



Efecto de la Espirulina (*Arthrospira platensis*) tratada con auxinas naturales, en la productividad de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de alevinaje

Marcillo Arcalle, Genesis Gabriela

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

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

Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal PhD.

8 de agosto del 2022



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, **“Efecto de la Espirulina (*Arthrospira platensis*) tratada con auxinas naturales, en la productividad de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de alevinaje.”** fue realizado por la señorita **Marcillo Arcalle, Genesis Gabriela** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 8 de agosto del 2022



Firmado electrónicamente por:
**JUAN
CRISTOBAL
ORTIZ TIRADO**

.....
Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal PhD.

C. C 1709998163



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, Marcillo Arcalle, Genesis Gabriela, con cédula de ciudadanía No.1721710364, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Efecto de la Espirulina (*Arthrospira platensis*) tratada con auxinas naturales, en la productividad de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de alevinaje.”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 8 de agosto del 2022

.....
Marcillo Arcalle, Genesis Gabriela

C.C.: 1721710364



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo **Genesis Gabriela, Marcillo Arcalle** con cédula de ciudadanía No.1721710364 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Efecto de la Espirulina (*Arthrospira platensis*) tratada con auxinas naturales, en la productividad de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de alevinaje.”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 8 de agosto del 2022

.....
Marcillo Arcalle, Genesis Gabriela
C.C.:1721710364

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

Tesis Marcillo revisión (3) copyleaks.docx

Scanned on: 3:33 August 16, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	298
Words with Minor Changes	134
Paraphrased Words	510
Omitted Words	61



JUAN
CRISTOBAL
ORTIZ TIRADO

Índice de Contenidos

Carátula.....	1
Certificación	2
Responsabilidad de Autoria.....	3
Autorización de Publicación	4
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	5
Agradecimiento	17
Resumen	18
Abstract	19
Capítulo 1	20
Introducción.....	20
Antecedentes	20
Justificación.....	22
Objetivos	24
<i>Objetivo general</i>	24
<i>Objetivos específicos</i>	24
Hipótesis	24
<i>Hipótesis alternativa</i>	24
<i>Hipótesis nula</i>	25
Capítulo II.....	26
Revisión de literatura	26
Acuicultura en el Ecuador.....	26
Generalidades.....	26
Origen de trucha arcoíris	27
Características de la trucha arcoíris	27

Proceso de crecimiento de trucha arcoíris.....	29
Parámetros del cultivo de trucha arcoíris.....	30
Uso de la Cianobacteria <i>Espirulina</i> en la acuicultura.....	31
Cinética de crecimiento	31
Características nutricionales de <i>Espirulina</i> sp.	32
Actividad antioxidante y antimicrobiana de la <i>Espirulina</i> sp.	33
Efecto de las auxinas en las microalgas	34
Mecanismos y elementos que componen la inmunidad innata	35
Sistema inmune adaptativo	35
Tipos de inmunidad adaptativa celular y humoral.....	36
Sistema inmune relacionado en dietas a base de Cianobacterias.....	36
Capítulo III.....	38
Materiales y Métodos de Investigación	38
Ubicación política.....	38
Ubicación geográfica	38
Fase de laboratorio.....	38
Preparación de los medios de cultivo para <i>Arthrospira platensis</i>	38
Masificación de <i>Arthrospira platensis</i>	42
Preparación y aplicación de ácido indol 3- acético	42
Cosecha y secado	42
Fase de Campo Alimentación de alevines (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).....	43
Preparación de dietas.....	43
Diseño experimental	43
Croquis experimental.....	44
Variables del estudio	44

Variables morfométricas	45
Variables productivas	45
Variables hematológicas.....	45
Modelo matemático.....	46
Análisis Estadístico	47
Capítulo IV	48
Resultados y Discusión	48
Variables morfométricas	48
<i>Masa Corporal</i>	48
<i>Longitud Total</i>	50
<i>Longitud Parcial</i>	52
<i>Ancho</i>	53
Variables Productivas	55
<i>Ganancia de Peso</i>	55
<i>Factor de conversión alimenticia</i>	57
<i>Tasa de Crecimiento Específico</i>	58
<i>Eficiencia Alimentaria</i>	60
<i>Índice de condición corporal</i>	62
<i>Tasa de Supervivencia y Mortalidad</i>	64
Variables hematológicas.....	65
<i>Proteína total</i>	65
<i>Glucosa</i>	66
<i>Albúmina</i>	67
<i>Glóbulos Rojos</i>	68
<i>Hematocrito</i>	70

<i>Glóbulos blancos</i>	71
<i>Linfocitos</i>	72
<i>Neutrófilos</i>	73
<i>Monocitos</i>	74
<i>Eosinófilos</i>	75
<i>Basófilos</i>	76
Discusión.....	78
<i>Parámetros morfométricos</i>	78
<i>Parámetros Productivos</i>	80
<i>Parámetro Hematológico</i>	83
Capítulo V	87
Conclusiones y Recomendaciones	87
Conclusiones.....	87
Recomendaciones	88
Bibliografía	89

Índice de Tablas

Tabla 1	Medios del cultivo de para <i>Arthrospira platensis</i> en condiciones de laboratorio y campo.....	39
Tabla 2	Fórmulas que se emplearán para medir los parámetros productivos.....	45
Tabla 3	Análisis de la varianza para un DBCA, para tres tratamientos y tres repeticiones ..	47
Tabla 4	Promedio \pm error estándar de masa corporal en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.....	48
Tabla 5	Promedio \pm error estándar de masa corporal en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> al culminar la fase de investigación	49
Tabla 6	Promedio \pm error estándar de la longitud total en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.....	51
Tabla 7	Promedio \pm error estándar de la longitud parcial en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.....	52
Tabla 8	Promedio \pm error estándar del ancho en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.....	54
Tabla 9	Promedio \pm error estándar de la ganancia de peso en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.....	55

Tabla 10	Promedio \pm error estándar de la ganancia de peso en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.	56
Tabla 11	Promedio \pm error estándar de Factor de conversión alimenticia en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.	57
Tabla 12	Promedio \pm error estándar de Tasa de crecimiento específico en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.	59
Tabla 13	Promedio \pm error estándar de la Tasa de crecimiento específico en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.	59
Tabla 14	Promedio \pm error estándar de Eficiencia Alimentaria en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.	61
Tabla 15	Promedio \pm error estándar de la Eficiencia Alimentaria en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.	61
Tabla 16	Promedio \pm error estándar del índice de Condición Corporal en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.	63
Tabla 17	Promedio \pm error estándar del porcentaje de mortalidad y supervivencia en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i>	64

- Tabla 18** Promedio \pm error estándar de Proteína total, Glucosa, Albúmina, hematocrito y conteo de glóbulo rojos en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días. 71
- Tabla 19** Promedio \pm error estándar de Conteo de glóbulos blancos, Linfocitos, Neutrófilos, Eosinófilos y Basófilos en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días. 77

Índice de Figuras

Figura 1	Morfología de la trucha arcoíris.....	29
Figura 2	Bromatológico sobre la calidad de espirulina <i>Arthrospira platensis</i> en peso seco mediado con la acción de auxinas	35
Figura 3	Flujo de proceso del ensayo	41
Figura 4	Croquis experimental.....	44
Figura 5	Promedio \pm error estándar de masa corporal en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en el tiempo.	50
Figura 6	Promedio \pm error estándar de la longitud total en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en el tiempo.	51
Figura 7	Promedio \pm error estándar de la longitud parcial en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en el tiempo	53
Figura 8	Promedio \pm error estándar del ancho en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en el tiempo.	54
Figura 9	Promedio \pm error estándar de la ganancia de peso en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i>	56

Figura 10	Promedio \pm error estándar del factor de conversión alimenticia en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en el tiempo.	58
Figura 11	Promedio \pm error estándar de la tasa de crecimiento específico en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i>	60
Figura 12	Promedio \pm error estándar del Eficiencia Alimentaria en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i>	62
Figura 13	Promedio \pm error estándar del Índice de condición corporal en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en el tiempo.	63
Figura 14	Promedio \pm error estándar del (%) Supervivencia en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.	65
Figura 15	Promedio \pm error estándar de Proteína Total en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.	66
Figura 16	Promedio \pm error estándar de Glucosa en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.	67
Figura 17	Promedio \pm error estándar de Albúmina en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.	68

Figura 18	Promedio \pm error estándar de Conteo de glóbulos rojos en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.	69
Figura 19	Promedio \pm error estándar de Hematocrito en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.	70
Figura 20	Promedio \pm error estándar de Conteo de glóbulos blancos en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.	72
Figura 21	Promedio \pm error estándar de linfocitos en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.	73
Figura 22	Promedio \pm error estándar de neutrófilos en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.	74
Figura 23	Promedio \pm error estándar de monocitos en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.	75
Figura 24	Promedio \pm error estándar de eosinófilos en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.	76
Figura 25	Promedio \pm error estándar de basófilo en alevines de trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> suplementadas con 3 dietas balanceadas de <i>Arthrospira platensis</i> en 50 días.	77

Dedicatoria

A Dios, porque gracias a él me ha dado salud y bienestar para culminar una nueva etapa de mi vida

A mi padre Ángel Marcillo, quien ha sido un apoyo incondicional, por sus consejos brindados en todo momento, por su amor. Gracias infinitamente por darme una carrera para mi futuro, aunque hemos pasado por momentos difíciles sé que siempre estarás en mis fracasos y éxitos que se presenten a lo largo de mi vida.

A mi madre Janeth Arcalle, quien siempre confió que iba a tener éxito en mi vida y gracias a ella soy la mujer que soy hoy en día, desde el cielo siempre me iluminas y me ayudas en cada momento. Todos mis logros son dedicados para ti negrita.

A mi Hermano Angel Marcillo, por el apoyo en todo momento, por siempre brindarme amor a tu manera, estar para mí siempre y especialmente darme el mejor regalo de ser tía. A mi cuñada Gabriela Lizalde que es un pilar fundamental en mi vida por sus consejos, apoyo, sabiduría, amor infinito, por siempre estar conmigo cuando más te necesito y especialmente ser mi confidente Gracias por ser una madre para mí.

A mis sobrinos David y Nicolás por ser la luz de mi vida, siempre estar en todo momento conmigo, gracias a ustedes dos quiero ser una mejor tía cada día y que siempre se sientan orgullosa de mí.

Agradecimiento

A mi padre, Angel Marcillo por su apoyo espiritual y económicamente a lo largo de toda mi carrera, y de igual manera motivarme en cada paso que di para culminar mi proyecto de investigación. Sin él no me hubiera formado profesionalmente. Gracias por todo.

A mi madre Janeth Arcalle, aunque físicamente no estuvo conmigo, su espíritu y amor me impulso día tras día, siempre estuviste junto a mí y estoy muy agradecida mi angelito.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas – Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, por formarme y darme los conocimientos para ser una gran profesional

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

Al Ing. José Luis Masabanda, por brindarme su conocimiento y solventarme en dudas que surgieron en el proceso para obtener mi título. A la Ing. Daysi Muñoz por brindarme su apoyo y enseñanzas.

A mis amigos Karina Calapaqui, Dario Heredia, Alex Coronel, Dario Guaña, Alexander Muñoz, Esteban Vallejos, Evelyn Vallejo, Juan Manuel Villavicencio y otros amigos más. Gracias por su amistad durante todos estos años de carrera, por las anécdotas que compartimos, y especialmente el apoyo brindado. No olvidaré los buenos momentos junto a ustedes en mi querido IASA.

Resumen

La *Arthrospira platensis*, es una Cianobacteria de agua dulce utilizada a nivel mundial, y es manejada como una estrategia nutricional. No solo estimula el sistema inmunológico de los organismos acuáticos, sino proporciona una dieta rica en proteínas y es usado en suplementos para alimentos acuícolas. El presente estudio evaluó el efecto de la Espirulina (*Arthrospira platensis*) tratada con auxinas naturales, en la productividad de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de alevinaje. El proyecto se llevó a cabo con 12 unidades experimentales y un total de 450 alevines de *Oncorhynchus mykiss*. Se valoraron tres tratamientos con tres repeticiones; T1 control 0 % *Arthrospira platensis*/ Kg dieta, (T2) 13% *Arthrospira platensis*/ Kg dieta, (T3) 13% *Arthrospira platensis* + ácido indol -3- acético /Kg, durante 50 días. Cada 10 días se tomaron parámetros morfométricos y parámetros productivos. Además, al finalizar el ensayo se realizaron análisis hematológicos. Se obtuvieron valores para las variables de masa corporal con 14,43 g, longitud total 10,51cm, longitud parcial 9,51cm y ancho 2,04 cm con la adición de 13 g Kg⁻¹ de *A. platensis*+ auxinas, las mismas que fueron superiores al tratamiento control (0 g Kg⁻¹ de *A. platensis*). Para las variables productivas, la inclusión de 13 g Kg⁻¹ de *A. platensis* + auxinas en dietas balanceadas, mejoraron el crecimiento en los individuos y mostraron un incremento en la tasa de crecimiento específico (4,03%), ganancia diaria de peso (0,35 g), factor de conversión alimenticia óptimo (1,15), así como una eficiencia alimentaria del 97,11%. La inclusión *A. platensis* en dietas balanceadas para alevines de trucha arcoíris permite el incremento del número de células circulantes en la sangre de los peces, mejorando en términos generales el perfil hematológico y por tanto fortaleciendo la primera línea de defensa contra enfermedades infecciosas, y por tanto mejorando el sistema inmunológico de las truchas en etapas de alevinaje.

Palabras clave: alevines de trucha arcoíris, *Arthrospira platensis*, ácido indol -3- acético, perfil hematológico, sistema inmunológico

Abstract

Arthrospira platensis is a freshwater cyanobacterium used throughout the world and is managed as a nutritional strategy. It not only stimulates the immune system of aquatic organisms, but provides a high-protein diet and is used in aquafeed supplements. The present study evaluated the effect of Spirulina (*Arthrospira platensis*) treated with natural auxins, on the productivity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the fry stage. The project was carried out with 12 experimental units and a total of 450 *Oncorhynchus mykiss* fingerlings. Three treatments with three repetitions were evaluated; T1 control 0% *Arthrospira platensis*/Kg diet, (T2) 13% *Arthrospira platensis*/Kg diet, (T3) 13% *Arthrospira platensis* + indole-3-acetic acid/Kg, for 50 days. Every 10 days morphometric parameters and productive parameters were taken. In addition, at the end of the trial, hematological analyzes were performed. Values were obtained for the variables of body mass with 14.43 g, total length 10.51 cm, partial length 9.51 cm and width 2.04 cm with the addition of 13 g Kg⁻¹ of + auxins, the same ones that were higher than the treatment control (0 g Kg⁻¹ of *Arthrospira platensis*). For the productive variables, the inclusion of 13 g Kg⁻¹ of *Arthrospira platensis* + auxins in balanced diets improved the growth of individuals and showed an increase in the specific growth rate (4.03%), daily weight gain (0.35 g), optimum feed conversion factor (1.15), as well as a feed efficiency of 97.11%. The inclusion of *Arthrospira platensis* in balanced diets for rainbow trout fingerlings allows to increase the number of circulating cells in the blood of the fish, generally improving the hematological profile and therefore strengthening the first line of defense against infectious diseases, and therefore both improving the immune system of trout in fry stages.

Keywords: rainbow trout fingerlings, *Arthrospira platensis*, indole -3- acetic acid, hematological profile, waterproof system

Capítulo 1

Introducción

Antecedentes

La acuicultura en el mundo se ha transformado en una importante industria proveedora de alimentos de alto valor nutricional, generando empleos e ingresos en los distintos países desarrollados y en vías de desarrollo (FAO, 2015). Los orígenes de la acuicultura en Ecuador, se remontan a los años 1932, donde se introdujo en la región Sierra la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) para poder lograr colonizar las lagunas, lagos y ríos (FAO, 1984). En el Ecuador la acuicultura y pesca con excepción del camarón a través del tiempo es una industria que se ha desarrollado, es así que, su crecimiento se reporta para el año 2019 con un promedio PIB promedio del 0,5% con un aporte de \$575,8 millones dólares y, una tasa de promedio de variación interanual de 5,9% entre el periodo del 2000-2019 (BCE, 2020).

EL Cultivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) actualmente se ha convertido en una alternativa para la producción acuícola, con el propósito de diversificar el producto en el mercado y mejorar la oferta, creando fuentes de trabajo y a su vez mejorar la economía del Ecuador. Sin embargo, el 90% de la producción de trucha arcoíris es para consumo nacional y el 10% restante se exporta a los países fronterizos como Colombia y Perú (Mora et al., 2004). La provincia de Pichincha presenta el 33,9% de la producción Nacional, seguido de Azuay con el 19,3% la provincia de Azuay Napo con un 10% (Puga, 2015). El cultivo de trucha arcoíris tiene condiciones hidrográficas muy beneficiosas para su producción como el Centro de Investigación Acuícolas (CENIAC) que se sitúa en la Provincia de Napo- Papallacta, y que se especializa en la producción de esta especie con la implementación de sistemas técnicos y pruebas científicas para el mejor desarrollo de cultivo de trucha arcoíris (MAGAP, 2019). No obstante, no todos los piscicultores cuentan con tecnificación, un gran segmento realiza las

actividades de forma artesanal, teniendo limitaciones en cuanto a infraestructura y tratamientos sanitarios (Gonzalez, 2012). Para minimizar este impacto, los piscicultores optan por utilizar estrategias de control de enfermedades con el uso antibióticos y antimicóticos, los cuales presentan un costo elevado para la producción de peces y a la vez que crean resistencia en los microorganismos (A. Rodríguez, 2017).

El uso intensivo de antibióticos en la acuicultura mundial aumenta de manera significativa, para tratar enfermedades infecciones y por tanto incrementar la producción, a menudo para compensar las deficiencias en la cría acuícola. Los antibióticos se han utilizado para combatir las infecciones bacterianas, pero su uso por largos períodos de tiempo fomenta resistencia bacteriana (Brunton et al., 2019). Por ende, encontrar soluciones alimentarias más seguras que los antibióticos para mitigar las enfermedades es vital en la acuicultura (Amer et al., 2020).

A su vez, el uso excesivo de antibióticos repercute en riesgos ambientales incluyendo la toxicidad del agua para la biodiversidad acuática, además de afectar la salud humana y animal (Salas & del Río, 2021). Los efectos adversos de los antibióticos también se evidencian en los daños fisiológicos de varios organismos vivos, a nivel cardiovascular, metabolismo, y alteración en el sistema inmune y respuesta antioxidante en peces (Limbu et al., 2018). Por otro lado, los factores antinutricionales y el desequilibrio del perfil nutricional se considera como una de las principales causas del deterioro de la inmunidad en (Wu et al., 2020). Cabe recalcar que un inadecuado manejo en dietas balanceadas, genera una deficiente conversión alimenticia e influye en el sistema inmune, por tal razón, repercute en la presencia enfermedades, afectando al cultivo de trucha arcoíris (Morales, 2004). De esta manera se ha optado por incorporar en las dietas balanceadas la adición de carotenoides y se pueden utilizar como inmunoestimulantes para mejorar la capacidad antioxidante, aumentar el crecimiento, la supervivencia y estado inmunológico de los peces (Babin et al., 2015).

Con estos antecedentes, muchos de los centros productivos de alevines de trucha arco iris requieren de estudios especializados para mejorar las dietas balanceadas, con un enfoque en el incremento productivo, fortaleciendo el sistema inmune, y favoreciendo la tasa de supervivencia.

Justificación

El aumento en los costos del alimento y en algunos casos la mala calidad de los mismos, genera desbalances nutricionales y conllevan la incidencia de enfermedades, produciendo costos elevados a los acuicultores con baja productividad en el cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Dentro de los procesos productivos, la Espirulina es considerado un alimento funcional debido a sus beneficios para la salud y sus componentes nutricionales. Además, contiene antioxidantes, fitonutrientes y estimula el sistema inmunológico de organismos acuáticos (Kumar et al., 2022).

Los carotenoides son pigmentos liposolubles producidos por plantas y algunos microorganismos proporcionando beneficios en la salud y mejorando la resistencia a enfermedades en especies acuícolas (Hynstova, y otros, 2018). Las microalgas tienen un compuesto fitoquímico denominado ficocianina biológicamente activo, tiene una potente actividad antioxidante asociada con una alta inmunidad, un crecimiento rápido y una mejor productividad en peces (El-Araby et al., 2022). Entre varias microalgas como Chlorella y la Espirulina, que pertenece a la familia de las cianobacterias es abundante en compuestos antioxidantes como los β -caroteno, ficocianina, tocoferoles y la enzima superóxido dismutasa (SOD) que presentan efectos significativos sobre la anulación de radicales libres. Además de los antioxidantes, contiene un alto contenido de proteínas hasta un 70%, ácidos grasos poliinsaturados, vitaminas (especialmente B12) y minerales (zinc, manganeso, magnesio, selenio y hierro) (Roohani et al., 2019). Investigaciones de Espirulina con una inclusión al 10%

en dietas balanceadas en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), demostraron resultados favorables para la función inmunológica, aumentando los parámetros hematológicos y disminuyendo el estrés (Yeganeh et al., 2015).

Por otro lado, las auxinas tienen efecto estimulante sobre el crecimiento celular y la composición de la biomasa, en la naturaleza esta hormona se encuentra presente como AIA (X. Yu et al., 2015). Estudios en *Chlorella vulgaris* inoculadas con auxinas dieron como resultado una estimulación a la proliferación celular, acumulación de proteínas, clorofila y monosacáridos (Bajguz & Piotrowska-Niczyporuk, 2013). Además, las bajas concentraciones de auxinas sintéticas, como el ácido 2-(2,4-diclorofenoxi), estimulan la tasa fotosintética y síntesis de carotenoides en *Chlorella. pyrenoidosa* (Yu et al., 2015).

