EVALUACIÓN DEL EFECTO DE INMUNOESTIMULANTES EN ALEVINOS DE TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN JAULAS FLOTANTES

BAIRON ANDRÉS LÓPEZ LÓPEZ
LEIDY TATIANA PORTILLO DELGADO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
PASTO, COLOMBIA
2022

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE INMUNOESTIMULANTES EN ALEVINOS DE TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN JAULAS FLOTANTES

BAIRON ANDRÉS LÓPEZ LÓPEZ
LEIDY TATIANA PORTILLO DELGADO

Informe final de Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Producción Acuícola

Director
WILMER RENÉ SANGUINO ORTIZ
Ing. En Producción Acuícola., M.Sc. Ingeniería de Producción

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
PASTO, COLOMBIA
2022

“Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo de grado, son responsabilidad exclusiva de sus autores”.

Artículo 1° del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado por el Honorable Consejo Superior Directivo de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

_____
WILMER RENÉ SANGUINO ORTIZ
Ing. En Producción Acuícola
M.Sc. Ingeniería de Producción
Director

_____
LUIS EVERT ENRÍQUEZ BENAVIDES
Ing. En Producción Acuícola
M.Sc. Acuicultura
Jurado delegado

_____
AYDA PAULINA DÁVILA SOLARTE
Zootecnista
M.Sc. Ciencias de la Producción y la Salud Animal
Jurado

San Juan de Pasto, enero 2022

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

WILMER RENÉ SANGUINO ORTIZ	Ingeniero en Producción Acuícola, M.Sc Ingeniería de Producción. Profesor del Departamento de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad de Nariño.
JULLBRINNER SALAS BENAVIDES	Biólogo, M.Sc., Candidato a Doctorado. Director del Departamento de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad de Nariño.
AYDA PAULINA DÁVILA SOLARTE	Zootecnista, M.Sc en Ciencias de la Producción y Salud Animal. Profesora de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño.
LUIS EVERT ENRÍQUEZ BENAVIDES	Ingeniero en Producción Acuícola, M.Sc en Acuicultura. Profesor del Departamento de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad de Nariño.
PIEDAD MEJÍA SANTACRUZ	Secretaria del Departamento de Recursos Hidrobiológicos.
LUIS ALFONSO SOLARTE PORTILLA	Zootecnista, Esp. Secretario Académico Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño.

Al programa de Ingeniería en Producción Acuícola y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron con el desarrollo de esta investigación.

DEDICADO A:

A Dios por darme la oportunidad de existir.

Con todo mi corazón a mis padres Sergio Florencio López y Martha Celina López, por darme la vida, ser los pilares de mi existencia y por el esfuerzo que pusieron todos los días para poder hacer realidad este sueño.

En la eternidad a mi hermano Juan Carlos López, por haberme dado ejemplo de trabajo, responsabilidad, honestidad y enseñarme una profesión, aquella en la que hoy estamos triunfando.

A mis hermanos, sobrinos y cuñados por brindarme el apoyo emocional a lo largo de mi vida.

A la familia Portillo Delgado, por brindarme la oportunidad de compartir conocimiento, amistad y sabiduría.

Al profesor Wilmer René Sanguino por brindarnos su conocimiento.

“La inteligencia sin ambición es un pájaro sin alas”
Salvador Dalí

Bairon

DEDICADO A:

Dedico con todo mi corazón a mi padre Dios por ser la guía, dirección, protección durante este proceso y quien me ha dado todo para cumplir mis metas. A mis padres Gregorio Portillo y Doris Delgado por ser el molde, modelo y ejemplo en mi vida, infinitas gracias por su amor, apoyo constante y enseñarme las bases de la responsabilidad y superación, soy muy afortunada de que sean partícipes de cada etapa de mi crecimiento personal como profesional. A mi hermano Julián Portillo por su amor, cariño y estar siempre al pendiente de mí.

A mi familia por su apoyo incondicional y por cada una de las palabras de aliento y motivación.

A mi director de tesis, el profesor Wilmer Sanguino por ser un gran ejemplo, enseñarme, guiarme y permitirme ser parte de su equipo de trabajo, gracias por hacer realidad esta anhelada meta.

A mi compañero Bairon López quien me abrió las puertas de su casa y permitirme trabajar junto a él en este lindo proceso de culminación profesional.

A mis profesores, directivos, administrativos y personal en general del programa de Ingeniería en Producción Acuícola por enseñarme y trasmitirme sus conocimientos y ser la pieza fundamental en mi proceso académico.

“El esfuerzo es la magia que trasforma los éxitos en realidad”
Cholo Simeone

Muchas gracias de todo corazón.

Tatiana

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de dos inmunoestimulantes a base de silimarina (*Silybum marianum*) y aminoácidos esenciales más complejo multivitamínico en alevinos de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes, por un periodo de 35 días en las instalaciones de la estación "PISCÍCOLA LÓPEZ", vereda Mojondinoy, corregimiento del Encano, Nariño. Para la evaluación se contó con 6000 alevinos de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) con un peso promedio de 9 ± 0,93 g y una talla de 8.67 ± 0,43 cm, estos fueron distribuidos en doce unidades experimentales, cada una con 500 peces. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar conformado por tres tratamientos cada uno con cuatro réplicas ordenados de la siguiente manera: T0: Alimento comercial sin inmunoestimulante, T1: Alimento comercial + Inmunoestimulante comercial a base de silimarina (*Silybum marianum*), T2: Alimento comercial + Inmunoestimulante comercial a base de aminoácidos esenciales + complejo multivitamínico, el cálculo del alimento se determinó mediante la tabla de EWOS y la dosificación de inmunoestimulante acorde a lo recomendado por el fabricante, además, con el fin de establecer el Incremento de peso y para efectuar ajustes a la ración, se llevaron a cabo muestreos semanales.

De acuerdo con el análisis estadístico, se estableció que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para las variables productivas evaluadas ($p>0,05$), en cuanto a la relación Beneficio/Costo, a pesar de observarse ligeras diferencias numéricas entre los tratamientos evaluados, estas no se consideran como un efecto de las variables independientes.

Palabras Clave: Inmunoestimulantes, trucha arcoíris, alevinaje, jaulas flotantes.

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the effect of two immunostimulants based on silymarin (*Silybum marianum*) and essential amino acids plus multivitamin complex in fingerlings of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in floating cages, for a period of 35 days in the facilities of the "PISCÍCOLA LÓPEZ" station. Mojondinoy village, corregimiento of Encano, Nariño. For the evaluation, 6000 rainbow trout fingerlings (*Oncorhynchus mykiss*) with an average weight of 9 ± 0.93 g and a size of 8.67 ± 0.43 cm were used, these were distributed in twelve experimental units, each with 500 fish. A completely randomized experimental design consisting of three treatments each with four replications ordered as follows was used: T0: Commercial food without immunostimulant, T1: Commercial food + Commercial immunostimulant based on silymarin (*Silybum marianum*), T2: Commercial food + Commercial immunostimulant based on essential amino acids + multivitamin complex, the calculation of the food was determined using the EWOS table and the dosage of the immunostimulant according to what is recommended by the manufacturer, in addition, in order to establish the weight gain and to carry out adjustments to the ration, weekly samplings were carried out.

According to the statistical analysis, it was established that there are no significant differences between the treatments for the productive variables evaluated ($p>0,05$), in terms of the Benefit/Cost relationship, despite observing slight numerical differences between the evaluated treatments, these are not considered as an effect of the independent variables.

Key Words: Immunostimulants, rainbow trout, fingerling, floating cages.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....17
2. OBJETIVOS.....19
2.1. OBJETIVO GENERAL.....19
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....19
3. MARCO REFERENCIAL.....20
3.1. GENERALIDADES DE LA ESPECIE.....20
3.1.1. Clasificación taxonómica.....20
3.1.2. Anatomía y morfología.....20
3.1.3. Distribución y hábitat.....21
3.1.4. Requerimientos nutricionales de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)22
3.1.4.1. Proteínas (aminoácidos).....23
3.1.4.2. Carbohidratos.....23
3.1.4.3. Lípidos.....24
3.1.4.4. Vitaminas.....24
3.1.4.5. Minerales.....25
3.1.5. Alimentación.....26
3.1.6. Calidad del agua para cultivo de truchas.....26
3.2. SISTEMA DE CULTIVO.....27
3.2.1. Jaulas flotantes.....27
3.3. INMUNOESTIMULANTES.....28
3.3.1. Definición y usos.....28
3.3.2. Productos con principios activos de origen vegetal.....30
3.3.2.1. Aqua-Liverprot.....31
3.3.3.1. Modergan-Aqua.....33
3.4. IMPORTANCIA DE LOS INMUNOESTIMULANTES EN ACUICULTURA **.....**40
4. DISEÑO METODOLÓGICO.....42
4.1. LOCALIZACIÓN.....42
4.2. PERIODO DE ESTUDIO.....42
4.3. INSTALACIONES, MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS.....42
4.3.1. Instalaciones.....42
4.3.2. Materiales.....43
4.3.3. Equipos.....44
4.3.4. Insumos**.**.....44
4.4. MATERIAL BIOLÓGICO.....44
4.5. PLAN DE MANEJO.....44
4.5.1. Adecuación de Instalaciones y elaboración de unidades experimentales.....44
4.5.2. Selección y siembra de los organismos en las unidades experimentales.....46
4.5.2.1. Recepción de alevinos.....46
4.5.2.2. Periodo de aclimatación.....46
4.5.2.3. Tallaje, pesaje, selección y siembra.....46
4.5.3. Preparación de alimento.....47

4.5.3.1. Inclusión de inmunoestimulantes a base de silimarina (*Silybum marianum*) y aminoácidos esenciales (Lisina HCL, DL- Metionina, Valina, Arginina, Leucina, Treonina, Triptófano, Betaina) más complejo multivitamínico (Cobre, Zinc, Vitamina E, Vitamina B12, Excipientes c.s.p) al alimento comercial.....47
4.5.4. Alimentación.....47
4.5.5. Monitoreo de la calidad del agua.....47
4.5.6. Muestreos.....48
4.5.7. Control sanitario. 48
4.5.8. Mantenimiento de unidades experimentales. 48
4.5.9. Tratamientos profilácticos.....48
4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO 48
4.6.1. Formulación de hipótesis.....49
4.6.2. Análisis estadístico. 49
5. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 54
5.1. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA 54
5.1.1. Temperatura.....54
5.1.2. Oxígeno disuelto 55
5.1.3. Conductividad.....56
5.1.4. Sólidos disueltos totales 56
5.1.5. Alcalinidad 57
5.1.6. Dureza.....58
5.1.7. Relación de pH y compuestos nitrogenados (Amonio, Amoniaco, Nitritos y Nitratos) 59
5.1.8. pH**.**.....60
5.1.9. Amonio**.** 60
5.1.10. Amoniaco 60
5.1.11. Nitritos 61
5.1.12. Nitratos.....61
5.2. EVALUACIÓN DE VARIABLES.....61
5.2.1. Peso final.....61
5.2.2. Talla final.. 63
5.2.3. Incremento de peso.....64
5.2.4. Incremento de talla. 65
5.2.5. Factor de conversión alimenticia.. 66
5.2.6. Carga final. 68
5.2.7. Tasa de crecimiento térmico 69
5.2.8. Supervivencia. 70
5.3. RELACIÓN BENEFICIO COSTO (RBC) 71
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 74
6.1. CONCLUSIONES.....74
6.2. RECOMENDACIONES 74
7. BIBLIOGRAFÍA.....75
8. ANEXOS 88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos nutritivos de la trucha arcoíris. 22
Tabla 2. Necesidades de aminoácidos para truchas en la dieta. 23
Tabla 3. Cantidades de vitaminas hidrosolubles. 25
Tabla 4. Cantidades de vitaminas liposolubles. 25
Tabla 5. Requerimiento de nutrientes por estadio de crecimiento de la trucha**.** 26
Tabla 6. Parámetros de calidad del agua para trucha arcoíris (*O. mykiss*). 27
Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos iniciales. 46
Tabla 8. Peso y talla de trucha arcoíris. 47
Tabla 9. Resumen estadístico peso final (g)**.** 62
Tabla 10. Resumen estadístico talla final (cm). 63
Tabla 11. Resumen estadístico incremento de peso (g)**.** 64
Tabla 12. Resumen estadístico incremento de talla (cm). 66
Tabla 13. Resumen estadístico factor de conversión alimenticia. 67
Tabla 14. Resumen estadístico carga final (kg/m^3). 68
Tabla 15. Resumen estadístico tasa de crecimiento térmico**.** 69
Tabla 16. Análisis parcial de costos. 72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estación Piscícola López, Vereda Mojondinoy, Corregimiento del Encano.....42
Figura 2. Estructura de las unidades experimentales. 45
Figura 3. Unión de malla a la estructura PVC**.** 45
Figura 4. Instalación de unidades experimentales. 46
Figura 5. Comportamiento diario de temperatura.....54
Figura 6. Comportamiento diario de oxígeno. 55
Figura 7. Comportamiento diario de conductividad. 56
Figura 8. Comportamiento diario de sólidos disueltos totales. 57
Figura 9. Comportamiento semanal de alcalinidad. 58
Figura 10. Comportamiento semanal de dureza**.** 58
Figura 11. Comportamiento diario de pH y Comportamiento semanal de compuestos nitrogenados (Amonio, Amoniaco, Nitritos y Nitratos)**.** 59
Figura 12. Comportamiento del peso en los días 1, 7, 14, 21, 28 y 35. 62
Figura 13. Comportamiento de la talla en los días 1, 7, 14, 21, 28 y 35. 63
Figura 14. Incremento de peso por tratamiento 65
Figura 15. Incremento de talla por tratamiento.....66
Figura 16. Factor de conversión alimenticia.....67
Figura 17. Carga final 68
Figura 18. Tasa de crecimiento térmico por tratamiento**.** 70
Figura 19. Supervivencia**.** 71
Figura 20. Relación Beneficio-Costo.....73

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Datos de peso y talla inicial. 88
Anexo B. Ración alimento diario (Kg)/muestreo/tratamiento/réplica. 90
Anexo C. Temperatura durante el periodo de estudio**.**.....91
Anexo D. Oxígeno disuelto durante el periodo de estudio. 92
Anexo E. Conductividad durante el periodo de estudio.....93
Anexo F. Sólidos disueltos totales durante el periodo de estudio**.** 95
Anexo G. pH durante el periodo de estudio. 97
Anexo H. Parámetros semanales.....98
Anexo I. Análisis de Varianza (ANOVA) para peso final. 99
Anexo J. Prueba de Tukey peso final. 100
Anexo K. Análisis de Varianza (ANOVA) para talla final.....101
Anexo L. Prueba de Tukey talla final. 102
Anexo M. Análisis de Varianza (ANOVA) para incremento de peso**.** 103
Anexo N. Prueba de Tukey incremento de peso.....104
Anexo O. Diferencia de medias.....105
Anexo P. Análisis de Varianza (ANOVA) para incremento de talla**.** 106
Anexo Q. Prueba de Tukey incremento de talla.....107
Anexo R. Análisis de Varianza (ANOVA) para factor de conversión alimenticia**.** 108
Anexo S. Prueba de Tukey factor de conversión alimenticia**.** 109
Anexo T. Prueba de *Kruskal Wallis* factor de conversión alimenticia**.**.....110
Anexo U. Análisis de Varianza (ANOVA) para carga final**.** 111
Anexo V. Análisis de Varianza (ANOVA) para tasa de crecimiento térmico. 112
Anexo W. Prueba de Tukey tasa de crecimiento térmico.....113
Anexo X. Tasa de crecimiento térmico.....114
Anexo Y. Prueba de Chi - cuadrado supervivencia.....116
Anexo Z. Conteos observados y esperados. 117

GLOSARIO

ALEVINO: estado larval de peces desde la eclosión hasta el final de la dependencia del vitelo como fuente de nutrición.

ACUICULTURA: conjunto de técnicas, procedimientos, conocimientos y actividades orientadas a la producción, el crecimiento o desarrollo y comercialización de organismos acuáticos, animales o vegetales, de aguas dulces, salobres o saladas.

BACTERIA: son organismos unicelulares microscópicos que carecen de núcleo, pueden tener forma de coco, bacilo entre otras.

ENFERMEDAD: es un proceso consecuente de afección de un ser vivo, caracterizado por una alteración de su estado de salud. El estado o proceso de enfermedad puede ser provocado por diversos factores, tanto intrínsecos como extrínsecos; según la OMS.

ETIOLOGÍA: el estudio o descripción de la causa de enfermedad, incluyendo los factores que aumentan la transmisión y la infectividad de un agente etiológico.

INMUNIDAD: estado de resistencia natural o adquirida, que poseen ciertos individuos frente a determinados agentes patógenos.

INMUNOESTIMULANTES: sustancias que tienen la capacidad de activar células sanguíneas posibilitando al organismo tener mayor resistencia a las infecciones virales, bacterianas, hongos y parásitos.

INMUNOLÓGICO: estado de resistencia a enfermedades, no susceptibilidad a los efectos invasivos o patogénicos de microorganismos o parásitos o al efecto tóxico de sustancia antigénica producido por los mismos.

JAULAS FLOTANTES: son estructuras que pueden tener gran variedad de formas, utilizando materiales como mallas sintéticas, nylon, alambre, madera, bambú y redes; las cuales permiten mantener o cultivar gran diversidad de organismos acuáticos.

PARÁMETRO FÍSICO-QUÍMICO: información extensa de la naturaleza química del agua y sus propiedades físicas.

PARÁSITO: organismo dependiente de otro, que no genera ningún beneficio en el hospedero, pero si un efecto nocivo por su permanencia en este.

PATÓGENO: un microorganismo infeccioso capaz de causar enfermedad.

PREVENCIÓN: son estrategias que se ejecutan con el fin de minimizar riesgos frente a alguna exposición a agentes patógenos.

PROFILAXIS: control de la manifestación de enfermedades mediante procedimientos preventivos.

TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*): es un pez que pertenece al grupo de los salmónidos originarios de los ríos y lagos de Norte América, y ha sido introducida en el mundo entero debido a su uso en la pesca deportiva y a su sustanciosa carne. El nombre de este pez se deriva de la particular coloración que posee.

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura se ha convertido en una de las actividades productivas con una mayor expansión y capacidad de desarrollo. Según la FAO[1], las últimas estadísticas recopiladas a nivel mundial, la producción de pescado alcanzó 179 millones de toneladas en 2018 de los cuales 82 millones de toneladas, procedieron de la producción acuícola. Así mismo la FAO, *et al*[2], mencionan que el éxito y crecimiento acelerado juega un papel importante en la seguridad alimentaria, diversificación de oportunidades económicas de países en desarrollo; generación de empleos, reducción de la migración y contribuye a mejorar la calidad de vida principalmente en comunidades rurales.

En Colombia la acuicultura ha logrado en los últimos años un crecimiento significativo, Roca, *et al*[3] informan que la producción del país está sustentada en pocas especies, principalmente en aquellas que fueron introducidas al territorio nacional, como es el caso de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). De la evidencia anterior, el Ministerio de Agricultura[4], resalta que el cultivo de trucha arcoíris es un ejemplo del crecimiento y desarrollo en Colombia, debido a que en los años 2011 a 2020 la producción acuícola aumentó 216% pasando de 82.622 a 179.351 toneladas entre tilapia, trucha, cachama, camarón y otras especies nativas, mediante el cual, la trucha arcoíris representó con el 16% de la producción acuícola nacional en el año 2020. Por lo tanto, Valcárcel[5], afirma que la acuicultura colombiana se muestra como una actividad económica promisoria y altamente contribuyente hacia el futuro de la producción total nacional y de la seguridad alimentaria.

No obstante, García, *et al*[6], notifican que este crecimiento acelerado implica que en las producciones los animales se vean expuestos a condiciones estresantes, lo que conlleva a generar problemas relacionados con enfermedades, al deterioro ambiental y como resultado serias pérdidas económicas. Sin embargo, como dice

[1] FAO. 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma. https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9229es.

[2] FAO, *et al*. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019. Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía. Roma, 2019. 15-16 p. ISBN 978-92-5-131600-9.

[3] ROCA, B; MENDOZA., R y MANJARRÉS, M. Análisis de la producción de la acuicultura durante el año 2019 en el área de cobertura de la encuesta estructural desarrollada durante el año 2020. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP). Bogotá. 11 p.

[4] Ministerio de Agricultura. Acuicultura en Colombia cadena de la Acuicultura. Dirección de Cadenas Pecuarias, Pesqueras y Acuícolas [diapositivas]. Diciembre, 2020. 33 diapositivas, material online.

[5] VALCÁRCEl, Héctor. Diseño de un plan de negocios para la creación de una empresa productora y comercializadora de pescado en el Municipio de Puerto Rondón, Arauca. Trabajo de grado. Bucaramanga: Universidad Cooperativa de Colombia, 2019, 26 p.

[6] GARCÍA, Ricardo; GUTIÉRREZ, Luz y DAVID, Carlos. ¿El uso de los probióticos en la industria acuícola?. En: Revista Alimentos Hoy. Diciembre, 2015. vol. 23, no. 36, p. 167.

García, *et al*[7], la prevención y control de enfermedades han tenido un incremento sustancial del uso de medicina veterinaria. Ante ello, la utilización de antibióticos ha sido cuestionada, debido a la resistencia generada por los diferentes patógenos a los diferentes tratamientos. Estos cuestionamientos han propiciado la búsqueda de nuevas estrategias para el control de patógenos.

Por tal motivo, Ruiz, *et al*[8] mencionan que algunas sustancias como los inmunoestimulantes responden a esta necesidad, debido al potencial para ser utilizados como método profiláctico contra enfermedades en el cultivo de peces, ya que su utilización ofrece múltiples beneficios, como reducir la mortalidad y aumentar la resistencia en los peces. De tal forma, "emerge la demanda de productos orgánicos, productos verdes, y en general productos ambientalmente amigables y favorables para la salud humana, que no solo mitiguen la mortalidad, sino que mejoren la sostenibilidad y la calidad de los productos en los sistemas acuícolas"[9].

Teniendo en cuenta las necesidades mencionadas, se formuló el siguiente experimento con el objetivo de evaluar el efecto de dos inmunoestimulantes a base de silimarina (*Silybum marianum*) y aminoácidos esenciales más complejo multivitamínico sobre las variables respuesta en alevinos de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss),* cultivados en jaulas flotantes.

[7] Ibíd., p. 166.
[8] RUIZ, Luis, *et al*. El uso de hongos macroscópicos como inmunoestimulantes en peces teleósteos: estado del arte al 2018. En: Hidrobiológica 2018. Junio, 2018. vol. 28, no. 2, p. 210-211.
[9] VÁSQUEZ, Mónica; RONDÓN, Lang., ESLAVA, Pedro. Inmunoestimulantes en teleósteos: Probióticos, b-glucanos y LPS. En: ORINOQUIA. Marzo, 2012, vol. 10 no. 1,. p. 47-48.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de dos inmunoestimulantes a base de silimarina (*Silybum marianum*) y aminoácidos esenciales más complejo multivitamínico en alevinos de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss)* en jaulas flotantes.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el efecto de la inclusión de los inmunoestimulantes sobre las variables respuesta peso y talla final en cada tratamiento en la fase de alevinaje de trucha arcoíris.

- Evaluar el efecto de la inclusión de los inmunoestimulantes sobre las variables respuesta incremento de peso, incremento de talla, factor de conversión alimenticia, carga final, supervivencia y tasa de crecimiento térmico en cada tratamiento en el proceso productivo.

- Realizar un análisis parcial de costos para cada uno de los tratamientos de esta investigación.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1. GENERALIDADES DE LA ESPECIE

El nombre científico de la trucha arcoíris es *Oncorhynchus mykiss*. "Es un pez que pertenece al grupo de los salmónidos originarios de los ríos y lagos de Norte América"[10]. "El nombre de este pez deriva de la peculiar coloración que posee, esta varía en función del medio, de la talla, del sexo, del tipo de alimentación y del grado de maduración sexual"[11].

3.1.1. Clasificación taxonómica. "La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) pertenece a"[12]:

REYNO:	Animalia
PHYLLUM:	Chordata
SUB PHYLLUN:	Vertebrata
GRUPO:	Gnatosthomata
SUPER CLASE:	Pisces
CLASE:	Osteichthyes
SUB CLASE:	Actinopterygii
SUPER ORDEN:	Clupeomorpha
ORDEN:	Salmoniformes
SUB ORDEN:	Salmonoidei
FAMILIA:	Salmonidae
GÉNERO:	Oncorhynchus
ESPECIE:	*Oncorhynchus mykiss*
NOMBRE COMÚN:	Trucha arcoíris

3.1.2. Anatomía y morfología. De acuerdo con Gómez[13], la trucha arcoíris es una especie que se caracteriza por tener el cuerpo cubierto por finas escamas y de forma fusiforme, ligeramente aplanada lateralmente, posee una banda lateral rosada iridiscente, que se hace más vistosa en la época de reproducción. "Posee una cabeza robusta y más bien tosca, que ocupa aproximadamente la quinta parte de

[10] Sistemas Acuícolas. Trucha arcoíris: Pez altamente productivo. [sitio web].; [Consultado: 18 de mayo de 2021]. Disponible en: https://sistemasacuicolas.com/trucha-arcoiris/.

