínez, G., Periago, M., & Santaella, J. (2012). Sensory evaluation of different commercial presentations of sea bream (*Sparus aurata* L.) from aquaculture. *Aquaculture*, 28, 85-96. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.07.128>

Skandamis, P., & Nychas, G. (2001). Effect of oregano essential oil on microbiological and physico-chemical attributes of minced meat stored in air and modified atmospheres. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2001.07.078>

Talpur, A., & Ikhwanuddin, M. (2012). Dietary effects of garlic (*Allium sativum*) on haemato-

immunological parameters, survival, growth, and disease resistance against *Vibrio harveyi* infection in Asian sea bass, *Lates calcarifer* (Bloch). *Aquaculture*, 364-365, 6-12.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.07.035>

Vladimir, C., Amangano, M., & Koziol, M. (2004). Production and marketing of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) for export. *Aquaculture*, 19(1), 24-132.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.02.0235>

Yucra. (2022). Alimentación de truchas *Oncorhynchus mykiss* con dietas de ensilados biológicos de vísceras de truchas. *Revista de Investigaciones*, 11(2), 94-107.
<https://doi.org/10.26788/ri.v11i2.3131>