La piscicultura intensiva ha provocado la presencia de enfermedades bacterianas, por ende, se ha incrementado el uso de antimicrobianos en el cultivo de trucha arcoíris para mejorar la salud de los peces cultivados (Gomez et al., 2013). En la actualidad se ha propuesto una serie de vacunas y antibióticos, así como también estimulantes para combatir patógenos, sin embargo, su uso excesivo en piscícolas puede generar moléculas residuales no metabolizadas en el medio acuático. Esto trae consecuencias como el consumo no detectado de contaminantes terapéuticos en los peces, también alteraciones en la flora bacteria del pez/huésped, por lo tanto, es susceptible a infecciones y creando resistencia a los antibióticos (Dawood et al., 2018). Al incorporar *Arthrospira. platensis* en dietas balanceadas para peces aumentan la expresión génica del G3 y este complemento es otra parte de la inmunidad innata de los peces el cual desempeña diferentes funciones inmunitarias en la superficie de las mucosas de las branquias, intestino y piel (Esteban et al., 2014).

Una alternativa para reemplazar el uso de antibióticos con la finalidad de mejorar parámetros morfométricos, productivos y fortalecer la respuesta del sistema inmunológico en

los peces es el uso de microalgas (Sheikhzadeh et al., 2019). Los parámetros fisiológicos mejoran cuando los peces son alimentados en dietas enriquecidas con *Arthrospira. platensis*, asimismo ha demostrado ser prometedor como un método alternativo a los antibióticos para prevención de enfermedades en la acuicultura (Abdel-Tawwab & Ahmad, 2009). Por lo tanto, la presente investigación se encamina en evaluar el efecto de la Espirulina (*Arthrospira platensis*) tratada con auxinas naturales, en la productividad de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de alevinaje, con el aporte de *Arthrospira platensis* ayuda a mejorar parámetros productivos y ayuda en la tasa de supervivencia de los alevines de truchas arcoíris.

Objetivos

Objetivo general

Determinar el efecto de la Espirulina (*Arthrospira platensis*) tratada con auxinas naturales, en la productividad de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la etapa de alevinaje.

Objetivos específicos

Evaluar el efecto de la Espirulina tratada con auxinas naturales, en los parámetros morfométricos y productivos en alevines de truchas arcoíris.

Analizar el estado de bienestar animal de los peces en etapas de alevinaje, mediante el perfil hematológico y complementos sanguíneos.

Hipótesis

Hipótesis alternativa

“El uso de Espirulina tratadas con auxinas naturales, tiene un efecto en los parámetros productivos y de bienestar animal en etapa de alevinaje de la trucha arco iris”.

Hipótesis nula

“El uso de Espirulina tratadas con auxinas naturales, no muestra un efecto en los parámetros productivos y de bienestar animal en etapa de alevinaje de la trucha arco iris”.

Capítulo II

Revisión de literatura

Acuicultura en el Ecuador

En el Ecuador la acuicultura se concentra mayoritariamente en la Costa, en donde su principal producción es el cultivo del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) con más del 95% del volumen establecido, seguido del cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*, sp.), y el porcentaje restante se atribuye a crustáceos y peces de agua dulce. Los cultivos de agua dulce, su mayor desarrollo es en la región interandina con los centros acuícolas que se dedican a la producción de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), mientras la región amazónica los cultivos como la tilapia, cachama (*Colossoma macropomum*, *Piaractus brachypomus*), sábalo (*Brycon Sp.*) Paiche (*Arapaima gigas*) son para consumo local (INIAP, 2022).

Generalidades

La ubicación geográfica del Ecuador hace que la acuicultura sea una actividad permanente durante todo el año debido a que no se ve afectada por cambios repentinos de temperatura, esto junto con la calidad y disponibilidad de agua, calidad de suelo y condiciones climáticas nos permite tener una amplia gama de productos acuáticos de calidad (Tocaón Bolaños, 2019).

La Acuicultura influye en la economía del Ecuador, por tal razón, el cultivo de camarón alcanzó un valor FOB promedio de 3,580.4 millones de USD; el atún y pescado obtuvo un valor de exportación (FOB) promedio de 295.7 millones de USD y una participación porcentual de los productos 26.1% y 2,2% entre Enero – Noviembre del 2020, respectivamente. En el 2014, la oferta mundial *per cápita* de pescado fue de 20 kg, siendo un máximo histórico, motivo de la

producción y crecimiento de la acuicultura, la cual cubre la demanda de la mitad del consumo humano (BCE, 2021).

Según (Gonzalez, 2012) , el cultivo de trucha arcoíris ha demostrado ser una especie caracterizada por ser resistente a enfermedades, demostrando una mayor adaptación en la región andina, con corrientes rápidas y una adecuada oxigenación. Por otro lado, la cadena productiva de trucha arcoíris sufre de muchos problemas, ya que por ejemplo en los productores de Imbabura, es notorio la falta de regularidad en la producción por el alto precio del alimento balanceado, y genera un impacto en la rentabilidad de la truticultura (Troya Sánchez, 2021).

Origen de trucha arcoíris

La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), es una especie de las cuencas que drenan el Océano Pacífico en Norte América, desde Alaska hasta México. Para el año de 1874 se expandió en todos los continentes, a excepción de la Antártida, con la finalidad de utilizarse para la producción y pesca deportiva (FAO, 2009).

En el país la trucha arcoíris fue introducida en 1935, específicamente para repoblar ríos. Sin embargo, para el año de 1980 se pudo establecer este cultivo con fines de productivos (Ortiz, 2015). Desde el año de 1996, se creó el Centro de Investigaciones Acuícolas Papallacta (CENIAC) para implementar la producción de trucha arcoíris, el cual se encarga de la reproducción y obtención de ovas y la cría de alevines en sus diferentes estadios (la Hora, 2002).

Características de la trucha arcoíris

La trucha arcoíris es un salmónido, tolerante a diferentes ambientes, capaz de habitar en océanos por tener un ciclo anádromo (vive en el océano y desova en ríos) hasta un ciclo de

vida por completo en aguas dulces, es una especie resistente a enfermedades y especialmente su fácil desove para adquisición de ovas (FAO, 2009).

Esta especie se caracteriza por una forma aerodinámica fusiforme y presenta una aleta adiposa con un borde negro. Los caracteres sexuales que presentan las hembras tienen un vientre abultado y el orificio vaginal hinchado de coloración rojiza. No obstante, los machos la banda irisada es más brillante y la mandíbula inferior pronunciada hacia la parte superior (Arregui, 2013) . A continuación, se detalla la descripción taxonómica de la trucha arcoíris

Taxonomía

Reino: Animal

Phylum: Chordata

Subphylum: Vertebrata

Clase: Osteichthyes

Orden: Salmoniformes

Familia: Salmonidae

Género: *Oncorhynchus*

Especie: *O. mykiss*

Nombre científico: *Oncorhynchus mykiss*

Fuente: (Ríos & Ubidia, 2014)

Figura 1

Morfología de la trucha arcoíris



Nota. (Vásquez Gallegos, 2014)

Proceso de crecimiento de trucha arcoíris

Según Portilla (2011), la trucha arcoíris se desarrolla en cinco etapas las cuales se detalla a continuación

Huevo. Al realizar la fertilización de ovas mediante un proceso de incubación y durante el periodo de 31 días aproximadamente bajo una temperatura de 8 y 12°C eclosionan. No se recomienda la incubación de los huevos en temperaturas mayores a 12 °C.

Larvas. Al finalizar el desarrollo del embrión el alevín eclosiona y por medio del saco vitelino cumple sus requerimientos nutricionales mientras este sea absorbido; esta etapa tiene un tiempo aproximado entre 14 y 20 días.

Alevín. El salmónido comienza a nadar libremente, su peso oscila entre 1,5 a 20 gramos. Además, inicia la suministración de alimento balanceado.

Juvenil. Tienen hábitos específicos de la especie donde suelen ser más activos y nadar contra las corrientes. También el rango de peso varía entre 21 y 160 gramos.

Adulto. Presenta un peso mínimo de 240 gramos; adquiere su madurez sexual, presenta características que diferencian las hembras de los machos y su población madura entre los 15 y 18 meses de edad.

Parámetros del cultivo de trucha arcoíris

Los parámetros de cultivo, reflejan un factor fundamental en el cultivo de trucha arcoíris, debido a que se encuentran relacionados a la rentabilidad y producción trutícola que se describen a continuación:

La trucha arcoíris puede adaptarse a temperaturas que fluctúan en rangos de 6 - 20 °C. No obstante, se debe tomar en cuenta que, a partir de los 21°C, la concentración de oxígeno en el agua disminuye, por lo tanto, sería un ambiente poco óptimo para la producción de truchas (Ortiz, 2015).

La calidad de agua depende de parámetros como la temperatura, pH y el oxígeno disuelto en el agua ya que regula el crecimiento en los peces, además la mortalidad y presencia de enfermedades depende de la calidad de agua (Arregui, 2013)

La concentración óptima de oxígeno disuelto en el agua debe ser entre los 200 y 500 mg O₂/Kg trucha/hora, según en la fase que se encuentre. El oxígeno disuelto en el agua será usado por plantas, peces y los organismos aerobios que estén en el agua y hagan uso de este elemento (Arregui, 2013).

Los valores óptimos de pH para la trucha en etapa de incubación, primeras fases y engorde toleran rangos que fluctúan entre 6.3 y 8.3. La trucha arcoíris al ser expuesta en aguas

ácidas presenta efectos perjudiciales ocasionando erosiones en la piel, branquias y alteraciones en la piel (Arregui, 2013).

Las altas concentraciones de nitrógeno amoniacal en el agua presentan daños en branquias, afecta el crecimiento y producen un aumento en la mortalidad en el cultivo de trucha arcoíris. Los niveles recomendables y seguros de nitrógeno amoniacal son de 0,001 - 0.012 ppm como NH₃ (Portilla, 2011).

El recambio de agua en un cultivo de trucha arcoíris es fundamental, y tiene como objetivo renovar el agua de un estanque dentro de un tiempo determinado, además este proceso aporta a una mejor oxigenación en el agua, permite aumentar la carga animal y disminuyen los residuos de materia orgánica (FAO, 2014).

Uso de la Cianobacteria Espirulina en la acuicultura

La Espirulina es una cianobacteria microscópica y filamentosa que deriva su nombre de la naturaleza espiral o helicoidal de sus filamentos. Tiene una larga historia de uso como alimento en la civilización azteca (Karkos et al., 2011).

Es un cianófito fotosintetizador (cianobacteria), el cual ha sido estudiada y comercializada por su alta capacidad de síntesis proteica y puede alcanzar hasta un 70% en masa celular (Pez Jaeschke et al., 2021). Además, la espirulina contiene aminoácidos grasos esenciales, vitaminas, minerales, carotenos y entre otros pigmentos que poseen antioxidantes.

Cinética de crecimiento

El ciclo de la Espirulina se encuentra establecido en varias fases de desarrollo, y que son mencionadas por citada por (Becker EW & Venkataraman LV, 1982 en A. Rodríguez & Triana, 2006). La adaptación es la primera fase, se ajusta a condiciones específicas para el

cultivo de *Espirulina*, su tasa de crecimiento es baja y se desarrolla gradualmente con el tiempo.

En la segunda fase se trata del crecimiento exponencial, donde el cultivo se adapta a las condiciones establecidas y los cambios de concentración de nutrientes son bajos, por ende, el crecimiento del cultivo no es significativo. En la fase de crecimiento, existe la multiplicación celular hasta que una célula se sobrepone una sobre otra lo que produce una disminución de (A. Rodríguez & Triana, 2006).

La fase lineal incrementa la biomasa del cultivo de *Espirulina* y reduce el crecimiento específico, y continua hasta un desgaste de nutrientes. Sin embargo, esta etapa mantiene nutrientes que puede durar varios días.

Durante la fase estacionaria, la respiración se incrementa y el suplemento lumínico es limitado en células de *Espirulina* sp. En esta etapa, la curva de crecimiento se encuentra en un punto máximo y el cultivo alcanza el equilibrio entre la concentración máxima de biomasa y el desgaste en los procesos de degradación (A. Rodríguez & Triana, 2006). Finalmente, la quinta fase termina con la muerte celular de la *Espirulina* sp. No obstante, esta etapa es causada por las condiciones desfavorables del ambiente y el cual limita el suplemento de luz, contaminación por otros microorganismos y falta de nutrientes.

Características nutricionales de *Espirulina* sp.

La ***Espirulina* sp.**, tiene una pared celular la cual ayuda en la digestibilidad, su contenido de proteína oscila entre rangos de 60-70% de su peso seco, el 15% de lípidos 11% de carbohidratos, 100mg de criptoxantina y ficocianina por kg de microalga seca (A. Rodríguez & Triana, 2006).

Los antioxidantes bioactivos inactivan los radicales libres y las moléculas inestables con diferentes efectos adversos en los organismos. En el proceso de un estallido oxidativo, los antioxidantes inhiben las especies reactivas de oxígeno (ROS). Se establece que los antioxidantes protegen las células y sus componentes de un estrés oxidativo. Además, un daño ocasionado por el estrés oxidativo conlleva a la disminución del sistema inmunológico. La *S. platensis* contiene pigmentos naturales como clorofila, betacarotenos, ficoeritrina, ficocianina y antioxidantes que eliminan los radicales libres. A su vez, la Espirulina contiene carotenoides, rica en vitamina (B1 y E) y moléculas de xantofilas que tienen enlaces dobles que ayudan en el proceso inflamatorio (Kumar et al., 2022).

La *Arthrospira platensis* contiene altas cantidades de minerales especialmente K, P, Ca, Mg y Fe. No obstante, los minerales ya mencionados ayudan al funcionamiento del cuerpo humano y animales. El potasio, ayuda en la hipertensión y mejora la salud ósea, el fósforo es esencial para la mineralización esquelética. El calcio, es fundamental para huesos ayudando en el funcionamiento de músculos y nervios. Así mismo, el magnesio es un cofactor para reacciones metabólicas y es esencial para la mineralización ósea, y finalmente el hierro previene la anemia al sintetizar la hemoglobina (Rahim et al., 2021).

Actividad antioxidante y antimicrobiana de la *Espirulina* sp.

La *Espirulina* es de gran interés porque puede suprimir el crecimiento de varios microorganismos debido a su contenido de bioactivos con actividad microbiana. Los compuestos bioactivos de la Espirulina afectan la integridad de células bacterianas y a su vez aumentan la permeabilidad de la pared celular, lo que conlleva a salida del contenido citoplasmático. La Espirulina puede suprimir el crecimiento de mayor cantidad de bacterias grampositivas que bacterias gramnegativas; este efecto se puede atribuir a la complicada pared celular que presenta bacterias gramnegativas (Abdel-Moneim et al., 2022).

Estudios previos revelan que la Espirulina tienen un efecto antioxidante contra radicales libres ABTS y DPPH. Esta actividad se encuentra asociada al contenido de sustancias bioactivas. La Espirulina contiene antioxidantes naturales como carotenoides, polifenoles, ficocianina y vitaminas, por tal razón, la Espirulina se adiciona a la alimentación humana y preparación de dietas en animales para prevención de colonización de patógenos (Abdel-Moneim et al., 2022).

Efecto de las auxinas en las microalgas

Las fitohormonas actúan como pequeñas moléculas de señalización que puede desencadenar el crecimiento celular y la producción de metabolitos por medio de la regulación biosintética y coordina la respuesta adaptativa en los cambios ambientales. Entre las fitohormonas, las auxinas y citoquininas han mostrado un efecto significativo en el crecimiento de metabolitos. El agrandamiento celular bajo la adición de auxinas está asociado con la acidificación de pared celular, esto ayuda a debilitar la misma y mejora su plasticidad. Asimismo, el aumento del ROS a niveles celular bajo la concentración de auxinas mejora la acumulación lipídica al redirigir el metabolismo desde el almacenamiento de carbohidratos hasta la síntesis de lípidos (Vijay et al., 2021).

Las auxinas en la naturaleza se encuentran presente como AIA (Ácido indol-3-acético) y es una hormona vegetal que promueve el crecimiento de microalgas. Además, se sabe que mejora la biomasa. Sin embargo, si se induce AIA a las algas que sufren estrés como una privación de nitrógeno puede mejorar la producción lipídica y optimiza la composición de ácidos grasos sin pérdida de la biomasa (Lin et al., 2022).

La aplicación de auxinas en *Chlorella vulgaris* aumenta el contenido de proteína y clorofila. También su uso puede inhibir el daño oxidativo de metabolitos mediante la estimulación del sistema de defensa antioxidante. Existe un aumento significativo en el nivel de

α - y β -carotenos caracterizado por antioxidantes al tratar con auxinas (AIA, IBA) (Piotrowska-Niczyporuk et al., 2018).

Figura 2

*Bromatológico sobre la calidad de espirulina *Arthrospira platensis* en peso seco mediado con la acción de auxinas*

Dosis (mg L ⁻¹)	Proteína (%)	Lípidos (%)	Clorofila α	Clorofila β	Carotenos
0	25,073	4,063	16,510	3,372	9,8
10	30,610	6,02	18,425	3,991	10,6

Nota. Fuente: (Benalcázar, 2022)

Mecanismos y elementos que componen la inmunidad innata

Barreras físicas, químicas y biológicas. Entre ellas se encuentra piel y las mucosas; secretan enzimas corporales (lactoperoxidasas, lisozimas, etc.) y generan linfocitos intraepiteliales (microbiana autóctona).

Factores solubles. Se encuentran compuestos por proteínas y citoquinas.

Células. Se dividen en polimorfonucleares (neutrófilos, eosinófilos y basófilos); en células mononucleares denominadas fagocíticas (células macrófagas y células dendríticas); y finalmente células asesinas: K (killer), NK (natural killer) y LAK (lymphokine activated killer) (Montserrat Sanz et al., 2017).

Sistema inmune adaptativo

Es un sistema compuesto por los linfocitos B y T. Además, estas células se encargan de ser receptores específicos clonales capaces de reconocer antígenos de todos los potenciales organismos infecciosos (Montserrat Sanz et al., 2017).

Tipos de inmunidad adaptativa celular y humoral

Inmunidad celular. Se encuentra encargados los linfocitos T aquellos de las defensas contra infecciones y la destrucción de microorganismos que residen en los fagocitos (Elsevier, 2020).

Inmunidad humoral. Es el principal mecanismo de defensa para eliminar microbios extracelulares y sus toxinas, debido a que los organismos secretados se anclan a ellos y ayudan en su destrucción. Son moléculas presentes en sangre y mucosas denominadas linfocitos B (Elsevier, 2020).

Sistema inmune relacionado en dietas a base de Cianobacterias

La *Espirulina* sp., es un componente fundamental en dietas de pescado que tiene una serie de beneficios, promueven el crecimiento en la especie de (*Oreochromis niloticus*), mejora rendimiento reproductivo en cíclidos de cola amarilla (*Pseudotropheys acei*), y ayuda a una respuesta inmune de (*Oncorhynchus mykiss*) para resistencia de enfermedades. Las peces debidas por su estado de desarrollo evolutivo del sistema inmunológico dependen de su respuesta innata para la eliminación de un microorganismo invasor (Pohlenz & Gatlin, 2014).

La *Espirulina* sp., carece de pared celular, sin embargo, sus células tienen un mucopolímero mureína que facilita la digestión mediante enzimas digestivas secretadas por los peces. En China la microalga es empleada como un sustituto parcial en forraje para obtener resultados de crecimiento, inmunidad y viabilidad en la cría de camarón blanco (Habib & Food and Agriculture Organization of the United Nations., 2008). Un óptimo desarrollo y asimilación de proteínas fue comprobada para la especie *Paralichthys olivaceus* (hirame) utilizando *Espirulina* sp., como aditivo en dietas balanceadas otorgando un efecto positivo en la disminución de colesterol, grasa y mejorando el metabolismo en peces (Sirakov et al., 2012).

A. platensis, contiene muchas sustancias activas, incluidas fenoles, aminoácidos, vitaminas y minerales el cual puede aumentar la inmunidad y resistencia contra la oxidación en el cuerpo de los peces. Además, resultados de tilapias alimentadas con Espirulina presentaron una mejora en la tasa de crecimiento, aumento en anticuerpos específicos contra diferentes antígenos y un mayor porcentaje de supervivencia frente a infecciones (Ragap et al., 2012).

Las tilapias alimentadas con *A. platensis* muestran un aumento de proteína total e IgM, la detección de las mismas en sangre implica la cantidad de enzimas, anticuerpos y respuesta inmunitaria. Detrás de los niveles mejorados de proteína total e IgM, revelan una expresión del gen TNF- α regula el alza producida por los macrófagos para regular la respuesta inmune de peces alimentados con Espirulina (Al-Deriny et al., 2020).

En un estudio, la inmunoglobulina tuvo efectos positivos por la suplementación de β -caroteno o ficocianina extraída de Espirulina en dietas balanceadas en *Oreochromis niloticus* como resultado se obtuvo mejora de las enzimas digestivas aumentando el microbiota en el intestino creando una respuesta inmunitaria (Hassaan et al., 2021).

Capítulo III

Materiales y Métodos de Investigación

Ubicación política

La investigación de campo se realizó en dos fases, la primera en el laboratorio de Acuicultura y Recursos Acuáticos, y la segunda en el proyecto acuícola Pailones localizado en la provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, Parroquia San Fernando, Hacienda “El Prado” perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I.

Ubicación geográfica

El laboratorio de Acuicultura se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas: Longitud 78° 24'44"O, latitud 0°23'20"S.

El proyecto acuícola Pailones- IASA I se localiza en las coordenadas geográficas: Longitud 78° 24'44"O, latitud 0°23'20"S y altitud de 2940 m.s.n.m.

Fase de laboratorio

La producción de Espirulina (*Arthrospira platensis*) y análisis de la biomasa fue realizada en laboratorio. Además, una vez producida la mayor cantidad de Espirulina se trasladó al invernadero de Pailones y se inoculó el ácido Idol-3-acético.

Preparación de los medios de cultivo para *Arthrospira platensis*

La cianobacteria Espirulina, se desarrollan en soluciones salinas y su crecimiento es adecuado en un pH salino. De manera que requiere elementos como nitrógeno en forma de nitrato y nitrito, fuentes de carbono como bicarbonato, fósforo como fosfato de hidrógeno y,

otros nutrientes como Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Potasio (K), Zinc (Zn) y Sodio (Na), los cuales aportan en procesos enzimático y producción de biomasa (Rojas et al., 1926).