[11] RODRÍGUEZ, Adriana del Rosario. Efecto de los carotenos y los probióticos sobre los parámetros de desempeño, hematológicos, bioquímicos, color del filete, carotenoides totales y estrés térmico en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Tesis de Maestría. Jesús María, Aguascalientes México: Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2016. 18 p.

[12] FAO. 2019. Programa de información de especies acuáticas *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). Consultado febrero 2021. Disponible en: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/es.

[13] GÓMEZ, Yohe. Crecimiento de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la etapa de engorde alimentadas *ad libitum* y convencionalmente, en Chucasuyo-Juli. Trabajo de grado Licenciado en Biología. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Biológicas. Escuela Profesional de Biología, 2017. 5p.

su cuerpo, la boca es ancha y dentada, la cola homocerca, con el borde posterior recto, las escamas son pequeñas y visibles y en la línea lateral están en número de 110 a 125”[14].

> La coloración varía a menudo según el ambiente, dorso verde oscuro en los torrentes de montaña, que se vuelve casi gris hacia la boca, en los ríos se torna gris pálido con reflejos amarillentos, incluso puede ser pardo violáceo sobre el dorso y argénteo en el vientre. El cuerpo de este pez está punteado de pequeñas manchas rojas y negras, rodeadas de un halo que puede ser amarillo o blanquecino, en algunos ejemplares estas aureolas son azuladas o rosadas, a veces incluso desaparecen en los ejemplares más viejos. Las aletas de las truchas carecen de espinas, y todas las especies tienen una pequeña aleta adiposa en el lomo, cerca de la cola[15].

3.1.3. Distribución y hábitat. El Instituto Nacional de Pesca[16], anuncia que es nativa de la costa este del Océano Pacífico, desde Alaska hasta el norte de México. Actualmente, la trucha arcoíris es ampliamente distribuida en todos los lugares del mundo en donde las aguas frías y cristalinas permiten su aclimatación, tanto en el hemisferio norte como en el hemisferio sur.

Como dice Batallas[17], la trucha arcoíris en su ambiente natural, es un pez que habita espacios acuáticos con aguas puras y cristalinas, con cauces que presentan marcados desniveles topográficos que originan rápidos, saltos y cascadas. Una de las características más comunes de estos peces es que se localizan en los ríos que fluyen desde montañas altas, poseen una rapidez elevada, alcanzan altas velocidades debido a que su comportamiento en la búsqueda continua de la corriente y la superficie generalmente es pedregoso, que son los ambientes que reúnen las mejores condiciones para las truchas.

“Las truchas son peces nativos de regiones elevadas y montañosas donde existen aguas frías y claras, siendo en general la Sierra Norte una región apropiada para el cultivo de este pez, puesto que cuenta con aguas cristalinas y bien oxigenadas, es decir, su hábitat, en general, son las aguas frías pudiendo ser de ríos o lagos”[18].

---

[14] Crianza de Trucha arcoíris, Anatomía y Morfología [sitio web], [Consultado: 12 de febrero de 2021]. Disponible en: https://sites.google.com/site/crianzadetruchaarcoíris/.
[15] Ibíd., p. 1.
[16] Instituto Nacional de Pesca. Acuicultura-Trucha arcoíris. 2018. [sitio web]. Gobierno de México. [Consultado: 12 de febrero de 2021]. Disponible en: https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuacultura-trucha-arcoíris.
[17] BATALLAS, Marlon. Evaluar la suplementación con polen en alevines de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) medidos a través del peso y talla. Trabajo de grado Médico Veterinario Zootecnista. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2018. 12-13 p.
[18] Ibíd., p. 12-13.

3.1.4. Requerimientos nutricionales de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Según Quishpe[19], la especie *Oncorhynchus mykiss* es muy eficiente para usar proteína de la dieta y lípidos para su energía, pero asimila pobremente los carbohidratos. Los niveles altos de carbohidratos digeribles en el alimento incrementan los depósitos de glucógeno en el hígado, reduce el apetito y su crecimiento, se recomienda que no tenga más del 12% en la dieta. Un 5% o más de aceite de peces marinos en la dieta usualmente proveen suficientes cantidades de ácidos grasos n-3; requieren de quince vitaminas en su dieta para asegurar un buen crecimiento y óptima salud. Los salmónidos necesitan en su dieta varios minerales, los cuales son utilizados para propósito estructural, osmorregulación, y como cofactores en las reacciones metabólicas, entre los minerales se incluyen: Fósforo, manganeso, zinc, cobre, entre otros, ver (Tabla 1).

Tabla 1. Requerimientos nutritivos de la trucha arcoíris.

Nutrientes	Composición en alimentos
Proteínas (%)	40 - 45
Carbohidratos (%)	9-12
Lípidos (%)	8-10
Minerales (%)	2
Fósforo (%)	0,45-0,8
Magnesio (%)	0,05-0,07
Zinc (ppm)	15-30
Manganeso (ppm)	2,4-13
Cobre (ppm)	3-5
Cobalto (ppm)	0.1
Selenio (ppm)	0,25
Vitamina A (U.I. kg^{-1})	2500-3500
Vitamina D (U.I. kg^{-1})	2400-3000
Vitamina E (U.I. kg^{-1})	30-100
Vitamina K (mg kg^{-1})	10-15
Vitamina C (mg kg^{-1})	100-300
Tiamina (mg kg^{-1})	10
Riboflavina (mg kg^{-1})	20
Piridoxina (mg kg^{-1})	10
Biotina (mg kg^{-1})	0,1-0,4
Ácido nicotínico (mg kg^{-1})	150
Ácido pantoténico (mg kg^{-1})	40-60
Ácido fólico (mg kg^{-1})	5
Colina (mg kg^{-1})	3000
Cianocobalamina (vitamina B12) (mg kg^{-1})	0,01-0,02

Fuente: NRC (1993) y NRC (2011).

[19] QUISHPE, Jenny, *et al*. Alimentos alternativos a formular para Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) según sus necesidades nutritivas y procesos eficientes de residuos de mataderos, En: Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal. 2020, vol. 4 no, 3., p. 6.

3.1.4.1. Proteínas (aminoácidos). Como dice Villa[20] las cantidades mínimas de ciertos aminoácidos para las truchas se detallan en la (Tabla 2).

Tabla 2. Necesidades de aminoácidos para truchas en la dieta.

Aminoácidos	% en la dieta
Arginina	2,5
Histidina	0,7
Lisina	2,1
Metionina	0,5
Cisteína	1
Triptófano	0,2
Treonina	0,8
Valina	1,5
Leucina	1
Isoleucina	1,5

Fuente: (Villa, 2014).

Como se observa en la (Tabla 2), los aminoácidos que existen en mínimas cantidades en las truchas, se pueden argumentar entre las cantidades superiores, como la arginina la cual ayuda a la estimulación del crecimiento, la lisina que fortalece su sistema inmune, la valina que beneficia a sus tejidos y la isoleucina que ayuda a sintetizar las proteínas ingeridas.

3.1.4.2. Carbohidratos. Según Sastre[21], los salmónidos pueden utilizar cantidades pequeñas de carbohidratos digestibles, pero no se debe suministrar más de un 9% de estos ni la ingesta diaria debe superar los 4,5 g por kilogramo de peso vivo. Si se suministran grandes cantidades de carbohidratos durante mucho tiempo se puede provocar masivas pérdidas.

Así mismo, Orna[22], informa que a los salmónidos se les puede suministrar en pequeñas cantidades carbohidratos digestibles no más de un 9% debido a que pueden almacenar exceso de glucógeno en su hígado y riñones, por lo cual se debe tener en cuenta las cantidades necesarias que puedan beneficiar a la trucha y que además pueda ser apto para el consumo humano.

[20] VILLA, Marcos. Adición de manano oligosacáridos en dietas de alevinaje en trucha arcoíris y su influencia en la curva de crecimiento. Trabajo de grado Ingeniero Agropecuario Agroindustrial. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2014. 30 p.

[21] SASTRE, Deyvid. Inclusión de harina de insectos en dieta de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) como fuente nutricional alternativa. Trabajo de grado Zootecnista. Cundinamarca, Colombia: Universidad de Cundinamarca. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2020. 16 p.

[22] ORNA, Edwin. Manual de alimento balanceado para truchas. Alimento balanceado – elaboración y formulación. Puno – Perú, 3 p.

3.1.4.3. Lípidos. Como dice Vilca[23], Los lípidos sirven como una importante fuente de energía alimentaria para todos los peces, pero tal vez en mayor medida para los peces de agua fría, que tienen una capacidad limitada para utilizar carbohidratos de la dieta para obtener energía. No existe un porcentaje definido de lípidos en la dieta, así como el contenido de proteína y energía. Las concentraciones de lípidos de hasta un 20 por ciento dan resultados óptimos con algunas especies.

> Es por ello, que los aceites incluidos en los alimentos para trucha arcoíris desarrollan su máximo efecto cuando están en proporción hasta el 24%. El 24% de aceite de arenque coincide con el 36% de proteína de la ración produciendo un rápido crecimiento, buena conversión de alimento y óptimo aprovechamiento de la proteína. Como óptimo para la trucha se puede considerar por lo regular una proporción de grasa en el alimento concentrado del 15-20%, o de 18-20%; no obstante, estos valores pueden quedar rápidamente obsoletos, ya que cada vez el contenido lipídico no ha dejado de aumentar incluso sobrepasando en muchas ocasiones el 30%[24].

3.1.4.4. Vitaminas. Morales[25], comunica que son compuestos orgánicos, distintos de los aminoácidos, carbohidratos, y lípidos que se requieren en ciertas cantidades de una fuente exógena, para el crecimiento normal, reproducción, y salud. Las vitaminas son clasificadas como hidrosolubles y liposolubles. Se requieren ocho de las vitaminas hidrosolubles en cantidades relativamente pequeñas, principalmente tienen la función de coenzimas, y son conocidas como el complejo B. Tres vitaminas hidrosolubles, colina, el inositol, y vitamina C, se requieren en cantidades más grandes y tienen otras funciones a las coenzimas. Las vitaminas A, D, E, y K son vitaminas liposolubles que funcionan independiente, en algunos casos como la vitamina K, pueden tener roles de coenzima. A continuación, se presenta las cantidades consideradas como mínimos esenciales, por kg de peso vivo, ver (Tabla 3 y 4).

---

[23] VILCA, Fredy. Efecto de conversión alimentaria en el cultivo de pejerrey en la etapa de engorde *Odontesthes bonariensis* mediante parámetros estandarizados del pelletizado. Trabajo de grado Ingeniero Agroindustrial. Puno. Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, 2020. 19-20.

[24] CAHUANA, Félix. Digestibilidad aparente de los macronutrientes de alimentos comerciales para truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorde. Trabajo de grado Médico Veterinario y Zootecnista. Puno, ´Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2015. 11-12 p.

[25] MORALES, Guido. Influencia de la temperatura del agua sobre el comportamiento biológico de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) producida en Atillo Gad-guamote. Trabajo de grado Ingeniero Zootecnista. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad De Ciencias Pecuarias, 2019. 9 p.

Tabla 3. Cantidades de vitaminas hidrosolubles.

Vitaminas	Dosis (mg)
Tiamina (*B*1)	0,150-0,2
Riboflavina (*B*2)	0,50-1,0
Piridoxina (*B*6)	0,25-0,50
Biotina (H)	0,04-0,08
Ácido nicotínico	4,0-7,0
Ácido pantoténico	1,0-2,0
Ácido fólico	0,10-0,15
Inositol	18-20
Colina	50-60
Cianocobalamina (*B*12)	(0,0002-0,0003)

Fuente: (Morales, 2019).

Entre la cantidad de vitaminas hidrosolubles, se puede observar que en mayor valor se requiere la colina para mantenerse sano, las vitaminas como se presentó anteriormente son esenciales para el crecimiento de la trucha y para su fortalecimiento de su sistema inmune.

Tabla 4. Cantidades de vitaminas liposolubles.

Vitaminas	Cantidades (en kg de alimento)
Vitamina A	8.000 - 10. 000 U.I/kg
Vitamina D	1.000 U.I/kg
Vitamina E	125 U.I/kg
Vitamina K	15-20 mg/kg
Vitamina C	450-500 mg/kg

Fuente: (Morales, 2019; NRC, 2011).

3.1.4.5. Minerales. Según Morales[26], los peces al igual que los animales superiores, necesitan pequeñas cantidades de minerales. Los requerimientos exactos se desconocen, pero puede asumirse que la mayoría de los minerales esenciales para los peces pueden ser obtenidos directamente del agua. El organismo de un pez está compuesto por un 70-75% de agua, siendo un nutriente fundamental. Se ha verificado que la adición de sal marina yodada a los piensos, hasta de un 4% de la ingesta tiene un efecto beneficioso. Se considera primordial, la presencia de trazas de yodo en la dieta, en valores de 0,0006-0,0011 mg por kg de peso vivo. Los elementos son necesarios para los procesos normales de la vida de los peces. Sus principales funciones incluyen la formación de la estructura del esqueleto, trasferencia de electrones, la regulación de equilibrio del ácido-base, y osmorregulación.

[26] Ibíd., p. 16.

3.1.5. Alimentación. El Ministerio del Ambiente[27], menciona que es un pez de hábito alimenticio carnívoro, por ende, se alimenta en la naturaleza de presas vivas como insectos en estado larvario, moluscos, crustáceos, gusanos, renacuajos y peces pequeños de la misma u otras especies.

De igual manera, Porras comunica que "los salmónidos son peces carnívoros y se alimentan en la naturaleza de las presas vivas que capturan, por lo tanto, su aparato digestivo y todas sus funciones relacionadas con la digestión, absorción y utilización alimenticia se encuentran orientadas de forma natural, a la propia naturaleza del alimento que habitualmente consumen"[28].

Aunado a lo anterior, Porras[29] resalta que, en los últimos años, las numerosas e importantes investigaciones realizadas sobre la alimentación de estos peces ha hecho posible la utilización de piensos artificiales secos de elaboración industrial, con lo que es posible conseguir crecimientos adecuados a las necesidades de la especie.

De acuerdo con Mache[30], en la (Tabla 5), se ilustra los requerimientos de nutrientes por etapa.

Tabla 5. Requerimiento de nutrientes por estadio de crecimiento de la trucha.

Nutriente	Alevinos	Juveniles	Adultos	Reproductores
Proteína (min)	45,0	42,0	40,0	40,0
Carbohidratos (máx)	22,0	24,0	25,0	25,0
Grasa (min)	10,0	10,0	10,0	10,0
Minerales (máx)	10,0	10,0	10,0	10,0
Humedad (máx)	10,0	10,0	10,0	10,0
Fibra (máx)	2,0	3,0	3,0	3,0
Calcio (min)	1,5	1,5	1,5	1,5
Fósforo (min)	1,0	1,0	1,0	1,0

Fuente: (Mache, 2015).

3.1.6. Calidad del agua para cultivo de truchas. Un aspecto importante para un

[27] Ministerio del Ambiente. Servicio de sistematización de información temática para la elaboración del documento de la línea de base de la trucha con fines de bioseguridad. Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales. Dirección General de Diversidad Biológica. Perú, 2019. 13 p.

[28] PORRAS, Deyvis. Evaluación de tres tasas de alimentación en los estadios de alevino, juvenil y engorde de truchas arcoíris en el centro piscícola el ingenio. Trabajo de grado Ingeniero Zootecnista. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro de Perú. Facultad de Zootecnia, 2008. 20-21 p.

[29] Ibíd., p. 20-21.

[30] MACHE, Carmen. Incremento de biomasa de truchas juveniles arcoíris *Oncorhynchus mykiss* alimentadas con alimento comercial crecimiento 3 por 49, 76, 103 y 130 días en la piscigranja "la cabaña". Trabajo de grado Ingeniera Zootecnista. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro de Perú. Facultad de Zootecnia, 2015. 29 p.

cultivo de truchas es el agua, pues esta debe reunir ciertas condiciones de calidad y cantidad. "En relación con la calidad, es fundamental buscar una fuente de agua limpia, sin contaminación y con poco sedimento"[31], ver (Tabla 6).

Tabla 6. Parámetros de calidad del agua para trucha arcoíris (*O. mykiss*).

Parámetros	Rango	Óptimo
Oxígeno (ppm)	7,5 a 12	8,5
Temperatura (°C)	13 a 18	15
pH	6,5 a 8,5	7
Alcalinidad Total (mg/L)	80 a 110	95
Dureza (mg/L)	100 a 200	140
Sólidos en suspensión (mg/L)	Inferior a 30	
Nitritos (mg/L)	Menor a 0,1	
Nitratos (mg/L)	Menor a 1,0	
Amonio (mg/L como NH_3)	Menor a 0,012	
Dióxido de Carbono (mg/L)	Menor a 2	

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2014, p. 6).

3.2. SISTEMA DE CULTIVO

Según Burgos, *et al*[32], una de las técnicas de cultivo para el crecimiento de la trucha arcoíris son las jaulas flotantes, a continuación, se describe este sistema de cultivo:

3.2.1. Jaulas flotantes. El desarrollo e investigación en nuevas tecnologías, como los sistemas de producción superintensiva en jaulas flotantes de bajo volumen y alta densidad, merecen dedicar esfuerzos a su evaluación productiva, ambiental y económica, que permita mejorar la eficiencia y elevar la rentabilidad, para los productores dedicados al cultivo de especies ícticas.

Asimismo, Castañeda y Ochoa[33], informan que las jaulas son estructuras que pueden tener gran variedad de formas, utilizando materiales como mallas sintéticas, nylon, alambre, madera, bambú y redes; las cuales permiten mantener o cultivar gran diversidad de organismos acuáticos, entre ellos, se encuentra *O. mykiss*. Esta especie se considera de fácil adaptación en cultivos de jaulas flotantes, prácticamente en todos los ecosistemas acuáticos. "Actualmente, en el lago Guamuez, el cultivo de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) se realiza en jaulas

[31] Ibíd., p. 11.
[32] BURGOS, Álvaro, *et al*. comparación de dos sistemas de producción intensiva de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en el lago Guamuez, municipio de Pasto, Colombia. En: Revista UdeNar, p. 2.
[33] CASTAÑEDA, Jenny Stephany y OCHOA, Nathalie Jimena. Ensayo de mantenimiento de alevines de O*ncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) (Pisces: Salmonidae) en acuarios y jaulas flotantes. Trabajo de grado Biólogo. Campus Nueva Granada, Cajicá: Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ciencias Básicas, 2012. 17 p.

de alto volumen y baja densidad con tamaños promedios de 15 m^3 y 20 kg de pez por m^3, con rendimientos similares a los obtenidos en canales y en estanques en tierra"[34].

> La trucha arcoíris es un pez bastante susceptible a las fluctuaciones y deterioro de la calidad del agua en condiciones intensivas y superintensivas, por consiguiente, requiere de un volumen constante y una buena calidad de agua para su normal desarrollo, las que teóricamente pueden ser provistas mediante la utilización de jaulas de bajo volumen (1,0 m^3) y alta densidad, para garantizar adecuado crecimiento y sustancial mejora en los rendimientos económicos. En este sentido, se ha especulado sobre los reales beneficios productivos y económicos de tales sistemas, al ser utilizados en el cultivo de trucha arcoíris, y se han extrapolado experiencias y diseños aplicados para especies de aguas medias y cálidas[35].

3.3. INMUNOESTIMULANTES

A continuación, se da a conocer, según varios autores la definición y utilidad de los inmunoestimulantes:

3.3.1. Definición y usos. Como dicen Torres y De la Riva[36], los inmunoestimulantes se han definido como sustancias que potencian el sistema inmunitario y aumentan la resistencia frente a las enfermedades infecciosas los enmarcan como compuestos químicos, los cuales existen como elementos estructurales principalmente de las bacterias, hongos miceliales y levaduras, que activan los leucocitos y, por tanto, confieren al animal mayor resistencia a las enfermedades causadas por virus, bacterias, hongos y parásitos.

Por otro lado, Ramos[37] informa que a finales de la década del 80 comenzaron a emplearse intencionalmente los inmunoestimulantes, sustancias que potencian el sistema inmunitario y que aumentan la resistencia frente a enfermedades infecciosas. Los inmunoestimulantes son agentes profilácticos primarios los cuales pueden ser utilizados con el fin de incrementar la capacidad defensiva general del organismo y no como medicina curativa.

Sin embargo, Barragán[38], resalta que existen limitaciones de la inmunoestimulación que dependen del estado de desarrollo del sistema inmune, tipo de

---

[34] BURGOS, *et al*. Op. cit., p. 2.
[35] Ibíd., p. 2.
[36] TORRES, Alfonso de Jesús y De la Riva, Gustavo. Caracterización de cepas de levadura productoras de β-glucanos y ensayo preliminar de su efecto en ratones sometidos a estrés. En: Jóvenes en la Ciencia. 2017. vol.3, no. 2, p. 38.
[37] RAMOS, Jean. Evaluación de un inmunoestimulante (betaglucano) en la crianza de Broilers. Trabajo de grado Ingeniero Agropecuario. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, 2014. 31 p.
[38] BARRAGÁN, Rondón. Inmunoestimulantes en medicina veterinaria. En: Orinoquia. Septiembre-noviembre, 2004, vol. 8 no. 2,. p. 57-58.

inmunoestimulante usado y los procedimientos de administración. Muchos inmunoestimulantes son nutrientes habituales de la dieta como polisacáridos, lípidos o proteínas que suministrados en concentraciones superiores a las normales producirán efecto estimulante.

"El conocimiento de las funciones de diferentes inmunoestimulantes puede ser utilizado para estimular partes del sistema inmune que sean indicadas en determinadas situaciones (especificidad). Entre los tipos de aditivos suministrados en el alimento de los animales con capacidad inmunoestimulante se cuentan"[39]:

- Generadores de Inmunidad pasiva (inmunoglobulinas [Ig], proteínas plasmáticas).

- Inmunoestimulantes: (elementos estructurales de la pared celular bacteriana-LPS, lipopéptidos, glicoproteínas capsulares, peptidoglucanos y muramilpéptidos - hongos, levaduras y sintéticos).

- ß-1,3-glucanos de bacterias (Curdlan) y hongos micelares (Krestin, Lentinan, Schizophyllan, Scleoglucan, SSG, Vitastim).

- ß-1,3/1,6-glucanos de la pared celular de levadura (Macrogard, Betafectina). Estimuladores de la respuesta inmunitaria (ácidos grasos, vitaminas, carotenoides, fracciones de proteína láctea y algunos microelementos).

- Estimuladores del crecimiento de la microflora intestinal positiva: prebióticos (oligosacáridos).

- Bloqueadores de la adhesión de bacterias patógenas a la pared intestinal (derivados de manosa y algunos silicatos).

- Probióticos.

- Reguladores metabólicos (proteína antisecretora).

- Péptidos presentes en extractos de ciertos animales o fabricados por hidrólisis enzimática de proteínas de peces.

- Nucleótidos (de ADN bacteriano - CpG).

- Favorecedores de un ambiente intestinal adecuado (acidificantes, extracto de algunas plantas, antioxidantes, fungistáticos, enzimas y algunas arcillas).

[39] Ibíd., p. 57-58.

- Algunos productos sintéticos (Bestatin, muramilpéptidos, FK-156, FK-565, Levamisol).

El efecto protector de estos compuestos depende de los factores contra los cuales se quiere prevenir y controlar. Una de las características descritas para la mayoría de los inmunoestimulantes es que su efecto es de corta duración y solo se prolonga por algunas semanas, por lo cual se requiere de una aplicación en forma repetida[40].

3.3.2. Productos con principios activos de origen vegetal. Entre ellos se encuentran los fitogénicos, de acuerdo con Molina[41], son aditivos naturales de origen vegetal o botánico, bioactivos derivados de hierbas, especias, plantas y sus extractos. La razón de su capacidad como aditivos reside en su composición de múltiples sustancias activas, con diferentes mecanismos de acción que generan efectos en distintas localizaciones, que también logran sinergismo en el organismo animal.

Así mismo, Marlowe[42], notifica que los fitogénicos son compuestos naturales derivados de plantas que se incorporan a las dietas y que pueden mejorar la productividad animal. Se ha informado que los productos derivados de plantas poseen propiedades beneficiosas que incluyen: antiestrés, estimulación del apetito, promoción del crecimiento, inmunoestimulación y propiedades anti-patógenas en la acuicultura de peces y camarones debido a la presencia de varias sustancias bioactivas como alcaloides, flavonoides, glucósidos, fenólicos, saponinas, taninos, terpenoides, esteroides y aceites esenciales. Además, se cree que su uso reduce los costos en el tratamiento de enfermedades y se percibe que es más respetuoso con el medio ambiente que las sustancias sintéticas porque son biodegradables y es menos probable que produzcan farmacorresistencia en patógenos.

Se ha verificado que existen muchos beneficios de estos productos derivados de plantas. Marlowe[43], informa que se han utilizado en la conservación de alimentos, productos farmacéuticos, medicina alternativa y terapias naturales durante muchos años. Debido a que varias hierbas poseen potentes propiedades antimicrobianas, antivirales y se informa que estimulan el sistema inmunológico. Estos productos vegetales se pueden clasificar en función de sus características físicas y apariencia. Por ejemplo, los aceites esenciales, las partes crudas o procesadas de la planta,

---

[40] Ibíd., p. 57-58.

[41] MOLINA, María Alejandra. Comparación de una dieta de pollo de engorde, utilizando promotor de crecimiento (Virginiamicina y Colistina) versus una alternativa a base de ácidos orgánicos y fitogénicos. Trabajo de grado Médica Veterinaria. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Escuela de Medicina Veterinaria, 2020. 22 p.