Tabla 1

Medios del cultivo de para Arthrospira platensis en condiciones de laboratorio y campo

Medios de cultivo					
Schlösser			Inorgánico		
Componente	Concentración	Componente	Concentración	Componente	Concentración
Solución 1	500mL	Fuente de		Solución	10L
NaHCO ₃	13,6g	Nitrógeno,	1g L ⁻¹ de agua	Bicarbonato	10g
Na ₂ CO ₃	4,03g	Fósforo y		Sal	50g
		Potasio (12-12-		Macronutrientes	200mL
		36)		KNO ₃	100g
				NH ₄ H ₂ PO ₄	10g
				Sulfato de	5g
				Potasio	
				Sulfato de	5g
				Magnesio	
				Micronutrientes	10mL
				Sulfato de	10g
				Hierro	
				Quelatado	
K ₂ HPO ₄	0,5g	Bicarbonato	10g		
Solución 2	500mL	Sal	50g		
NaNO ₃	2,50g	Macronutrientes	200mL		
K ₂ SO ₄	1g	Micronutrientes	10mL		
NaCl	1g				
MgSO ₄ .7H ₂ O	0,20g				
CaCl ₂ .2H ₂ O	0,04g				
Vitamina B12	1mL				

Nota: El medio de cultivo inorgánico se utiliza 1g L⁻¹ de agua, por (Rodríguez et al., 2016)

Medio de mantenimiento. Como su nombre lo describe es para mantener el cultivo de *Espirulina* durante un tiempo prolongado, se denomina medio Schlosser y contiene dos soluciones (1 y 2) (Tabla 1; una vez esterilizadas se las mezcla en un solo contenedor y se almacena, para posteriormente en condiciones asépticas usar 6 ml del medio e inocular 2 mL en tubos de ensayos.

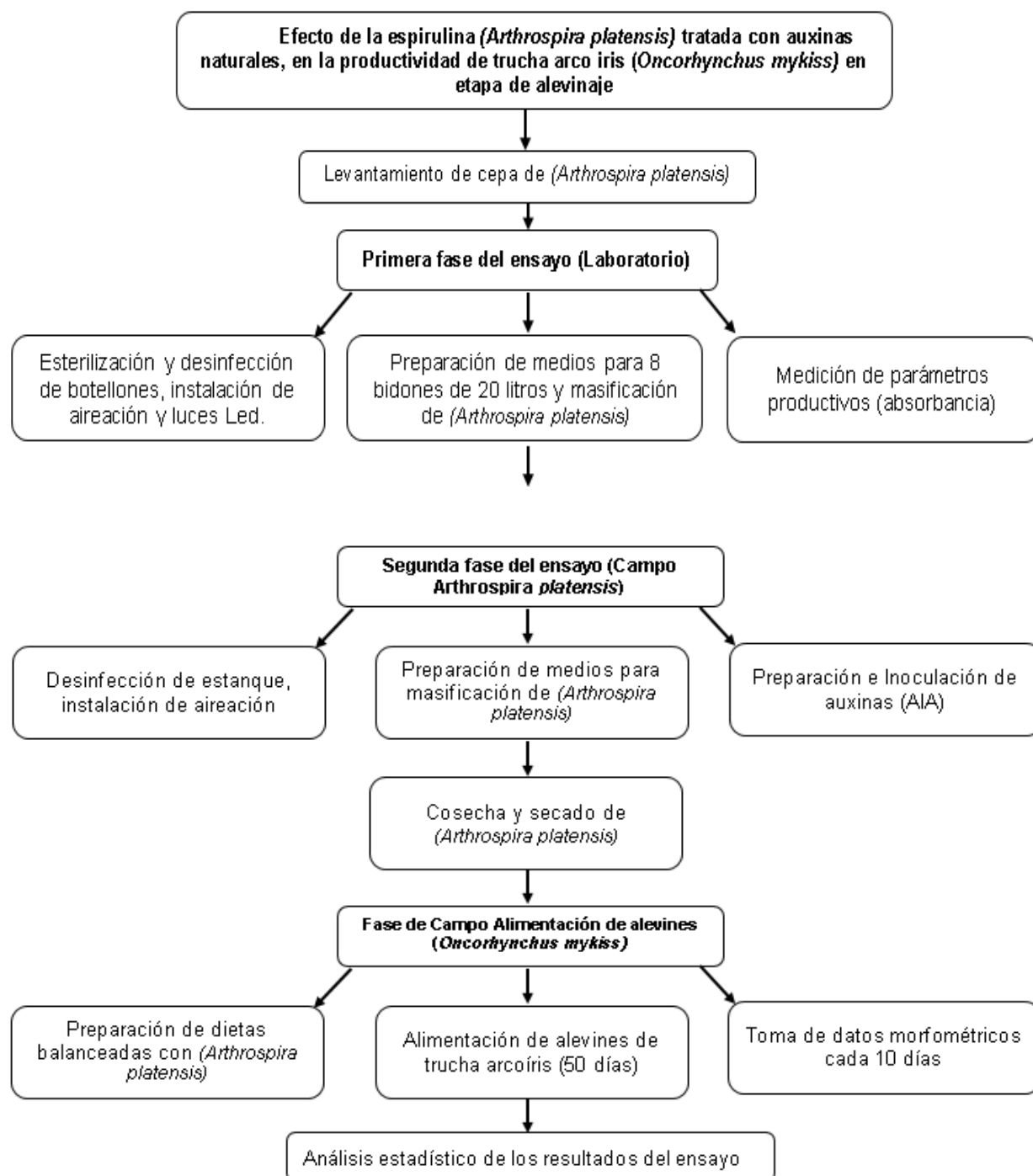
Medio de masificación. Se basa en las fuentes como nutrientes que requiere la *espirulina*, las dosis de los diferentes productos químicos del medio se los calculará para un volumen de un litro (Tabla 1). Los macronutrientes se preparan de forma individual para un volumen de 500 mL de agua destilada para un total de 25 litros A su vez, los micronutrientes se los prepara en 500mL de agua, para posteriormente ya diluidos los compuestos se procede a esterilizar por medio de una autoclave, para evitar propagación de patógenos.

Medio de Kristalon modificado. El medio es a base de productos a base de bicarbonato de sodio y sal (Tabla 1). Pero para minimizar costos los macronutrientes y micronutrientes fueron reemplazados por el fertilizante foliar Kristalon (12-12-36) a una dosis de 1 g L^{-1} (Tabla 1)

El ensayo de investigación se realizó en tres fases, la primera fase se basó en el levantamiento *Arthrospira platensis*, bajo condiciones de laboratorio. Para la segunda fase se trasladó a Pailones; se masificó el cultivo y además se inoculó AIA. Finalmente, una vez obtenida la biomasa se procedió adicionarlo en el balanceado y alimentar a los alevines de trucha arcoíris durante 50 días. La metodología del ensayo se muestra mediante un diagrama de flujo y detalla cada una de las fases (Figura 3).

Figura 3

Flujo de proceso del ensayo



Masificación de *Arthrospira platensis*

Para comenzar el proceso de masificación de la biomasa en laboratorio, se inició con un volumen de inóculo 15mL de cepa de *Arthrospira platensis* a una densidad de $6,1 \times 10^5$ filamentos mL⁻¹, Posteriormente, para determinar la concentración o volumen del medio, se empleó la fórmula que se detalla a continuación:

$$C1V1 = C2V2$$

Mediante la fórmula universal se empleó un volumen de 200 mL del medio para comenzar con una densidad de $2,1 \times 10^5$ filamentos mL⁻¹, cuando alcanzó una densidad de $6,8 \times 10^5$ filamentos mL⁻¹ se empleó un volumen de 500 mL, el mismo procedimiento fue realizado aumentando el volumen para bidones de 6 Litros, 20 litros y finalmente estanque de 600 Litros. Para evaluar la densidad celular, determinar el punto de masificación y cosecha se utilizó espectrofometría UV (GENESYS™10S) a una longitud de onda de 540 nm.

Preparación y aplicación de ácido indol 3- acético

Para la inoculación de ácido indol 3-acético (AIA) se aplicó 20mgL⁻¹ y 20mgL⁻¹ de etanol absoluto, purificado mediante un filtro 0,22 µM. Además, se obtuvo una solución madre de ácido indol 3-acético 1000 mg/L. La dosis óptima que se aplicó fue de 10mg de AIA en los estanques con un volumen de 600 litros (Benalcázar, 2022).

Cosecha y secado

Para cosechar es necesario una malla de 250 o 500 hilos/ cm², para filtrar el cultivo y recolectar la biomasa. Luego la biomasa cosechada se añadió en cajas Petri, posteriormente, se colocó durante 24 horas a una temperatura de 35°C para no afectar sus valores nutricionales (Benalcázar, 2022).

Fase de Campo Alimentación de alevines (*Oncorhynchus mykiss*)

Se utilizaron cuatrocientos cincuenta alevines de trucha arcoíris, y se distribuyeron de manera aleatoria en 9 estanques para el desarrollo del proyecto investigativo. Se implementó un sistema de oxigenación. Además, se realizó la desinfección de las piscinas con Hipoclorito de Sodio (48 horas antes del ingreso de los peces). Cada unidad experimental tuvo dimensiones de 0,80m de largo 0,42m de ancho y profundidad de 0,40 m, la cantidad de alevines fueron 50 en 0,13m³.

Preparación de dietas

Se elaboraron dietas a partir del peso inicial de los alevines y se evaluaron tres tratamientos: (T1) 0 % *Arthrospira platensis*/Kg dieta, (T2) 13% *Arthrospira platensis*/Kg dieta, (T3) 13% *Arthrospira platensis* + ácido indol -3- acético /Kg. El tiempo de duración del experimento fue de 50 días.

Diseño experimental

El experimento se dispuso bajo un diseño con bloques completamente al azar (DBCA). Para el proyecto se emplearon 3 repeticiones por tratamiento. Las unidades experimentales fueron separadas en cuatro secciones por estanque obteniendo un total de 12 unidades experimentales donde la carga animal utilizada fue de 50 alevines.

Figura 4

Croquis experimental



Variabes del estudio

La alimentación de las dietas fue suministradas 8 veces al día, además la limpieza de las alevineras se realizó diariamente. Se efectuó un seguimiento ambiental de temperatura, pH, y oxígeno todos los 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 alevines 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), y todas estas variables fueron tomadas cada 10 días.

Tabla 2

Fórmulas que se emplearán para medir los parámetros productivos

Parámetros Productivos	Fórmulas
Tasa de Crecimiento Específico (TCE)	$= \frac{\ln \text{Peso final} - \ln \text{Peso inicial}}{\text{Tiempo (días)}} \times 100$
Mortalidad (%)	$= \frac{\text{Número de peces muertos}}{\text{Número de peces vivos}} \times 100$
Ganancia de Peso (g)	$= \frac{\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}}{\text{Tiempo (días)}} \times 100$
Factor de Conversión Alimenticia (F.C.A)	$= \frac{\text{Total de Alimento consumido (g)}}{\text{Ganancia de peso (g)}}$
Índice de Condición Corporal (I.C.C)	$= \frac{\text{Peso corporal (g)}}{3(\text{Longitud total})} \times 100$
Eficiencia Alimenticia (E.A)	$= \frac{\text{Ganancia de peso (g)}}{\text{Alimento ingerido}} \times 100$

Variables hematológicas

Las variables hematológicas que se evaluaron en el estudio fueron: recuento eritrocitario, leucocitario, hematocrito, hemoglobina, albúmina, proteína total y glucosa. La

extracción de sangre se efectuó a 15 alevines por tratamiento cuando finalizó el ensayo; para ello se utilizó una jeringa de 1mL con heparina sódica de (5000UI/mL), 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.

Para el análisis de proteínas totales, albúminas y glucosa se emplearon los kits de Human. No o. Estos Kits son usados mediante el método colorimétrico enzimático.

El recuento de eritrocitos en sangre (células $\times 10^6/\mu\text{L}$) y leucocitos (células $\times 10^4/\mu\text{L}$), se establecieron mediante la toma de una muestra que contenga anticoagulante, ejecutando la solución de Natt y Herricks (Roberts, 1989, citado en Hahn-Von Hessberg, 2011). El recuento se llevó a cabo en la cámara de Neubauer con lente 40x, además, para el recuento de eritrocitos se realizó en los cinco cuadros (cuadros de las esquinas y central) del retículo central de la cámara y el de leucocitos en todos los del retículo central.

$$\text{Número de eritrocitos en sangre} = N^{\circ} \text{ de eritrocitos contados} \times \left(\frac{4000}{80}\right) \times 200p$$

Para el recuento de la morfología leucocitaria se realizó por medio de la tinción de Wright con peroxidasa.

Modelo matemático

La estructura de la investigación, se aplicó un Diseño por Bloques Completamente al Azar (DBCA) con tres repeticiones. Se evaluó el efecto de los tratamientos en cada uno de los

parámetros productivos y morfo métricos utilizando el siguiente modelo estadístico el cual se detalla a continuación:

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

Donde:

Y_{ij} = Factor de respuesta

μ = Media muestral

τ_i = Efecto de los tratamientos

β_j = Efecto de los bloques

e = Error de la muestra

Análisis Estadístico

Para analizar los datos que se obtuvieron en el ensayo, se utilizó el software INFOSTAT. Para comparar las variables productivas, morfométricas y hematológicas en los tratamientos se efectuó un análisis de varianza y prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) a un nivel de confianza del 95%, para identificar el mejor tratamiento. Los grados de libertad para cada factor de respuesta se detallan a continuación:

Tabla 3

Análisis de la varianza para un DBCA, para tres tratamientos y tres repeticiones

Fuentes de variación	Grados de Libertad
Bloque	2
Tratamiento	2
Tamaño de muestra	14
Tratamiento: Tamaño de muestra	28
Error	92
Total	134

Capítulo IV

Resultados y Discusión

Variables morfométricas

Masa Corporal

Los datos obtenidos a los 50 días donde se llevo a cabo el presente ensayo, se procedió a realizar un ANOVA a un nivel de confianza del 95%, encontrando efecto significativo en la interacción tiempo (días)* tratamiento ($F= 10 1,31$; $p<0,0001$) (Tabla 4).

En la tabla 4, se demuestra que los alevines *Oncorhynchus mykiss* suministradas con dietas balanceadas formuladas con 13 g *Arthrospira platensis* + auxinas presentó mayor masa corporal promedio de $14,43\pm 0,17$ g en el día 50. Sin embargo, los alevines alimentados con dietas balanceadas suministradas con 0 g *Arthrospira platensis*, presentaron una menor masa corporal ($10,33\pm 0,04$ g).

Tabla 4

*Promedio \pm error estándar de masa corporal en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.*

Tiempo (Días)	T1	T2	T3
10	2,73 \pm 0,01 a	2,87 \pm 0,04 ab	3,15 \pm 0,03 b
20	3,80 \pm 0,02 c	4,33 \pm 0,11 d	4,70 \pm 0,00 d
30	5,30 \pm 0,07 e	5,87 \pm 0,02 f	6,00 \pm 0,09 f
40	7,12 \pm 0,09 g	8,10 \pm 0,14 h	9,56 \pm 0,09 i
50	10,33 \pm 0,04 j	12,70 \pm 0,01 k	14,43 \pm 0,17l

Nota: Letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p<0,05$). T1: (0g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T2: (13g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T3: (13 g *Arthrospira platensis* + auxinas / Kg alimento)

En la tabla 5, mediante la prueba de múltiples comparaciones de medias, por medio del método de Tukey se generó un nivel de confianza del 95% los alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suministradas con dietas de 13 g *Arthrospira platensis* + auxinas mostraron valores promedios de masa corporal a diferencia de los otros tratamientos ($7,57 \pm 0,27$).

Tabla 5

*Promedio \pm error estándar de masa corporal en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* al culminar la fase de investigación.*

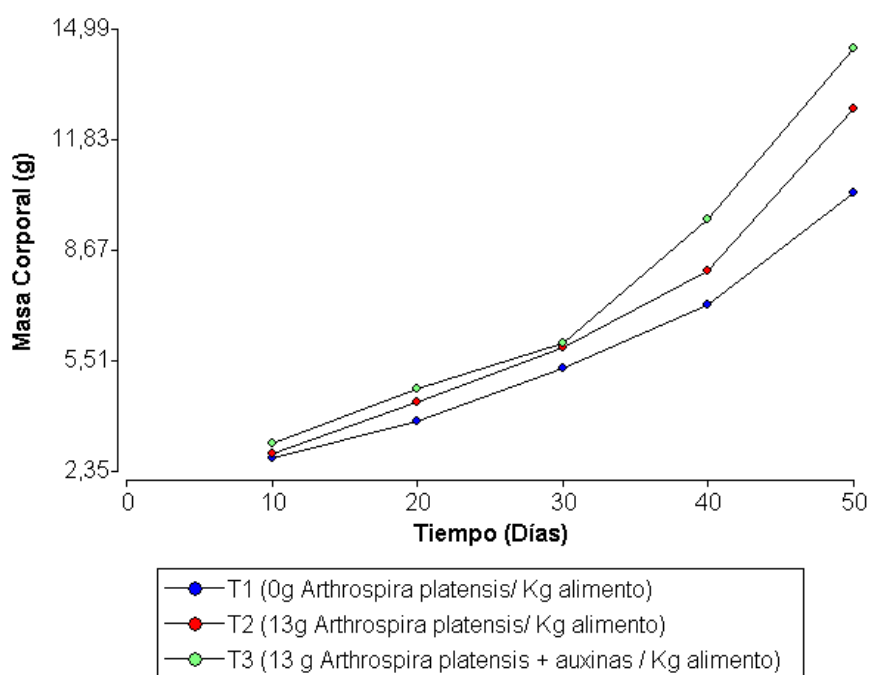
Tratamiento	Masa corporal promedio (g)
T1	5,86 \pm 0,18 a
T2	6,77 \pm 0,23 b
T3	7,57 \pm 0,27 c
p-valor	<0,001

Nota: Letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0,05$). T1: (0g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T2: (13g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T3: (13 g *Arthrospira platensis* + auxinas / Kg alimento)

La figura 5, muestra el incremento de masa corporal obtenidos de cada tratamiento durante los 50 días durante la investigación. Además, se observa que, a los 10 días de implementar las dietas balanceadas a los alevines, la masa corporal presentó poca variabilidad. Sin embargo, a los 40 días existe un mayor promedio de masa corporal hasta culminar la investigación. Los tratamientos de Espirulina+auxinas y Espirulina presentaron un crecimiento similar hasta el día 30 sin presentar diferencia significativa, pero a los 40 días y 50 días se obtuvo valores superiores al control.

Figura 5

Promedio \pm error estándar de masa corporal en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en el tiempo.



Longitud Total

Los datos obtenidos de longitud total durante los 50 días que se realizó la investigación corresponde a mediciones en centímetros (cm), se procedió a realizar un ANOVA a un nivel de confianza del 95%, mostraron un efecto significativo para interacción tratamiento*tiempo (días) ($F=2,92$; $p=0,0033$).

En la tabla 6, se observan los valores que se obtuvieron en la variable longitud total en alevines *Oncorhynchus mykiss* suministradas con dietas balanceadas durante los 50 días que se realizó la investigación. Al culminar el estudio, la dieta balanceada formulada con 13g *Arthrospira platensis* + auxinas y 13g *Arthrospira platensis* obtuvieron mayor promedio de longitud total ($10,51 \pm 0,12$) y ($10,16 \pm 0,13$), a diferencia de los alevines alimentados con 0g *Arthrospira platensis* con menor valor promedio de longitud total ($9,64 \pm 0,14$).

Tabla 6

Promedio \pm error estándar de la longitud total en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.

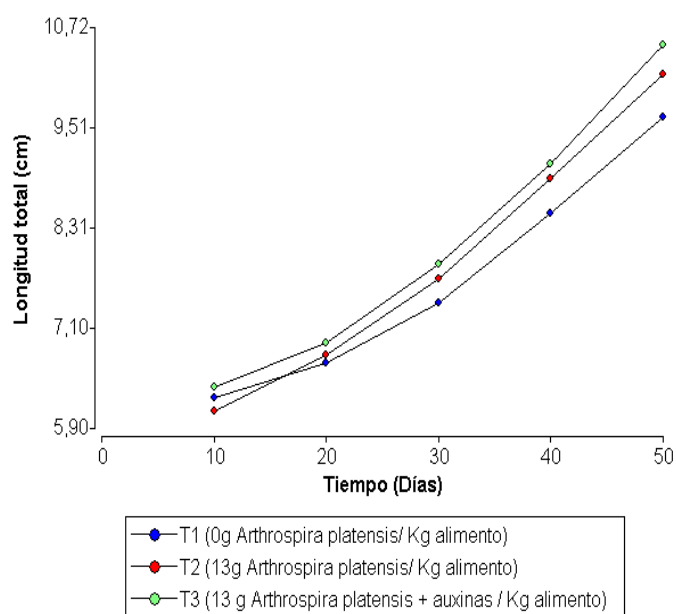
Tiempo (Días)	T1	T2	T3
10	6,26 \pm 0,09 ab	6,10 \pm 0,08 a	6,40 \pm 0,08 abc
20	6,69 \pm 0,07 bcd	6,78 \pm 0,07 cd	6,92 \pm 0,07 d
30	7,41 \pm 0,11 e	7,70 \pm 0,09 e	7,88 \pm 0,09 e
40	8,48 \pm 0,11 f	8,90 \pm 0,11 fg	9,08 \pm 0,08 g
50	9,64 \pm 0,14 h	10,16 \pm 0,13 i	10,51 \pm 0,12 i

Nota: Letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0,05$). T1: (0g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T2: (13g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T3: (13 g *Arthrospira platensis* + auxinas / Kg alimento)

La figura 6, se observa el comportamiento de la longitud total (cm) durante los 50 días de la investigación suplementados con tres dietas balanceadas en diferentes concentraciones de *Arthrospira platensis*.

Figura 6

Promedio \pm error estándar de la longitud total en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en el tiempo.



Longitud Parcial

Los datos obtenidos de longitud parcial durante los 50 días que se realizó la investigación corresponde a mediciones en centímetros (cm), se procedió a realizar un ANOVA a un nivel e confianza del 95%, mostraron un efecto significativo para interacción tratamiento*tiempo(días) ($F=2,82$; $p=0,0044$).

En la tabla 7, se muestran los valores que se obtuvieron en la variable longitud parcial en alevines *Oncorhynchus mykiss* suministradas con dietas balanceadas durante los 50 días que se realizó la investigación. Al finalizar el estudio la dieta balanceada formulada con 13g *Arthrospira platensis* + auxinas y 13g *Arthrospira platensis* obtuvieron mayor promedio de longitud parcial ($9,51\pm 0,12$) y ($9,16\pm 0,13$), a diferencia los alevines alimentados con 0g *Arthrospira platensis* con menor valor promedio de longitud parcial ($8,63\pm 0,14$).

Tabla 7

*Promedio \pm error estándar de la longitud parcial en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.*

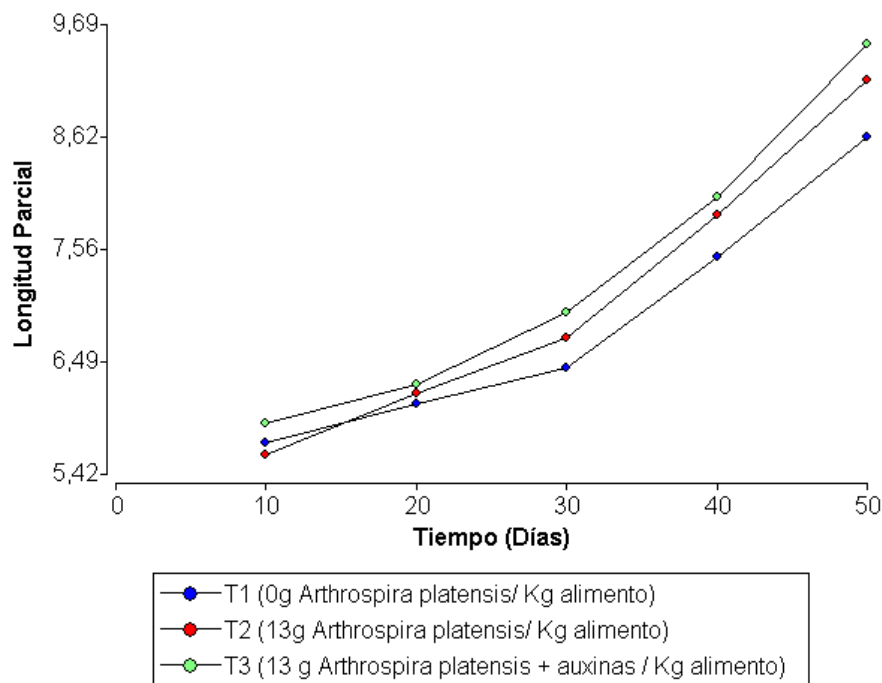
Tiempo (Días)	T1	T2	T3
10	5,72 \pm 0,09 ab	5,60 \pm 0,08 a	5,90 \pm 0,08 abc
20	6,09 \pm 0,07 bcd	6,19 \pm 0,07 bcd	6,28 \pm 0,07 cde
30	6,43 \pm 0,10 de	6,71 \pm 0,09 ef	6,96 \pm 0,09 f
40	7,48 \pm 0,11 g	7,89 \pm 0,11 gh	8,06 \pm 0,09 h
50	8,63 \pm 0,14 i	9,16 \pm 0,13 j	9,51 \pm 0,12 j

Nota: Letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p<0,05$). T1: (0g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T2: (13g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T3: (13 g *Arthrospira platensis* + auxinas / Kg alimento)

La figura 7, se observa el comportamiento de la longitud parcial (cm) durante los 50 días de la investigación suplementados con tres dietas balanceadas en diferentes concentraciones de *Arthrospira platensis*.

Figura 7

Promedio \pm error estándar de la longitud parcial en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en el tiempo



Ancho

Para la variable ancho los datos obtenidos durante los 50 días que se realizó la investigación corresponde a mediciones en centímetros (cm), se procedió a realizar un ANOVA a un nivel e confianza del 95%, mostraron un efecto significativo para interacción tratamiento*tiempo (días) ($F=1,28$; $p=0,2516$).

En la tabla 8, se muestran los valores que se obtuvieron en la variable longitud parcial en alevines *Oncorhynchus mykiss* suministradas con dietas balanceadas durante los 50 días que se realizó la investigación. Al culminar el estudio, la dieta balanceada formulada con 13g *Arthrospira platensis* + auxinas presentaron mayor promedio de ancho ($2,04 \pm 0,03$), mientras que los alevines alimentados con 0g *Arthrospira platensis* mostraron un menor valor promedio de ancho ($1,85 \pm 0,03$).

Tabla 8

Promedio \pm error estándar del ancho en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.

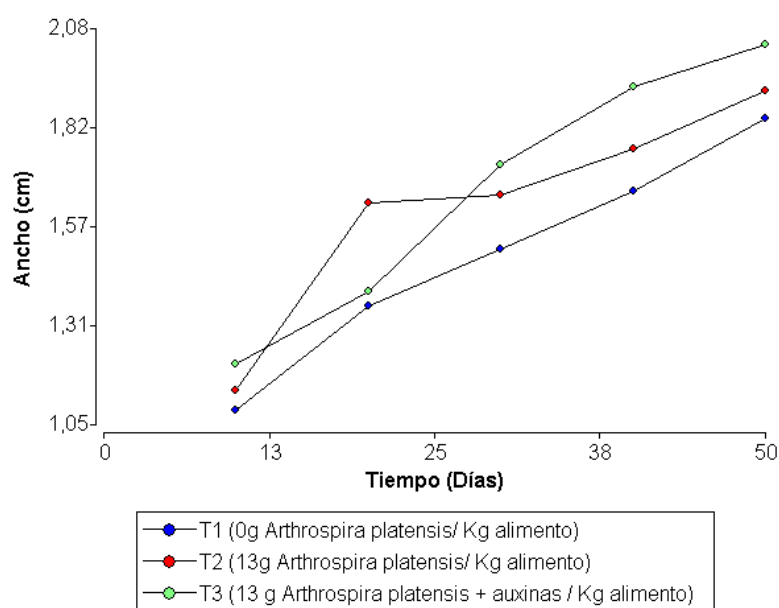
Tiempo (Días)	T1	T2	T3
10	1,09 \pm 0,02 a	1,14 \pm 0,02 a	1,21 \pm 0,02 ab
20	1,35 \pm 0,02 abc	1,40 \pm 0,26 cdef	1,63 \pm 0,02abcd
30	1,51 \pm 0,04 bcde	1,65 \pm 0,03 cdef	1,73 \pm 0,03 defg
40	1,66 \pm 0,03 cdef	1,77 \pm 0,03 efg	1,93 \pm 0,02 fg
50	1,85 \pm 0,03 efg	1,92 \pm 0,03 fg	2,04 \pm 0,03 g

Nota: Letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0,05$). T1: (0g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T2: (13g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T3: (13 g *Arthrospira platensis* + auxinas / Kg alimento)

La figura 8, se observa el comportamiento del ancho (cm) durante los 50 días de la investigación suplementados con tres dietas balanceadas en diferentes concentraciones de *Arthrospira platensis*.

Figura 8

Promedio \pm error estándar del ancho en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en el tiempo.



VARIABLES PRODUCTIVAS

GANANCIA DE PESO

Los datos analizados en la variable ganancia de peso obtenido durante los 50 días fueron probados a un nivel de confianza del 95%. Sin embargo, existió diferencias significativas entre el tratamiento *tiempo (días) ($F=1,28$; $p<0,0001$). La tabla 9, detalla los promedios alcanzados en ganancia de peso durante los 50 días que duró la investigación.

Tabla 9

*Promedio \pm error estándar de la ganancia de peso en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.*

Tiempo (Días)	T1	T2	T3
10	0,11 \pm 0,01 a	0,14 \pm 0,01 ab	0,15 \pm 0,01 ab
20	0,13 \pm 0,01 ab	0,15 \pm 0,01 ab	0,15 \pm 0,01 ab
30	0,18 \pm 0,01 bc	0,22 \pm 0,01 c	0,36 \pm 0,01 d
40	0,32 \pm 0,01 d	0,46 \pm 0,01 e	0,49 \pm 0,01 e
50	0,37 \pm 0,02 d	0,60 \pm 0,02 f	0,64 \pm 0,02 f

Nota: Letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p<0,05$). T1: (0g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T2: (13g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T3: (13 g *Arthrospira platensis* + auxinas / Kg alimento)

Se puede determinar mediante una prueba de comparaciones múltiples utilizando el método de Tukey a un nivel confianza del 95% la ganancia de peso en 50 días en los tres tratamientos (Tabla 10). Los alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* alimentados con dietas balanceadas de 13gKg⁻¹ de *Arthrospira platensis* + auxinas mostró un valor promedio de ganancia de peso (0,35 \pm 0,01) superior a los alevines suplementados con 0gKg⁻¹ de *Arthrospira platensis* (0,23 \pm 0,01).

Tabla 10

Promedio \pm error estándar de la ganancia de peso en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.

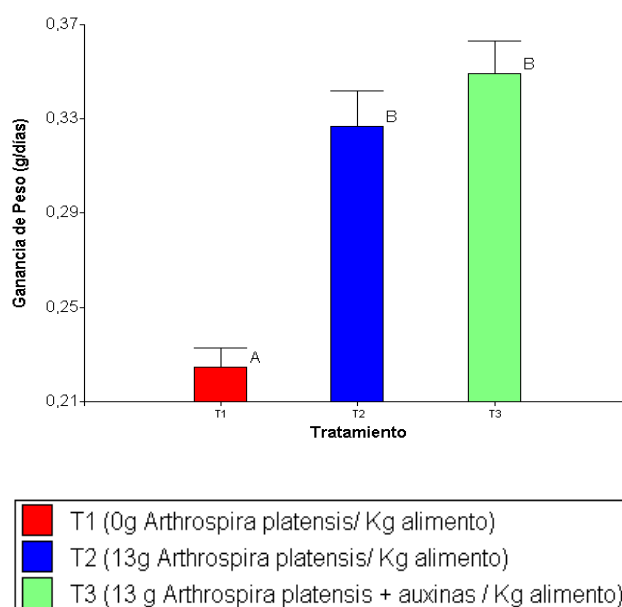
Tiempo (Días)	Ganancia de Peso/Día
T1	0,23 \pm 0,01 a
T2	0,32 \pm 0,01 b
T3	0,35 \pm 0,01 b

Nota: Letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0,05$). T1: (0g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T2: (13g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T3: (13 g *Arthrospira platensis* + auxinas / Kg alimento)

La figura 9, muestra el promedio de la ganancia de peso (g) de los tres tratamientos al finalizar la investigación suplementados con tres dietas balanceadas en diferentes concentraciones de *Arthrospira platensis*.

Figura 9

Promedio \pm error estándar de la ganancia de peso en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis*.



Factor de conversión alimenticia

Para la variable factor de conversión alimenticia (biomasa ganada por alevines de trucha arcoíris por cada kg de alimento ingerido) durante los 50 días , los datos fueron realizados en ANOVA a un nivel de confianza del 95%, obteniendo un efecto significativo para interacción tratamiento*tiempo ($F=9,64$; $p<0,0001$).

La tabla 11, detalla que los valores promedios alcanzados del factor de conversión alimenticia durante los 50 días que se realizó la investigación, mostraron que los alevines suministrados 0gKg^{-1} de *Arthrospira platensis* presentaron mayor eficiencia de consumo de alimento durante el periodo del estudio con $(1,04\pm0,01)$ a diferencia de los alevines alimentados con 13gKg^{-1} de *Arthrospira platensis* + auxinas el cual mostró una menor eficiencia alimentaria de $(1,15\pm0,01)$.

Tabla 11

Promedio \pm error estándar de Factor de conversión alimenticia en alevines de trucha arcoíris Oncorhynchus mykiss suplementadas con 3 dietas balanceadas de Arthrospira platensis en 50 días.

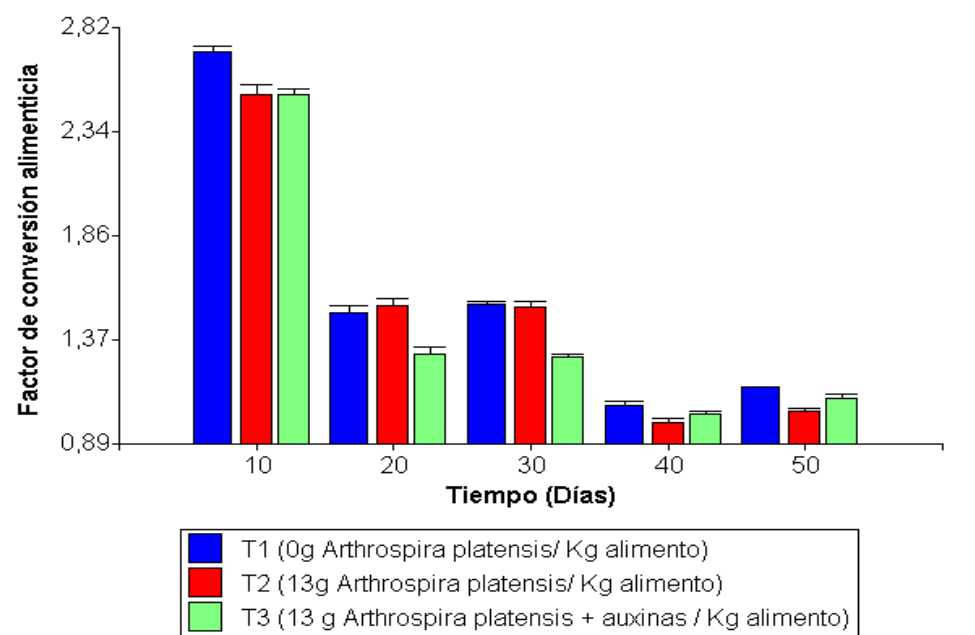
Tiempo (Días)	T1	T2	T3
10	$2,71\pm0,03$ f	$2,51\pm0,04$ e	$2,51\pm0,03$ e
20	$1,31\pm0,03$ d	$1,50\pm0,04$ d	$1,53\pm0,04$ c
30	$1,30\pm0,01$ d	$1,52\pm0,03$ d	$1,54\pm0,01$ c
40	$0,99\pm0,02$ ab	$1,03\pm0,02$ a	$1,07\pm0,01$ ab
50	$1,04\pm0,01$ b	$1,11\pm0,02$ ab	$1,15\pm0,01$ ab

Nota: Letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p<0,05$). T1: ($0\text{g Arthrospira platensis/ Kg}$ alimento); T2: ($13\text{g Arthrospira platensis/ Kg}$ alimento); T3: ($13\text{g Arthrospira platensis} + \text{auxinas / Kg}$ alimento)

En la figura 10, se muestra el comportamiento del factor de conversión alimenticia durante los 50 días de la investigación suplementados con tres dietas balanceadas en diferentes concentraciones de *Arthrospira platensis*.

Figura 10

*Promedio \pm error estándar del factor de conversión alimenticia en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en el tiempo.*



Tasa de Crecimiento Específico

Para la variable de tasa de crecimiento específico los datos fueron analizados durante los 50 días que se realizó el ensayo el cual corresponde a un crecimiento diario en (%/día) , se procedió a realizar un ANOVA a un nivel de confianza del 95%, encontrando un efecto significativo para interacción tratamiento*tiempo ($F_{15,71}$; $p < 0,0001$).

En la tabla 12, la tasa de crecimiento específico alcanzado en función al peso corporal se obtuvo cada 10 días, presentando un mayor incremento a los 40 días.

Tabla 12

Promedio \pm error estándar de Tasa de crecimiento específico en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.

Tiempo (Días)	T1	T2	T3
10	3,30 \pm 0,11 bc	3,99 \pm 0,16 de	4,02 \pm 0,11 de
20	2,44 \pm 0,19 bc	3,19 \pm 0,24 bc	3,29 \pm 0,0 a
30	2,98 \pm 0,07 ab	3,16 \pm 0,17 bc	4,63 \pm 0,10 e
40	3,74 \pm 0,16 cd	4,11 \pm 0,17 e	4,57 \pm 0,08 de
50	3,03 \pm 0,02 ab	3,50 \pm 0,15 de	4,03 \pm 0,12 bcd

Nota: Letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0,05$). T1: (0g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T2: (13g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T3: (13 g *Arthrospira platensis* + auxinas / Kg alimento)

Al evaluar el promedio de la tasa de crecimiento específico de cada uno de los tratamientos, en la tabla 13 se puede observar que los alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* alimentados con las dietas balanceadas de 13 gKg⁻¹ de *Arthrospira platensis*+ auxinas y 13 gKg⁻¹ de *Arthrospira platensis* mostraron valores de TCE superiores a los suplementados con 0 gKg⁻¹ de *Arthrospira platensis*.

Tabla 13

Promedio \pm error estándar de la Tasa de crecimiento específico en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.

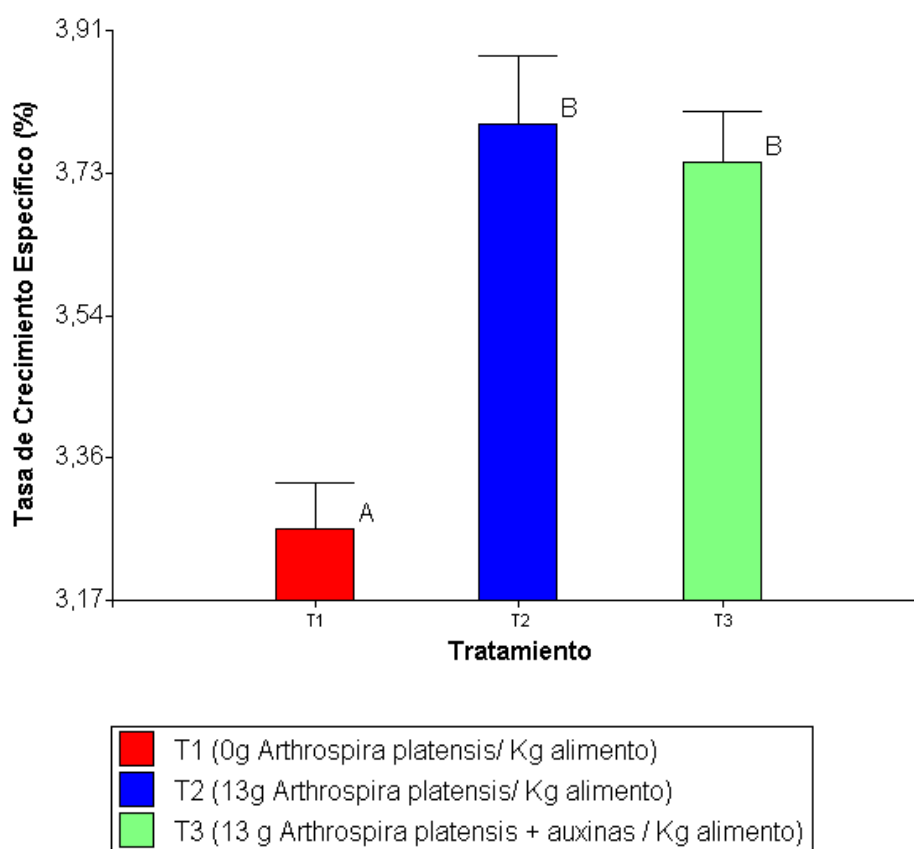
Tratamientos	Tasa de crecimiento específico
T1	3,27 \pm 0,06 a
T2	3,74 \pm 0,09 b
T3	3,79 \pm 0,06 b

Nota: Letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0,05$).

Se muestra, en la figura 11, el promedio de la tasa de crecimiento específico (%/día) de los tres tratamientos al finalizar la investigación suplementados con tres dietas balanceadas en diferentes concentraciones de *Arthrospira platensis*.

Figura 11

Promedio \pm error estándar de la tasa de crecimiento específico en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis*



Eficiencia Alimentaria

Los datos obtenidos de la eficiencia alimentaria durante los 50 días que se realizó la investigación corresponde a mediciones en porcentaje (%), se procedió a realizar un ANOVA a un nivel de confianza del 95%, mostrando un efecto significativo para interacción tratamiento*tiempo ($F=13,02$; $p<0,0001$).

En la tabla 14, se observan los valores que se obtuvieron en la variable de eficiencia alimentaria en alevines *Oncorhynchus mykiss* suministradas con dietas balanceadas, el tratamiento con 13g de *Arthrospira platensis* presentó mayor eficiencia alimentaria alcanzado (102,63±1,91) a los 40 días.

Tabla 14

Promedio ± error estándar de Eficiencia Alimentaria en alevines de trucha arcoíris

Oncorhynchus mykiss suplementadas con 3 dietas balanceadas de Arthrospira platensis en 50 días.

Tiempo (Días)	T1	T2	T3
10	37,14±0,44 a	40,27±0,63 a	40,13±0,47 a
20	68,05±1,40 b	67,13±1,78 b	79,04±1,91 c
30	65,06±0,57 b	66,50±1,15 b	77,58±0,82 c
40	94,26±1,62 ef	102,63±1,91 g	97,11±0,87 fg
50	86,54±0,20 d	97,11±1,55 efg	91,21±1,19 de

Nota: Letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0,05$). T1: (0g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T2: (13g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T3: (13 g *Arthrospira platensis* + auxinas / Kg alimento)

Tabla 15

Promedio ± error estándar de la Eficiencia Alimentaria en alevines de trucha arcoíris

Oncorhynchus mykiss suplementadas con 3 dietas balanceadas de Arthrospira platensis en 50 días.