[42] MARLOWE, Christopher. Phytogenics in Aquaculture: A Short Review of Their Effects on Gut Health and Microflora in Fish. En: The Philippine Journal of Fisheries. Diciembre, 2020. vol. 27, no. 2, p. 246-248.

[43] Ibíd., p. 246-248.

así como las mezclas de polvos o extractos de plantas, se usan para prevenir y tratar diversas enfermedades infecciosas de animales tanto terrestres como acuáticos.

Entre los productos fitogénicos se encuentra:

3.3.2.1. Aqua-Liverprot. Es un aditivo fitogénico, un inmunoestimulante comercial, "a base de silimarina, extracto de cynara y cloruro de colina para ser suministrado a peces de agua fría y cálida (trucha, salmón, tilapia, bocachico) en cada una de sus fases productivas"[44]. "Presenta registro ICA: 14462 – AL, fabricado por PHARVET SAS (Laboratorio de Medicamentos Veterinarios), Bogotá-Colombia, dentro de su línea de productos de acuicultura. Su composición se describe a continuación: Silimarina 100 gramos, extracto de cynara 150 gramos, cloruro de colina 200 gramos, excipientes C. S. P 1000 gramos"[45].

A continuación, se describe cada componente:

• **Silimarina**. Es el principal componente activo, según Hassaam, *et al*[46], es un extracto de la planta *Silybum marianum* (cardo mariano) que contiene varios flavonolignanos (siendo la silibina el principal), ha recibido una enorme cantidad de atención durante la última década como un remedio herbal para el tratamiento y soporte al tejido hepatopancreático en crustáceos.

Además, Hassaan, *et al*[47]*,* manifiestan que el conocido cardo mariano es una planta común en América del Norte, que llega a México y Europa. La silimarina, como extracto de esta planta, es utilizada por sus propiedades antioxidantes. El extracto de cardo mariano tradicional se obtiene a partir de las semillas, que contienen aproximadamente un 4-6% de silimarina. El extracto consta de aproximadamente 65-80% de silimarina (un complejo de flavonolignanos) y 20-35% de ácidos grasos, incluido el ácido linoleico.

> Los componentes activos de la medicina herbal podrían mejorar la capacidad de digestibilidad, absorción y asimilación de nutrientes mejorando la secreción de enzimas digestivas y manteniendo una microflora intestinal saludable, así como mejorando el estado inmunológico. Además, el alto contenido de antioxidantes naturales en la medicina herbal como flavonoides, tocoferoles, ácido cinámico y carotenoides de ácido

[44] PHARVET. AQUA-LIVERPROT PROTECTOR HEPÁTICO. [Consultado: 7 de marzo de 2021], Disponible en: http://www.pharvet.com.co/producto/aqua-liverprot/.
[45] Ficha Técnica. AQUA-LIVERPROT PROTECTOR HEPÁTICO. [Sitio web], [Consultado: 13 de mayo de 2021]. Disponible en: https://acuagranja.com.co/producto/aqua-liverprot/.
[46] HASSAAN, Mohamed, *et al*. Effect of Silybum marianum seeds as a feed additive on growth performance, serum biochemical indices, antioxidant status, and gene expression of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. En: Aquaculture. Mayo, 2019, vol. 509., p. 179.
[47] Ibíd., p. 179.

fólico pueden obstruir la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) y eliminar los radicales libres de los tejidos[48].

"Cardo mariano, *Silybum marianum* contiene un isomérico de flavonolignanos conocido como silimarina. Los principales componentes de la silimarina son taxifolina, silibina A, silibina B, isosilibina A, isosilibina B, silicristina A y silicristina B, y el contenido principal de la silimarina es silibina, que está alrededor del 50-70%"[49].

Las propiedades hepatoprotectoras y antiinflamatorias de la silimarina no se comprenden bien en los peces, sin embargo, algunos estudios han informado que la silimarina y la silibinina logran reducir la retención de grasa en el intestino de ratones al inhibir la expresión de genes lipogénicos y/o mejorar la lipólisis y el contenido de lipoproteínas plasmáticas regulando las lipoproteínas plasmáticas. La silimarina actúa como antioxidante debido a sus efectos antiinflamatorios y se ha utilizado en el tratamiento de diversos daños hepáticos[50].

Hay pocos informes disponibles sobre la aplicación de silimarina en la dieta de los peces. Las investigaciones disponibles han revelado que la adición de silimarina en las dietas mejoró el rendimiento de crecimiento de *Carassius auratus*, disminución del contenido plasmático de colesterol de la trucha arcoíris, efectos hepatoprotectores inducidos de la carpa común expuesta por CCl4, mejoró el sistema inmunológico en la trucha arcoíris y mejoró la capacidad de estrés antioxidante del salmón del atlántico[51].

• **Extracto de cynara**. Como dice Martínez y Uculmana[52], el extracto de cynara posee acción colerética (incremento de la producción de bilis), reductora del colesterol, antioxidante y hepatoprotectora. La inulina y los oligosacáridos (PNA) presentes en la alcachofa son empleados como fibra soluble y como prebióticos, ya que alimentan a las bacterias benéficas del tracto intestinal; estas producen ácidos grasos volátiles y con este efecto se logra bajar el pH de la sección distal del tracto gastrointestinal creando un ambiente desfavorable para el crecimiento de poblaciones de microorganismos potencialmente patógenos, por lo que la alcachofa muestra, además, potencial para su uso como componente prebiótico en la alimentación animal y la factibilidad de su implementación en la producción pecuaria nacional con el fin de brindar un alimento más natural al consumidor.

• **Cloruro de colina**. Wudi Deda Agricultura[53], informa que es un tipo de vitaminas, es el componente esencial de la lecitina y es muy importante para la nutrición y el

[48] Ibíd., p.179.
[49] Ibíd., p. 179.
[50] Ibíd., p. 179.
[51] Ibíd., p. 179.
[52] MARTÍNEZ, Diego y UCULMANA, Cristian. Extracto de alcachofa (*Cynara scolymus L.):* experiencias de uso en los mercados de producción animal y oportunidades para su producción en Perú. En: Agroindustrial Science. Junio, 2016, vol. 6., p. 158.
[53] Wudi Deda agricultura Co. Cloruro de colina vitamina suplementos alimenticios para el ganado y peces y aves de corral cerdos aditivos para piensos. [Consultado: 13 de mayo de 2021], Disponible

crecimiento de los animales. Los animales jóvenes no pueden sintetizar cloruro de colina, así que, por lo que se debe incorporar en el alimento, el cloruro de colina se usa para tratar el hígado graso y cirrosis hepática, también se utiliza como aditivos para piensos.

3.3.3. Suplementos nutricionales. Se encuentran los nutracéuticos, según Rodríguez[54], son productos nutricionales, herbales, alimentos o partes de estos, que tienen efectos benéficos para prevenir y tratar enfermedades, así como para salvaguardar la salud. Plata[55], confirma que es un producto cuyo propósito es adicionar a la dieta normal nutrientes y otras sustancias con efecto fisiológico o nutricional que puede contener vitaminas, minerales, proteínas, aminoácidos, otros nutrientes y derivados de nutrientes, plantas, concentrados y extractos de plantas solas o en combinación.

De igual manera, Fernández[56], resalta que los nutracéuticos también se han utilizado para reducir el estrés asociado a las condiciones de cultivo de alta densidad, al igual para promover el crecimiento y el apetito. Su acción se debe principalmente a principios activos como alcaloides, flavonoides, pigmentos, fenólicos, terpenoides, esteroides y aceites esenciales. Además, "se sabe que la administración dietética de nutracéuticos a base de hierbas tiene un papel importante en el control de enfermedades a través de la mejora del sistema inmunológico innato de los peces"[57].

Entre los productos nutracéuticos se encuentra:

3.3.3.1. Modergan-Aqua. Es un aditivo nutracéutico, un inmunoestimulante comercial, "un suplemento alimenticio para peces a base de aminoácidos, vitaminas y minerales en cada una de sus fases productivas, alevinaje, levante y engorde. Funciona en peces de agua fría y cálida (trucha, salmón, cachama, tilapia, bocachico) como promotor de crecimiento"[58]. "Tiene registro ICA: 15732 – SL, fabricado por PHARVET SAS (Laboratorio de Medicamentos Veterinarios), Bogotá-

---

en: http://es.cndedany.net/feed-additives/choline-chloride-vitamin-feed-additives-for.html#:~:text=Cloruro%20de%20colina-,Cloruro%20de%20colina%20es%20un%20tipo%20de%20vitaminas%2C%20es%20el,su%20colina%20requiere%20de%20alimento.

[54] RODRÍGUEZ, Gilma. Alimentación y nutrición aplicada. 23ª ed. Bogotá DC.: Miller Alejandro Gallego C, 2018. 526 p. ISBN: 978-958-739-134-3.

[55] PLATA, María Helena. Modelo de negocio para la comercialización y distribución de alimentos nutracéuticos y funcionales en la ciudad de Bucaramanga. Tesis de Maestría. Bucaramanga: Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2020. 42 p.

[56] FERNÁNDEZ, Clara. Molecular diagnostic and biological methods: An alternative In the prevention and control of bacterial fish diseases. Tesis de Doctorado, Santiago de Compostela. Centro Nacional de Estudios de Doutoramento e avanzados da USC (CIEDUS), 2018. 277 p.

[57] Ibíd., p. 277.

[58] PHARVET. MODERGAN-AQUA PROMOTOR DE CRECIMIENTO. [Consultado: 7 de marzo de 2021], Disponible en: http://www.pharvet.com.co/producto/modergan-aqua/.

Colombia, dentro de su línea de productos de acuicultura. Modergan-Aqua está compuesto por: Vitamina E 5,0 gramos, lisina HCL 2,0 gramos. DL-metionina 1,0 gramos, valina 1,0 gramos, arginina 0,75 gramos, leucina 0,3 gramos, treonina 0,3 gramos, triptófano 0,15 gramos, betaina - 0,1 gramos, zinc 21 miligramos, cobre 12,5 miligramos, vitamina B12 1000 ug, excipientes C.S.P 100 gramos"[59].

Dentro de este suplemento alimenticio contiene aminoácidos esenciales más vitaminas y minerales que son los factores más importantes para la vida y crecimiento del pez. "Las unidades nitrogenadas denominadas aminoácidos; existen de 20 a 23 aminoácidos conocidos. Los peces tienen la capacidad de tomar algunos aminoácidos para la estructuración de otros, pero hay varios aminoácidos que no pueden ser capaces de sintetizarlos. Estos aminoácidos son denominados esenciales y por eso es necesario que estén contenidos en las dietas formuladas"[60].

Una estrategia de producción para garantizar las cualidades mencionadas es hacer eficiente el proceso de absorción del alimento a través del uso de productos que tengan funciones de anabólicos. Marañón[61], informa que la función principal de los agentes anabólicos es promover el crecimiento de la masa muscular y el fortalecimiento de las estructuras óseas, debido a que tienen la propiedad de promover la retención del nitrógeno procedente del alimento con la consecuente aceleración de la tasa de absorción de aminoácidos a través del intestino.

Ante ello, Guerrero[62], menciona que en estos componentes se encuentra la leucina que forma parte de los aminoácidos ramificados junto con la isoleucina y la valina. Uno de los puntos donde radica su interés, es en su capacidad para ejercer efectos anabólicos similares a los de la insulina. Por lo tanto, "una mejor salud del intestino forma una barrera natural contra las infecciones de patógenos que entran a través del tracto digestivo y aumenta el estado inmunitario general de los peces, lo que lleva a una mayor resistencia a las enfermedades, rendimiento y rentabilidad en condiciones de campo"[63].

A continuación, se describe cada componente:

---

[59] Ficha Técnica. MODERGRAN-AQUA. PROMOTOR DE CRECIMIENTO. [Sitio web], [Consultado: 13 de mayo de 2021]. Disponible en: https://acuagranja.com.co/producto/modergan-aqua/.

[60] Tratado de Cooperación Amazónica. Piscicultura Amazónica con especies nativas. [Consultado: 13 de mayo de 2021]. Disponible en: https://www4.congreso.gob.pe/comisiones/1999/ciencia/cd/iiap/iiap1/TEXTO.htm#TopOfPage.

[61] MARAÑÓN, Samuel, *et at*. Efecto del anabólico acetato de trembolona sobre el crecimiento de *Carassius auratus* (Pisces: Cyprinidae). En: SciELO. Septiembre - octubre, 2008, vol. 18 no. 1., p. 2.

[62] GUERRERO, Jaime. La nutrición y la alimentación eficiente de los peces. En: Agrinal Colombia S.A. 2014., p. 1-12.

[63] SAMPAIO, Giovani. Ayudando a la salud del intestino con un promotor de crecimiento natural. [Consultado: 18 de mayo de 2021]. Disponible en: https://www.aquaculturealliance.org/advocate/ayudando-a-la-salud-del-intestino-con-un-promotor-de-crecimiento-natural/.

• **Vitamina E.** De acuerdo con Wang**,** *et al*[64]*,* es una vitamina liposoluble, juega un papel importante en el mantenimiento de los procesos metabólicos normales y las funciones fisiológicas de los animales acuáticos. La vitamina E es necesaria para proteger la membrana celular del daño por peróxido, mantener la inmunidad y mejorar la resistencia a las enfermedades, mientras que está estrechamente asociada con el desarrollo embrionario, el metabolismo del ácido nucleico, la biosíntesis del ácido ascórbico y el mantenimiento de la calidad del tejido.

Por su parte, Peng-Liu, *et al*[65]*,* mencionan que la vitamina E se ha convertido en una de las vitaminas más relevantes en la cría de animales acuáticos. Una gran cantidad de estudios han informado que la deficiencia de vitamina E afecta el rendimiento de los animales acuáticos, incluido un aumento de peso reducido, un índice de eficiencia proteica y un coeficiente de alimentación.

• **Lisina.** Como dice Yang, *et al*[66]**,** entre los diez aminoácidos esenciales, la lisina es un aminoácido comúnmente deficiente en las dietas a base de proteínas vegetales, y su desequilibrio y biodisponibilidad pueden afectar el crecimiento de los peces y la eficiencia alimentaria. La leucina es un miembro de la familia de los aminoácidos de cadena ramificada, tiene una función anabólica fundamental que estimulaba la síntesis de proteínas en los peces a través del objetivo de la vía de señalización de la rapamicina.

En tal sentido, Wei, *et al*[67], revelan que es un aminoácido funcional (FAA) no solo es un ladrillo de construcción para la síntesis molecular de péptidos, proteínas y no péptidos, sino también uno molecular de señalización para regular la endocrinología corporal, el metabolismo intermedio, la reproducción y la respuesta inmune. Sin embargo, Oliveira[68], notifica que la lisina es a menudo el primer AA limitante en la mayoría de las fuentes de proteínas alternativas utilizadas en la dieta comercial para animales acuáticos y esta se encuentra en una alta proporción en el tejido muscular de los peces.

---

[64] WANG, Kaiyu, *et al*. Effects of dietary vitamin E on growth performance as well as intestinal structure and function of channel catfish (*Ictalurus punctatus*, Rafinesque 1818). En: Experimental And Therapeutic Medicine. Octubre, 2017. vol. 14, no. 6, p. 5703–5710.

[65] PENG-LIU. Han, *et al*. Effects of dietary vitamin C and Vitamin E on the growth, antioxidante defence and digesive enzyme activities of juvenile discus fish (*Symphysodon haraldi*). En: Aquaculture Nutrition. Agosto, 2019. vol. 25, p. 177.

[66] YANG, Peng, *et a*l. Effects of dietary lysine on regulating GH-IGF system, intermediate metabolism and immune response in largemouth bass (*Micropterus salmoides*). En: Aquaculture Reports. Julio, 2020. vol. 17, p. 2-3.

[67]WEI, Yuliang, *et al*. Effects of lysine and leucine in free and different dipeptide forms on the growth, amino acid profile and transcription of intestinal peptide, and amino acid transporters in turbot (*Scophthalmus maximus*). En: Fish Physiol Biochem. Junio, 2020. vol. 46, p. 1796.

[68] OLIVEIRA. Samuel, *et al*. Optimal dietary lysine improves growth performance, increases protein deposition and reduces lipid accumulation in tambaqui (*Colossoma macropomum*) juveniles. En: Aquaculture Research. Agosto, 2020. vol. 51, no. 12, p. 5065-5073.

• **Metionina.** Espe[69], anuncia que es un aminoácido indispensable, y además de incorporarse a las proteínas, la metionina participa en varias vías metabólicas debido a que es uno de los principales donantes de metilo en el metabolismo. De la misma forma, Lima[70] reporta que la metionina es un aminoácido azufrado esencial y generalmente se considera como el principal aminoácido limitante en los alimentos acuícolas. La deficiencia dietética de metionina afecta la absorción de nutrientes esenciales por la alteración de la expresión génica de los transportadores de aminoácidos, lo que resulta un problema en la salud de los animales.

Además, Lima[71] resalta que la metionina también es un aminoácido esencial para el crecimiento de los peces, especialmente en la parte muscular y participa en la síntesis de proteínas y funciones metabólicas de otros componentes, como la cisteína, que se sintetiza transfiriendo el átomo de azufre contenido en la metionina a un grupo hidroxilo en la serina, clasificándose, así como aminoácidos azufrados.

• **Valina.** Según Xiao, *et al*[72], es un aminoácido esencial para el crecimiento de peces, ya que participa en muchos procesos biológicos, como la síntesis de proteínas, la reparación de tejidos y el mantenimiento del equilibrio de nitrógeno, por lo tanto, Huang, *et al*[73], aluden que una deficiencia de valina en las dietas podría causar retraso del crecimiento y baja eficiencia alimenticia.

• **Arginina.** De acuerdo con Ramos[74], la arginina, también conocida como l-arginina, es un α-aminoácido que se utiliza principalmente para la biosíntesis de proteínas. La arginina contiene un grupo α-amino, un grupo de ácido α-carboxílico y una cadena lateral que consta de una cadena lineal alifática de 3 carbonos que termina en un grupo guanidino, lo que da como resultado que la arginina sea un aminoácido alifático cargado a pH fisiológico. La arginina es un aminoácido indispensable para los peces porque los peces adultos tienen bajas actividades de enzimas biosintéticas de arginina como la pirrolina-5-carboxilato (P5C) sintasa, ornitina transcarboxilasa (OTC) y carbamoil fosfato sintasa (CPS) III.

---

[69] ESPE, Marit, *et al*. Atlantic salmon fed a nutrient package of surplus methionine, vitamin B12, folic acid and vitamin B6 improved growth and reduced the relative liver size, but when in excess growth reduced. En: Aquaculture Nutrition, 2019. vol. 26, no. 2, p. 477.

[70] LIMA, Amanda De Paula. Efeitos Da Suplementação Combinada De Lisina E Metionina No Desempenho E Expressão De Genes Relacionados Ao Crescimento Muscular De Alevinos De Tilápia Do Nilo, *Oreochromis niloticus*. Tesis de Maestría. Ponta Grossa: Universidad Estadual de Ponta Grossa, 2018. 22-23 p.

[71] Ibíd., p. 22-23.

[72] XIAO, W, *et al*. Dietary valine requirement of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. En: Aquaculture Nutrition. Mayo, 2017. vol. 24, no. 1, p. 315-317.

[73] HUANG, Z, *et al.* Effect of dietary valine levels on the growth performance, feed utilization and immune function of juvenile golden pompano, *Trachinotus ovatus.* En: Aquaculture Nutrition. Febrero, 2017. vol. 24, no. 1, p. 74.

[74] RAMOS, Lorenzo. Aminoacids as key mediators of immune status and nutritional condition in fish. Tesis de Doctorado. Universidad de Porto, 2020. 20-21 p.

Igualmente, Qingchao, *et al*[75], destacan que la arginina ejerce múltiples funciones inmunomoduladoras, incluida la regulación de la respuesta inmune innata y adaptativa de los peces, la inhibición de la apoptosis de leucocitos y la regulación de la resistencia de los peces contra enfermedades. Sin embargo, los efectos de la suplementación con arginina sobre el crecimiento de los peces y las respuestas inmunitarias pueden variar con la dosis de la suplementación con arginina, el estado de salud de los peces y las condiciones ambientales.

- **Leucina.** Como dicen, Liang, *et al*[76], es un miembro de la familia de los aminoácidos de cadena ramificada, es un aminoácido nutricionalmente esencial para los animales, incluidas las especies de peces. Algunos informes mostraron que la leucina tenía un papel potencial en la estimulación de la secreción de insulina y la homeostasis de la glucosa en sangre. Las crecientes evidencias mostraron que la leucina en la dieta podría influir en la sensibilidad a la insulina y el glucometabolismo en humanos y animales. En los animales acuáticos, la suplementación con L-leucina en la dieta podría regular el metabolismo de los lípidos.

- **Treonina.** Zhao, *et al*[77], mencionan que la treonina es un aminoácido indispensable, participa directamente en la síntesis de proteínas como sustrato e influye críticamente en la eficiencia de utilización de proteínas de los peces. De igual modo Muchelato, *et al*[78], comunican que la treonina es el tercer aminoácido esencial limitante en los alimentos acuícolas a base de proteínas vegetales. Por lo tanto, el requerimiento dietético de treonina es mayor para el mantenimiento para producir mucina, una glicoproteína mucosa que se encuentra en alta concentración en las secreciones intestinales y cutáneas. Además, la treonina tiene importancia en el crecimiento de los peces y el rendimiento del filete, al participar en la síntesis de proteínas sirve como precursora de aminoácidos no esenciales como la serina y la glicina.

- **Triptófano**. Según Morteza, *et al*[79], es un aminoácido esencial en la nutrición de los peces con muchas funciones fisiológicas, incluida la modulación de la respuesta

---

[75] QINGCHAO, Wang; ZHEN Xu y QINGHUI, Ai. Arginine metabolism and its functions in growth, nutrient utilization, and immunonutrition of fish. En: Animal Nutrition. Septiembre, 2021. vol. 7, no. 3, p. 716-727.

[76] LIANG, Hualiang, *et al*. Dietary leucine affects glucose metabolism and lipogenesis involved in TOR/PI3K/Akt signaling pathway for juvenile blunt snout bream *Megalobrama amblycephala*. En: Fish Physiology and Biochemistry. Enero, 2019. vol. 15, p. 719-732.

[77] ZHAO, Ye, *et al*. Effect of dietary threonine on growth performance and muscle growth, protein synthesis and antioxidant-related signalling pathways of hybrid catfish *Pelteobagrus vachelli*♀ × *Leiocassis longirostris*♂. En: British Journal of Nutrition. Enero, 2018. vol. 123, no. 2, p. 121-134.

[78] MUCHELATO, M, *et al*. Dietary threonine requirement to optimize protein retention and fillet production of fast-growing Nile tilapia. En: Aquaculture Nutrition. Febrero, 2015. vol. 22, no. 4, p. 759-766.

[79] MORTEZA, Seyyed; TAHERI, Ali y GHELICHPOUR, Melika. Effects of dietary tryptophan levels and fish stocking density on immunological and antioxidant responses and bactericidal activity

al estrés, la respuesta inmune y el sistema antioxidante. La modulación del sistema inmunológico por la administración de triptófano ha sido examinada por diferentes investigadores, que encontraron que tales efectos moduladores dependen de la naturaleza del estrés, los niveles y la duración de la administración de triptófano, y las especies de peces. Ante ello, se ha demostrado que el triptófano se potencia para suprimir el estrés en los peces y, por lo tanto, puede mitigar la inmunosupresión inducida por el estrés.

Por consiguiente, Prabu, *et al*[80] añaden que el triptófano es nutricionalmente un aminoácido esencial que mejora el crecimiento de especies de peces. La suplementación con triptófano en la dieta mejora la ingesta de alimento y controla las respuestas inmunitarias en los peces. La deficiencia de triptófano en la dieta puede causar escoliosis, lordosis y cataratas oculares en salmónidos. Además, la suplementación dietética de triptófano estimula el crecimiento del músculo esquelético y la expresión de genes miogénicos.

- **Betaina.** Como dicen Ismail, *et al*[81], es sintetizada a partir de la oxidación de colina. Curiosamente, se registró que la betaina mejora el rendimiento del crecimiento, el estado de salud, la digestibilidad del alimento, así como la calidad de la carne y el estado inmunológico de los peces. Actúa como atrayente de alimentos y aperitivo a través de la estimulación del bulbo olfatorio, lo que lleva a aumentar la ingesta de alimento, lo que minimiza el desperdicio de alimento y la contaminación del agua.

Además, Ismail, *et al*[82], manifiestan que la betaina puede desempeñar un papel en la osmorregulación mediante el aumento de la retención de agua de las células perturbadas y la presión osmótica citoplasmática mediante el aumento de la temperatura y la tolerancia iónica de las enzimas críticas y las membranas celulares, lo que da como resultado la protección de las enzimas intracelulares contra la inactivación osmótica o inducida por la temperatura.

Cabe destacar, que "la betaina actúa como donante de metilo, por lo que desempeña un papel importante en la síntesis de metionina, carnitina, fosfatidilcolina y creatina, así como en el metabolismo de las proteínas y la energía. Inclusive, la betaina tiene un papel valioso en el metabolismo de los lípidos y se considera un factor lipotrópico que tiene una función hepatoprotectora. También se

---

against Aeromonas hydrophila in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). En: Aquaculture Research. Enero, 2020. vol. 51, no. 4, p. 1455-1457.

[80] PRABU, Elangovan, *et al*. Metabolic responses of juvenile GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to dietary L-tryptophan supplementation. En: Aquaculture Nutrition. Agosto, 2020. vol. 26, no. 5, p. 1713-1714.

[81] ISMAIL. Taha, *et al*. Using of betaine to replace fish meal with soybean or/and corn gluten meal in nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets: Histomorphology, growth, fatty acid, and glucose-related gene expression traits. En*:* Aquaculture Reports*.* Julio, 2020. vol. 17, p. 1-2.

[82] Ibíd., p. 1-2.

sugirió que la betaina dietética tiene la capacidad de reducir la deposición de lípidos corporales"[83].

• **Zinc.** Es uno de los micronutrientes esenciales necesarios para el mantenimiento de las funciones corporales normales de todos los organismos vivos. De acuerdo con Shahpar y Johari[84], el zinc regula la síntesis de proteínas y actúa como regulador de la energía, la vitamina A y el metabolismo de los lípidos. La disponibilidad de zinc en los piensos suele ser baja debido a la presencia de fosfato tricálcico que interfiere con la absorción de zinc. La deficiencia de zinc en los peces conduce a un crecimiento y apetito reducidos, alta mortalidad, cataratas, enanismo y erosión de las aletas.

De modo idéntico, Thangapandiyan y Monika[85], informan que el zinc es un oligoelemento esencial que es necesario en la nutrición de los peces debido a sus numerosas vías metabólicas. El zinc juega un papel vital en el crecimiento, la función inmunológica, la fertilidad y el metabolismo de los animales. Además, casi el 10% de las proteínas de las células eucariotas se unen al zinc. Por tal motivo, se han utilizado compuestos orgánicos y minerales de zinc en la dieta de los peces para proporcionar un nivel suficiente de zinc. Sin embargo, los resultados de estudios previos mostraron que la absorción y biodisponibilidad del zinc en la dieta dependen en gran medida de sus formas químicas.

• **Cobre.** Según Chen, *et al*[86], es un oligoelemento esencial para todos los organismos, incluidos los peces. Funciona en la hematopoyesis y como componente de numerosas enzimas antioxidantes. La principal fuente inorgánica de Cu suplementada en premezclas minerales de alimentos para animales es el sulfato de Cu ($CuSO_4$). No obstante, la biodisponibilidad de los minerales inorgánicos puede verse reducida debido a los antagonismos con otros minerales durante la absorción y/o interacción con factores antinutricionales en la dieta, lo que perjudica su absorción y contribuye a su excreción en el medio ambiente.

• **Vitamina B12 (Cianocobalamina).** Los reportes de Mohd y Khan[87], mencionan que es un suplemento dietético más importante para todos los animales. Es una

---

[83] Ibíd., p.1-2.

[84] SHAHPAR, Zahra y JOHARI, Seyed. Effects of Dietary Organic, Inorganic, and Nanoparticulate Zinc on Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss* Larvae. En: Biological Trace Element Research. Noviembre, 2019. vol. 190, p. 535-540.

[85] THANGAPANDIYAN, S y MONIKA, S. Green Synthesized Zinc Oxide Nanoparticles as Feed Additives to Improve Growth, Biochemical, and Hematological Parameters in Freshwater Fish *Labeo rohita.* En: Biological Trace Element Research. Septiembre, 2020. vol. 195, p. 636-647.

[86] CHEN, Kequan, *et al*. Effects of inorganic and organic dietary copper supplementation on growth performance and tissue composition for juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus L*.). En: Aquaculture Nutrition. vol. 26, no. 3, p. 820-827.

[87] MOHD, Younis y KHAN, Mukhtar. Effects of dietary cyanocobalamin on growth performance, non-specific immune response, antioxidant capacity, haematological parameters, body composition and

vitamina soluble en agua y participa en la producción del ciclo del ácido cítrico, succinil-CoA. Además, la cianocobalamina es necesaria en la metilación de homocisteína a metionina y para el reciclaje normal del ácido tetrahidrofólico. La cianocobalamina está involucrada con el ácido fólico en la hematopoyesis, el metabolismo del colesterol, en la biosíntesis de purina y pirimidina y en el metabolismo de glicoles.

- **Excipientes C.S.P.** Como dice Rowe[88], es un componente, distinto del principio o los principios activos, presente en un medicamento o utilizado en su fabricación. La función de un excipiente es servir como soporte (vehículo o base) o como soporte del principio o los principios activos, contribuyendo así a propiedades tales como la estabilidad, el perfil biofarmacéutico, el aspecto y para facilitar su fabricación.

3.4. IMPORTANCIA DE LOS INMUNOESTIMULANTES EN ACUICULTURA

Como dicen Baskaralingam y Rajagopalan[89], el medio ambiente acuático mundial se ha visto gravemente dañado por el desarrollo industrial generalizado. Han surgido múltiples problemas, especialmente el deterioro de la calidad del agua, y numerosas enfermedades acuáticas que se han convertido en una amenaza importante para el desarrollo saludable de la acuicultura. Por tal razón, el uso de antibióticos está aumentando gradualmente en la acuicultura debido a las necesidades urgentes de la industria provocando la acumulación de varios residuos de medicamentos en los productos acuáticos, lo que plantea preocupaciones sobre la seguridad alimentaria.

> Por consiguiente, la utilización de antibióticos debe eliminarse o reducirse y reemplazarse con productos recientemente desarrollados. Estos nuevos productos podrían mejorar la protección del medio ambiente actuando de una manera más propicia para la salud de los seres humanos y los animales. Los inmunoestimulantes son de gran interés en el cuidado de la salud y se han convertido en una de las áreas más activas de la investigación médica aplicada. Los inmunoestimulantes, que pueden promover e inducir una fuerte respuesta de defensa en el huésped, incluyen polisacáridos, hormonas, vitaminas, diferentes componentes de bacterias, materiales biológicamente activos, hierbas chinas y drogas sintéticas. Los inmunoestimulantes son fundamentales para provocar respuestas inmunitarias capaces de proporcionar una protección completa contra ciertos patógenos[90].

---

liver cyanocobalamin concentration of fingerling major carp, *Catla catla* (Hamilton). En: Aquaculture Nutrition. Diciembre, 2020. vol. 27, no. 2, p. 604-6014.

[88] ROWE, R; SHESKEY, P y QUIN, M. Handbook of Pharmaceutical Excipients. 6.ª ed. Londres: Pharmaceutical Press, 2009.

[89] BASKARALINGAM, Vaseeharan y RAJAGOPALAN, Thaya. Medicinal plant derivatives as immunostimulants: an alternative to chemotherapeutics and antibiotics in aquaculture. En: Aquaculture International. Noviembre, 2014. vol. 22, p. 1079-1091.

[90] Ibíd., p. 1079-1091.

De este modo, “en la acuicultura los inmunoestimulantes activan el sistema inmunológico de los animales acuáticos y mejoran su capacidad de resistencia a las enfermedades. La inmunidad celular y humoral constituyen los sistemas inmunitarios específicos de los peces. En los peces, la inmunidad celular incluye células fagocíticas, neutrófilos y linfocitos, mientras que la inmunidad humoral consiste en lisozima, hemolisina, inmunoglobulinas y moléculas del complemento”[91].

Por esta razón, en los peces, “los inmunoestimulantes mejoran la capacidad fagocítica de neutrófilos y linfocitos, estimulan la secreción de citocinas de los linfocitos, coordinan la inmunidad celular y humoral y evocan respuestas de anticuerpos y del complemento. Las tasas de crecimiento, las tasas de supervivencia y la resistencia a las enfermedades mejoran significativamente después de la adición de inmunoestimulantes en los sistemas de acuicultura. Estos efectos pueden estar relacionados con la diferente estructura y función de diferentes inmunoestimulantes”[92].

[91] Ibíd., p. 1079-1091.
[92] Ibíd., p. 1079-1091.

4. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. LOCALIZACIÓN

Este estudio se realizó en las instalaciones de la estación “PISCÍCOLA LÓPEZ” en sistema de jaulas flotantes, en la Laguna de la Cocha, vereda Mojondinoy, corregimiento del Encano, ver (Figura 1). “Ubicada a 27 kilómetros de la ciudad de Pasto, Departamento de Nariño, con coordenadas 1°06´00´´ Norte y 77°09´00´´ Oeste”[93]. “Presenta una altitud de 2800 msnm, temperatura promedio de 11 °C, precipitación de 2.200 mm anuales, con una longitud de 25 km, superficie de 41,5 km^2 de espejo de agua y una profundidad media de 75 metros”[94].

Figura 1. Estación Piscícola López, Vereda Mojondinoy, Corregimiento del Encano.

4.2. PERIODO DE ESTUDIO

Dentro de la investigación, la construcción e instalación de las unidades experimentales y la adquisición del material biológico tuvo una duración de 12 días. El trabajo experimental tuvo una duración de 35 días, tiempo en el cual se realizó el seguimiento, control de la especie y todas las actividades correspondientes al plan de manejo.

4.3. INSTALACIONES, MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS

4.3.1. Instalaciones. La estación “PISCÍCOLA LÓPEZ”, cuenta con 16 jaulas flotantes donde se utilizó la jaula N° 2 para el experimento, la cual tiene las

[93] CORPONARIÑO. Expediente OCSC-009-17. En: https://corponarino.gov.co/expedientes/calidadambiental/boletin/2017res112catq.pdf.

[94] GONZÁLEZ, *et al*. Efecto de la producción acuícola sobre las variables de calidad del agua del lago Guamuez. En: Revista Investigación Pecuaria. Junio, 2018, vol. 5 no. 1,. p. 1.

siguientes características: 25 metros de superficie, sistema de flotación con 8 tambores flotantes de 200 litros, malla de cáñamo de hilo de ¾ de pulgada de 100 m^3 aprovechables de columna de agua y está ubicada en una zona con una profundidad de 14 metros.

A continuación, se presenta los materiales, equipos e insumos utilizados durante la investigación:

4.3.2. Materiales.

- Recipientes plásticos
- Bandejas
- Nasas
- Baldes
- Tazas
- Bolsas herméticas
- Cucharas
- Cuchillos
- Cinta de enmascarar
- Pie de rey
- Tubos PVC 3 pulgadas
- Codos PVC 3 pulgadas
- Tee PVC 3 pulgadas
- Malla de hilo ½ de pulgada
- Malla de hilo de ¾ de pulgada
- Hilo cáñamo encerado
- Coladores
- Mesa
- Tanque de 1000 L
- Difusor
- Cilindro de Oxígeno
- Guantes de nitrilo
- Guantes de caucho
- Kit de disección
- Papel craf
- Tijeras
- Cordón
- Amarres plásticos
- Rótulos plásticos
- Agujas
- Velas
- Fósforos
- Probeta

4.3.3. Equipos.

- Balanza digital M&I 500 g ± 0,01 g
- Balanza digital Kalley 1k g ± 1 g
- pH-metro
- Ysi EcoSence® Do200a Medidor Oxígeno Disuelto
- Espectrofotómetro EcoSence® YSI-9300
- Conductímetro TDS&EC meter (hold)
- Estacionaria
- Disco de corte
- Computador
- Cámara fotográfica

4.3.4. Insumos.

- Concentrado 48% Agrinal
- Alevinos trucha arcoíris (5 gramos cada uno)
- Sal industrial
- Gelatina sin sabor
- Eugenol
- Alcohol
- Soldadura de PVC
- Timsen
- AQUA-LIVERPROT Protector hepático
- MODERGAN – AQUA Promotor de crecimiento

4.4. MATERIAL BIOLÓGICO

Se evaluó 6000 alevinos de trucha arcoíris, con un peso promedio inicial de 9 ± 0,93 g, una talla de 8,67 ± 0,43 cm y 132 días de edad, provenientes de la estación piscícola “LA MAR”, ubicada en la vereda Motilón, corregimiento del Encano, Nariño. En las instalaciones de trucha del proveedor se realizó el conteo de los especímenes y la verificación de las características biométricas indicadas.

4.5. PLAN DE MANEJO

4.5.1. Adecuación de Instalaciones y elaboración de unidades experimentales. Se desinfectó y lavó la jaula N° 2 de la unidad de cultivo con TIMSEN a una dosis de 800 ppm.

La elaboración de las doce unidades experimentales se hizo de la siguiente manera: se construyó tres bloques de 4 unidades experimentales, para cada bloque se utilizó 13 metros de PVC, accesorios (6 tee y 4 codos) de 3 pulgadas, posteriormente con

soldadura PVC se unió cada segmento de tubo para formar las unidades experimentales de 1 m^2, ver (Figura 2).

Figura 2. Estructura de las unidades experimentales.

De igual manera, se cortó una parte de malla de 3x4 metros para obtener el lado del fondo y los laterales del bloque. Para la división de una unidad experimental se cortó 1 m^2 de malla que tiene una dimensión de ojo de ½ pulgada, todas las partes de malla fueron cosidas con hilo cáñamo encerado, una vez formadas las divisiones, estas fueron sujetadas con cordón a la estructura PVC, ver (Figura 3).

Figura 3. Unión de malla a la estructura PVC.

Por último, se procedió a desinfectar, instalar y rotular en la unidad de cultivo, ver (Figura 4).

Figura 4. Instalación de unidades experimentales.

4.5.2. Selección y siembra de los organismos en las unidades experimentales.

4.5.2.1. Recepción de alevinos. Se desinfectó la jaula N° 1 de la unidad de cultivo disponible para su ingreso, para ello, se lavó y desinfectó con TIMSEN a una dosis de 800 ppm. Esta unidad de cultivo tiene un ojo de malla de ½ pulgada, con dimensiones de (3x5x5) metros de profundidad, largo y ancho respectivamente. El transporte de los animales se llevó a cabo en 2 tanques de 300 litros, con una duración de tiempo (40 minutos), desde la estación de origen a la estación de estudio. Posteriormente, se midió los parámetros fisicoquímicos para verificar que el trasporte se realizó con los parámetros de calidad de agua requeridos por la especie y así asegurar el bienestar animal, luego se ingresó los alevinos al lugar de estudio, ver (Tabla 7).

Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos iniciales.

Parámetro	Valor
Oxígeno (mg/L)	7,29
Temperatura (°C)	14,3
pH	7,5
Conductividad (µS/cm)	32

4.5.2.2. Periodo de aclimatación. Se hizo la medición de temperatura en la laguna, así mismo en los tanques donde fueron transportados los animales, con el propósito de igualar ambas temperaturas, para ello, se utilizó el método de mezcla de agua, subiendo 2 °C cada 30 minutos hasta lograr la temperatura del lugar de estudio. Posteriormente, se ingresó los alevinos de trucha arcoíris a la Jaula N° 1.

4.5.2.3. Tallaje, pesaje, selección y siembra. Previamente, se llevó a cabo un muestreo para conocer las características biométricas de peso y talla de los animales, una vez ejecutado la actividad, se realizó la selección de los animales que

se encontraban en el peso medio de la población, para ello, se empleó una nasa para extraer los animales hacia un recipiente plástico, y con la ayuda de un colador se seleccionó 6000 animales que cumplían con las características sanitarias requeridas para ser dispuestos 500 animales en cada unidad experimental, los animales que no cumplían con las características necesarias se regresaban a otra jaula. Los datos de peso y talla se encuentran en la sección de anexos (Anexo A).

Tabla 8. Peso y talla de trucha arcoíris.

	Peso (g)	Talla (cm)
Promedio	9	8,67
Desviación Estándar	0,93	0,43
Coeficiente de Variación	10,32%	4,97%

4.5.3. Preparación de alimento. Se desarrolló de la siguiente manera:

4.5.3.1. Inclusión de inmunoestimulantes a base de silimarina (*Silybum marianum*) y aminoácidos esenciales (Lisina HCL, DL- Metionina, Valina, Arginina, Leucina, Treonina, Triptófano, Betaina) más complejo multivitamínico (Cobre, Zinc, Vitamina E, Vitamina B12, Excipientes c.s.p) al alimento comercial. Se calculó la cantidad de alimento consumido al día según la proporción alimenticia, posteriormente se midió en una probeta 20 ml de agua y se pesó 0,62 gramos de aglutinante, luego en un recipiente plástico se agregó la cantidad de agua y se disolvió la cantidad de aglutinante, se mezcló y se dejó reposar por 1 hora. La cantidad de inmunoestimulante que se utilizó fue de acuerdo a las recomendaciones de la casa comercial la cual fue de 2 g/kg de alimento. En otro recipiente plástico se pesó la cantidad de alimento balanceado y se adicionó la cantidad de inmunoestimulante de manera uniforme, se mezcló por un tiempo de cinco minutos, este proceso se repitió para los dos tratamientos con inmunoestimulantes. En el caso del tratamiento control (sin inmunoestimulante), solo se agregó en el alimento balanceado la cantidad de aglutinante “Gelatina sin sabor” y se mezcló por un tiempo de 5 minutos, finalmente, del alimento mezclado de cada tratamiento se pesó la ración por cada unidad experimental en bolsas herméticas y se dejó secar por 1 hora, se guardó en un lugar fresco, seco y oscuro.

4.5.4. Alimentación. La ración utilizada se manejó siguiendo la tabla de EWOS de acuerdo al incremento de la biomasa obtenida en cada muestreo, ver (Anexo B). La ración diaria se dividió en 5 comidas, suministradas cada dos horas, de la siguiente manera: 8:00 am, 10:00 am, 12:00, 2:00 pm y 4:00 pm, realizando una distribución uniforme para asegurar su consumo.

4.5.5. Monitoreo de la calidad del agua. Se monitoreó diariamente, dos veces al día (8:00 am y 4:00 pm), temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg/L) con Ysi EcoSence® Do200a Medidor Oxígeno Disuelto, potencial de hidrógeno (pH) con el

pH-metro, conductividad (µS/cm) y sólidos disueltos totales (mg/L) con el Conductímetro TDS&EC meter (hold), tomándolos de manera general en la unidad experimental. Para el caso de nitritos (NO_2), nitratos (NO_3), amonio (NH_3), amoniaco (NH_4), alcalinidad ($CaCO_3$) y dureza ($CaCO_3$) la muestra fue tomada semanalmente de la unidad experimental y se midió con el Espectrofotómetro EcoSence® YSI-9300.

4.5.6. Muestreos. Se realizó semanalmente durante 35 días utilizando una nasa para extraer 25 alevinos al azar de cada réplica, luego en un recipiente se agregó 10 litros de agua y se aplicó eugenol a razón de 1 gota / 2 litros de agua, se mezcló, y en seguida se colocó los animales, para proceder a pesar y tallar con una balanza y pie de rey respectivamente. Después de efectuar la medición, los animales fueron trasladados a un tanque de recuperación con agua, 0.5 % de sal y oxígeno, donde permanecieron hasta retomar su propio nado, por último, se regresó los animales a sus respectivas unidades experimentales.

4.5.7. Control sanitario. Diariamente, se retiró y revisó los animales muertos para examinar la condición externa y así poder detectar la presencia de enfermedades. De igual manera se hizo una disección de un animal por cada réplica para observar la condición interna de los alevinos de trucha arcoíris.

4.5.8. Mantenimiento de unidades experimentales. Dos veces en semana se lavó las mallas de cada unidad experimental con una estacionaria. Este proceso tuvo una duración de 10 minutos por cada unidad experimental, y se realizó con el propósito de remover el material biológico y sedimentos que se acumulan en las mallas para garantizar una buena condición de calidad de agua y disminuir la proliferación de patógenos.

4.5.9. Tratamientos profilácticos. Se hizo tratamiento tres veces a la semana o si se observaba la presencia de algún patógeno, para ello, se llenó un tanque de 1000 litros con 800 litros de agua y una concentración de sal al 1,5%, luego se colocó una manguera difusora y se llevó a una saturación de 130%, posteriormente con una nasa se extrajo toda la población de una unidad experimental y se mantuvo los animales durante 5 minutos inmersos en la solución. Después de transcurrido este tiempo se regresó los animales a su respectiva unidad experimental. Este procedimiento se hizo para las 12 unidades experimentales.

4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se empleó un diseño experimental completamente al azar (DCA), en el que se aplicó tres tratamientos, cada uno con cuatro réplicas, para un total de 12 unidades experimentales: cada unidad experimental estuvo conformada por 500 alevinos de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

Los tratamientos se evaluaron de la siguiente manera:

T0= Alimento comercial sin inmunoestimulante.
T1= Alimento comercial + Inmunoestimulante comercial a base de silimarina (*Silybum marianum*).
T2= Alimento comercial + Inmunoestimulante comercial a base de aminoácidos esenciales + complejo multivitamínico.

El modelo matemático utilizado se representa bajo la siguiente expresión algebraica[95].

$$\boldsymbol{Y_{ij}} = \mu + T_i + \mathcal{E}_{j(i)} + n_{k(ij)}$$

Dónde:

Y_{ij}= Variable respuesta
μ= Media general del experimento
T_i= Efecto del i - ésimo tratamiento
$\mathcal{E}_{j(i)}$= Error experimental asociado a la j-ésima unidad experimental que recibe el i-ésimo tratamiento
$n_{k(ij)}$= Error de muestreo asociado a la K- ésima unidad experimental
k= Unidad observacional

4.6.1. Formulación de hipótesis. Se estableció de la siguiente manera:

Hipótesis nula (Ho). No existen diferencias significativas en el efecto medio de los tratamientos sobre las diferentes variables.

$$Ho: T_I = T_j \{ i \neq j$$

Hipótesis alterna (Ha). Por lo menos uno de los tratamientos tiene un efecto medio sobre las variables en evaluación.

$$Ha: T_I \neq T_j \{i; j = 1,2,3$$

4.6.2. Análisis estadístico. Para las variables estudiadas se realizó un análisis de datos para verificar el cumplimiento de los supuestos estadísticos de Normalidad, Homogeneidad de varianzas e independencia. Se encontró que la variable conversión alimenticia, no cumplió los supuestos para pruebas paramétricas, por lo tanto, se optó por hacer una prueba no paramétrica (*Kruskal Wallis*) y para la supervivencia una prueba de bondad de ajuste de chi-cuadrada.

Se evaluó las siguientes variables respuesta.

[95] SOLARTE, Carlos; GARCÍA, Hernán A e IMUEZ, Marco. Bioestadística: Aplicaciones en producción y salud animal, San Juan de Pasto: Editorial Universitaria – Universidad de Nariño, 2009. p. 304.

• **Peso Final.** "Es el peso de cada organismo obtenido al final de la evaluación"[96].

$$\boldsymbol{Pf} = \frac{\sum PM}{N° \; AM}$$

Dónde:

Pf= Peso final (g)
PM= Pesos de los muestreos (g)
N° AM= Número de animales totales muestreados

• **Talla Final.** Según Salas, *et al*[97], es la talla de cada organismo obtenida al final de la evaluación.

$$\boldsymbol{Tf} = \frac{\sum TM}{N° \; AM}$$

Dónde:

Tf= Talla final (cm)
TM= Tallas de los muestreos (cm)
N° AM= Número de animales totales muestreados

• **Incremento de Peso (IP).** De acuerdo con Montaña[98], es el aumento de peso que presentan los individuos durante el periodo de estudio y es la diferencia entre el peso final y el peso inicial.

$$\boldsymbol{IP} = Pf - Pi$$

Dónde:

IP= Incremento de peso (g)
Pf= Peso final (g)
Pi= Peso inicial (g)

---

[96] Sistemas de información software. Glosario de términos más usados en acuicultura. Fishfarmfeeder [sitio web]. [Consultado. 17 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://www.fishfarmfeeder.com/es/blog/glosario-terminos-mas-usados-acuicultura/.
[97] SALAS, Julbrinner, *et al*. Caracterización parasitaria de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y su efecto en la producción de la estación piscícola flotante Intiyaco, en el lago Guamuez (Nariño). En: Veterinaria y Zootecnia. Mayo-julio, 2014, vol. 8 no. 2,. p. 87-101.
[98] MONTAÑA, Camilo. Crecimiento y sobrevivencia en el levante de alevinos de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en sistemas cerrados de recirculación de agua. Trabajo de grado Biólogo Aplicado. Bogotá D.C.: Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ciencias, 2009. 39 p.

• **Incremento de Talla (IT).** Como dice Carrera[99], es el aumento de longitud que presentan los individuos durante el periodo de estudio y se obtiene mediante la diferencia entre la talla inicial y la talla final.

$$\boldsymbol{IT} = Tf - Ti$$

Dónde:

IT= Incremento de talla (cm)
Tf= Talla final (cm)
Ti= Talla inicial (cm)

• **Factor de Conversión Alimenticia (FCA).** Según Yapuchura, *et al*[100], es la relación entre la cantidad de alimento consumido y el incremento de biomasa obtenido al finalizar el periodo de estudio.

$$\boldsymbol{FCA} = \frac{CAC}{IB}$$

Dónde:

FCA= Factor de conversión alimenticia
CAC= Cantidad de alimento consumido (Kg)
IB= Incremento de Biomasa (Kg)

• **Supervivencia**. Como dicen Perdomo, *et al*[101] es la relación entre el número de animales finales y el número de animales iniciales en porcentaje (%).

$$\boldsymbol{S} = \left(\frac{N°\ Af}{N°\ Ai}\right) * 100$$

Dónde:

S= Porcentaje de supervivencia (%)
N° Af= Número de animales finales
N° Ai= Número de animales iniciales

---

[99] CARRERA, Segundo. Evaluación de dos densidades de siembra y dos fuentes de proteína (lombrices y vísceras de pollo) en la producción de trucha "arcoíris" (*Oncorhynchus mykiss*). Trabajo de grado Ingeniero en Administración y Producción Agropecuaria. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja, 2010. 43 p.