Tiempo (Días)	Eficiencia Alimentaria (%)
T1	70,21±0,63 a
T2	74,73±0,94 b
T3	77,07±0,64 c

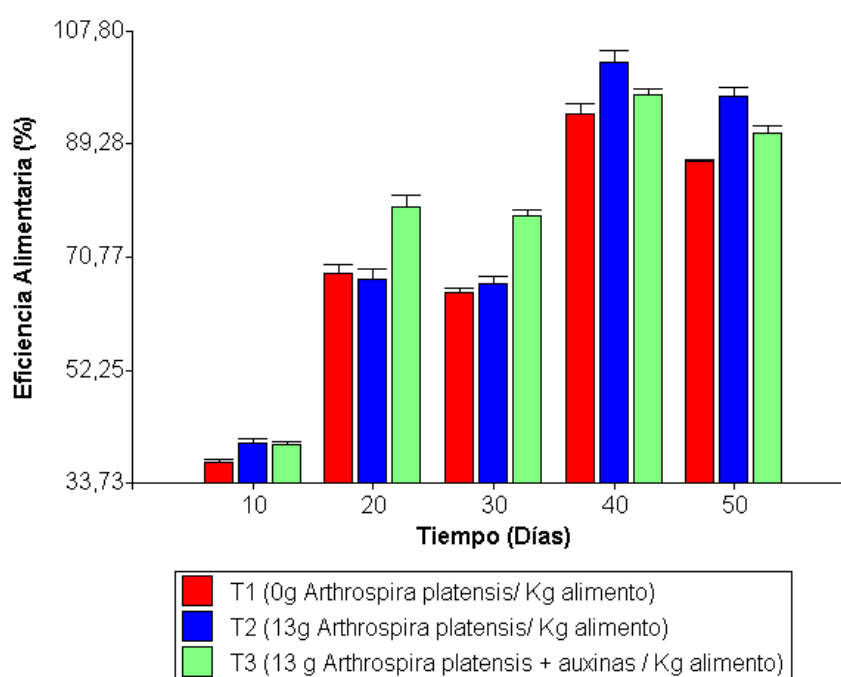
Nota: Letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0,05$). T1: (0g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T2: (13g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T3: (13 g *Arthrospira platensis* + auxinas / Kg alimento)

Se puede observar en la tabla 15 a los 50 días los alevines de *Oncorhynchus mykiss* alimentados con 13 gKg⁻¹ *Arthrospira platensis* +auxinas presentaron mayor eficiencia alimentaria (77,07%) a diferencia de los suplementados con 13 gKg⁻¹ *Arthrospira platensis* (74,73%) y 0gKg⁻¹ *Arthrospira platensis* (70,21%).

Figura 12

Promedio ± error estándar del Eficiencia Alimentaria en alevines de trucha arcoíris

Oncorhynchus mykiss suplementadas con 3 dietas balanceadas de Arthrospira platensis



Índice de condición corporal

Para la variable de Índice de condición corporal transformados a logaritmo de base 10, consecutivamente se procedió a realizar un ANOVA a un nivel e confianza del 95%, no mostraron un efecto significativo para interacción tratamiento*tiempo (Días) ($F=1,37$; $p=0,2074$).

La tabla 16, demuestra los valores promedios alcanzados del índice de condición corporal (%) durante los 50 días que se realizó la investigación.

Tabla 16

Promedio \pm error estándar del índice de Condición Corporal en alevines de trucha arcoíris

Oncorhynchus mykiss suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.

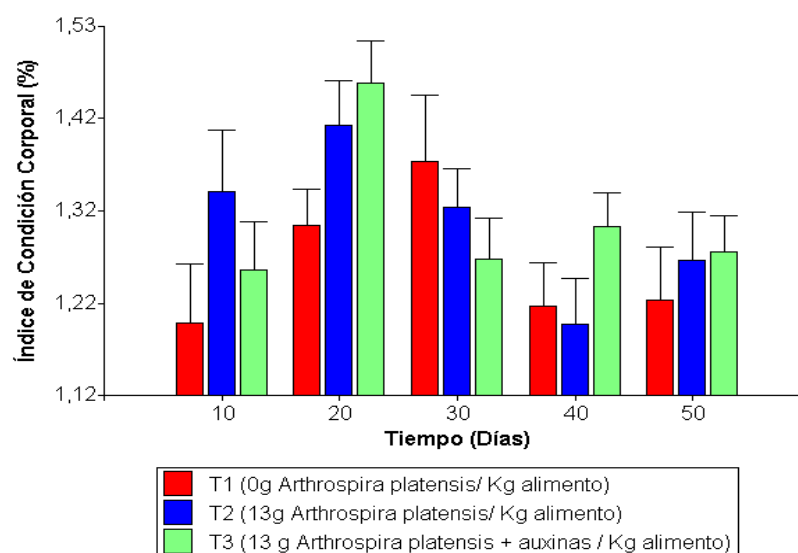
Tiempo (Días)	T1	T2	T3
10	1,20 \pm 0,06 a	1,34 \pm 0,07 ab	1,25 \pm 0,05 ab
20	1,31 \pm 0,04 ab	1,42 \pm 0,05 ab	1,46 \pm 0,05 b
30	1,38 \pm 0,07 ab	1,32 \pm 0,04 ab	1,27 \pm 0,04 ab
40	1,22 \pm 0,05 ab	1,20 \pm 0,05 a	1,30 \pm 0,04 ab
50	1,22 \pm 0,06 ab	1,27 \pm 0,05 ab	1,28 \pm 0,04 ab

Nota: Letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0,05$). T1: (0g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T2: (13g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T3: (13 g *Arthrospira platensis* + auxinas / Kg alimento)

Figura 13

Promedio \pm error estándar del Índice de condición corporal en alevines de trucha arcoíris

Oncorhynchus mykiss suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en el tiempo.



Tasa de Supervivencia y Mortalidad

Al finalizar el ensayo los alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* el porcentaje de supervivencia a los 50 días presentó una diferencia significativa entre tratamientos ($F=8,28$; $p=0,0113$). Los individuos alimentados con 13 gKg^{-1} *Arthrospira platensis* + auxinas presentaron un mayor porcentaje de supervivencia del 82% (Tabla 17).

Los alevines suministrados dietas balanceadas con 0 gKg^{-1} *Arthrospira platensis* presentaron mayor porcentaje de mortalidad con un 40,67%, a diferencia de los alevines alimentados con 13 gKg^{-1} *Arthrospira platensis* + auxinas mostraron menor porcentaje de mortalidad con 18% (Tabla 17).

Tabla 17

*Promedio \pm error estándar del porcentaje de mortalidad y supervivencia en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis*.*

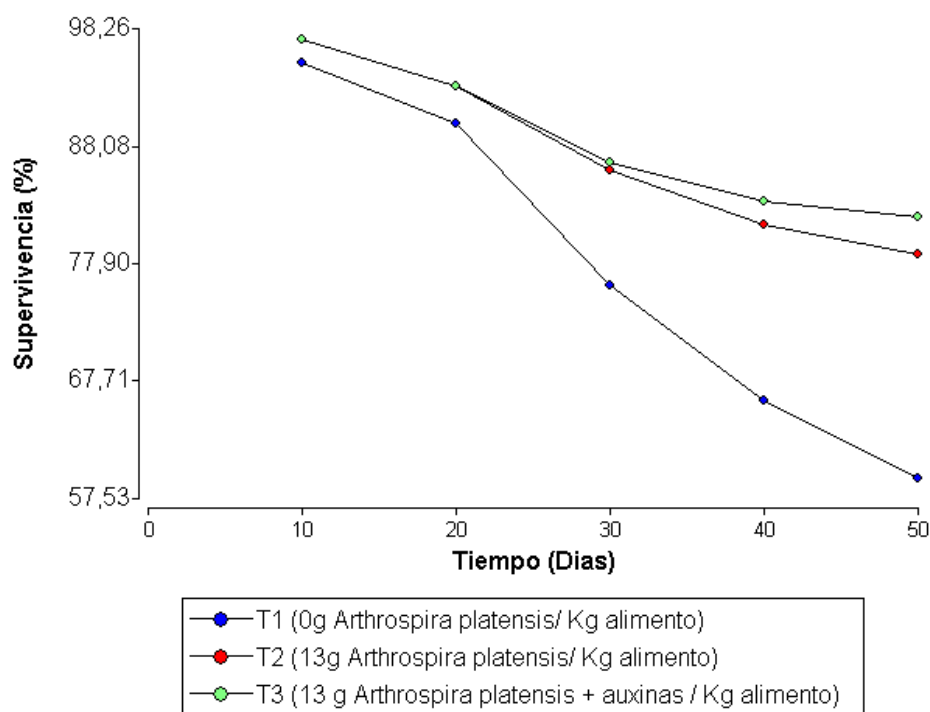
Tratamiento	Mortalidad (%)	Supervivencia (%)
T1	40,67	59,33
T2	21,33	78,67
T3	18	82

Nota: Letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p<0,05$). T1: (0g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T2: (13g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T3: (13 g *Arthrospira platensis* + auxinas / Kg alimento)

La figura 14 revela el comportamiento del porcentaje de supervivencia durante el tiempo que duró el ensayo para cada uno de los tratamientos.

Figura 14

Promedio \pm error estándar del (%) Supervivencia en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.



Variables hematológicas

Las variables hematológicas analizadas se encuentran dentro de los rangos normales para los alevines *Oncorhynchus mykiss*, los resultados obtenidos para los diferentes tratamientos no alteran el bienestar del animal.

Proteína total

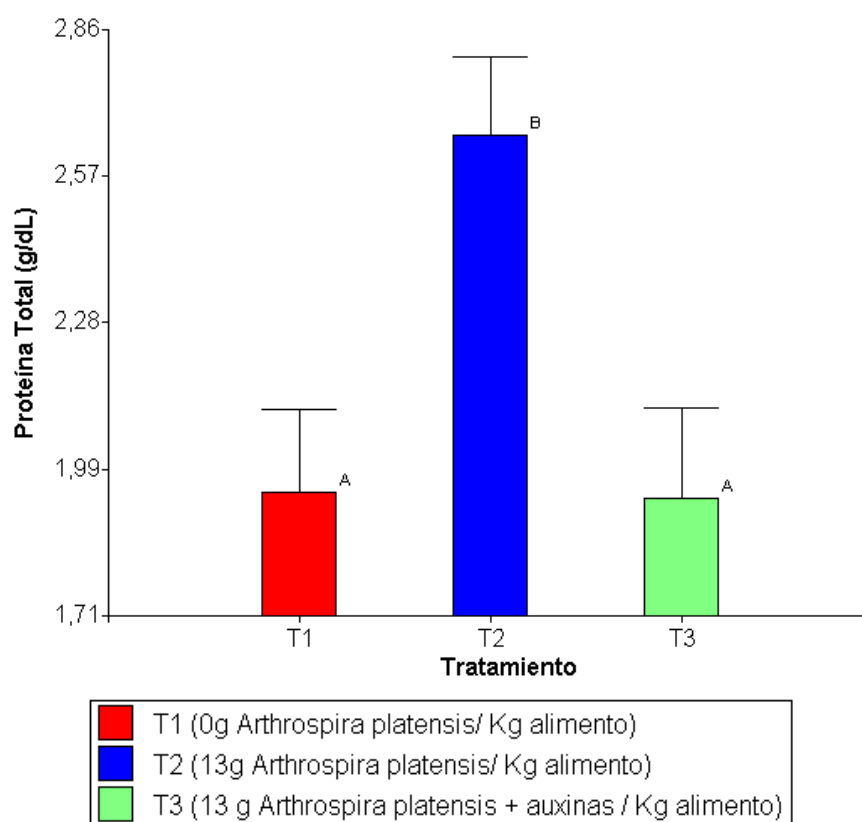
El contenido de proteína total evidenció una diferencia significativa entre los tratamientos ($F=6,06$; $p=0,0049$). Los alevines de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentados con 13 gKg^{-1} *Arthrospira platensis* presentaron mayor contenido de Proteína total

(2,65 g /dL), a diferencia de los alimentados con 13 gKg^{-1} *Arthrospira platensis* + auxinas (1,95 g/dL) y 0 gKg^{-1} *Arthrospira platensis* (1,94 g/dL) (Tabla 18).

La figura 15 se analizó las concentraciones de proteína total por tratamiento, mostrando que el tratamiento 13 gKg^{-1} *Arthrospira platensis* + auxinas es estadísticamente diferentes a los demás tratamientos.

Figura 15

Promedio \pm error estándar de Proteína Total en alevines de trucha arcoíris Oncorhynchus mykiss suplementadas con 3 dietas balanceadas de Arthrospira platensis en 50 días.



Glucosa

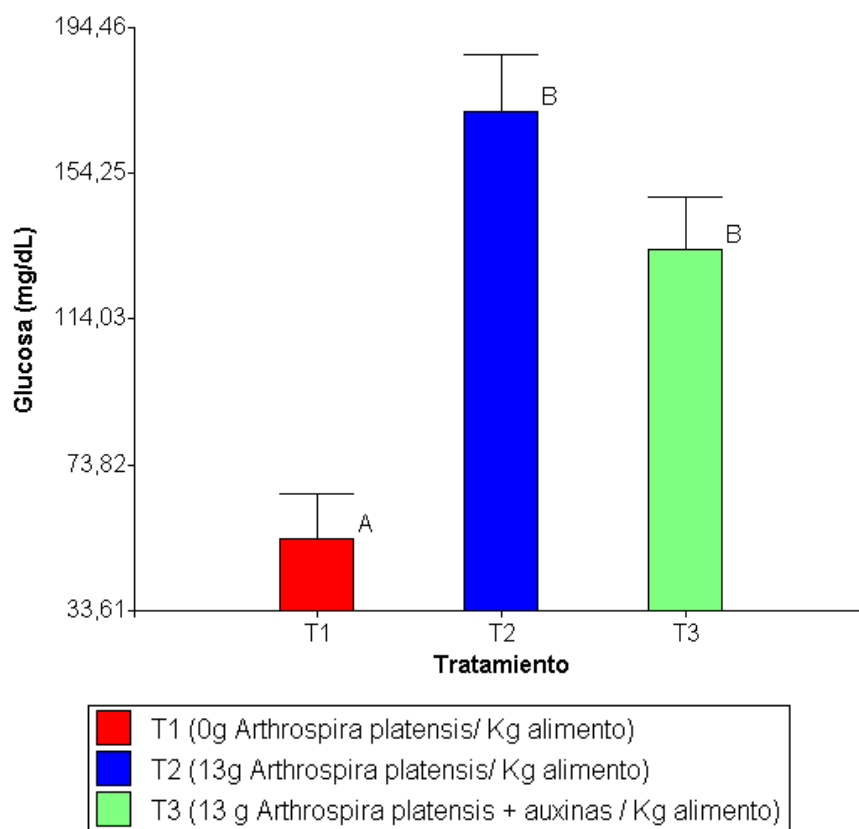
El contenido de glucosa presente en la sangre obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos ($F=17,35$; $p<0,001$). Los análisis obtenidos revelaron que las concentraciones de glucosa fueron elevadas para los individuos de trucha arcoíris alimentados con 13 gKg^{-1}

Arthrospira platensis (171mg/dL) en comparación a los que se les suministro dieta balanceada de 0gKg⁻¹ *Arthrospira platensis* (53,46 mg/dL) (Tabla 18).

En la figura 16 se evidenció las concentraciones de glucosa por tratamiento, mostrando que el tratamiento 0 gKg⁻¹ *Arthrospira platensis* es estadísticamente diferentes a los demás tratamientos.

Figura 16

Promedio \pm error estándar de Glucosa en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.



Albúmina

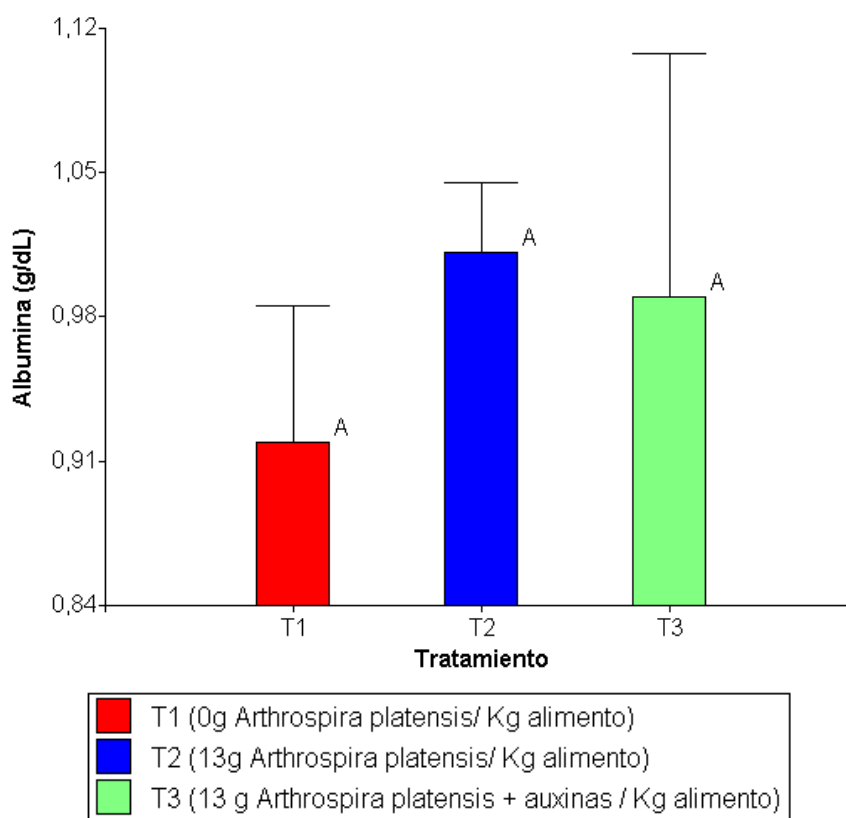
El contenido de albúmina presente en sangre de los alevines de trucha arcoíris no se evidenció diferencias significativas entre los tratamientos ($F=0,366$; $p=0,7013$). En la tabla 18

se observa las concentraciones de albúmina por los diferentes tratamientos. Sin embargo, al no ser estadísticamente diferentes, el tratamiento de 13gKg^{-1} *Arthrospira platensis* presentó menor promedio $1,01\pm 0,03$ (g/dL).

La figura 17 se analizaron las concentraciones de albúmina por tratamiento, en donde el contenido de albumina con 13gKg^{-1} *Arthrospira platensis* no fue estadísticamente diferente con respecto a los demás tratamientos.

Figura 17

Promedio \pm error estándar de Albúmina en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.



Glóbulos Rojos

Los datos que se obtuvieron en la variable de glóbulos rojos no evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos ($F=0,366$; $p=0,7013$). Al concluir el estudio el tratamiento

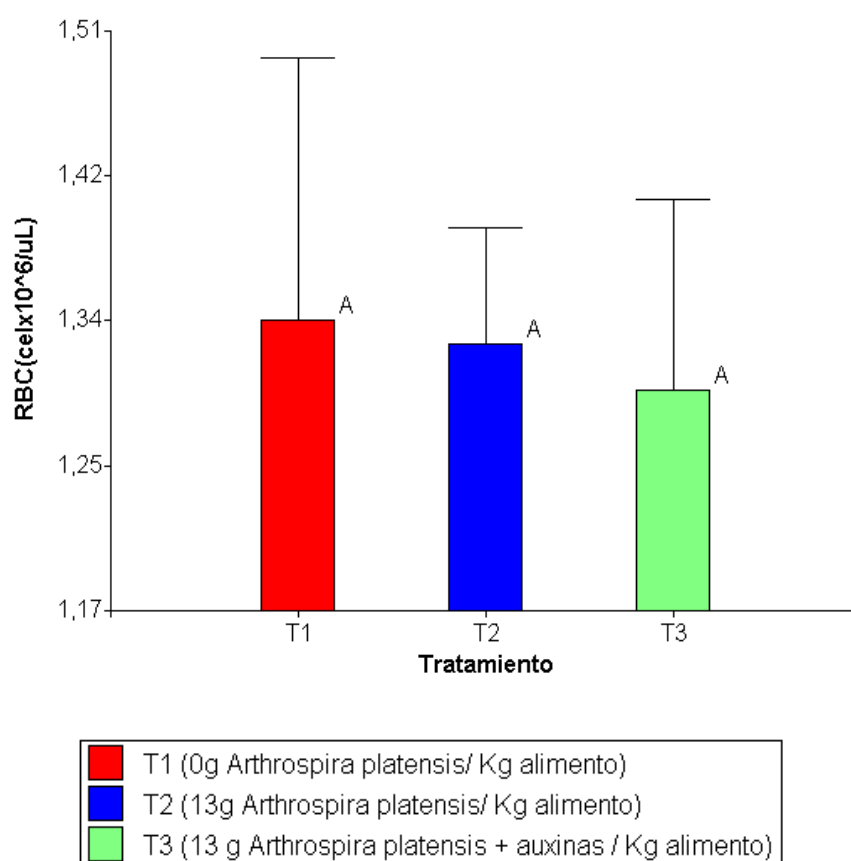
suministrado 13gKg^{-1} *Arthrospira platensis* +auxinas presentó mayor concentración de glóbulos rojos. Sin embargo, el contenido de glóbulos rojos es similar entre los tratamientos (Tabla 18).

La figura 18 demuestra que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos T1, T2 y T3,

Figura 18

Promedio \pm error estándar de Conteo de glóbulos rojos en alevines de trucha arcoíris

Oncorhynchus mykiss suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.



Hematocrito

El porcentaje de hematocrito al concluir el ensayo presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($F=21,11$; $p<0,0001$). La concentración de hematocrito de los alevines suministrados 13g *Arthrospira platensis* + auxinas tuvo un promedio mayor (47,67%), seguido y el tratamiento con 0g Kg^{-1} *Arthrospira platensis* (35,33%) (Tabla 18):

A continuación, en la figura 19 se observa los valores promedios de porcentaje de hematocrito.

Figura 19

Promedio \pm error estándar de Hematocrito en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.

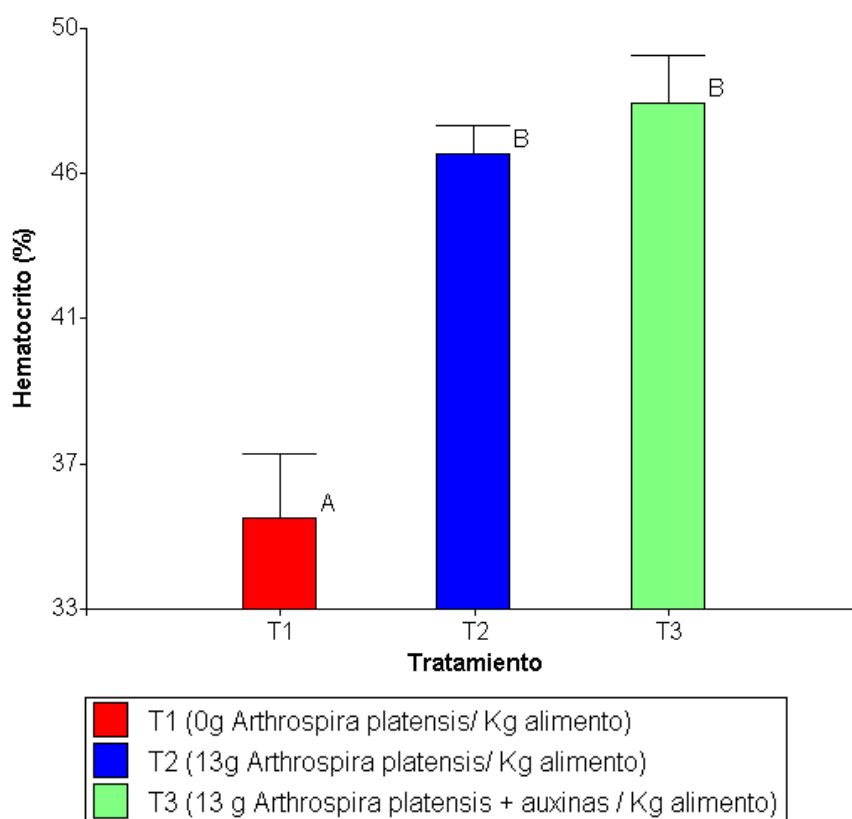


Tabla 18

Promedio \pm error estándar de Proteína total, Glucosa, Albúmina, hematocrito y conteo de glóbulos rojos en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.

Variable	N	T1	T2	T3
Proteína Total (g/dL)	15	1,95 \pm 0,16 a	2,65 \pm 0,15 b	1,94 \pm 0,12 a
Glucosa (mg/ dL)	15	53,46 \pm 12,54 a	171,18 \pm 15,97 b	133,29 \pm 14,58 b
Albumina (g/dL)	15	0,92 \pm 0,06 a	1,01 \pm 0,03 a	0,99 \pm 0,12 a
Hct (%)	15	35,33 \pm 1,92 a	46,13 \pm 0,86 b	47,67 \pm 1,41 b
RBC (cel x 10 ⁶ /ul)	15	1,34 \pm 0,16 a	1,32 \pm 0,07 a	1,30 \pm 0,11 a

Nota: Letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0,05$). T1: (0g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T2: (13g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T3: (13 g *Arthrospira platensis* + auxinas / Kg alimento). Medias con una letra común no son significativamente diferente ($p > 0,05$) Hct=hematocrito; RBC=Conteo de glóbulos rojos; dl= decilitro; g= gramos.

Glóbulos blancos

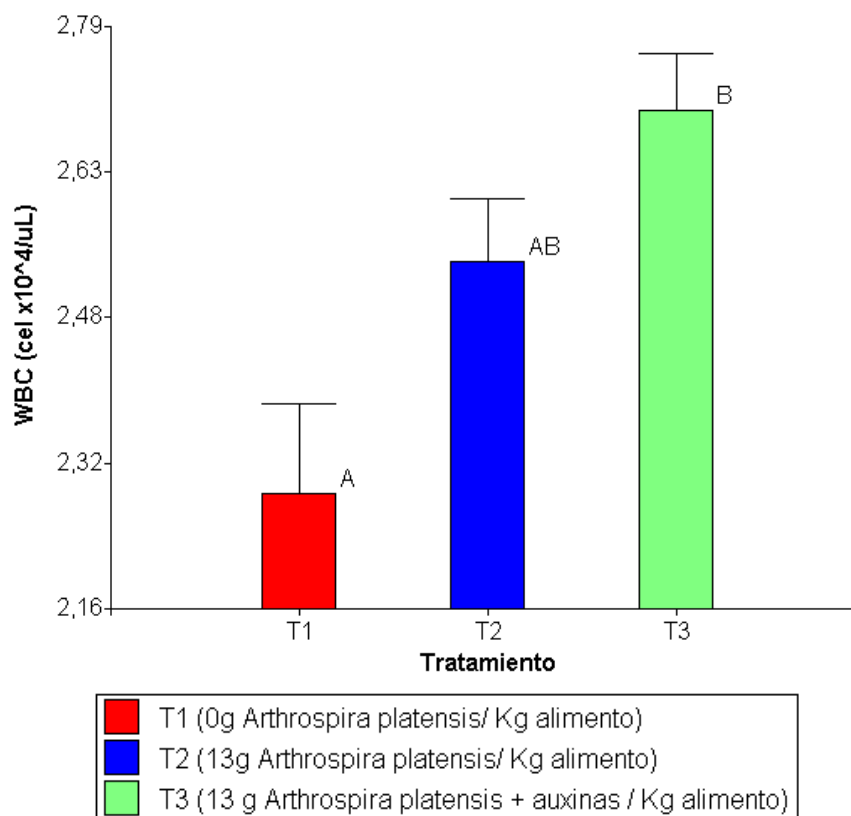
Los datos que se obtuvieron en la variable de glóbulos blancos presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($F=7,42$; $p=0,0017$). Al concluir el estudio los alevines trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentados con 13g *Arthrospira platensis* +auxinas presentó mayor promedio de concentración de glóbulos blancos en sangre (2,70 cel x 10⁴/uL) en comparación de los alimentados con 13g Kg⁻¹ *Arthrospira platensis* (2,54 cel x 10⁴/uL) y 0g Kg⁻¹ *Arthrospira platensis* (2,20 cel x 10⁴/uL) (Tabla 19).

Al finalizar el ensayo se observa en la figura 20 el T3 muestra mayor concentración de glóbulos blancos a diferencia de los demás tratamientos

Figura 20

Promedio \pm error estándar de Conteo de glóbulos blancos en alevines de trucha arcoíris

*Oncorhynchus mykiss suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.*

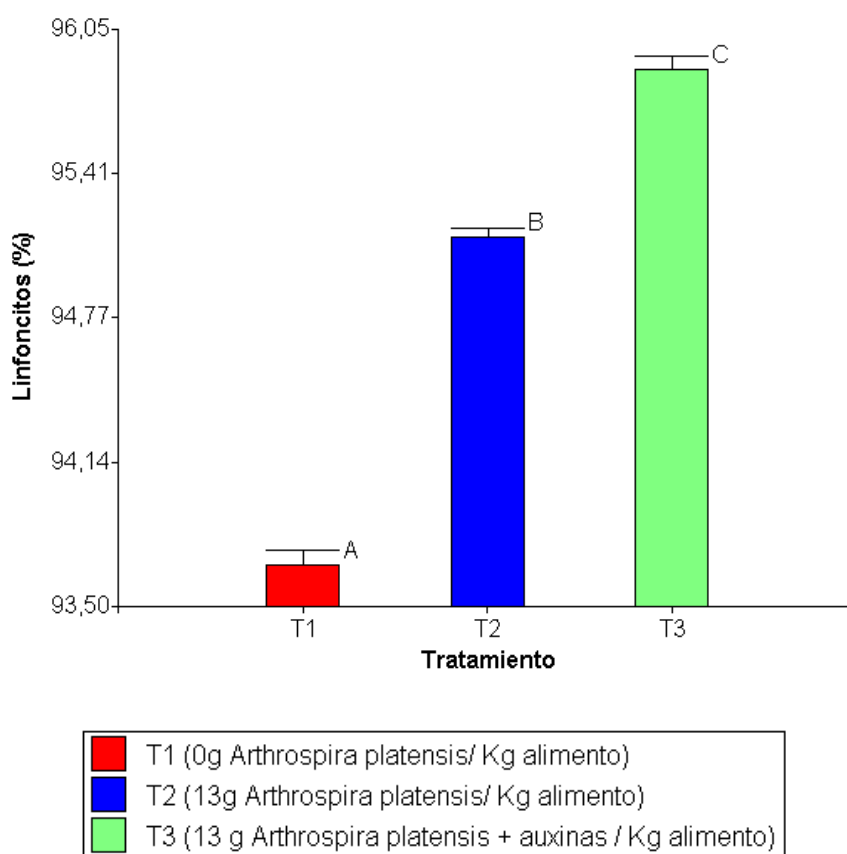
**Linfocitos**

La cantidad de linfocitos presente en la sangre obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos ($F=37,40$; $p<0,001$), los alevines de trucha arcoíris alimentados con 13g Kg^{-1} *Arthrospira platensis* + auxinas mostraron mayor porcentaje de linfocitos (95,87%) a diferencia de los que se suministró dieta balanceada de 0gKg^{-1} *Arthrospira platensis* (93,68 mg/dL) (Tabla 15).

En la figura 21 se observa el porcentaje de linfocitos por cada tratamiento y la diferencia que existe por cada tratamiento.

Figura 21

Promedio \pm error estándar de linfocitos en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.

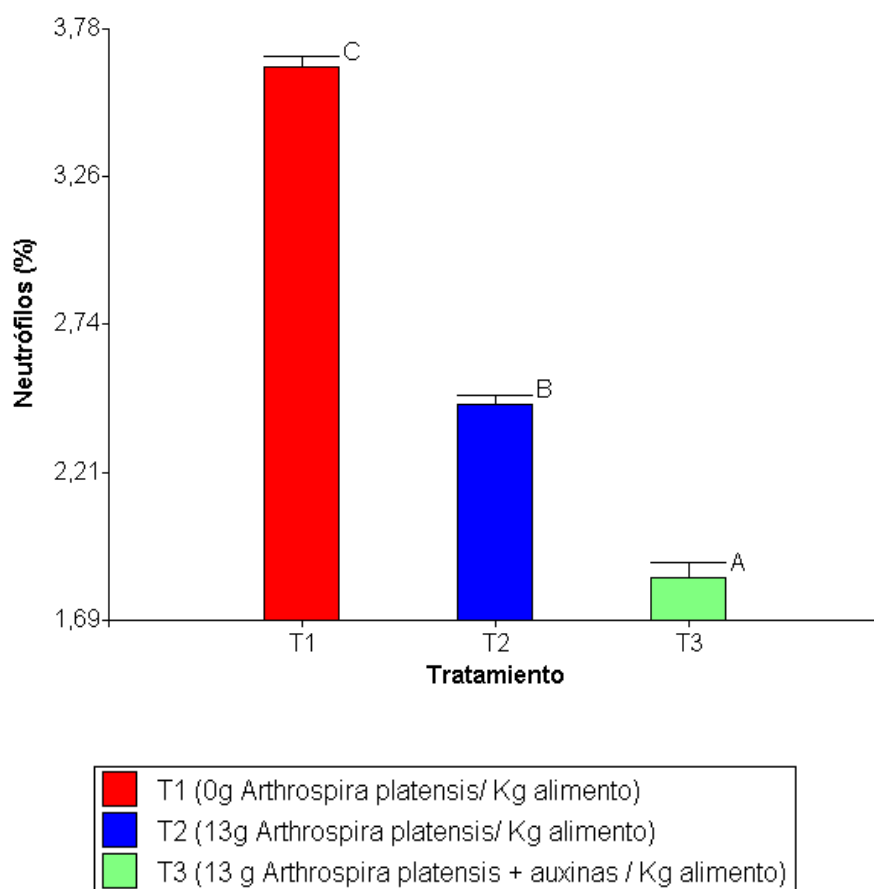


Neutrófilos

El porcentaje de neutrófilos evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos ($F=44,33$; $p<0,0001$), presentó menor porcentaje de neutrófilos a los alevines suministrados 13gKg^{-1} *Arthrospira platensis* (3,65%) y 13gKg^{-1} *Arthrospira platensis* + auxinas ($1,84\pm 0,05$) (Tabla 19).

Figura 22

Promedio \pm error estándar de neutrófilos en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.

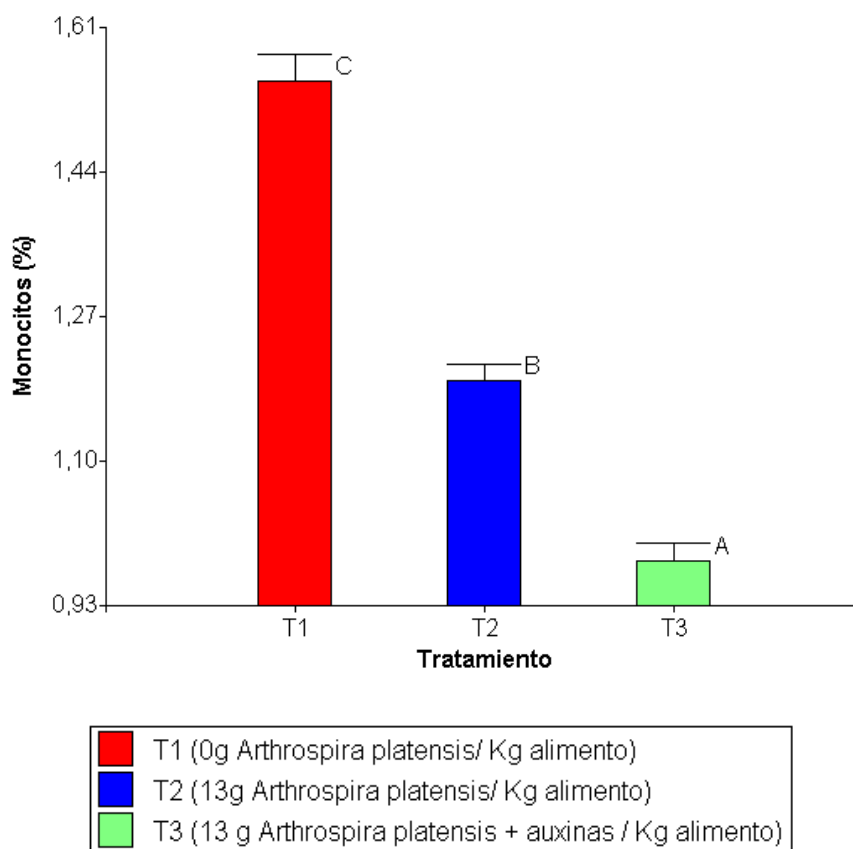


Monocitos

El porcentaje de monocitos presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($F=125,45$; $p<0,0001$), los alevines que se suministró 13gKg^{-1} *Arthrospira platensis* +auxinas presentaron mejor concentración de monocitos en sangre (0,98%) en comparación al T1 (Tabla 23).

Figura 23

Promedio \pm error estándar de monocitos en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.

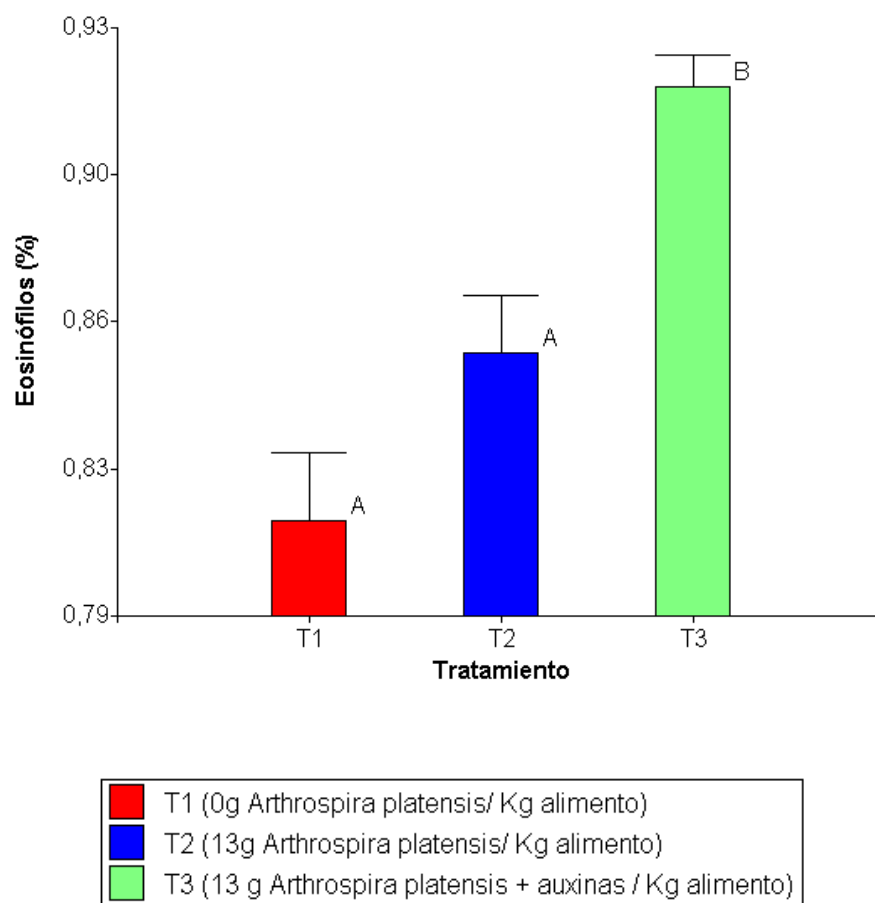


Eosinófilos

Al concluir el ensayo los alevines de trucha arcoíris tratados con diferentes dosis de *Arthrospira platensis* presentó diferencia significativa entre tratamientos ($F=15,95$; $p<0,0001$). Los individuos suministrados 13gKg^{-1} *Arthrospira platensis* + auxinas evidenciaron un mayor contenido de eosinófilos en sangre con un total de 0,92% (Tabla 19).

Figura 24

Promedio \pm error estándar de eosinófilos en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.

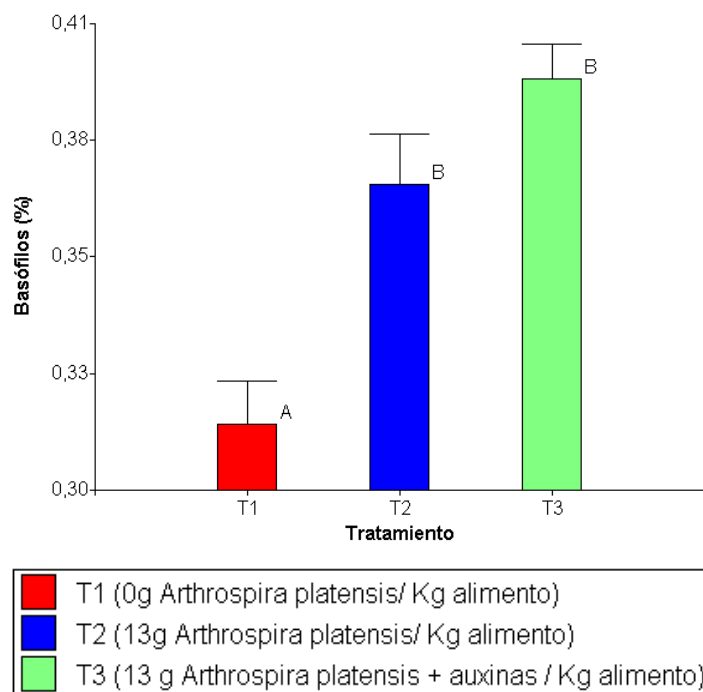


Basófilos

Los datos obtenidos de la concentración de basófilos en sangre evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos ($F=16,83$; $p<0,0001$). Los individuos suministrados 13gKg^{-1} *Arthrospira platensis* + auxinas mostraron una mayor concentración de basófilos con un total de 0,39% (Tabla 19).

Figura 25

Promedio \pm error estándar de basófilo en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.

**Tabla 19**

Promedio \pm error estándar de Conteo de glóbulos blancos, Linfocitos, Neutrófilos, Eosinófilos y Basófilos en alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* suplementadas con 3 dietas balanceadas de *Arthrospira platensis* en 50 días.

Variable	N	T1	T2	T3
WBC (cel x 10 ⁴ /uL)	15	2,29 \pm 0,10 a	2,54 \pm 0,07 ab	2,70 \pm 0,06 b
Linfocitos (%)	15	93,68 \pm 0,07 a	95,13 \pm 0,04 b	95,87 \pm 0,06 c
Neutrófilos (%)	15	3,65 \pm 0,04 a	2,45 \pm 0,04 b	1,84 \pm 0,05 c
Monocitos (%)	15	1,55 \pm 0,03 c	1,19 \pm 0,86 b	0,98 \pm 0,02 a
Eosinófilos (%)	15	0,82 \pm 0,02 a	0,86 \pm 0,01a	0,92 \pm 0,01 b
Basófilos (%)	15	0,31 \pm 0,01 a	0,37 \pm 0,01b	0,39 \pm 0,01b

Nota: Letras diferentes en los renglones, indican que existen diferencias significativas ($p < 0,05$). T1: (0g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T2: (13g *Arthrospira platensis*/ Kg alimento); T3: (13 g *Arthrospira platensis* + auxinas / Kg alimento)

Discusión

Parámetros morfométricos

Durante el tiempo realizado el ensayo se incorporó 0gKg^{-1} *Arthrospira platensis*, 13gKg^{-1} *Arthrospira platensis* y 13gKg^{-1} *Arthrospira platensis* + auxinas en el alimento balanceado comercial con la finalidad de mejorar parámetros morfométricos y productivos. 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 (Reis Dias et al., 2019).

La Cianobacteria *Arthrospira platensis* es empleada en la alimentación por ser una fuente rica de vitaminas, aminoácidos esenciales, minerales, ácido grasos esenciales (Teimouri et al., 2013). La ficocianina, los β -carotenos, y los polisacáridos de la *Arthrospira platensis* pueden mejorar la inmunidad y resistencia a las enfermedades de los animales acuáticos (Tayag et al., 2010).