[100] YAPUCHURA, Cristóbal, *et al*. Curvas de crecimiento y eficiencia en la alimentación de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en el costo de producción. En: SciELO. Enero-junio, 2018, vol. 9 no. 1,. p. 3.

[101] PERDOMO, Daniel, *et al*. Efecto de la estrategia alimenticia en el desempeño productivo de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). En: Revista Científica. Julio, 2013. vol. 23, no. 4, p. 343.

• **Carga Final.** De acuerdo con Riascos, *et al*[102], es la biomasa final obtenida en el volumen de la unidad de cultivo.

$$\boldsymbol{Cf} = \frac{(Ppf * N° AT)}{V}$$

Dónde:

Cf= Carga final (Kg/m^3)
Ppf= Peso promedio final (Kg)
N° AT= Número de animales totales
V= Volumen (m^3)

• **Tasa de Crecimiento Térmico**. Según Arce[103], es el incremento diario de peso por cada unidad de temperatura.

$$\boldsymbol{C} = \frac{(Pf - Pi)}{(Tmd * T)}$$

Dónde:

C= Tasa de crecimiento térmico.
Pf= Peso final
Pi= Peso inicial
Tmd= Temperatura media diaria
T= Tiempo

• **Relación beneficio- costo aparente (RBC).** Como indican Martínez y Escorcia[104], es el índice que resulta de dividir los beneficios (flujo activo) entre los costos variables, a precios actuales de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$\boldsymbol{RCB} = \frac{B}{C}$$

[102] RIASCOS, Javier, *et al*. Modelo dinámico para estimar la capacidad de carga de cuerpos de agua con piscicultura. En: SciELO. Junio, 2012. vol. 15, no. 1, p. 135-145.
[103] ARCE, José. Determinación de la tasa de alimentación para tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1759) en condiciones comerciales corregida por el Coeficiente Térmico de Crecimiento. Trabajo de grado e Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio: Universidad de Costa Rica. Facultad de Ciencias Agroalimentarias, 2014. 16 p.
[104] MARTÍNEZ, Irma y ESCORCIA, Eveling. Análisis de rentabilidad de la producción de vacas lecheras (*Bosprimigenius taurus*) en la Quinta Doalmar de la comarca San Isidro del municipio de Camoapa en el período octubre a diciembre 2019. Trabajo de grado Licenciadas en Administración de Empresa con Mención en Agro negocios. Camoapa, Boaco, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria Sede Regional Camoapa Recinto Myriam Aragón Fernández, 2020. 21 p.

Dónde:

RCB= Relación benéfico-costo
B= Beneficio
C= Costos variables

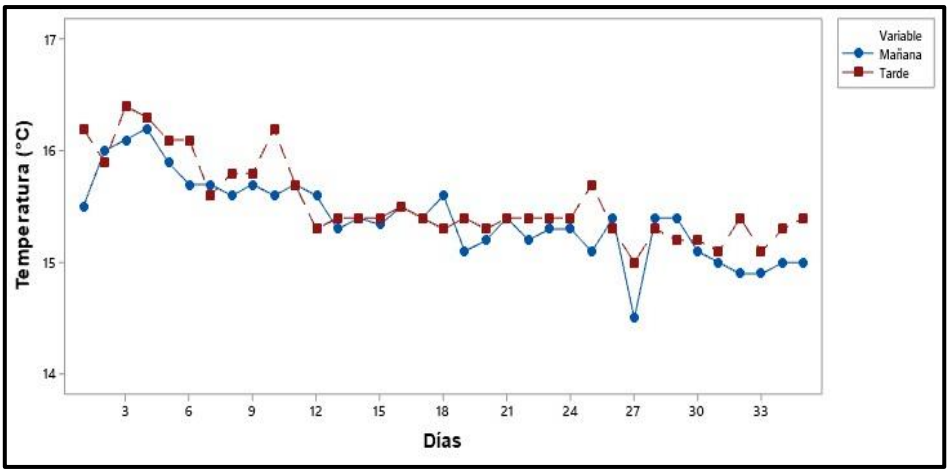
5. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA

Según Meneses y Paz[105], la calidad del agua, es un punto importante en el proceso de producción y debe ser controlada en los parámetros físicos, químicos y biológicos. Las condiciones fisicoquímicas del experimento se indican a continuación:

5.1.1. Temperatura. Durante la investigación, la temperatura para todos los tratamientos tuvo un valor promedio de 15,47 °C, (Figura 5) (Anexo C). De acuerdo con Lescano[106], la temperatura influye directamente en el crecimiento de las truchas, presentando diferencias muy notorias ante pequeños cambios de este parámetro. Así mismo en su trabajo informa que en Colombia, la temperatura óptima para la producción de esta especie es de 15 °C. De igual forma, Salamanca[107], comunica que los límites de la temperatura del agua en los cuales su crecimiento y desarrollo son los adecuados es entre los 9 y 17 °C. Por lo tanto, el valor obtenido en este estudio se encuentra dentro de lo establecido por dichos autores.

Figura 5. Comportamiento diario de temperatura.



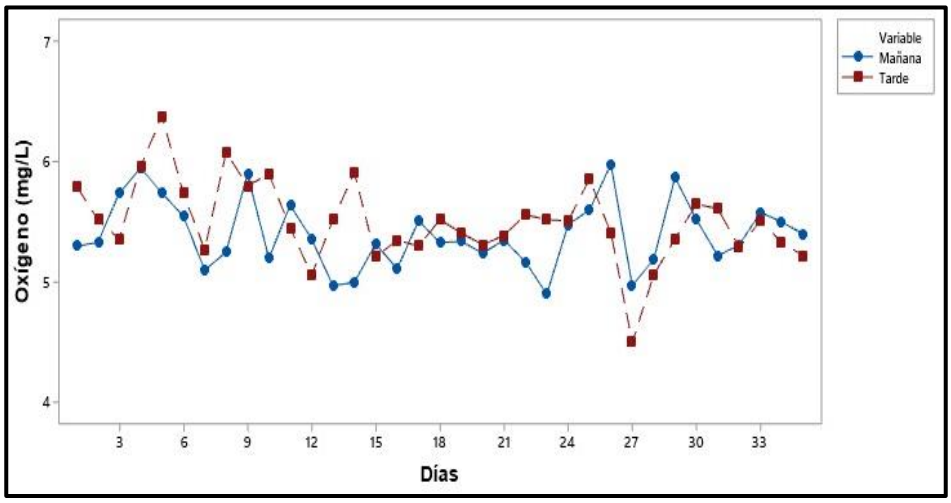
[105] MENESES, John Alexander y PAZ, Mario Fernando. Evaluación de los coeficientes de digestibilidad de dietas elaboradas con 10, 20 y 30% de extracto seco de hidrolizado de vísceras de pescado en el alevinaje de arawana plateada *(Osteoglossum bicirrrhossum, VANDELLI 1929)*. Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de recursos hidrobiológicos, 2013. 47 – 48 p.

[106] LESCANO, Gonzalo Fredy. Análisis económico de la producción y comercialización de trucha en la granja piscícola valle hermoso en el caserío artezón, ´Parroquia Pelileo Grande, Cantón Pelileo, Provincia de Tungurahua. Trabajo de grado Ingeniero en Administración y Producción Agropecuaria. Loja-Ecuador: Universidad Nacional de Loja, 2016. 15 p.

[107] SALAMANCA, Darwin Isacc. Inducción a la maduración sexual y desove de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arcoíris" por fotoperiodo en el Cipbs – Chucuito, una Puno. Trabajo de grado Licenciado en Biológica. Puno-Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Biológicas. Escuela Profesional de Bilogía, 2020. 39 p.

5.1.2. Oxígeno disuelto. El oxígeno durante el periodo de estudio tuvo un promedio de 5,45 mg/L para todos los tratamientos (Figura 6) (Anexo D). Según la FAO[108], el oxígeno para el cultivo de trucha arcoíris se encuentra en un rango de 7,5 – 12 mg/L, siendo 8,5 mg/L el valor óptimo para la especie. Igualmente, Cabra[109], en su investigación menciona que la trucha arcoíris es una de las especies que demanda mayor cantidad de oxígeno disuelto en el agua de 5 a 5,5 mg/L para su crecimiento y para alevinos según Melendes Vela Lindon[110], de 6 a 7 mg/L. De igual manera, Sierra y Molina[111], en su evaluación obtuvieron un resultado de 7 mg/L de oxígeno disuelto para alevinos de trucha arcoíris. Así mismo, Timmons, *et al*[112], establecen un oxígeno disuelto > 5 mg/L. Por lo anterior cabe mencionar que el valor obtenido durante el periodo experimental no se encontró dentro del requerimiento óptimo para la especie debido a que, en la laguna de la Cocha según López y Salas[113], fluctúa un rango de 5 a 7 mg/L de oxígeno disuelto.

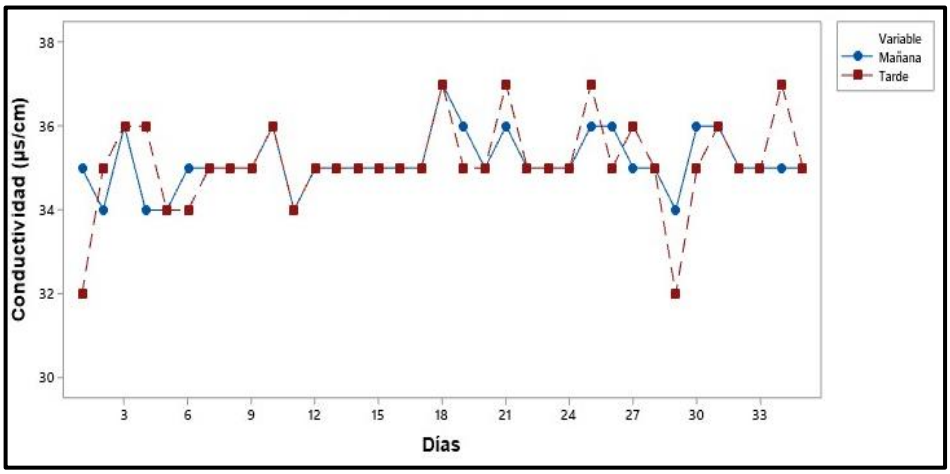
Figura 6. Comportamiento diario de oxígeno.



[108] FAO. Manual Práctico para el cultivo de trucha arcoíris. Guatemala, 2014. 6 p.
[109] CABRA, Erika Viviana. Caracterización y propuesta para la exportación de trucha arcoíris colombiana a Aruba. Trabajo de grado Ingeniera Comercial. Bogotá D.C.: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. Facultad de Ciencias Ambientales e Ingenierías, 2019. 39 p.
[110] MELENDES VELA LINDON. Seminario de Exportación de productos pesqueros. Ficha técnica, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2011. Disponible en: de https://docplayer.es/48792035-Universidadnacional-pedro-ruiz-gallo.html.
[111] SIERRA, Juanita y MOLINA, Jorge. Análisis biológico y en costo-efectividad del uso de métodos de oxigenación o aireación en el crecimiento de alevinos de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). En: Universidad de los Andes, p. 3.
[112] TIMMONS, M, *et al*. 2002. Recirculating Aquaculture Systems. 2ª Edición. Cornell University's Freshwater Institute. USA. 769 p.
[113] LÓPEZ, Jorge y SALAS, Julbrinner. Comparación fisicoquímica y biológica entre efluentes de la producción de trucha arcoíris y la condición limnológica del Lago Guamuez, Departamento de Nariño. En: Orinoquia. Agosto-noviembre, 2019, vol. 23 no. 2,. p. 87-96.

5.1.3. Conductividad. El comportamiento de la conductividad para todos los tratamientos estuvo en un promedio de 35,13 µS/cm (Figura 7) (Anexo E). Por lo tanto, Berguño[114], manifiesta que la trucha arcoíris puede crecer en un rango de conductividad de 20 a 500 µS/cm, de tal forma que el resultado obtenido en este estudio se encuentra dentro de lo citado anteriormente. Así también, Vásquez[115], informa que la conductividad en un rango de 543 a 853 µS/cm se consideran a las aguas de la zona de estudio como aptas para la crianza de trucha. Sin embargo, también señala que la mayoría de las especies acuáticas soportan bien las distintas concentraciones de sales disueltas en el agua. Además, menciona que la conductividad de las aguas de lago generalmente es baja; puede variar entre 50 y 1500 µS/cm; valores que excedan estos rangos pueden indicar que el agua no es adecuada para la vida de ciertas especies de peces. Por lo tanto, la conductividad es una medida generalmente útil como indicador de la calidad de aguas dulces.

Figura 7. Comportamiento diario de conductividad.

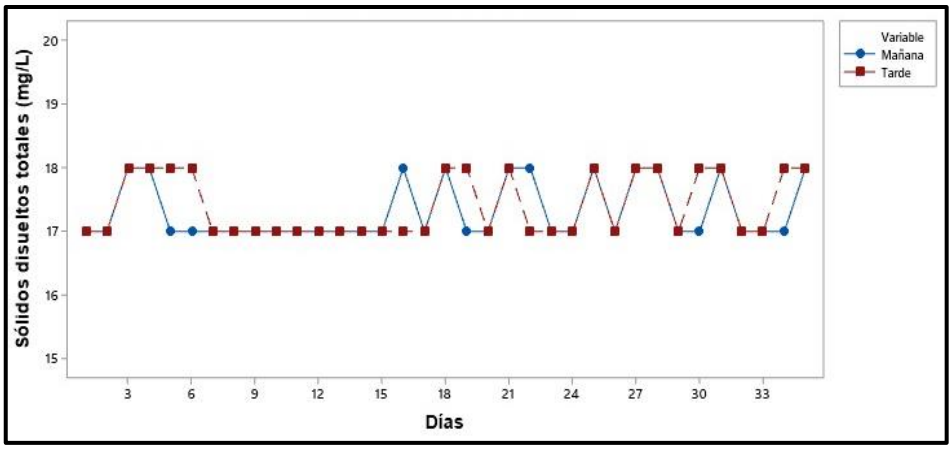


5.1.4. Sólidos disueltos totales. El valor promedio de sólidos disueltos totales para todos los tratamientos fue de 17,36 mg/L (Figura 8) (Anexo F). De acuerdo con Acero y Andrango[116], en su investigación informan que el límite máximo permisible de sólidos disueltos totales es < 400 mg/L. Igualmente, Choque[117],

[114] BERGUÑO. Op. cit., p. 17.
[115] VÁSQUEZ, Wilfredo; TALAVERA., María y GUEVARA, Marianela. Evaluación del impacto en la calidad de agua debido a la producción semi intensiva de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la laguna Arapa – Puno. En: Revista de la Sociedad Química del Perú. Marzo, 2016. vol. 80, no. 1, p. 1.
[116] ACERO, Jenny Paola y ANDRANGO, Amanda Sofía. Manejo integral sustentable en la producción de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en la comunidad el Carmelo, parroquia Ambuquí, cantón Ibarra, provincia Imbabura. Trabajo de grado Ingeniera en Recursos Naturales Renovables. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, 2019. 21 p.
[117] CHOQUE, Gladys Yesica. Determinación de parámetros físicos y químicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata. Trabajo de grado Bachiller en Ingeniería

menciona que el límite máximo de sólidos disueltos totales en laguna o lago para la producción de trucha arcoíris es < 300 mg/L. Por lo tanto, el valor obtenido en este ensayo se encuentra dentro del rango permisible por dichos autores.

Figura 8. Comportamiento diario de sólidos disueltos totales.



5.1.5. Alcalinidad. En el periodo de evaluación la alcalinidad tuvo un valor promedio de 29 mg/L de $CaCO_3$ para todos los tratamientos (Figura 9) (Anexo H). Por consiguiente, Huerta[118], en su proyecto de investigación da a conocer que la alcalinidad para el crecimiento de trucha se encuentra en un rango óptimo de 150 - 180 mg/L. Por otro lado, Timmons, *et al*[119], reportan que la alcalinidad debe encontrarse en un rango de 50 - 300 mg/L, por ende, los valores obtenidos en esta investigación están por fuera del rango óptimo para la especie.

Además, Arboleda[120] informa que la alcalinidad se refiere al valor de todas las bases presentes en el agua, las principales son el carbonato y el bicarbonato, estas sustancias son muy importantes, ya que actúan como buffer haciendo que la variación del pH en todo el día sea el menor posible, por lo general, el agua debe contener una alcalinidad mayor a 20 mg/L; aguas con baja alcalinidad poseen una variación brusca del pH que ocasiona estrés en los peces, sin embargo, el resultado obtenido en este estudio se encuentra dentro de lo señalado anteriormente.

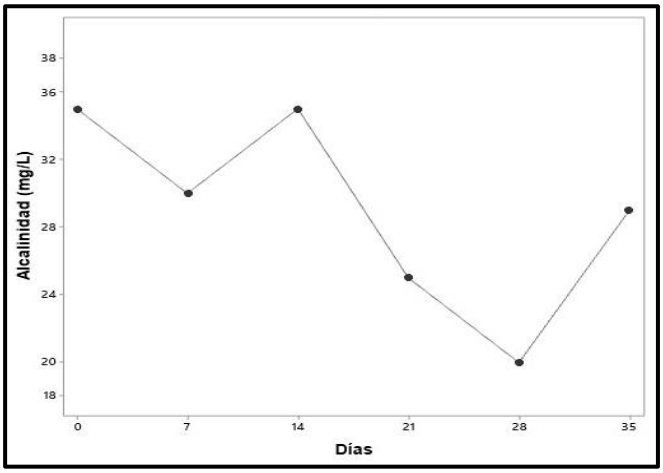
Ambiental. Puno – Perú: Universidad Privada San Carlos. Facultad de Ingenierías. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, 2021. 28 p.

[118] HUERTA, Ricardo Bonifacio. Bioacumulación de metales pesados procedentes de la contaminación minera en tejidos de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de los centros de producción en jaulas flotantes. Proyecto de Investigación. Juliaca, Perú: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, 2018. 11-12 p.

[119] TIMMONS, M.B., EBELING, J.M., PIEDRAHITA, R.H. 2009. Acuicultura en sistemas de recirculación. Cayuga Aqua Ventures LLC. NRACE Publication Nº 101.

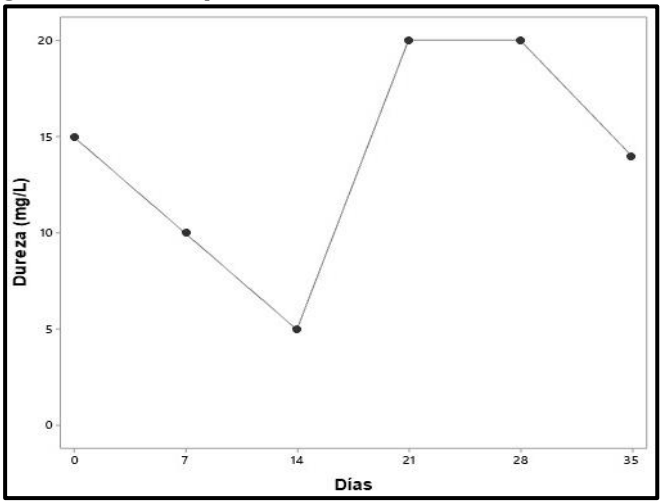
[120] ARBOLEDA, Duván. Limnología aplicada a la acuicultura. En: Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. Noviembre, 2006. vol. 7, no. 11, p. 7.

Figura 9. Comportamiento semanal de alcalinidad.



5.1.6. Dureza. El comportamiento de la dureza para todo el periodo de estudio en todos los tratamientos fue de 14 mg/L de $CaCO_3$ (Figura 10) (Anexo H). De acuerdo con Gallardo[121], en su estudio recomienda para la crianza de trucha arcoíris una dureza menor a 10 mg/L de $CaCO_3$ debido a que los peces para su buen crecimiento prefieren aguas blandas. Además, el resultado obtenido es relativamente muy bajo al reportado por Flores[122], quien estableció rangos de valores óptimos de 50-250 mg/L de $CaCO_3$ y Timmons, *et al*[123], quienes señalan valores > 100 mg/L de $CaCO_3$.

Figura 10. Comportamiento semanal de dureza.



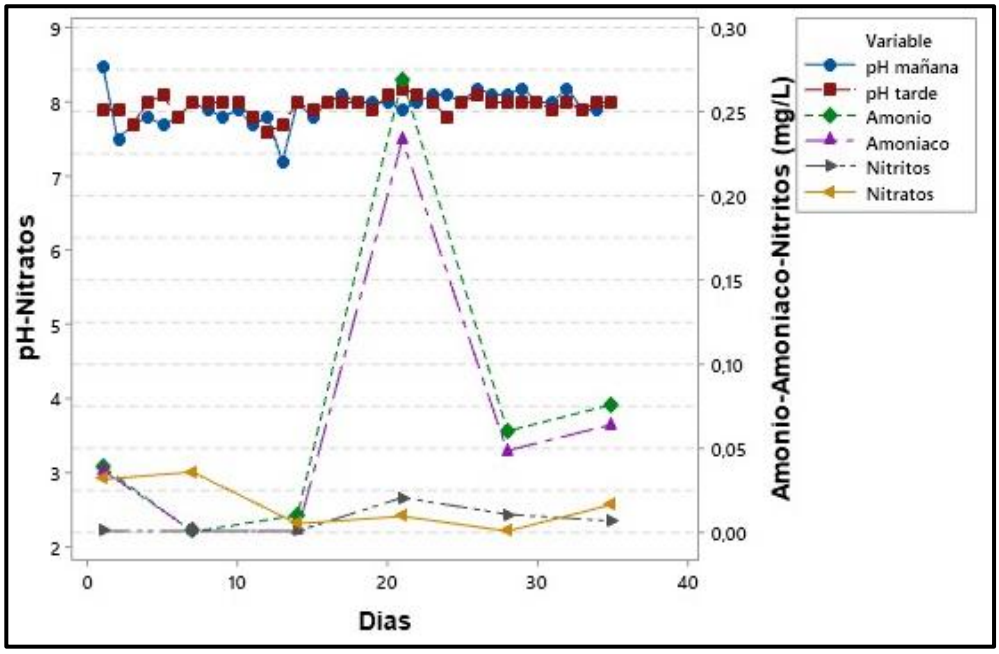
[121] GALLARDO, Edwar Marden, Diagnóstico situacional de la crianza de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en el distrito de Namora, provincia y departamento de Cajamarca. Tesis de grado Médico Veterinario. Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de Ciencias Veterinarias. Escuela Académico Profesional De Medicina Veterinaria, 2019. 9 p.

[122] FLORES, Mónica Nelba. Evaluación económica de la producción de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas, en el municipio de San Pedro de Tiquina, del Lago Titicaca. Tesis de Maestría. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía, 2017. 9 p.

[123] TIMMONS. Op. cit.

5.1.7. Relación de pH y compuestos nitrogenados (Amonio, Amoniaco, Nitritos y Nitratos). En la (Figura 11) se presentan los resultados de las variables mencionadas.

Figura 11. Comportamiento diario de pH y Comportamiento semanal de compuestos nitrogenados (Amonio, Amoniaco, Nitritos y Nitratos).



En la (Figura 11), se observa la relación de las variables pH, y compuestos nitrogenados (amonio, amoniaco, nitritos y nitratos) en función del tiempo y se puede identificar que durante el periodo comprendido entre los días 15 y 28, las variables se incrementaron de manera significativa debido a que se presentaron altas precipitaciones en el lugar de estudio lo que contribuyó al aumento de sólidos, materia orgánica, ingreso de químicos al agua por escorrentías y remoción de sedimentos del fondo de la unidad de cultivo por el fuerte flujo de agua, ya que cerca a la ubicación de la estación piscícola se encuentra una quebrada.

Por lo anterior, este fenómeno natural alteró las condiciones de calidad de agua de manera negativa lo cual incidió directamente en el bienestar de los animales, puesto que hubo una disminución del consumo de alimento, se generó estrés asociado a los parámetros de calidad de agua y se evidenció una baja temperatura influyendo en el metabolismo de los animales. Dichos sucesos afectaron el estudio, ya que los animales estuvieron expuestos a unas condiciones medioambientales adversas, sin embargo, después de este periodo los animales retomaron el comportamiento que tenían porque las condiciones de calidad de agua mejoraron, no obstante, dichos parámetros fisicoquímicos estuvieron por encima con respecto a los valores en los primeros días del periodo de estudio.

A continuación, se describe el comportamiento de las variables pH, amonio, amoniaco, nitritos y nitratos de manera individual.

5.1.8. pH. El promedio de pH fue de 7,95 para todos los tratamientos (Figura 11) (Anexo G). De acuerdo con la FAO[124], el rango de pH para la producción de trucha arcoíris es de 6,5 a 8,5, siendo 7 el valor óptimo para la especie, de igual manera Timmons*, et al*[125], establecen un rango de pH de 6,5 a 8,5, por ello el resultado obtenido se encuentra dentro de lo mencionado anteriormente. Además, Torres[126], señala que para un crecimiento óptimo de la trucha el pH debe estar entre 6.6 a 7.9, así mismo indica que las aguas con pH entre 8 y 10, ocasionan un crecimiento lento y provocan la muerte de las truchas.