Los efectos que ocasionan la alimentación con dietas suplementadas con *Arthrospira platensis* se reflejan en mejorar su rendimiento de crecimiento, metabolismo de los lípidos, sistema inmunológico y resistencia a enfermedades en animales acuáticos (Promya & Chitmanat, 2011). Se considera que la aplicación de Espirulina en dietas promueve el rendimiento, reduce la grasa, mejora la capacidad antioxidante y hasta promueve la expresión de genes en animales de agua dulce (Xia et al., 2021).

En el ensayo la suplementación de 13gKg^{-1} *Arthrospira platensis* (T2) y 13gKg^{-1} *Arthrospira platensis* + auxinas (T3) en dietas balanceadas alcanzaron mayor promedio de peso, longitud total y ancho en alevines trucha arcoíris, a diferencia de los alevines suministrados 0gKg^{-1} *Arthrospira platensis* (T1). Estos resultados coinciden con la

investigación realizada en *Piaractus brachypomus* donde se suministró *Arthrospira platensis* al 2% en la alimentación, se encontraron un aumento de masa corporal y longitud en relación a las que se suministraron solamente alimento balanceado (harina de pescado) (Alzate-Díaz & Pardo-Carrasco, 2016). Además, en otro estudio realizado en *Oncorhynchus mykiss* durante 10 semanas, se valoró el efecto de dietas que contenía 0,2.5,7.5 y 10% de *Arthrospira platensis*, el cual presentó mejor masa corporal a los peces suministrados 10% de *Espirulina* mostrando un peso de 235.8g a diferencia del tratamiento control presentó 200g, aseverando que la inclusión de *Arthrospira platensis* influye en el crecimiento de la especie (Teimouri et al., 2013).

De la misma manera, otro estudio realizado en juveniles de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* alimentados durante 12 semanas donde se reemplazó el 50% de harina de pescado con harina de *Espirulina* y los resultados evidenciaron mejoras en los parámetros morfométricos (peso y longitud total) (Twibell et al., 2020). Las mínimas cantidades de *Espirulina* en dieta de peces producen un efecto significativo en la masa corporal, ancho y longitud; de igual manera en la calidad de carne y contenido de grasa (Rincón Rodríguez et al., 2013). El efecto de la mejora de parámetros morfométricos en dietas con *espirulina* suministradas en carpas gibel se debe a la palatabilidad, la digestibilidad y alto contenido de nutrientes como vitaminas, minerales ácido linoleico y ácido linolénico que contiene la *Espirulina* (Cao et al., 2018). Además, incluir auxinas AIA en dosis de 10 mgL^{-1} de ácido indol 3 acético (AIA), presentan un incremento en los niveles de proteínas alcanzando el 30, 61 %, al igual que los niveles de lípidos con un 6,02 % (Benalcázar, 2022). Por lo tanto, la inoculación de auxinas en *Espirulina* presentan un efecto positivo en el crecimiento y rendimiento de alevines de trucha arcoíris por los elevados niveles de proteínas que tienen al complementar con AIA; el incremento de la división celular en cianobacterias genera una mayor cantidad de carbohidratos, reflejando un aumento de proteínas por el estímulo causado por las auxinas en

la descomposición de mono-galacto-silglicerol el cual es el precursor en la formación de ácido oléico (Singh et al., 2020).

Parámetros Productivos

La alimentación trucha arcoíris en fase de alevinaje tuvo diferencia significativa en las variables de ganancia de peso, factor de conversión alimenticia, Eficiencia alimentaria y tasa de crecimiento específico. Los animales suplementados con 13g *Arthrospira platensis* y 13g *Arthrospira platensis* + auxinas tuvieron mejores rendimientos.

Estudio demostraron que peces suplementados con Espirulina tuvieron un aumento de ganancia de peso en comparación a los alimentados con balanceado (harina de pescado), se observaron hallazgos similares en tilapia del Nilo (Shalata et al., 2021). A su vez, otra investigación en Tilapia del Nilo determinó que la inclusión al 0,5% y 0,3% de Espirulina en la dieta, mejoró significativamente ($p < 0,05$) la ganancia de peso y el Índice de conversión alimenticia (Awad et al., 2022). Además, al incluir 3% de *A. platensis* (en sustitución del 33,25% de harina de pescado) mejoraron el rendimiento del crecimiento y la Eficiencia alimentaria (Jiang et al., 2022).

Se obtuvo un FCA de 1,15 en alevines de *Oncorhynchus mykiss* alimentados con 13gKg^{-1} *Arthrospira platensis* + auxinas, teniendo resultado mayor al tratamiento control con 1,04. Esto datos coinciden con (Plaza Gordo, 2018), *Oreochromis niloticus* alimentados con *A. platensis* presentaron un factor de conversión alimenticia de 1,37 a los 50 días al finalizar el ensayo a diferencia del control de 1,14.

Estudio en truchas marrón del Caspio alimentadas con 8% de Espirulina evidenciaron un aumento de la tasa de crecimiento específico del 1,74%/día; a diferencia de las suministradas solo alimento balanceado con 1,37%/día (Roohani et al., 2019). Estos resultados

coinciden con el de la investigación realizada, donde la tasa de crecimiento específico fue mayor en alevines alimentados con 13gKg^{-1} *Arthrospira platensis* + auxinas (T3) en comparación al testigo. En cuanto a la Eficiencia alimentaria, hubo aumento significativo en individuos de *Oreocromis niloticus* suplementados con concentraciones de 10g/Kg de espirulina durante dos meses (Plaza Gordo, 2018).

En nuestro estudio los animales suministrados con 13gKg^{-1} *Arthrospira platensis* + auxinas (T3) tuvieron mejores resultados a comparación del testigo. Un nivel apropiado de inclusión de Espirulina en dietas promueve la eficiencia alimentaria en peces, esto se debe a que los polisacáridos de las algas marinas afectan los niveles de expresión de enzimas y proteínas; mejorando el metabolismo y promoviendo la utilización de nutrientes (Jiang et al., 2022).

Además, la aplicación de auxinas presentó un efecto positivo para las proteínas y lípidos de la Cianobacteria estudiada. El aumento del porcentaje de proteína se atribuye a la división celular el cual genera una mayor producción de carbohidratos, por ende, un incremento de lípidos. Del mismo modo el aumento de lípidos posiblemente se debe a la producción de triacil-glicerol (TAG), causado por las auxinas en la descomposición de mono-galacto-silglicerol precursor importante para la formación del TAG y ácido oleico (Singh et al., 2020).

El índice de condición corporal no fue significativo, arrojó datos similares en los tres tratamientos. Este resultado se corrobora en un estudio realizado en *Oreocromis niloticus* alimentados $10\text{g Arthrospira platensis/Kg alimento}$, donde no se encontraron diferencias significativas en la variable de ICC (Plaza Gordo, 2018). La Espirulina aumenta el crecimiento de peces carnívoros y la calidad muscular. Una mejora en los parámetros productivos en los peces suplementando *A. platensis* puede deberse a la palatabilidad del alimento, propiedades físicas y la biodisponibilidad de algunos minerales como calcio, fósforo y zinc. Además, la

suplementación de Espirulina 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 (Roohani et al., 2019). Sin embargo, (Teimouri et al., 2013) reconoce que el aumento del rendimiento y crecimiento de peces, es debido a que las dietas balanceadas con Espirulina presentan altos contenidos de aminoácidos, fenoles, polifenoles y carotenoides que pueden considerarse como nutrientes indirectos. La *A. platensis* contiene altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados específicamente de ácido linoleico y linolénico, contribuyendo a una alta digestibilidad de los lípidos. De igual manera, no solamente puede ser fuente sustituta de proteína en los alimentos, además, proporciona ácidos grasos (Jiang et al., 2022).

Se obtuvo un mayor porcentaje de supervivencia en los alevines de *Oncorhynchus mykiss* alimentados con 13g de *Arthrospira platensis* + auxinas con el 82% a diferencia de los alimentado con 0g de *Arthrospira platensis* con 59,33%. Estos datos se corroboran en la tasa de supervivencia del 85,50% en un estudio evaluado en camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) donde se utilizó dietas balanceadas al 6% de Espirulina (Moncayo, 2020). Otro estudio de inclusión del 2,5% y 5% de *A. platensis* en la alimentación de *Oncorhynchus mykiss* se registró una tasa de supervivencia para ambos tratamientos del 75%, a diferencia del tratamiento control que mostró el 50% (Ibrahem et al., 2013)..

Los resultados de supervivencia se encuentran relacionadas con el sistema inmunitario en los grupos alimentados con Espirulina y podría mejorar notablemente la inmunidad de la carpa gibel. Los efectos de mejora inmunológica en peces por la Espirulina dietética se considera que está relacionado con los diferentes ingredientes bioactivos de la Espirulina, incluidos el β -carotenos, la ficocianina y los polisacáridos de algas (Cao et al., 2018). Plaza (2018), afirma en su investigación que *Arthrospira* puede acelerar el desarrollo del sistema inmune especialmente en las primeras etapas de vida.

Parámetro Hematológico

La inclusión de *A. platensis* afectó significativamente al contenido de proteína total, hematocrito y glucosa. Se evidenciaron mayores resultados en los alevines de *Oncorhynchus mykiss* suplementados con 13g de *Arthrospira platensis* y presentó 2,65 (g/dL) proteína, 46,13(%) hematocrito y 171,18 (mg/ dL) de glucosa. Seguido del tratamiento de 13g de *Arthrospira platensis* + auxinas con 1,94 (g/dL) proteína, 47,67(%) y 133,29 (mg/ dL) glucosa.

Estudios realizados en *Oncorhynchus mykiss* alimentados con 10% de *A. platensis*, aumentaron significativamente la proteína total y hematocrito en comparación al testigo. El mejor tratamiento fue *Arthrospira platensis* al 10%, donde se obtuvo 3 (g/dL) en proteína total y 41,11(%) de hematocrito. Sin embargo, el tratamiento control obtuvo 40,44(%) y 2,25(g/dL) (Yeganeh et al., 2015). No obstante, en otro estudio en juveniles de esturión beluga (*Huso husillos* Linneo, 1754) presentaron 1,75 (g/dL) proteína total y de 24% de hematocrito siendo estos los más altos valores con 10% de inclusión de Espirulina en dietas balanceadas (Adel et al., 2016).

En el estudio realizado a *Oncorhynchus mykiss*, su perfil bioquímico en glucosa presentó un total de 95 (mg/ dL) con la inclusión de Espirulina al 10% (Yeganeh et al., 2015). Según (Adel et al., 2016), menciona que a medida que aumenta la inclusión de Espirulina en dietas alimenticias de esturión el contenido de glucosa continúa acrecentándose, al suplementar Espirulina en el alimento balanceado causa estrés en el animal. De tal forma se evidencia que las concentraciones de glucosa pueden aumentar en periodos cortos para suplir la demanda energética en situaciones de estrés (Bailone et al., 2010).

No existió una diferencia significativa en la albúmina y conteo de glóbulos rojos, el tratamiento de 13g de *Arthrospira platensis* evidenció resultados mayores a diferencia de los dos tratamientos con datos de 1,01 albúmina (g/dL) y 1,34 RBC (cel x 10⁶/uL)

respectivamente. La albúmina es fundamental para mantener la presión osmótica, conservar un sistema inmune óptimo y actuar como transportador del plasma (Nya & Austin, 2009). Las fracciones de albúmina y globulina son importantes para mantener un sistema inmunológico saludable (Jha et al., 2007).

En un estudio en *Oreochromis niloticus* alimentados con 12g Espirulina/Kg se evidenció mayor concentración de glóbulos rojos 2,31 RBC (cel x 10⁶/uL) a diferencia del tratamiento control. Sin embargo, en el estudio realizado en *Oncorhynchus mykiss* no hubo diferencia significativa en el conteo de glóbulos rojos a incluir 2,5%, 5%, 7,5% de Espirulina en las dietas balanceadas (Yeganeh et al., 2015). La disminución del porcentaje de hematocrito puede deberse a la presencia de infección o destrucción de glóbulos rojos por la actividad leucocitaria (Bailone et al., 2010).

Los resultados del presente estudio muestran que los peces alimentados con Espirulina presentaron mayor concentración de glucosa en sangre, glóbulos rojos (RBC) y glóbulos blancos (WBC) y porcentaje de hematocrito en comparación con los peces del tratamiento control, la suplementación de *A. platensis* en dietas mejoran los parámetros bioquímicos hematológicos (Galafat et al., 2022). La especie *P. leopardus* alimentado con Espirulina al 10% mejora significativamente el estado antioxidante hepático, la capacidad inmunológica y resistencia a infecciones (Galafat et al., 2022).

Al suministrar 13g de *A. platensis*+ auxinas en dietas balanceadas de alevines de trucha arcoíris se obtuvo un mayor porcentaje de leucocitos en la sangre 2,70 (cel x 10⁴/uL), donde el porcentaje de linfocitos fue el predominante con un 95,87%. Esto corrobora (Plaza Gordo, 2018) al observarse un aumento en el número de total leucocitos (8,68 mil/ μ L) *O. niloticus* en el tratamiento de 10g Espirulina /Kg de alimento. No obstante, siendo el número de linfocitos el más predominantes entre los otros leucocitos (monocitos, neutrófilos, basófilos y eosinófilos),

este aumento es por la mejor respuesta inmune celular a los agentes infecciosos en la trucha arcoíris en fase de alevinaje (Khani et al., 2017).

Se cree que la lisozima del suero de pescado tiene un origen leucocitario y la actividad de lisozima aumenta el número de leucocitos (Dan et al., 2013). La lisozima juega un papel fundamental en la inmunidad innata por medio de lisis en la pared celular bacteriana y por ende estimula la fagocitosis de bacterias (Kampen et al., 2004). La inclusión del 10% de *A. platensis* con una biomasa de Espirulina hidrolizada mejoran la actividad de la lisozima en el hígado, lo que protege contra las enfermedades infecciosas, al igual que favorecen a un bienestar en la morfología del intestino de alevines de dorada (W. Yu et al., 2018). El β -caroteno dietético de *Dunaliella salina* podría mejorar significativamente la actividad del complemento alternativo sérico, su actividad de lisozima y el índice fagocitario en trucha arcoíris (Amar et al., 2004). La alimentación de microalga *Navícula* sp. mejoraron significativamente las actividades de peroxidasa leucocitaria, fagocitosis y complementos de *Sparus aurata* (Reyes-Becerril et al., 2013). No obstante, la fagocitosis es una característica de respuesta inmunitaria inespecífica de los peces para eliminar patógenos.

Finalmente, el efecto positivo de las microalgas en Lisozoma, la actividad fagocítica en peces es atribuido a su abundantes minerales, vitaminas, ficocianina β -caroteno y polisacáridos de algas (Khalil et al., 2017). Dicho esto, las microalgas como Chlorella no tienen efectos negativos sobre el perfil hematológico de los peces porque es rica en hierro y ácido fólico (Khani et al., 2017). La *Cianobacteria* Espirulina tiene capacidad antioxidante por su alto contenido de β -carotenos y ficocianinas, que ayudan a una mayor producción de glóbulos rojos (Jaime et al., 2005).

En un estudio realizado en *P. leopardus* se suministró *A. platensis* (10% del suplemento alimenticio) durante 8 semanas; aumentó el rendimiento de crecimiento; promovieron su estado

antioxidante hepático, al aumentar el T-AOC hepático; y mejoraron los niveles de parámetros hematológicos (RBC, WBC y Hb)(W. Yu et al., 2018).

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- La inclusión de 13gKg^{-1} de *A. platensis*+ auxinas y 13gKg^{-1} *A. platensis* en dietas balanceadas influyeron positivamente en los parámetros morfométricos y productivos de forma más óptima en comparación a los alimentados con 0gKg^{-1} de *A. platensis*. Los alevines de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* alimentados con 13gKg^{-1} de *A. platensis*+ auxinas presentaron una mejora en la masa corporal de 14,43g, longitud total de 10,51cm, longitud parcial de 9,51cm y un ancho de 2,04cm.
- Con la inclusión de 13gKg^{-1} de *A. platensis*+ auxinas en dietas balanceadas mejoraron el crecimiento en los individuos y evidenciaron un incremento en la tasa de crecimiento específico (4,03%), ganancia diaria (0,35 g), factor de conversión alimenticia eficaz (1,15%) y una mayor eficiencia alimentaria (97,11%) en los alevines alimentados con 13gKg^{-1} de *A. platensis* al finalizar los 50 días del ensayo.
- El estado sanitario que demostró la *A. platensis* en la alimentación de trucha arcoíris en fase de alevinaje evidencia una mejora en el perfil hematológico; aumentando el contenido de glucosa, albumina y las proteínas totales en la sangre, por ende, fortalece el sistema inmunitario lo que se ve reflejado en un mayor porcentaje de supervivencia.

Recomendaciones

- Realizar estudios en la evaluación de las características organolépticas en *Oncorhynchus mykiss*, mediante la suplementación de *A. platensis* en dietas balanceadas para la valoración de la calidad de carne.
- Determinar el efecto de *A. platensis* con dietas mayores a 13 g en *Oncorhynchus mykiss* condiciones de estrés, para evaluar el sistema inmune.
- Complementar la presente investigación con una prueba de cortisol, para determinar el grado de estrés del animal, con la finalidad, de realizar un seguimiento de pruebas histológicas y corroborar si *A. platensis* influye en un daño hepático.

Bibliografía

- Abdel-Moneim, A. M. E., El-Saadony, M. T., Shehata, A. M., Saad, A. M., Aldhumri, S. A., Ouda, S. M., & Mesalam, N. M. (2022). Antioxidant and antimicrobial activities of *Spirulina platensis* extracts and biogenic selenium nanoparticles against selected pathogenic bacteria and fungi. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(2), 1197–1209. <https://doi.org/10.1016/J.SJBS.2021.09.046>
- Abdel-Tawwab, M., & Ahmad, M. H. (2009). Live *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) as a growth and immunity promoter for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), challenged with pathogenic *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture Research*, 40(9), 1037–1046. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2109.2009.02195.X>
- Adel, M., Yeganeh, S., Dadar, M., Sakai, M., & Dawood, M. A. O. (2016). Effects of dietary *Spirulina platensis* on growth performance, humoral and mucosal immune responses and disease resistance in juvenile great sturgeon (*Huso huso* Linnaeus, 1754). *Fish and Shellfish Immunology*, 56, 436–444. <https://doi.org/10.1016/J.FSI.2016.08.003>
- Al-Deriny, S. H., Dawood, M. A. O., Zaid, A. A. A., El-Tras, W. F., Paray, B. A., van Doan, H., & Mohamed, R. A. (2020). The synergistic effects of *Spirulina platensis* and *Bacillus amyloliquefaciens* on the growth performance, intestinal histomorphology, and immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Reports*, 17. <https://doi.org/10.1016/J.AQREP.2020.100390>
- Alzate-Díaz, H. A., & Pardo-Carrasco, S. C. (2016). Evaluation of protein sources in the productive performance of cachama blanca *Piaractus brachypomus* in biofloc system

Avaliação de fontes de proteína no desempenho produtivo da Pirapitinga *Piaractus brachypomus* em sistema de bioflocos. *Meta. Colombia Suplemento*, 20(2).

Amar, E. C., Kiron, V., Satoh, S., & Watanabe, T. (2004). Enhancement of innate immunity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) associated with dietary intake of carotenoids from natural products. *Fish and Shellfish Immunology*, 16(4), 527–537. <https://doi.org/10.1016/J.FSI.2003.09.004>

Amer, S. A., Ahmed, S. A. A., Ibrahim, R. E., Al-Gabri, N. A., Osman, A., & Sitohy, M. (2020). Impact of partial substitution of fish meal by methylated soy protein isolates on the nutritional, immunological, and health aspects of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* fingerlings. *Aquaculture*, 518. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2019.734871>

Arregui, L. (2013). *El cultivo de la trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)* F U N D A C I Ó N MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO SECRETARÍA GENERAL DEL MAR. <http://www.fundacionoesa.es/publicaciones>

Awad, L. Z., El-Mahallawy, H. S., Abdelnaeim, N. S., Mahmoud, M. M. A., Dessouki, A. A., & ElBanna, N. I. (2022). Role of dietary *Spirulina platensis* and betaine supplementation on growth, hematological, serum biochemical parameters, antioxidant status, immune responses, and disease resistance in Nile tilapia. *Fish & Shellfish Immunology*, 126, 122–130. <https://doi.org/10.1016/J.FSI.2022.05.040>

Babin, A., Siciat, C., Teixeira, M., Troussard, J. P., Motreuil, S., Moreau, J., & Moret, Y. (2015). Limiting immunopathology: Interaction between carotenoids and enzymatic antioxidant defences. *Developmental and Comparative Immunology*, 49(2), 278–281. <https://doi.org/10.1016/J.DCI.2014.12.007>

- Bailone, R. L., Martins, M. L., Mouriño, J. L. P., Vieira, F. N., Pedrotti, F. S., Nunes, G. C., & Silva, B. C. (2010). Hematología y título de aglutinación después de inmunización polivalente y desafío con *Aeromonas hydrophila* a tilapias del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Archivos de Medicina Veterinaria*, 42(3), 221–227.
<https://doi.org/10.4067/S0301-732X2010000300015>
- Bajguz, A., & Piotrowska-Niczyporuk, A. (2013). Synergistic effect of auxins and brassinosteroids on the growth and regulation of metabolite content in the green alga *Chlorella vulgaris* (Trebouxiophyceae). *Plant Physiology and Biochemistry*, 71, 290–297. <https://doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2013.08.003>
- BCE. (2020). *Pesca y Acuicultura en Ecuador*. <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/08/Pesca-y-acuicultura-en-Ecuador.pdf>
- BCE. (2021). *Evolución de la Balanza Comercial Subgerencia de Programación y Regulación Dirección Nacional de Síntesis Macroeconómica CONTENIDO*.
- Becker EW, & Venkataraman LV. (1982). *Biotechnology and Exploitation of Algae: The Indian Approach; a Comprehensive Report on the Cultivation and Utilization of Microalgae Performed at the*.
https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=BECKER%2C+E.W.%2C+VENKATARAMAN%2C+L.V.Biotechnology+and+explotaci%C3%B3n+of+algae+%E2%80%93+the+indian+Approachh.+Gesellschaftfiir+Technische+Zusammenarbeit+%28GTZ%29+%E2%80%93+Agency+for+Technical+cooperacion+%28GTZ%29.Tercera+edici%C3%B3n.+Colombia.+1982.+pp.+31-39.&btnG=
- Benalcázar, A. (2022). *Evaluación del efecto estimulante de ácido indol-3 acético sobre la productividad*. Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE).