5.1.9. Amonio. El promedio de amonio para todos los tratamientos fue de 0,076 mg/L de NH_4^+ (Figura 11) (Anexo H). El valor obtenido para este parámetro se encuentra por encima del reportado por Uribe[127], quien recomienda 0,012 mg/L de NH_4^+. Sin embargo, Flores[128] en su investigación manifiesta que el rango permisible de amonio es ≤ 1, por lo tanto, el resultado de este estudio se encuentra dentro del rango tolerable por la especie.

5.1.10. Amoniaco. Este parámetro tuvo un promedio de 0,0636 mg/L de NH_3 para todos los tratamientos (Figura 11) (Anexo H). El valor de este estudio se encuentra por encima del recomendado por Pucuhuaranga[129], quien establece un valor de 0,0011 mg/L de NH_3 y Timmons*, et al*[130], quienes informan que la concentración de amoniaco para acuicultura debe ser < 0,0125 mg/L. No obstante, Dolcemáscolo[131], informa que para los peces de aguas frías el amoniaco debe encontrarse en valores < 1 mg/L de NH_3, de tal manera que en esta investigación el amonio se mantuvo dentro del rango tolerable por la especie.

---

[124] FAO. Op. cit., p. 6.
[125] TIMMONS. Op. cit., p. 179.
[126] TORRES. Op. cit., p. 63.
[127] URIBE, José Enrique. Determinación de *Yersinia ruckeri* aisladas de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en una piscigranja de Chachapoyas – Amazonas. Trabajo de grado Médico Veterinario. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Medicina Veterinaria. Escuela profesional de Medicina Veterinaria, 2020. 11 p.
[128] FLORES, Alejandro Francisco. Desempeño Productivo del cultivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) bajo dos sistemas de aireación. Trabajo de grado Ingeniero Agropecuario. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas. Departamento de Ciencias de la vida y de la Agricultura, 2017. 54 p.
[129] PUCUHUARANGA. Luis Miguel. Estudio de prefactibilidad para la instalación de una piscigranja de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la Provincia de Junín. Trabajo de grado Ingeniero Agroindustrial. Junín, Perú: Universidad Nacional del Centro de Perú. Facultad de Ingeniería y Ciencias Humanas. Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, 2019. 84 p.
[130] TIMMONS. Op. cit.
[131] DOLCEMÁSCOLO, Juan Enrique. Gestión ambiental aplicada a la Acuicultura el estado de la piscicultura en Argentina y una propuesta de gestión. Tesis de Maestría. Buenos Aires: Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Escuela de Postgrado, 2020. 137 p.

5.1.11. Nitritos. En el periodo de estudio, este parámetro tuvo un promedio para todos los tratamientos de 0,006 mg/L de NO_2 (Figura 11) (Anexo H). El valor obtenido se encuentra de acuerdo a lo reportado por Cuesta[132], quien recomienda un rango no mayor de 0,055 mg/L, de igual forma, Morales[133] y Timmons, *et al*[134], quienes establecen para el crecimiento de trucha un rango menor a 0,1 mg/L de NO_2.

5.1.12. Nitratos. El comportamiento de nitratos para todos los tratamientos fue de 2,56 mg/L de NO_3, (Figura 11) (Anexo H) de tal manera que se encuentra dentro del rango de valores óptimos requerido para la producción de trucha arcoíris, el cual debe ser según Campos y Díaz[135] no mayor a 100 mg/L, por otra parte, Barros y Gamez[136], manifiestan que la concentración de nitratos en el agua para trucha es hasta 10 mg/L. Así mismo, Timmons, *et al*[137], reportan que el rango de nitratos para la producción de esta especie es de 0 – 400 mg/L de NO_3.

5.2. EVALUACIÓN DE VARIABLES

En esta investigación, se estableció los resultados de las variables evaluadas según los objetivos específicos tales como: incremento de peso, incremento de talla, conversión alimenticia, supervivencia, carga final, tasa de crecimiento térmico y relación beneficio - costo, las cuales describieron el comportamiento de los animales y el proceso productivo durante los 35 días, así mismo se realizó el análisis parcial de costos para identificar la viabilidad económica de cada tratamiento. Los resultados obtenidos se indican de la siguiente manera.

5.2.1. Peso final. La variable peso promedio para el día 0 del experimento inicio con 9 g ± 0,93. Al día 35, la variable peso promedio registró para el tratamiento: T0: 25,52 g ± 3,44, T1: 25,56 g ± 2,66 y T2: 26,63 g ± 2,78, encontrando que no existen diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($p>0,05$) (Anexo I y J), como se indica a continuación, ver (Tabla 9, Figura 12).

---

[132] CUESTA, Eduardo. Estudio, diagnóstico y propuesta de creación de MIPYMES o Asociación en la Parroquia Imbana para la industrialización del proceso productivo de la trucha. Tesis de Maestría. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2016. 23 p.

[133] MORALES. Op. cit., p. 23.

[134] TIMMONS. Op. cit.

[135] CAMPOS, Juana Maura y DÍAZ, Adelaida. La piscigranja, como una estrategia pedagógica que contribuye a entender la problemática ambiental. Trabajo de grado Licenciado en Educación con Mención Biología y Química. Cerro de Pasco, Perú: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Facultad de Ciencias de la Educación. Escuela de Formación Profesional de Educación Secundaria. 2020, 61 p.

[136] BARROS, Carmen Patricia y Gamez Vilmar Enrique. Determinación de la concentración letal media (Cl50-96) del glifosato roundupr 747sg, por medio de bioensayos utilizando alevinos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Trabajo de grado Ingenieros Ambientales y Sanitarios. Bogotá D.C.: Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, 2008, 23 p.

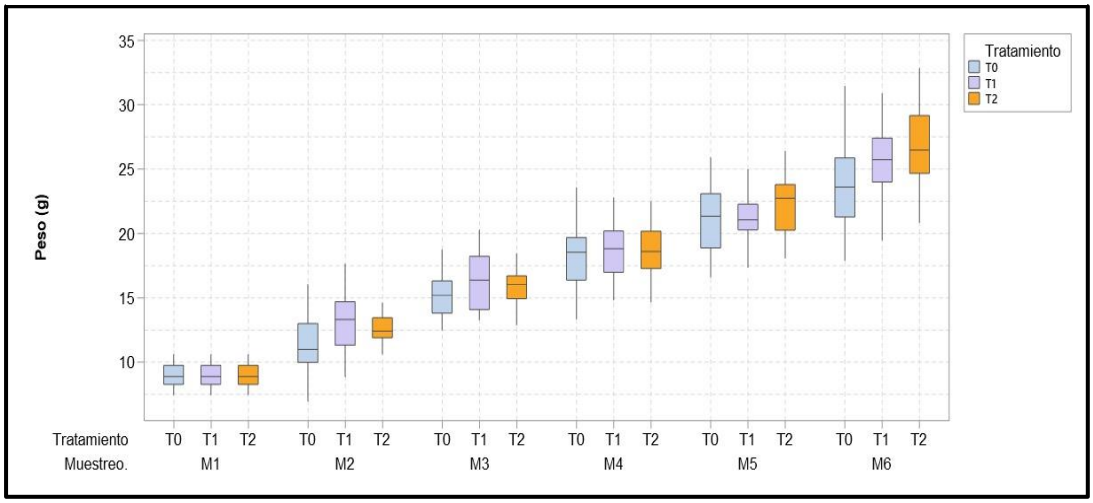
[137] TIMMONS. Op. cit.

Tabla 9. Resumen estadístico peso final (g).

Tratamiento	T0	T1	T2
Media	25,52*	25,56*	26,63*
Desviación estándar	3,44	2,66	2,78
Coeficiente de variación	14,62%	10,41%	10,44%

*** No denota una diferencia estadísticamente significativa.**

Figura 12. Comportamiento del peso en los días 1, 7, 14, 21, 28 y 35.



Los resultados que se observan en la Tabla 9, son similares según lo señalado por Mariluz[138], quien obtuvo en 30 días de evaluación un peso final de (27,54 g ± 3,81), a una temperatura promedio de 17 °C, dos grados por encima a la de esta investigación. No obstante, Porras[139], informa que en un periodo de tiempo igual a esta evaluación obtuvo un peso final de (21,60 g ± 3,27) inferior al peso encontrado en este estudio, debido a que la temperatura se mantuvo en 12 °C, afectando su tasa metabólica y reduciendo el consumo de alimento. Por consiguiente, el servicio estadístico pesquero colombiano (SEPEC)[140], manifiesta que en la fase de alevinaje de 30 a 45 días, los alevinos pasan de 5 a 30 – 60 g. De tal manera que los datos de esta evaluación se encuentran dentro del rango establecido.

Además, es importante mencionar que el coeficiente de variación más bajo se presentó en el T1 y T2 porque los animales de estos tratamientos al final del periodo

[138] MARILUZ, Arnulfo Antonio. Uso de prebióticos como promotores del crecimiento en el cultivo de alevines de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Informe de Investigación: Universidad Nacional de Callao: Callao, 2020. N.º 1077-2019 R.

[139] PORRAS. Op. cit., p. 57.

[140] Servicio estadístico pesquero colombiano (SEPEC). Producción acuícola en los dos sitios piloto monitoreados por el Sepec durante el año 2015: Hobo (Huila) y Silvia (Cauca). Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP). Bogotá D.C. 10 p.

de estudio lograron una distribución más homogénea de pesos con respecto a los animales del T0.

5.2.2. Talla final. La variable talla promedio para el día 0 del experimento inicio con 8,67 cm ± 0,43. Al día 35, la variable talla promedio registró para el tratamiento: T0: 12,10 cm ± 0,56, T1: 12,15 cm ± 1,00 y T2: 12,23 cm ± 0,85, encontrando que no existen diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza (p>0,05) (Anexo K y L), como se indica a continuación, ver (Tabla 10, Figura 13).

Tabla 10. Resumen estadístico talla final (cm).

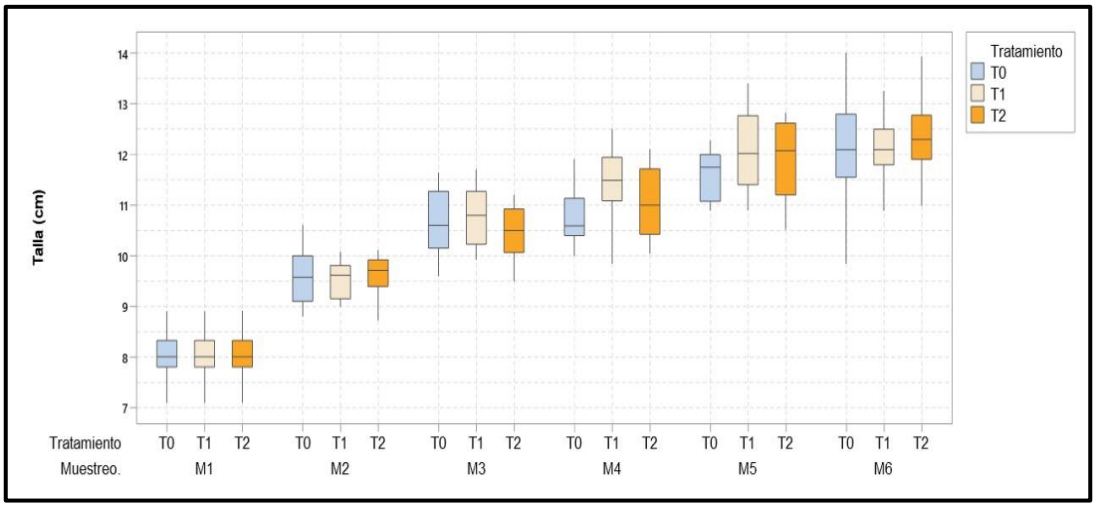
Tratamiento	T0	T1	T2
Media	12,10*	12,15*	12,23*
Desviación estándar	0,56	1,00	0,85
Coeficiente de variación	4,59%	8,23%	6,96%

*** No denota una diferencia estadísticamente significativa.**

En la Tabla 10, cabe destacar que el menor coeficiente de variación lo obtuvo el T0, debido a que posiblemente en el T1 y T2, los inmunoestimulantes potencializaron el crecimiento (ganancia de longitud) de las cabezas del lote, por lo cual el coeficiente de variación incrementó.

Por lo anterior, cuando una dispersión es alta, se pierde el crecimiento homogéneo por competencia entre los animales grandes, medianos y pequeños, además de un aumento de conversión alimenticia. Por tal razón, obliga a realizar selecciones que conllevan aumentar los niveles de stress (aumento de cortisol) y el porcentaje de eliminados como colas de lote, debido a que se disminuye la homogeneidad.

Figura 13. Comportamiento de la talla en los días 1, 7, 14, 21, 28 y 35.



Durante todos los muestreos realizados se observó que los resultados de talla final tienden a mantenerse similares entre ellos, además se percibe que después del muestreo 4 (21 días) todos los tratamientos presentaron un comportamiento homogéneo de ganancia de talla con respecto a los muestreos iniciales (muestreos 1,2 y 3).

Así mismo, los resultados obtenidos en la presente investigación se encuentran en el rango que establece el Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES)[141], quien informa que en un periodo de 30 días los alevinos alcanzan una longitud de 8 a 12 cm. De igual manera Quimbiamba[142], menciona que los valores obtenidos en su investigación se encuentran por encima de los reportados en esta evaluación debido a que se obtuvo un peso mayor con una talla menor a la citada. Igualmente, Torres[143], en su experimento en un periodo de tiempo similar encontró una talla final de 12,70 cm, valor acorde a los reportados en este estudio.

5.2.3. Incremento de peso. La variable peso promedio semanal registró para el tratamiento: T0: 2,98 g ± 0,32, T1: 3,38 g ± 1,11 y T2: 3,56 g ± 0,52, donde no se encontraron diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($p>0,05$) (Anexo M, N y O). Al día 35, registró el mayor incremento el T2, seguido del T1 y T0. (Tabla 11, Figura 14).

Tabla 11. Resumen estadístico incremento de peso (g).

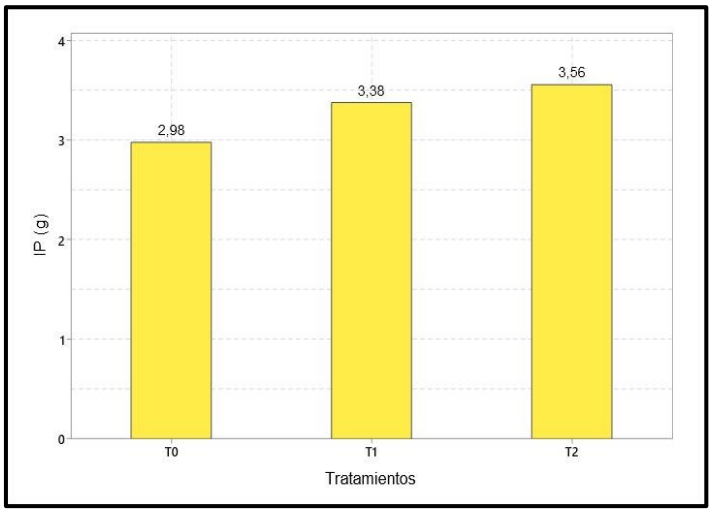
Incremento de peso (g/día)			
	T0	**T1**	**T2**
Media	0,44	0,51	0,53
Desviación estándar	0,06	0,2	0,12
Coeficiente de variación	0,13	0,4	0,22
Incremento de peso (g/semanal)			
	T0	**T1**	**T2**
Media	2,98	3,38	3,56
Desviación estándar	0,32	1,11	0,52
Coeficiente de variación	0,11	0,33	0,15

[141] Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES). Manual de crianza de trucha en ambientes convencionales. Octubre, 2014.

[142] QUIMBIAMBA, Eddy Fernando. Crecimiento y eficiencia alimentaria de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de crecimiento con sustitución parcial de alimento balanceado por sangre de bovinos, Cayambe – Ecuador 2008. Trabajo de grado Ingeniero Agropecuario. Cayambe, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, 2009. 79 p.

[143] TORRES, Reynaldo Jesús. Adaptabilidad de tres variedades de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) procedentes de ovas importadas de diferentes países, cultivados en jaulas flotantes, bajo las mismas condiciones, en la represa San José de Uzuña, Polobaya-Arequipa. Trabajo de grado Ingeniero Pesquero. Arequipa – Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Facultad de Ciencias Biológicas. Escuela Profesional de Ingeniería Pesquera, 2021. 67 p.

Figura 14. Incremento de peso por tratamiento.



Los resultados obtenidos se encuentran dentro de lo reportado por Martínez citado por Gómez y Barrera, quien indica que "la ganancia de peso diaria de trucha arcoíris durante un periodo de 60 días es aproximadamente 1 g/día"[144]. Igualmente, es importante mencionar que el incremento de peso final para cada tratamiento durante todo el periodo de estudio fue de T0: 16,52 g, T1: 16,56 g y T2: 17,63 g, resultados mejores a los reportados por Rosales[145], quien establece un incremento de peso final de 12,22 g, en un periodo de tiempo mayor a esta investigación.

5.2.4. Incremento de talla. La variable incremento de talla semanal registró para el tratamiento: T0: 0,76 cm ± 0,47, T1: 0,81 cm ± 0,54 y T2: 0,86 cm ± 0,50 (Anexo P y Q). Mediante el análisis de varianza ANOVA se pudo determinar que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con un 95% de confiabilidad (p>0,05) (Tabla 12, Figura 15).

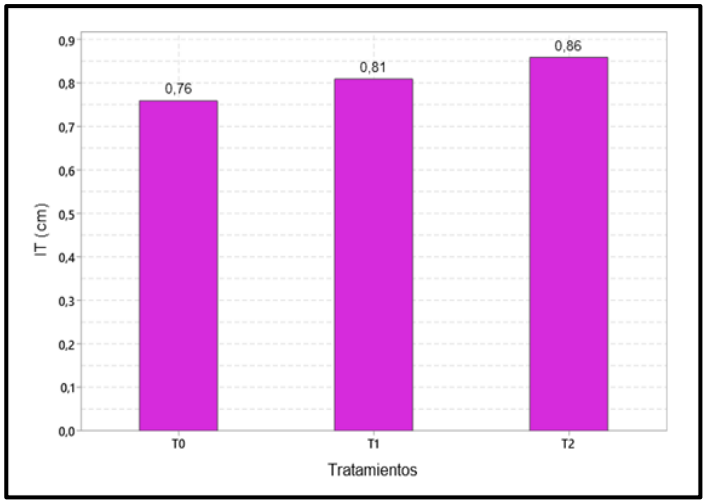
[144] MARTÍNEZ, A. Evaluación de cría, levante y engorde de trucha arcoíris en Colombia, Citado por GÓMEZ, Jorge y BARRERA, Germán. Análisis de factibilidad técnica y financiera de una granja productora de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*, utilizando sistema de recirculación, en Madrid, Cundinamarca. Trabajo de grado Zootecnista. Bogotá D.C.: Universidad de la Salle. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2020, 61 p.

[145] ROSALES, Edith Helena. Evaluación de índices productivos en truchas sometidas a cuatro frecuencias de alimentación en la piscigranja. Trabajo de grado Ingeniero Zootecnista. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro de Perú. Facultad de Zootecnia, 2016. 28 p.

Tabla 12. Resumen estadístico incremento de talla (cm).

Incremento de talla (cm/día)			
	T0	**T1**	**T2**
Media	0,11	0,12	0,13
Desviación estándar	0,07	0,08	0,07
Coeficiente de variación	0,62	0,67	0,55
Incremento de talla (cm/semanal)			
	T0	**T1**	**T2**
Media	0,76	0,81	0,86
Desviación estándar	0,47	0,54	0,50
Coeficiente de variación	0,62	0,67	0,57

Figura 15. Incremento de talla por tratamiento.



Los resultados que se lograron en este ensayo son similares a lo reportado por Salas, *et al*[146], donde informan que el incremento de talla diario de trucha arcoíris es de 0,13 cm/día. Por otro lado, la FAO citado por Tocain[147], expresan que el incremento de talla es de 2,8 cm a 5 cm para la fase de alevinaje, valor acorde al obtenido en el incremento de talla final durante todo el periodo de estudio para cada tratamiento T0: 3,43 cm, T1: 3,48 cm y T2: 3,56 cm.

5.2.5. Factor de conversión alimenticia. Se obtuvo una conversión alimenticia

[146] SALAS, Julbrinner, *et al.* Caracterización parasitaria de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y su efecto en la producción de la estación piscícola flotante Intiyaco, en el lago Guamuez (Nariño*).* En: Veterinaria y Zootecnia. Julio, 2014. vol. 8, no. 2, p. 96.

[147] FAO. Citado por TOCAÍN, Diego. Reversión sexual en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) mediante la aplicación de la hormona masculizante 17 A-metiltestosterona en alevines ginogeneticos. Trabajo de grado Ingeniero Agropecuario. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, 2019. 42 p.

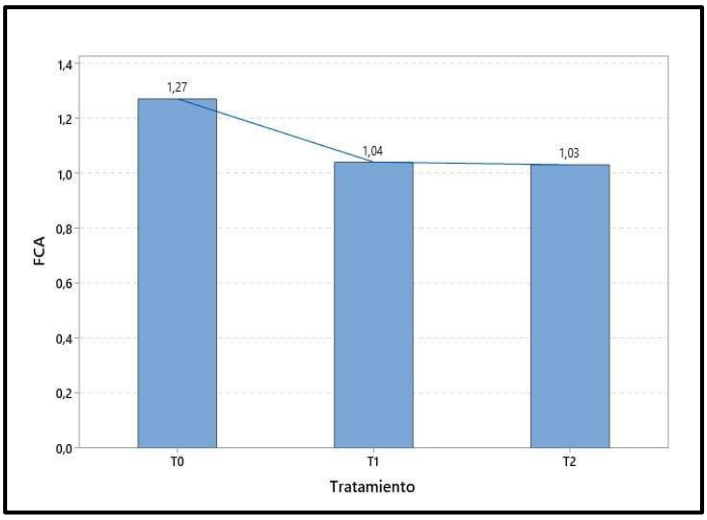
para cada tratamiento de T0: 1,27 ± 0,12, T1: 1,04 ± 0,07 y T2: 1,03 ± 0,07 (Tabla 13, Figura 16) (Anexos R, S y T). Por medio de la prueba estadística de *Kruskal Wallis* se logró determinar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos con un 95% de confiabilidad entre los tratamientos (p>0,05) (Anexo N).

Tabla 13.Resumen estadístico factor de conversión alimenticia.

Tratamiento	T0	T1	T2
Media	1,27*	1,04*	1,03*
Desviación estándar	0,12	0,07	0,07
Coeficiente de variación	0,1	0,06	0,06

*** No denota una diferencia estadísticamente significativa.**

Figura 16. Factor de conversión alimenticia.



Según León[148], en su investigación obtuvo una conversión alimenticia de 1,1 en etapa de pre alevinaje, en cambio, esta evaluación se desarrolló en la etapa de alevinos a juveniles donde se obtuvo una conversión alimenticia promedio de 1,27 en el tratamiento control, valor mayor porque en la etapa de pre alevinaje los animales suelen captar plancton del medio acuático. De igual modo, Flores[149], obtuvo una conversión alimenticia promedio de 1,07, valor ligeramente mayor al resultado obtenido en el T1 y T2 de este ensayo, debido a que se utilizó animales de mayor tamaño. De la misma forma, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo

[148] LEÓN, Cliver Abad. Evaluación de las concentraciones del suplemento de péptidos sobre parámetros productivos de *Oncorhynchus mykiss* trucha arcoíris en Pomata – Puno. Trabajo de grado Licenciado en Biología. Puno – Perú: Universidad Nacional del Altiplano de Puno. Facultad de Ciencias Biológicas. Escuela Profesional de Biología, 2019. 44 p.

[149] FLORES, María Daney. Crecimiento de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) producidas con alimento fresco y balanceado en jaulas flotantes, muelle barco lago Titicaca. Trabajo de grado Licenciada en Biología. Puno – Perú: Universidad Nacional del Altiplano-Puno. Facultad de Ciencias Biológicas. Escuela Profesional de Biología, 2014. 39 p.

Rural[150], menciona que, en condiciones normales de alimentación y manejo, la trucha arcoíris presenta una conversión alimenticia de 1,3, siendo los resultados de esta evaluación mejores al valor citado.

Además, Villa[151], señala que una buena conversión alimenticia por lo general viene dada de 1,1 a 1,25, valores por encima a los mencionados implican ciertos problemas como manejo y temperatura. Por esta razón, los valores encontrados cumplen con lo mencionado por dicho autor.

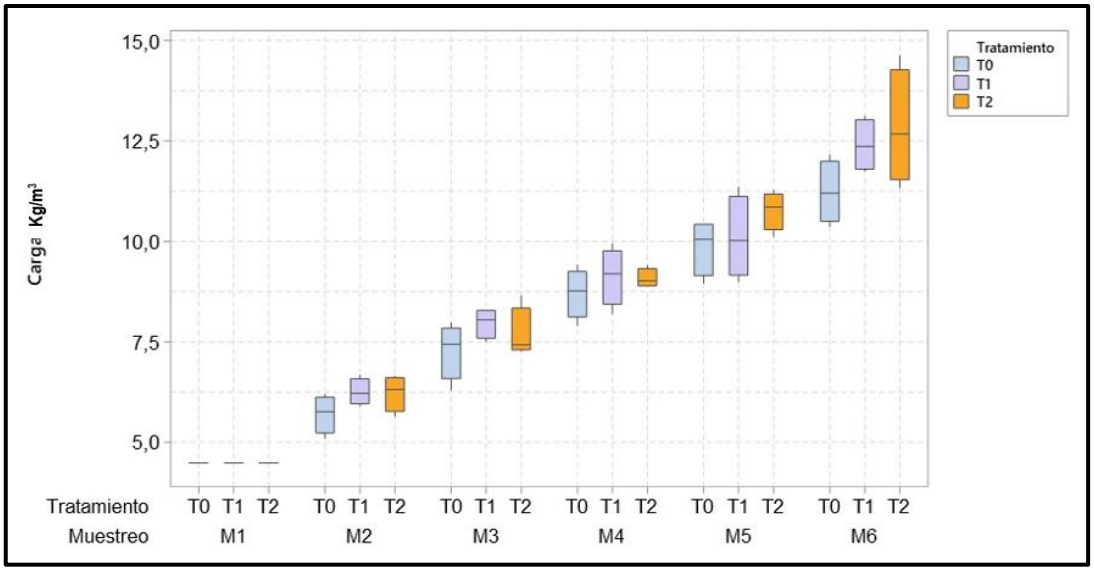
5.2.6. Carga final. La variable carga final para cada uno de los tratamientos fue de T0: 11,24 kg/m^3 ± 0,77, T1: 12,41 kg/m^3 ± 0.65 y T2: 12,84 kg/m^3 ± 1,42, encontrando que no existen diferencias estadísticas significativas de acuerdo al análisis de varianza (p>0,05) (Tabla 14, Figura 17), (Anexo U).

Tabla 14. Resumen estadístico carga final (kg/m^3).

Tratamiento	T0	T1	T2
Media	11,24*	12,41*	12,84*
Desviación estándar	0,77	0,65	1,42
Coeficiente de variación	6,85%	5,24%	11,06%

*** No denota una diferencia estadísticamente significativa.**

Figura 17. Carga final.



[150] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Costos de producción tilapia y trucha. [Consultado: 24 de septiembre de 2021], Disponible en: https://sioc.minagricultura.gov.co/DocumentosContexto/A1311COSTOS%20TRUCHA%20Y%20TILAPIA.pdf.

[151] VILLA. Op. cit., p. 55.

Los valores registrados en esta investigación se encuentran por encima de los reportados por el Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero[152], donde menciona que en la fase de alevinaje la capacidad de carga puede fluctuar entre 6 – 8 Kg/m^3. De igual manera por citación de los autores la empresa Truchas Santa Teresa dedicada a la producción intensiva de trucha arcoíris en la laguna de la Cocha categorizada como una de las empresas de mayor producción tiene establecido dentro de su proceso productivo una carga menor a 6 kg/m^3 en animales de 3 – 30 g de peso. Igualmente, Benalcazar citado por Zambrano[153], informa que la capacidad de carga para la fase de alevinaje es de 7,83 kg/m^3 en animales de 12 cm.

Por lo anterior, se menciona que, durante la evaluación, a partir del tercio final del estudio se superaron las cargas normales que se manejan en el cultivo, debido a que se inició con una carga más alta de lo normal (<6 kg/m^3), además de la rápida ganancia de peso que tienen las truchas en la fase de alevinaje. Sin embargo, según la FAO[154], utilizar un valor mayor de densidad de carga (mayor número de peces por unidad de área o volumen), hace más propicia la aparición de enfermedades induciendo a condiciones de estrés, debilitando el sistema inmunológico y estimulando una mayor propagación de los patógenos, ya que les resulta más fácil encontrar hospederos (peces).

5.2.7. Tasa de crecimiento térmico. Se obtuvo una tasa de crecimiento térmico para cada tratamiento de T0: $3{,}04X10^{-02}$, T1: $3{,}33X10^{-02}$ y T2: $3{,}93X10^{-02}$. Mediante el análisis de varianza ANOVA se pudo determinar que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con 95% de confiabilidad (p>0,05) (Anexo V, W y X), (Tabla 15, Figura 18).

Tabla 15. Resumen estadístico tasa de crecimiento térmico.

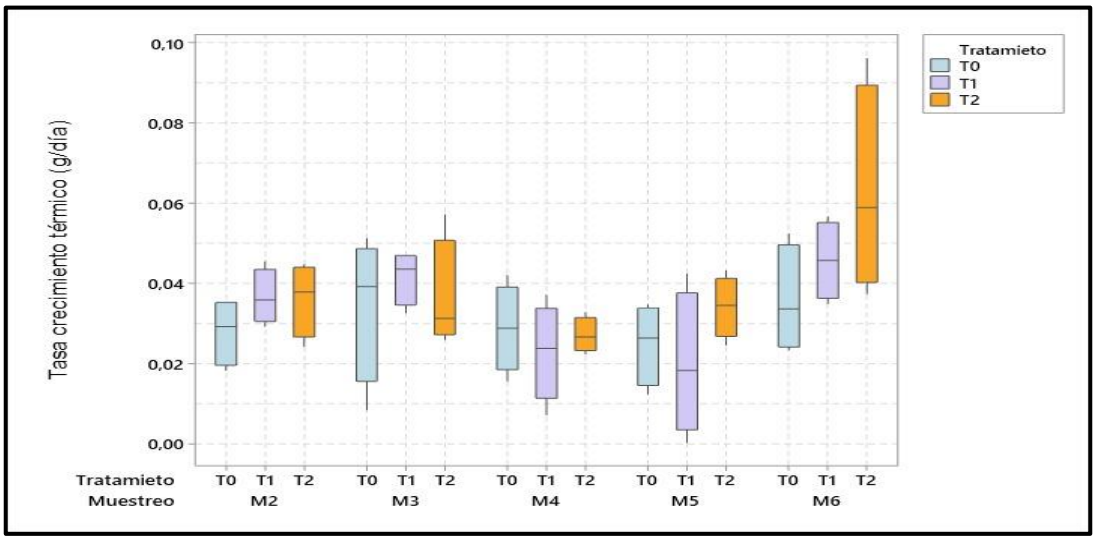
Tratamiento	T0	T1	T2
Media	$3{,}04X10^{-02*}$	$3{,}33X10^{-02*}$	$3{,}93X10^{-02*}$
Desviación estándar	$4{,}59X10^{-03}$	$11{,}46X10^{-02}$	$13{,}68X10^{-02}$
Coeficiente de variación	$15{,}08X10^{-01}$	$34{,}32X10^{-01}$	$34{,}75X10^{-01}$

*** No denota una diferencia estadísticamente significativa.**

[152] Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero. Op. cit., p. 36.
[153] BENALCAZAR, Luis. Proyecto producción comercial de truchas comuna “Jamanco”. Citado por ZAMBRANO, Leticia. Proyecto de factibilidad para la producción y comercialización de trucha arcoíris en la parroquia de Papallacta, Cantón Quijos, Provincia del Napo. Trabajo de grado Ingeniero Comercial con Especialización en Administración de Empresas. Quito: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, 2013. 172 p.
[154] FAO. Op. cit., p. 41.

En la Tabla 15, los resultados que se lograron se encuentran por encima de los reportados por Mariluz[155], quien en su investigación obtiene un resultado de tasa de crecimiento térmico para alevinos de trucha arcoíris de 1,86 x 10^{-3} a una temperatura de 17 °C, temperatura del agua en la cual su crecimiento y desarrollo es más rápido. Por otro lado, Berguño[156], manifiesta que los valores de referencia de la tasa de crecimiento térmico para la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) van de 1,52 x 10^{-3} a 1,73 x 10^{-3} con temperaturas entre 15 – 17 °C que son temperaturas óptimas para la especie.

Figura 18. Tasa de crecimiento térmico por tratamiento.



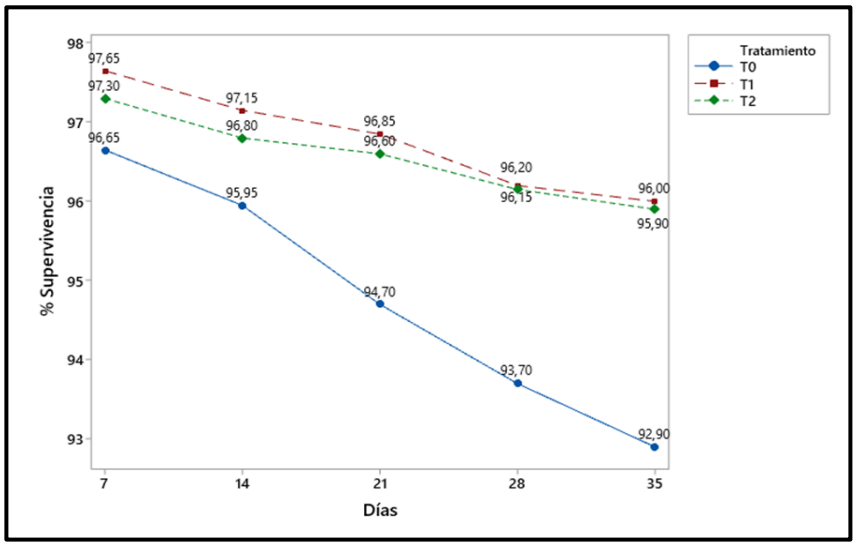
La tasa de crecimiento térmico fue constante y con una tendencia a subir en los muestreos 1, 2 y 3 (días 1, 7 y 14), a partir del muestreo 4 y 5 (días 21 y 28), la tasa de crecimiento térmico fue menor, debido a que en primer lugar se presentó una disminución de la temperatura en el cuerpo de agua, lo cual disminuye el metabolismo e incide en el bajo consumo de alimento, afectando el crecimiento de los peces, en segunda instancia, en el mismo periodo de tiempo mencionado se presentaron altas precipitaciones en la zona de estudio que conllevó al aumento de pH y compuestos nitrogenados (amonio, amoniaco, nitritos y nitratos) en el agua como se detalla en la (Figura 11).

5.2.8. Supervivencia. Durante los 35 días del experimento el mejor resultado en la variable supervivencia total se presentó en el T1: 96 %, seguido del T2: 95,90 % y por último el T0: 92,90 %, (Figura 19). Sin embargo, de acuerdo con prueba de

[155] MARILUZ. Op. cit., p. 54.
[156] BERGUÑO, Álvaro Alexis. Crecimiento de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) bajo cultivo con agua del manantial de Puelen, la Pampa. Tesis de grado Ingeniero en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Santa Rosa, La Pamba: Universidad Nacional de la Pamba. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 2008. 15 p.

bondad de ajuste de chi-cuadrada (Anexo Y, Z), no existen diferencias significativas entre los tratamientos para esta variable.

Figura 19. Supervivencia.



Los resultados obtenidos se encuentran por encima de los reportados por la Secretaria de Agricultura[157] quien señala una supervivencia del 86 % en sistemas productivos de alevinos de trucha arcoíris en la Laguna de la Cocha. De igual modo, Leiva[158], en su estudio alcanzó una supervivencia del 60,8 % en alevinos de trucha arcoíris con las mismas condiciones que esta investigación, y Arregui[159], quien establece en su manual de crianza de trucha arcoíris una supervivencia del 80 – 90 % en alevinos y juveniles, por ello, los resultados obtenidos son mejores a los mencionados anteriormente.

5.3. RELACIÓN BENEFICIO COSTO (RBC)

Este análisis se realizó teniendo en cuenta los costos de los alevinos de trucha arcoíris, el balanceado comercial y los inmunoestimulantes, además del mantenimiento. Ver (Tabla 16).

[157] Secretaria de Agricultura, *et al*. Diagnóstico de Producción de Trucha arcoíris en el Municipio de Pasto, 2018: 8.
[158] LEIVA. Cinthia Karina. Manejo reproductivo, crecimiento y sobrevivencia de alevinos de *Oncorhynchus mykiss* Centro piscícola de Motil; La Libertad. Trabajo de grado Biólogo Pesquero. Trujillo – Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Biológicas. Escuela Profesional de Biología Pesquera. 2019, 29 p.
[159] ARREGUI, Luz. El cultivo de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Madrid. 2013, 46 p.

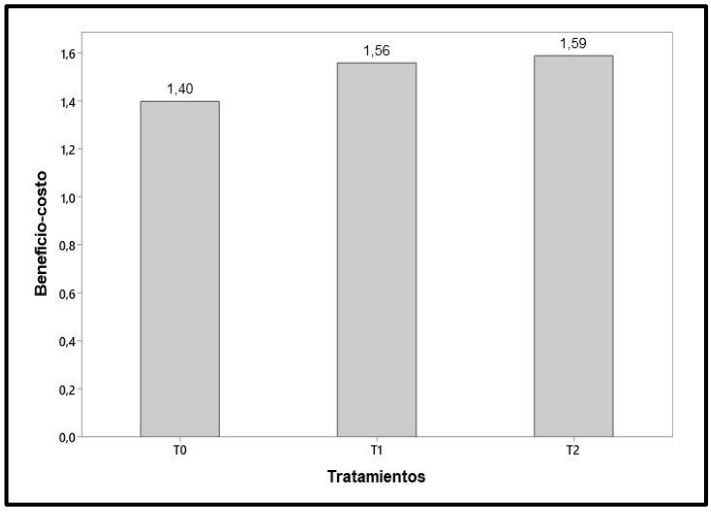
Tabla 16. Análisis parcial de costos.

DETALLE	COSTOS FIJOS		
Precio animales/unidad	$		390
Alimentación (horas/hombre)	$		476.389
Mantenimiento (horas/hombre)	$		155.556
	COSTOS VARIABLES		
DETALLE	T0 (Alimento comercial)	T1 (Alimento comercial + Aqua-Liverprot)	T2 (Alimento comercial + Modergan-Aqua)
Precio concentrado (Kg)	$ 5.433	$ 5.528	$ 5.507
Alimento consumido (Kg)	34,73	31,10	34,06
	ANÁLISIS ECONÓMICO		
RUBRO ($)	T0 (Alimento comercial)	T1 (Alimento comercial + Aqua-Liverprot)	T2 (Alimento comercial + Modergan-Aqua)
Precio Alimento	$ 188.649	$ 171.916	$ 187.541
Animales	$ 780.000	$ 780.000	$ 780.000
Combustible	$ 13.667	$ 13.667	$ 13.667
Operarios	$ 210.648	$ 210.648	$ 210.648
TOTAL EGRESOS ($)	$ 1.192.964	$ 1.176.231	$ 1.191.856
TOTAL INGRESOS ($)	$ 1.664.222	$ 1.836.649	$ 1.900.617
	RELACIÓN BENEFICIO COSTO		
RBC (TI/TE)	1,40	1,56	1,59

La relación beneficio - costo estimada para cada tratamiento es: T0: 1,40, T1: 1,56 y T2: 1,59. Los tratamientos con mejor relación beneficio costo fueron el T1: alimento comercial + Aqua-Liverprot y el T2: alimento comercial + Modergan – Aqua, esto demuestra la viabilidad económica de utilizar estos inmunoestimulantes para un buen aprovechamiento del alimento y crecimiento de los animales, ver (Figura 20).

En la fase de alevinaje de la producción acuícola, el precio por kilogramo de biomasa tiene un valor más alto que el precio de venta al finalizar el ciclo de engorde, por lo tanto, mayor ganancia de biomasa, mejor factor de conversión alimenticia y altos porcentajes de supervivencia incidirán significativamente en la relación beneficio costo de la producción, en este caso el T2, obtuvo mejor resultado en estas variables, por lo cual obtuvo un mejor rendimiento económico.

Figura 20. Relación Beneficio-Costo.



6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- El uso de inmunoestimulantes naturales es una alternativa novedosa para el rendimiento de las variables productivas de la actividad acuícola, puesto que contribuyen en la prevención de enfermedades de los animales acuáticos y la sostenibilidad del medio ambiente. De acuerdo con los resultados de esta investigación se puede manifestar que, aunque no se refleja estadísticas significativas en las variables evaluadas con un 95% de confianza, existe la posibilidad de que dichos productos en estudio tengan el efecto esperado en otras condiciones de evaluación y fase de los animales. Debido a que la tendencia de las variables en este estudio inclina a mejorar cuando se utilizan dichos productos. Además, se observa que la relación beneficio-costo en los tratamientos en los cuales se empleó el producto tienen un mejor rendimiento económico porque las variables productivas tienen un incremento en los ingresos y una disminución en los egresos.

- La variación de los parámetros de calidad de agua registrados durante la evaluación pudo haber influido en el desarrollo de los animales, sin embargo, dichos cambios en estos parámetros tuvieron el mismo comportamiento para todos los tratamientos, ya que se encontraban en el mismo cuerpo de agua, de esta manera estos efectos hacia los animales se vieron reflejados en los tres tratamientos.

6.2. RECOMENDACIONES

- Las investigaciones que se realicen posteriormente deben aplicar una prolongación del tiempo de ensayo, así como también aumentar la dosis de inmunoestimulante, esto con el fin de encontrar un efecto positivo en las variables de producción, parámetros de calidad de agua, y estado de salud de los animales.

- Evaluar estos inmunoestimulantes en todo el sistema productivo de la trucha arcoíris y en diferentes especies dulceacuícolas.

- Las futuras investigaciones deben centrarse en determinar bajo qué condiciones los efectos de los inmunoestimulantes son óptimos sobre el crecimiento y rendimiento de la trucha arcoíris, dado que los resultados probablemente varían de acuerdo a la fase de producción, tamaño y especie de peces, densidad de población, composición de la dieta, forma de suministro y por supuesto tipo y concentración del inmunoestimulante.

- Se sugiere realizar en estudios posteriores, pruebas de sistema inmune en los cuales se pueda evidenciar los efectos por parte de los inmunoestimulantes en los organismos acuáticos.

7. BIBLIOGRAFÍA

ACERO, Jenny Paola y ANDRANGO, Amanda Sofía. Manejo integral sustentable en la producción de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en la comunidad el Carmelo, parroquia Ambuquí, cantón Ibarra, provincia Imbabura. Trabajo de grado Ingeniera en Recursos Naturales Renovables. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, 2019. 21 p.

ARBOLEDA, Duván. Limnología aplicada a la acuicultura. En: Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. Noviembre, 2006. vol. 7, no. 11, p. 7.

ARCE, José. Determinación de la tasa de alimentación para tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1759) en condiciones comerciales corregida por el Coeficiente Térmico de Crecimiento. Trabajo de grado e Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio: Universidad de Costa Rica. Facultad de Ciencias Agroalimentarias, 2014. 16 p.

ARREGUI, Luz. El cultivo de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Madrid. 2013, 46 p.

BARRAGÁN, Rondón. Inmunoestimulantes en medicina veterinaria. En: Orinoquia. Septiembre-noviembre, 2004, vol. 8 no. 2,. p. 57-58.

BARROS, Carmen Patricia y Gamez Vilmar Enrique. Determinación de la concentración letal media (Cl50-96) del glifosato roundupr 747sg, por medio de bioensayos utilizando alevinos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Trabajo de grado Ingenieros Ambientales y Sanitarios. Bogotá D.C.: Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, 2008, 23 p.

BASKARALINGAM, Vaseeharan y RAJAGOPALAN, Thaya. Medicinal plant derivatives as immunostimulants: an alternative to chemotherapeutics and antibiotics in aquaculture. En: Aquaculture International. Noviembre, 2014. vol. 22, p. 1079-1091.

BATALLAS, Marlon. Evaluar la suplementación con polen en alevines de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) medidos a través del peso y talla. Trabajo de grado Médico Veterinario Zootecnista. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2018. 12-13 p.

BENALCAZAR, Luis. Proyecto producción comercial de truchas comuna “Jamanco”. Citado por ZAMBRANO, Leticia. Proyecto de factibilidad para la producción y comercialización de trucha arcoíris en la parroquia de Papallacta, Cantón Quijos, Provincia del Napo. Trabajo de grado Ingeniero Comercial con Especialización en

Administración de Empresas. Quito: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, 2013. 172 p.

BERGUÑO, Álvaro Alexis. Crecimiento de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) bajo cultivo con agua del manantial de Puelen, la Pampa. Tesis de grado Ingeniero en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Santa Rosa, La Pamba: Universidad Nacional de la Pamba. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 2008. 15 p.

BURGOS, Álvaro, *et al*. comparación de dos sistemas de producción intensiva de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en el lago Guamuez, municipio de Pasto, Colombia. En: Revista UdeNar, p. 2.

CABRA, Erika Viviana. Caracterización y propuesta para la exportación de trucha arcoíris colombiana a Aruba. Trabajo de grado Ingeniera Comercial. Bogotá D.C.: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. Facultad de Ciencias Ambientales e Ingenierías, 2019. 39 p.

CAHUANA, Félix. Digestibilidad aparente de los macronutrientes de alimentos comerciales para truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorde. Trabajo de grado Médico Veterinario y Zootecnista. Puno, ´Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2015. 11-12 p.

CAMPOS, Juana Maura y DÍAZ, Adelaida. La piscigranja, como una estrategia pedagógica que contribuye a entender la problemática ambiental. Trabajo de grado Licenciado en Educación con Mención Biología y Química. Cerro de Pasco, Perú: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Facultad de Ciencias de la Educación. Escuela de Formación Profesional de Educación Secundaria. 2020, 61 p.

CARRERA, Segundo. Evaluación de dos densidades de siembra y dos fuentes de proteína (lombrices y vísceras de pollo) en la producción de trucha “arcoíris” (*Oncorhynchus mykiss*). Trabajo de grado Ingeniero en Administración y Producción Agropecuaria. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja, 2010. 43 p.

CASTAÑEDA, Jenny Stephany y OCHOA, Nathalie Jimena. Ensayo de mantenimiento de alevines de O*ncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) (Pisces: Salmonidae) en acuarios y jaulas flotantes. Trabajo de grado Biólogo. Campus Nueva Granada, Cajicá: Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ciencias Básicas, 2012. 17 p.

CHEN, Kequan, *et al*. Effects of inorganic and organic dietary copper supplementation on growth performance and tissue composition for juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus L*.). En: Aquaculture Nutrition. vol. 26, no. 3, p. 820-827.

CHOQUE, Gladys Yesica. Determinación de parámetros físicos y químicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata. Trabajo de grado Bachiller en Ingeniería Ambiental. Puno – Perú: Universidad Privada San Carlos. Facultad de Ingenierías. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, 2021. 28 p.

CORPONARIÑO. Expediente OCSC-009-17. En: https://corponarino.gov.co/expedientes/calidadambiental/boletin/2017res112catq.pdf.

Crianza de Trucha arcoíris, Anatomía y Morfología [sitio web], [Consultado: 12 de febrero de 2021]. Disponible en: https://sites.google.com/site/crianzadetruchaarcoíris/.

CUESTA, Eduardo. Estudio, diagnóstico y propuesta de creación de MIPYMES o Asociación en la Parroquia Imbana para la industrialización del proceso productivo de la trucha. Tesis de Maestría. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2016. 23 p.

DOLCEMÁSCOLO, Juan Enrique. Gestión ambiental aplicada a la Acuicultura el estado de la piscicultura en Argentina y una propuesta de gestión. Tesis de Maestría. Buenos Aires: Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Escuela de Postgrado, 2020. 137 p.

ESPE, Marit, *et al*. Atlantic salmon fed a nutrient package of surplus methionine, vitamin B12, folic acid and vitamin B6 improved growth and reduced the relative liver size, but when in excess growth reduced. En: Aquaculture Nutrition, 2019. vol. 26, no. 2, p. 477.

FAO, *et al*. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019. Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía. Roma, 2019. 15-16 p. ISBN 978-92-5-131600-9.

FAO. 2019. Programa de información de especies acuáticas *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). Consultado febrero 2021. Disponible en: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/es.

FAO. 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma. https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9229es.

FAO. Manual Práctico para el cultivo de trucha arcoíris. Guatemala, 2014. 6 p.

FERNÁNDEZ, Clara. Molecular diagnostic and biological methods: An alternative In the prevention and control of bacterial fish diseases. Tesis de Doctorado, Santiago

de Compostela. Centro Nacional de Estudios de Doutoramento e avanzados da USC (CIEDUS), 2018. 277 p.

Ficha Técnica. AQUA-LIVERPROT PROTECTOR HEPÁTICO. [Sitio web], [Consultado: 13 de mayo de 2021]. Disponible en: https://acuagranja.com.co/producto/aqua-liverprot/.

Ficha Técnica. MODERGRAN-AQUA. PROMOTOR DE CRECIMIENTO. [Sitio web], [Consultado: 13 de mayo de 2021]. Disponible en: https://acuagranja.com.co/producto/modergan-aqua/.

FLORES, Alejandro Francisco. Desempeño Productivo del cultivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) bajo dos sistemas de aireación. Trabajo de grado Ingeniero Agropecuario. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas. Departamento de Ciencias de la vida y de la Agricultura, 2017. 54 p.

FLORES, María Daney. Crecimiento de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) producidas con alimento fresco y balanceado en jaulas flotantes, muelle barco lago Titicaca. Trabajo de grado Licenciada en Biología. Puno – Perú: Universidad Nacional del Altiplano-Puno. Facultad de Ciencias Biológicas. Escuela Profesional de Biología, 2014. 39 p.

FLORES, Mónica Nelba. Evaluación económica de la producción de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas, en el municipio de San Pedro de Tiquina, del Lago Titicaca. Tesis de Maestría. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía, 2017. 9 p.

Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES). Manual de crianza de trucha en ambientes convencionales. Octubre, 2014.