- Brunton, L. A., Desbois, A. P., Garza, M., Wieland, B., Mohan, C. V., Häsler, B., Tam, C. C., Le, P. N. T., Phuong, N. T., Van, P. T., Nguyen-Viet, H., Eltholth, M. M., Pham, D. K., Duc, P. P., Linh, N. T., Rich, K. M., Mateus, A. L. P., Hoque, M. A., Ahad, A., ... Guitian, J. (2019). Identifying hotspots for antibiotic resistance emergence and selection, and elucidating pathways to human exposure: Application of a systems-thinking approach to aquaculture systems. *Science of The Total Environment*, *687*, 1344–1356.
<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.06.134>
- Cao, S. P., Zou, T., Zhang, P. Y., Han, D., Jin, J. Y., Liu, H. K., Yang, Y. X., Zhu, X. M., & Xie, S. Q. (2018). Effects of dietary fishmeal replacement with *Spirulina platensis* on the growth, feed utilization, digestion and physiological parameters in juvenile gibel carp (*Carassis auratus gibelio* var. CAS III). *Aquaculture Research*, *49*(3), 1320–1328.
<https://doi.org/10.1111/ARE.13590>
- Dan, X. M., Zhang, T. W., Li, Y. W., & Li, A. X. (2013). Immune responses and immune-related gene expression profile in orange-spotted grouper after immunization with *Cryptocaryon irritans* vaccine. *Fish & Shellfish Immunology*, *34*(3), 885–891.
<https://doi.org/10.1016/J.FSI.2012.12.011>
- Dawood, M. A. O., Koshio, S., & Esteban, M. Á. (2018). Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, *10*(4), 950–974.
<https://doi.org/10.1111/RAQ.12209>
- El-Araby, D. A., Amer, S. A., Attia, G. A., Osman, A., Fahmy, E. M., Altohamy, D. E., Alkafafy, M., Elakkad, H. A., & Tolba, S. A. (2022). Dietary *Spirulina platensis* phycocyanin improves growth, tissue histoarchitecture, and immune responses, with modulating immunoexpression of CD3 and CD20 in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, *546*. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2021.737413>

- Elsevier. (2020). *Tipos de inmunidad adaptativa, la respuesta “mutante” contra la infección*.
<https://www.elsevier.com/es-es/connect/medicina/edu-tipos-de-inmunidad-adaptativa>
- Esteban, M. A., Cordero, H., Martínez-Tomé, M., Jiménez-Monreal, A. M., Bakhrouf, A., & Mahdhi, A. (2014). Effect of dietary supplementation of probiotics and palm fruits extracts on the antioxidant enzyme gene expression in the mucosae of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Fish and Shellfish Immunology*, 39(2), 532–540.
<https://doi.org/10.1016/J.FSI.2014.06.012>
- FAO. (1984). *Informes nacionales sobre el desarrollo de la acuicultura en América Latina*. 138.
- FAO. (2009). *Oncorhynchus mykiss*.
https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/l1129m/file/es/es_rainbowtrout.htm
- FAO. (2014). *MANUAL PRÁCTICO PARA EL CULTIVO DE LA TRUCHA ARCOÍRIS*.
- FAO. (2015). *El Estado mundial de pesca y la acuicultura*. <http://www.fao.org/publications/es>
- Galafat, A., Vizcaíno, A. J., Sáez, M. I., Martínez, T. F., Arizcun, M., Chaves-Pozo, E., & Alarcón, F. J. (2022). Assessment of dietary inclusion of crude or hydrolysed *Arthrospira platensis* biomass in starter diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 548, 737680. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2021.737680>
- Gomez, D., Sunyer, J. O., & Salinas, I. (2013). The mucosal immune system of fish: The evolution of tolerating commensals while fighting pathogens. *Fish and Shellfish Immunology*, 35(6), 1729–1739. <https://doi.org/10.1016/J.FSI.2013.09.032>
- Gonzalez, S. (2012). *Plan de negocios para la ampliación y desarrollo de un criadero especializado en un cultivo y comercialización de trucha en la parroquia de Lloa, cantón Quito*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador .

- Habib, M. A. B., & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2008). *A review on culture, production, and use of Spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish*. 33.
- Hahn-Von Hessberg, C. (2011). *Parámetros hematológicos de Tilapia nilótica (Oreochromis niloticus, Linnaeus 1757) con peso entre 250 g y 350 g, en el Centro Experimental Piscícola de la Universidad de Caldas | Revista Veterinaria y Zootecnia (On Line)*.
<https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/index.php/vetzootec/article/view/4500>
- Hassaan, M. S., Mohammady, E. Y., Soaudy, M. R., Sabae, S. A., Mahmoud, A. M. A., & El-Haroun, E. R. (2021). Comparative study on the effect of dietary β -carotene and phycocyanin extracted from *Spirulina platensis* on immune-oxidative stress biomarkers, genes expression and intestinal enzymes, serum biochemical in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish and Shellfish Immunology*, 108, 63–72.
<https://doi.org/10.1016/J.FSI.2020.11.012>
- Ibrahem, M. D., Mohamed, M. F., & Ibrahim, M. A. (2013). The Role of *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*) in Growth and Immunity of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Its Resistance to Bacterial Infection. *Journal of Agricultural Science*, 5(6).
<https://doi.org/10.5539/JAS.V5N6P109>
- INIAP. (2022). *Acuicultura – IPIAP – Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca*.
<https://institutopesca.gob.ec/acuicultura/>
- Jaime, L., Mendiola, J. A., Herrero, M., Soler-Rivas, C., Santoyo, S., Señorans, F. J., Cifuentes, A., & Ibáñez, E. (2005). Separation and characterization of antioxidants from *Spirulina platensis* microalga combining pressurized liquid extraction, TLC, and HPLC-DAD.

Journal of Separation Science, 28(16), 2111–2119.

<https://doi.org/10.1002/JSSC.200500185>

Jha, A. K., Pal, A. K., Sahu, N. P., Kumar, S., & Mukherjee, S. C. (2007). Haemato-immunological responses to dietary yeast RNA, ω -3 fatty acid and β -carotene in *Catla catla* juveniles. *Fish and Shellfish Immunology*, 23(5), 917–927.

<https://doi.org/10.1016/J.FSI.2007.01.011>

Jiang, W., Miao, L., Lin, Y., Ci, L., Liu, B., & Ge, X. (2022). *Spirulina* (*Arthrospira*) *platensis* as a protein source could improve growth, feed utilisation and digestion and physiological status in juvenile blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). *Aquaculture Reports*, 22, 100932.

<https://doi.org/10.1016/J.AQREP.2021.100932>

Kampen, A. H., Tollersrud, T., Larsen, S., Roth, J. A., Frank, D. E., & Lund, A. (2004).

Repeatability of flow cytometric and classical measurement of phagocytosis and respiratory burst in bovine polymorphonuclear leukocytes. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 97(1–2), 105–114. <https://doi.org/10.1016/J.VETIMM.2003.08.018>

Karkos, P. D., Leong, S. C., Karkos, C. D., Sivaji, N., & Assimakopoulos, D. A. (2011). *Spirulina* in clinical practice: Evidence-based human applications. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2011.

<https://doi.org/10.1093/ECAM/NEN058>

Khalil, S. R., Reda, R. M., & Awad, A. (2017). Efficacy of *Spirulina platensis* diet supplements on disease resistance and immune-related gene expression in *Cyprinus carpio* L. exposed to herbicide atrazine. *Fish and Shellfish Immunology*, 67, 119–128.

<https://doi.org/10.1016/J.FSI.2017.05.065>

Khani, M., Soltani, M., & Shamasai Mehrgan, M. (2017). The effect of *Chlorella vulgaris* (Chlorophyta, Volvocales) microalga on some hematological and immune system

parameters of Koi carp (*Cyprinus carpio*). *Iranian Journal of Ichthyology*, 4(4), 305–330.

<https://doi.org/10.7508/IJI.2016>

Kumar, A., Ramamoorthy, D., Verma, D. K., Kumar, A., Kumar, N., Kanak, K. R., Marwein, B. M., & Mohan, K. (2022). Antioxidant and phytonutrient activities of *Spirulina platensis*. *Energy Nexus*, 6, 100070. <https://doi.org/10.1016/J.NEXUS.2022.100070>

la Hora. (2002). *Producción de truchas un negocio con visión japonesa – Diario La Hora*. <https://www.lahora.com.ec/noticias/produccion-de-truchas-un-negocio-con-vision-japonesa/>

Limbu, S. M., Zhou, L., Sun, S. X., Zhang, M. L., & Du, Z. Y. (2018). Chronic exposure to low environmental concentrations and legal aquaculture doses of antibiotics cause systemic adverse effects in Nile tilapia and provoke differential human health risk. *Environment International*, 115, 205–219. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2018.03.034>

Lin, H., Li, Y., & Hill, R. T. (2022). Microalgal and bacterial auxin biosynthesis: implications for algal biotechnology. *Current Opinion in Biotechnology*, 73, 300–307. <https://doi.org/10.1016/J.COPBIO.2021.09.006>

MAGAP. (2019). *Proyecto de MAGAP fortalece la producción de alevines de Trucha – Ministerio de Agricultura y Ganadería*. <https://www.agricultura.gob.ec/proyecto-de-magap-fortalece-la-produccion-de-alevines-de-trucha/>

Moncayo, D. (2020). *Medición de variables zootécnicas en el cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en estados juveniles, alimentados con dietas balanceadas con inclusión de espirulina*. Universidad Técnica Estatal De Quevedo.

- Montserrat Sanz, J., Gómez Lahoz, A. M., Paule Peral, L., & Prieto Martín, A. (2017). Componentes celulares y organización tisular del sistema inmune adaptativo. *Medicine (Spain)*, 12(24), 1379–1387. <https://doi.org/10.1016/J.MED.2016.12.007>
- Mora, V., Uyaguari, M., & Osorio, V. (2004). *Situación actual de las especies introducidas en el Ecuador con fines acuícolas*. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/5177>
- Morales, G. (2004). *Crecimiento y eficiencia alimentaria de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en jaulas bajo diferentes regímenes de alimentación* [Universidad de Buenos Aires]. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/17-crecimiento_truchas.pdf
- Nya, E. J., & Austin, B. (2009). Use of dietary ginger, *Zingiber officinale* Roscoe, as an immunostimulant to control *Aeromonas hydrophila* infections in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Fish Diseases*, 32(11), 971–977. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2761.2009.01101.X>
- Ortiz, J. (2015). *Producción Dulce Acuícola En El Ecuador I. .*
- Pez Jaeschke, D., Rocha Teixeira, I., Damasceno Ferreira Marczak, L., & Domeneghini Mercali, G. (2021). Phycocyanin from *Spirulina*: A review of extraction methods and stability. *Food Research International*, 143. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2021.110314>
- Piotrowska-Niczyporuk, A., Bajguz, A., Zambrzycka-Szelewa, E., & Bralska, M. (2018). Exogenously applied auxins and cytokinins ameliorate lead toxicity by inducing antioxidant defence system in green alga *Acutodesmus obliquus*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 132, 535–546. <https://doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2018.09.038>

- Plaza Gordo, I. (2018). *Efecto de Arthrospira Platensis sobre el comportamiento y flora intestinal de Oreochromis Niloticus*. <https://doi.org/10.20868/UPM.THESIS.53162>
- Pohlenz, C., & Gatlin, D. M. (2014). Interrelationships between fish nutrition and health. *Aquaculture*, 431, 111–117. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2014.02.008>
- Portilla, M. (2011). *Manual de buenas práctica de producción acuícola de trucha para la inocuidad alimentaria*.
- Promya, J., & Chitmanat, C. (2011). The effects of Spirulina platensis and Cladophora Algae on the Growth Performance, Meat Quality and Immunity Stimulating Capacity of the African Sharptooth Catfish (*Clarias gariepinus*). *INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURE & BIOLOGY J. Agric. Biol*, 13, 77–82. <http://www.fspublishers.org>
- Puga, P. (2015). *La producción de trucha como modelo de desarrollo sostenible de la comunidad la victoria de la parroquia Lloa*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Ragap, H. M., Khalil, R. H., Mutawie, H. H., & Mutawie, H. (2012). *Immunostimulant effects of dietary Spirulina platensis on tilapia Oreochromis niloticus*. 26–31.
- Rahim, A., Çakir, C., Ozturk, M., Şahin, B., Soulaïmani, A., Sibaoueih, M., Nasser, B., Eddoha, R., Essamadi, A., & el Amiri, B. (2021). Chemical characterization and nutritional value of Spirulina platensis cultivated in natural conditions of Chichaoua region (Morocco). *South African Journal of Botany*, 141, 235–242. <https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2021.05.006>
- Reis Dias, M. K., Oba Yoshioka, E. T., Ruiz Rodriguez, A. F., Ribeiro, R. A., Escócio Drummond Viana Faria, F. S., Almeida Ozório, R. O., & Tavares-Dias, M. (2019). Growth, physiological and immune responses of Arapaima gigas (Arapaimidae) to

Aeromonas hydrophila challenge and handling stress following feeding with immunostimulant supplemented diets. *Fish and Shellfish Immunology*, 84, 843–847.
<https://doi.org/10.1016/J.FSI.2018.10.045>

Reyes-Becerril, M., Guardiola, F., Rojas, M., Ascencio-Valle, F., & Esteban, M. Á. (2013). Dietary administration of microalgae *Navicula* sp. affects immune status and gene expression of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Fish and Shellfish Immunology*, 35(3), 883–889. <https://doi.org/10.1016/J.FSI.2013.06.026>

Rincón Rodríguez, D. D., Semprún Avendaño, A. M., Dávila Ojeda, M. J., Velásquez Gonzalez, H. A., Morales Avendaño, E. D., & Hernández Rangel, J. L. (2013). Producción de harina de *Spirulina* máxima para ser empleada como ingrediente en la elaboración de dietas para peces. *Zootecnia Tropical*, 31(3), 187–192.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692013000300001

Ríos, J., & Ubidia, W. (2014). *Evaluación de los parámetros de crecimiento y supervivencia de alevines de trucha (Oncorhynchus mykiss) con dietas enriquecidas con tres aceites esenciales; jengibre (Zingiber officinale), cúrcuma (Curcuma longa) y hierba luisa (Cymbopogon citratus)*. Universidad Politécnica Salesiana.

Rodríguez, A. (2017). *Probióticos en la producción piscícola*. - CORE.
<https://core.ac.uk/outputs/344726149>

Rodríguez, A., & Triana, F. (2006). *Evaluación del pH en el cultivo de Spirulina spp. (Arthrospira) bajo condiciones de laboratorio*. Pontificia Universidad Javeriana.

Rodríguez, Q., Vega, A., Tavizón, F. E., Félix, V., Domínguez, B., Verduzco, C., Maldonado Macías A A, M. G., Juárez, C., & México, C. (2016). *Selección de un medio de cultivo a*

nivel laboratorio para el cultivo de la cianobacteria Spirulina (Arthrospira maxima) y cuantificación de los nutraceuticos. 1(1), 532–537.

Rojas, D., Vargas, ;, Gabriel, Sáez, ;, & Alex 1. (2017). *Evaluación del crecimiento de Spirulina platensis UTEX 1926 cultivada en medios salinos, utilizando CO2 como fuente de carbono.*

Roohani, A. M., Abedian Kenari, A., Fallahi Kapoorchali, M., Borani, M. S., Zoriezahra, S. J., Smiley, A. H., Esmaeili, M., & Rombenso, A. N. (2019). Effect of spirulina *Spirulina platensis* as a complementary ingredient to reduce dietary fish meal on the growth performance, whole-body composition, fatty acid and amino acid profiles, and pigmentation of Caspian brown trout (*Salmo trutta caspius*) juveniles. *Aquaculture Nutrition*, 25(3), 633–645. <https://doi.org/10.1111/ANU.12885>

Salas, R. G., & del Río, M. M. (2021). *Uso intensivo de antibióticos profilácticos en la acuicultura: un problema creciente para la salud humana y animal* [Universidad Sociedad]. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2304>

Shalata, H. A., Bahattab, O., Zayed, M. M., Farrag, F., Salah, A. S., Al-Awthan, Y. S., Ebied, N. A., & Mohamed, R. A. (2021). Synergistic effects of dietary sodium butyrate and *Spirulina platensis* on growth performance, carcass composition, blood health, and intestinal histomorphology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Reports*, 19. <https://doi.org/10.1016/J.AQREP.2021.100637>

Sheikhzadeh, N., Mousavi, S., Hamidian, G., Firouzamandi, M., Khani Oushani, A., & Mardani, K. (2019). Role of dietary *Spirulina platensis* in improving mucosal immune responses and disease resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 510, 1–8. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2019.05.009>

- Singh, J., Jain, D., Agarwal, P., & Singh, R. P. (2020). Auxin and cytokinin synergism augmenting biomass and lipid production in microalgae *Desmodesmus* sp. JS07. *Process Biochemistry*, 95, 223–234. <https://doi.org/10.1016/J.PROCBIO.2020.02.012>
- Sirakov, I., Velichkova, K., & Nikolov, G. (2012). *The effect of algae meal (Spirulina) on the growth performance and carcass parameters of rainbow trout* *The effect of algae meal (Spirulina) on the growth performance and carcass parameters of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss)*. 151–156.
- Tayag, C. M., Lin, Y. C., Li, C. C., Liou, C. H., & Chen, J. C. (2010). Administration of the hot-water extract of *Spirulina platensis* enhanced the immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its resistance against *Vibrio alginolyticus*. *Fish and Shellfish Immunology*, 28(5–6), 764–773. <https://doi.org/10.1016/J.FSI.2010.01.023>
- Teimouri, M., Amirkolaie, A. K., & Yeganeh, S. (2013). The effects of spirulina platensis meal as a feed supplement on growth performance and pigmentation of rainbow trout (*oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 396–399, 14–19. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2013.02.009>
- Tocaón Bolaños, D. (2019). *Reversión sexual en la trucha arcoíris (Oncorhynchus Mykiss) mediante la aplicación de la hormona masculinizante 17 a-metilttestosterona en alevines ginogenéticos*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9875>
- Troya Sánchez, G. (2021). *La cadena productiva del cultivo de trucha arcoíris y su consumo interno, en el*.
- Twibell, R., Johnson, R., Hyde, N., & Gannam, A. (2020). Evaluation of Spirulina and plant oil in diets for juvenile steelhead (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 528. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2020.735598>

- Vasquez Gallegos, P. (2014). *Maduración sexual de la trucha de San Pedro Mártir...* - Google Académico [Centro Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada].
https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Maduraci%C3%B3n+sexual+de+la+trucha+de+San+Pedro+M%C3%A1rtir+Oncorhynchus+mykiss+nelsoni+evaluada+mediante+un+m%C3%A9todo+no+invasivo.+&btnG=#d=gs_cit&t=1660066045286&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AgWAHOI2QZ2sJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D0%26hl%3Des
- Vijay, A. K., Salim, S. A. M., Prabha, S., & George, B. (2021). Exogenous carbon source and phytohormone supplementation enhanced growth rate and metabolite production in freshwater microalgae *Scenedesmus obtusus* Meyen. *Bioresource Technology Reports*, 14. <https://doi.org/10.1016/J.BITEB.2021.100669>
- Wu, P., Liu, X. W., Feng, L., Jiang, W. D., Kuang, S. Y., Tang, L., Shi, H. Q., Zhou, X. Q., & Liu, Y. (2020). (2-Carboxyethyl) dimethylsulfonium bromide supplementation in non-fish meal diets for on-growing grass carp (*Ctenopharyngodon idella*): Beneficial effects on immune function of the immune organs via modulation of NF- κ B and TOR signalling pathway. *Fish and Shellfish Immunology*, 107, 309–323.
<https://doi.org/10.1016/J.FSI.2020.08.032>
- Xia, Y., Liu, C., Fei, S., Liu, H., Han, D., Jin, J., Yang, Y., Zhu, X., & Xie, S. (2021). *Arthrospira platensis* additive enhances the growth performance and antioxidant response in hybrid yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*♀ × *Pelteobagrus vachelli*♂). *Aquaculture Reports*, 20. <https://doi.org/10.1016/J.AQREP.2021.100721>
- Yeganeh, S., Teimouri, M., & Amirkolaie, A. K. (2015). Dietary effects of *Spirulina platensis* on hematological and serum biochemical parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus*

mykiss). *Research in Veterinary Science*, 101.

<https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2015.06.002>

Yu, W., Wen, G., Lin, H., Yang, Y., Huang, X., Zhou, C., Zhang, Z., Duan, Y., Huang, Z., & Li, T. (2018). Effects of dietary *Spirulina platensis* on growth performance, hematological and serum biochemical parameters, hepatic antioxidant status, immune responses and disease resistance of Coral trout *Plectropomus leopardus* (Lacepede, 1802). *Fish and Shellfish Immunology*, 74, 649–655. <https://doi.org/10.1016/J.FSI.2018.01.024>

Yu, X., Chen, L., & Zhang, W. (2015). Chemicals to enhance microalgal growth and accumulation of high-value bioproducts. *Frontiers in Microbiology*, 6(FEB), 56. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2015.00056/BIBTEX>

Enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/18wRRnnfA_Mh-c6dSod5g6zla0MIKxcho?usp=sharing