GALLARDO, Edwar Marden, Diagnóstico situacional de la crianza de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en el distrito de Namora, provincia y departamento de Cajamarca. Tesis de grado Médico Veterinario. Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de Ciencias Veterinarias. Escuela Académico Profesional De Medicina Veterinaria, 2019. 9 p.

GARCÍA, Ricardo; GUTIÉRREZ, Luz y DAVID, Carlos. ¿El uso de los probióticos en la industria acuícola?. En: Revista Alimentos Hoy. Diciembre, 2015. vol. 23, no. 36, p. 167.

GONZÁLEZ, *et al*. Efecto de la producción acuícola sobre las variables de calidad del agua del lago Guamuez. En: Revista Investigación Pecuaria. Junio, 2018, vol. 5 no. 1,. p. 1.

GUERRERO, Jaime. La nutrición y la alimentación eficiente de los peces. En: Agrinal Colombia S.A. 2014., p. 1-12.

GÓMEZ, Yohe. Crecimiento de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la etapa de engorde alimentadas *ad libitum* y convencionalmente, en Chucasuyo-Juli. Trabajo de grado Licenciado en Biología. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Biológicas. Escuela Profesional de Biología, 2017. 5 p.

HASSAAN, Mohamed, *et al*. Effect of Silybum marianum seeds as a feed additive on growth performance, serum biochemical indices, antioxidant status, and gene expression of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. En: Aquaculture. Mayo, 2019, vol. 509., p. 179.

HUANG, Z, *et al.* Effect of dietary valine levels on the growth performance, feed utilization and immune function of juvenile golden pompano, *Trachinotus ovatus.* En: Aquaculture Nutrition. Febrero, 2017. vol. 24, no. 1, p. 74.

HUERTA, Ricardo Bonifacio. Bioacumulación de metales pesados procedentes de la contaminación minera en tejidos de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de los centros de producción en jaulas flotantes. Proyecto de Investigación. Juliaca, Perú: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, 2018. 11-12 p.

Instituto Nacional de Pesca. Acuicultura-Trucha arcoíris. 2018. [sitio web]. Gobierno de México. [Consultado: 12 de febrero de 2021]. Disponible en: https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuacultura-trucha-arcoíris. N

ISMAIL. Taha, *et al*. Using of betaine to replace fish meal with soybean or/and corn gluten meal in nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets: Histomorphology, growth, fatty acid, and glucose-related gene expression traits. En*:* Aquaculture Reports*.* Julio, 2020. vol. 17, p. 1-2.

LEIVA. Cinthia Karina. Manejo reproductivo, crecimiento y sobrevivencia de alevinos de *Oncorhynchus mykiss* Centro piscícola de Motil; La Libertad. Trabajo de grado Biólogo Pesquero. Trujillo – Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Biológicas. Escuela Profesional de Biología Pesquera. 2019, 29 p.

LESCANO, Gonzalo Fredy. Análisis económico de la producción y comercialización de trucha en la granja piscícola valle hermoso en el caserío artezón, ´Parroquia Pelileo Grande, Cantón Pelileo, Provincia de Tungurahua. Trabajo de grado Ingeniero en Administración y Producción Agropecuaria. Loja-Ecuador: Universidad Nacional de Loja, 2016. 15 p.

LEÓN, Cliver Abad. Evaluación de las concentraciones del suplemento de péptidos sobre parámetros productivos de *Oncorhynchus mykiss* trucha arcoíris en Pomata – Puno. Trabajo de grado Licenciado en Biología. Puno – Perú: Universidad Nacional del Altiplano de Puno. Facultad de Ciencias Biológicas. Escuela Profesional de Biología, 2019. 44 p.

LIANG, Hualiang, *et al*. Dietary leucine affects glucose metabolism and lipogenesis involved in TOR/PI3K/Akt signaling pathway for juvenile blunt snout bream *Megalobrama amblycephala*. En: Fish Physiology and Biochemistry. Enero, 2019. vol. 15, p. 719-732.

LIMA, Amanda De Paula. Efeitos Da Suplementação Combinada De Lisina E Metionina No Desempenho E Expressão De Genes Relacionados Ao Crescimento Muscular De Alevinos De Tilápia Do Nilo, *Oreochromis niloticus*. Tesis de Maestría. Ponta Grossa: Universidad Estadual de Ponta Grossa, 2018. 22-23 p.

LÓPEZ, Jorge y SALAS, Julbrinner. Comparación fisicoquímica y biológica entre efluentes de la producción de trucha arcoíris y la condición limnológica del Lago Guamuez, Departamento de Nariño. En: Orinoquia. Agosto-noviembre, 2019, vol. 23 no. 2,. p. 87-96.

MACHE, Carmen. Incremento de biomasa de truchas juveniles arcoíris *Oncorhynchus mykiss* alimentadas con alimento comercial crecimiento 3 por 49, 76, 103 y 130 días en la piscigranja “la cabaña”. Trabajo de grado Ingeniera Zootecnista. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro de Perú. Facultad de Zootecnia, 2015. 29 p.

MARAÑÓN, Samuel, *et at*. Efecto del anabólico acetato de trembolona sobre el crecimiento de *Carassius auratus* (Pisces: Cyprinidae). En: SciELO. Septiembre - octubre, 2008, vol. 18 no. 1., p. 2.

MARILUZ, Arnulfo Antonio. Uso de prebióticos como promotores del crecimiento en el cultivo de alevines de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Informe de Investigación: Universidad Nacional de Callao: Callao, 2020. N.º 1077-2019 R.

MARLOWE, Christopher. Phytogenics in Aquaculture: A Short Review of Their Effects on Gut Health and Microflora in Fish. En: The Philippine Journal of Fisheries. Diciembre, 2020. vol. 27, no. 2, p. 246-248.

MARTÍNEZ, A. Evaluación de cría, levante y engorde de trucha arcoíris en Colombia, Citado por GÓMEZ, Jorge y BARRERA, Germán. Análisis de factibilidad técnica y financiera de una granja productora de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*, utilizando sistema de recirculación, en Madrid, Cundinamarca. Trabajo de grado Zootecnista. Bogotá D.C.: Universidad de la Salle. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2020, 61 p.

MARTÍNEZ, Diego y UCULMANA, Cristian. Extracto de alcachofa (*Cynara scolymus L.):* experiencias de uso en los mercados de producción animal y oportunidades para su producción en Perú. En: Agroindustrial Science. Junio, 2016, vol. 6., p. 158.

MARTÍNEZ, Irma y ESCORCIA, Eveling. Análisis de rentabilidad de la producción de vacas lecheras (*Bosprimigenius taurus*) en la Quinta Doalmar de la comarca San Isidro del municipio de Camoapa en el período octubre a diciembre 2019. Trabajo de grado Licenciadas en Administración de Empresa con Mención en Agro negocios. Camoapa, Boaco, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria Sede Regional Camoapa Recinto Myriam Aragón Fernández, 2020. 21 p.

MELENDES VELA LINDON. Seminario de Exportación de productos pesqueros. Ficha técnica, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2011. Disponible en: de https://docplayer.es/48792035-Universidadnacional-pedro-ruiz-gallo.html.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Costos de producción tilapia y trucha. [Consultado: 24 de septiembre de 2021], Disponible en: https://sioc.minagricultura.gov.co/DocumentosContexto/A1311COSTOS%20TRUCHA%20Y%20TILAPIA.pdf.

Ministerio de Agricultura. Acuicultura en Colombia cadena de la Acuicultura. Dirección de Cadenas Pecuarias, Pesqueras y Acuícolas [diapositivas]. Diciembre, 2020. 33 diapositivas, material online.

Ministerio del Ambiente. Servicio de sistematización de información temática para la elaboración del documento de la línea de base de la trucha con fines de bioseguridad. Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales. Dirección General de Diversidad Biológica. Perú, 2019. 13 p.

MOHD, Younis y KHAN, Mukhtar. Effects of dietary cyanocobalamin on growth performance, non-specific immune response, antioxidant capacity, haematological parameters, body composition and liver cyanocobalamin concentration of fingerling major carp, *Catla catla* (Hamilton). En: Aquaculture Nutrition. Diciembre, 2020. vol. 27, no. 2, p. 604-6014.

MOLINA, María Alejandra. Comparación de una dieta de pollo de engorde, utilizando promotor de crecimiento (Virginiamicina y Colistina) versus una alternativa a base de ácidos orgánicos y fitogénicos. Trabajo de grado Médica Veterinaria. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Escuela de Medicina Veterinaria, 2020. 22 p.

MONTAÑA, Camilo. Crecimiento y sobrevivencia en el levante de alevinos de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en sistemas cerrados de recirculación de agua. Trabajo de grado Biólogo Aplicado. Bogotá D.C.: Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ciencias, 2009. 39 p.

MORALES, Guido. Influencia de la temperatura del agua sobre el comportamiento biológico de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) producida en Atillo Gad-guamote. Trabajo de grado Ingeniero Zootecnista. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad De Ciencias Pecuarias, 2019. 9 p.

MORTEZA, Seyyed; TAHERI, Ali y GHELICHPOUR, Melika. Effects of dietary tryptophan levels and fish stocking density on immunological and antioxidant responses and bactericidal activity against Aeromonas hydrophila in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). En: Aquaculture Research. Enero, 2020. vol. 51, no. 4, p. 1455-1457.

MUCHELATO, M, *et al*. Dietary threonine requirement to optimize protein retention and fillet production of fast-growing Nile tilapia. En: Aquaculture Nutrition. Febrero, 2015. vol. 22, no. 4, p. 759-766.

OLIVEIRA. Samuel, *et al*. Optimal dietary lysine improves growth performance, increases protein deposition and reduces lipid accumulation in tambaqui (*Colossoma macropomum*) juveniles. En: Aquaculture Research. Agosto, 2020. vol. 51, no. 12, p. 5065-5073.

ORNA, Edwin. Manual de alimento balanceado para truchas. Alimento balanceado – elaboración y formulación. Puno – Perú, 3 p.

PENG-LIU. Han, *et al*. Effects of dietary vitamin C and Vitamin E on the growth, antioxidante defence and digesive enzyme activities of juvenile discus fish (*Symphysodon haraldi*). En: Aquaculture Nutrition. Agosto, 2019. vol. 25, p. 177.

PERDOMO, Daniel, *et al*. Efecto de la estrategia alimenticia en el desempeño productivo de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). En: Revista Científica. Julio, 2013. vol. 23, no. 4, p. 343.

PHARVET. AQUA-LIVERPROT PROTECTOR HEPÁTICO. [Consultado: 7 de marzo de 2021], Disponible en: http://www.pharvet.com.co/producto/aqua-liverprot/.

PHARVET. MODERGAN-AQUA PROMOTOR DE CRECIMIENTO. [Consultado: 7 de marzo de 2021], Disponible en: http://www.pharvet.com.co/producto/modergan-aqua/.

PLATA, María Helena. Modelo de negocio para la comercialización y distribución de alimentos nutracéuticos y funcionales en la ciudad de Bucaramanga. Tesis de Maestría. Bucaramanga: Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2020. 42 p.

PORRAS, Deyvis. Evaluación de tres tasas de alimentación en los estadios de alevino, juvenil y engorde de truchas arcoíris en el centro piscícola el ingenio.

Trabajo de grado Ingeniero Zootecnista. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro de Perú. Facultad de Zootecnia, 2008. 20-21 p.

PRABU, Elangovan, *et al*. Metabolic responses of juvenile GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to dietary L-tryptophan supplementation. En: Aquaculture Nutrition. Agosto, 2020. vol. 26, no. 5, p. 1713-1714.

PUCUHUARANGA. Luis Miguel. Estudio de prefactibilidad para la instalación de una piscigranja de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la Provincia de Junín. Trabajo de grado Ingeniero Agroindustrial. Junín, Perú: Universidad Nacional del Centro de Perú. Facultad de Ingeniería y Ciencias Humanas. Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, 2019. 84 p.

QINGCHAO, Wang; ZHEN Xu y QINGHUI, Ai. Arginine metabolism and its functions in growth, nutrient utilization, and immunonutrition of fish. En: Animal Nutrition. Septiembre, 2021. vol. 7, no. 3, p. 716-727.

QUIMBIAMBA, Eddy Fernando. Crecimiento y eficiencia alimentaria de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de crecimiento con sustitución parcial de alimento balanceado por sangre de bovinos, Cayambe – Ecuador 2008. Trabajo de grado Ingeniero Agropecuario. Cayambe, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, 2009. 79 p.

QUISHPE, Jenny, *et al*. Alimentos alternativos a formular para Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) según sus necesidades nutritivas y procesos eficientes de residuos de mataderos, En: Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal. 2020, vol. 4 no, 3., p. 6.

RAMOS, Jean. Evaluación de un inmunoestimulante (betaglucano) en la crianza de Broilers. Trabajo de grado Ingeniero Agropecuario. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, 2014. 31 p.

RAMOS, Lorenzo. Aminoacids as key mediators of immune status and nutritional condition in fish. Tesis de Doctorado. Universidad de Porto, 2020. 20-21 p.

ROCA, B; MENDOZA., R y MANJARRÉS, M. Análisis de la producción de la acuicultura durante el año 2019 en el área de cobertura de la encuesta estructural desarrollada durante el año 2020. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP). Bogotá. 11 p.

RODRÍGUEZ, Adriana del Rosario. Efecto de los carotenos y los probióticos sobre los parámetros de desempeño, hematológicos, bioquímicos, color del filete, carotenoides totales y estrés térmico en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

Tesis de Maestría. Jesús María, Aguascalientes México: Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2016. 18 p.

RODRÍGUEZ, Gilma. Alimentación y nutrición aplicada. 23ª ed. Bogotá DC.: Miller Alejandro Gallego C, 2018. 526 p. ISBN: 978-958-739-134-3.

ROSALES, Edith Helena. Evaluación de índices productivos en truchas sometidas a cuatro frecuencias de alimentación en la piscigranja. Trabajo de grado Ingeniero Zootecnista. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro de Perú. Facultad de Zootecnia, 2016. 28 p.

ROWE, R; SHESKEY, P y QUIN, M. Handbook of Pharmaceutical Excipients. 6.ª ed. Londres: Pharmaceutical Press, 2009.

RUIZ, Luis, *et al*. El uso de hongos macroscópicos como inmunoestimulantes en peces teleósteos: estado del arte al 2018. En: Hidrobiológica 2018. Junio, 2018. vol. 28, no. 2, p. 210-211.

SALAMANCA, Darwin Isacc. Inducción a la maduración sexual y desove de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arcoíris" por fotoperiodo en el Cipbs – Chucuito, una Puno. Trabajo de grado Licenciado en Biológica. Puno-Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Biológicas. Escuela Profesional de Bilogía, 2020. 39 p.

SALAS, Julbrinner, *et al*. Caracterización parasitaria de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y su efecto en la producción de la estación piscícola flotante Intiyaco, en el lago Guamuez (Nariño). En: Veterinaria y Zootecnia. Mayo-julio, 2014, vol. 8 no. 2,. p. 87-101.

SAMPAIO, Giovani. Ayudando a la salud del intestino con un promotor de crecimiento natural. [Consultado: 18 de mayo de 2021]. Disponible en: https://www.aquaculturealliance.org/advocate/ayudando-a-la-salud-del-intestino-con-un-promotor-de-crecimiento-natural/.

SASTRE, Deyvid. Inclusión de harina de insectos en dieta de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) como fuente nutricional alternativa. Trabajo de grado Zootecnista. Cundinamarca, Colombia: Universidad de Cundinamarca. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2020. 16 p.

Secretaria de Agricultura, *et al*. Diagnóstico de Producción de Trucha arcoíris en el Municipio de Pasto, 2018: 8.

Servicio estadístico pesquero colombiano (SEPEC). Producción acuícola en los dos sitios piloto monitoreados por el Sepec durante el año 2015: Hobo (Huila) y Silvia (Cauca). Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP). Bogotá D.C. 10 p.

SHAHPAR, Zahra y JOHARI, Seyed. Effects of Dietary Organic, Inorganic, and Nanoparticulate Zinc on Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss* Larvae. En: Biological Trace Element Research. Noviembre, 2019. vol. 190, p. 535-540.

SIERRA, Juanita y MOLINA, Jorge. Análisis biológico y en costo-efectividad del uso de métodos de oxigenación o aireación en el crecimiento de alevinos de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). En: Universidad de los Andes, p. 3.

Sistemas de información software. Glosario de términos más usados en acuicultura. Fishfarmfeeder [sitio web]. [Consultado. 17 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://www.fishfarmfeeder.com/es/blog/glosario-terminos-mas-usados-acuicultura/.

Sistemas Acuícolas. Trucha arcoíris: Pez altamente productivo. [sitio web].; [Consultado: 18 de mayo de 2021]. Disponible en: https://sistemasacuicolas.com/trucha-arcoiris/.

SOLARTE, Carlos; GARCÍA, Hernán A e IMUEZ, Marco. Bioestadística: Aplicaciones en producción y salud animal, San Juan de Pasto: Editorial Universitaria – Universidad de Nariño, 2009. p. 304.

THANGAPANDIYAN, S y MONIKA, S. Green Synthesized Zinc Oxide Nanoparticles as Feed Additives to Improve Growth, Biochemical, and Hematological Parameters in Freshwater Fish *Labeo rohita.* En: Biological Trace Element Research. Septiembre, 2020. vol. 195, p. 636-647.

TIMMONS, M, *et al*. 2002. Recirculating Aquaculture Systems. 2ª Edición. Cornell University's Freshwater Institute. USA. 769 p.

TIMMONS, M.B., EBELING, J.M., PIEDRAHITA, R.H. 2009. Acuicultura en sistemas de recirculación. Cayuga Aqua Ventures LLC. NRACE Publication Nº 101.

TORRES, Alfonso de Jesús y De la Riva, Gustavo. Caracterización de cepas de levadura productoras de β-glucanos y ensayo preliminar de su efecto en ratones sometidos a estrés. En: Jóvenes en la Ciencia. 2017. vol.3, no. 2, p. 38.

TORRES, Reynaldo Jesús. Adaptabilidad de tres variedades de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) procedentes de ovas importadas de diferentes países, cultivados en jaulas flotantes, bajo las mismas condiciones, en la represa San José de Uzuña, Polobaya-Arequipa. Trabajo de grado Ingeniero Pesquero. Arequipa – Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Facultad de Ciencias Biológicas. Escuela Profesional de Ingeniería Pesquera, 2021. 67 p.

Tratado de Cooperación Amazónica. Piscicultura Amazónica con especies nativas. [Consultado: 13 de mayo de 2021]. Disponible en:

https://www4.congreso.gob.pe/comisiones/1999/ciencia/cd/iiap/iiap1/TEXTO.htm#TopOfPage.

URIBE, José Enrique. Determinación de *Yersinia ruckeri* aisladas de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en una piscigranja de Chachapoyas – Amazonas. Trabajo de grado Médico Veterinario. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Medicina Veterinaria. Escuela profesional de Medicina Veterinaria, 2020. 11 p.

VALCÁRCEl, Héctor. Diseño de un plan de negocios para la creación de una empresa productora y comercializadora de pescado en el Municipio de Puerto Rondón, Arauca. Trabajo de grado. Bucaramanga: Universidad Cooperativa de Colombia, 2019, 26 p.

VÁSQUEZ, Mónica; RONDÓN, Lang., ESLAVA, Pedro. Inmunoestimulantes en teleósteos: Probióticos, b-glucanos y LPS. En: ORINOQUIA. Marzo, 2012, vol. 10 no. 1,. p. 47-48.

VÁSQUEZ, Wilfredo; TALAVERA., María y GUEVARA, Marianela. Evaluación del impacto en la calidad de agua debido a la producción semi intensiva de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la laguna Arapa – Puno. En: Revista de la Sociedad Química del Perú. Marzo, 2016. vol. 80, no. 1, p. 1.

VILCA, Fredy. Efecto de conversión alimentaria en el cultivo de pejerrey en la etapa de engorde *Odontesthes bonariensis* mediante parámetros estandarizados del pelletizado. Trabajo de grado Ingeniero Agroindustrial. Puno. Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, 2020. 19-20.

VILLA, Marcos. Adición de manano oligosacáridos en dietas de alevinaje en trucha arcoíris y su influencia en la curva de crecimiento. Trabajo de grado Ingeniero Agropecuario Agroindustrial. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2014. 30 p.

WANG, Kaiyu, *et al*. Effects of dietary vitamin E on growth performance as well as intestinal structure and function of channel catfish (*Ictalurus punctatus*, Rafinesque 1818). En: Experimental And Therapeutic Medicine. Octubre, 2017. vol. 14, no. 6, p. 5703–5710.

WEI, Yuliang, *et al*. Effects of lysine and leucine in free and different dipeptide forms on the growth, amino acid profile and transcription of intestinal peptide, and amino acid transporters in turbot (*Scophthalmus maximus*). En: Fish Physiol Biochem. Junio, 2020. vol. 46, p. 1796.

Wudi Deda agricultura Co. Cloruro de colina vitamina suplementos alimenticios para el ganado y peces y aves de corral cerdos aditivos para piensos. [Consultado: 13 de mayo de 2021], Disponible en: http://es.cndedany.net/feed-additives/choline-chloride-vitamin-feed-additives-for.html#:~:text=Cloruro%20de%20colina-,Cloruro%20de%20colina%20es%20un%20tipo%20de%20vitaminas%2C%20es%20el,su%20colina%20requiere%20de%20alimento.

XIAO, W, *et al*. Dietary valine requirement of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. En: Aquaculture Nutrition. Mayo, 2017. vol. 24, no. 1, p. 315-317.

YANG, Peng, *et a*l. Effects of dietary lysine on regulating GH-IGF system, intermediate metabolism and immune response in largemouth bass (*Micropterus salmoides*). En: Aquaculture Reports. Julio, 2020. vol. 17, p. 2-3.

ZHAO, Ye, *et al*. Effect of dietary threonine on growth performance and muscle growth, protein synthesis and antioxidant-related signalling pathways of hybrid catfish *Pelteobagrus vachelli*♀ × *Leiocassis longirostris*♂. En: British Journal of Nutrition. Enero, 2018. vol. 123, no. 2, p. 121-134.

8. ANEXOS

Anexo A. Datos de peso y talla inicial.

Peso (g)	Longitud (cm)	Peso (g)	Longitud (cm)
8,7	7,85	8,5	8,55
8,5	8,05	8,8	8,65
9,2	8,85	10,1	9,15
9,1	9,25	9	8,85
8,9	8,55	8,3	8,45
8,3	8,55	7,6	7,45
10,6	8,95	7,7	7,55
9,5	8,95	9,2	8,95
7,8	8,15	9,6	9,05
9,6	9,15	9,6	8,75
8,3	8,55	8	8,65
8,4	8,55	9,5	8,95
10,4	9,55	10,6	9,05
10,1	9,15	10,5	9,45
8,3	8,55	10,4	9,35
10,6	8,65	9,4	9,15
9,7	8,85	8,7	8,55
8,5	8,45	10,3	9,05
8,6	8,45	7,9	8,65
8	8,65	10,3	8,75
8,2	8,65	7,8	8,35
8,9	9,15	10,2	8,95
10,4	9,05	9,4	8,85
8	8,45	7,5	7,75
7,8	8,35	9,9	9,05
8,3	8,65	10,2	8,95
10,1	9,25	8	8,95
8	8,35	8,6	8,65
7,8	8,15	8,2	8,45
9,3	8,35	9,3	8,55
9	8,55	9,7	9,15
8,3	8,25	8	8,35
10,1	7,85	8,5	8,65

9	8,85	7,6	8,85
8,5	8,15	10,2	9,15

Anexo B. Ración alimento diario (Kg)/muestreo/tratamiento/réplica.

TRATAMIENTO	RÉPLICA	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5	Muestreo 6
T0	R1	0,18	0,25	0,30	0,33	0,37	0,43
	R2	0,18	0,29	0,31	0,36	0,40	0,47
	R3	0,18	0,27	0,33	0,39	0,43	0,50
	R4	0,19	0,30	0,31	0,36	0,43	0,45
T1	R1	0,18	0,28	0,31	0,38	0,37	0,48
	R2	0,18	0,30	0,32	0,34	0,40	0,49
	R3	0,19	0,32	0,34	0,41	0,43	0,54
	R4	0,19	0,30	0,34	0,38	0,47	0,53
T2	R1	0,18	0,32	0,36	0,39	0,46	0,54
	R2	0,18	0,27	0,31	0,38	0,44	0,50
	R3	0,18	0,31	0,35	0,37	0,45	0,51
	R4	0,18	0,29	0,30	0,37	0,42	0,47

Anexo C. Temperatura durante el periodo de estudio.

Temperatura °C			
Día	**Fecha**	**Mañana (8:00 am)**	**Tarde (4:00 pm)**
1	23/06/2021	15,5	16,2
2	24/06/2021	16	15,9
3	25/06/2021	16,1	16,4
4	26/06/2021	16,2	16,3
5	27/06/2021	15,9	16,1
6	28/06/2021	15,7	16,1
7	29/06/2021	15,7	15,6
8	30/06/2021	15,6	15,8
9	1/07/2021	15,7	15,8
10	2/07/2021	15,6	16,2
11	3/07/2021	15,7	15,7
12	4/07/2021	15,6	15,3
13	5/07/2021	15,3	15,4
14	6/07/2021	15,4	15,4
15	7/07/2021	15,34	15,4
16	8/07/2021	15,5	15,5
17	9/07/2021	15,4	15,4
18	10/07/2021	15,6	15,3
19	11/07/2021	15,1	15,4
20	12/07/2021	15,2	15,3
21	13/07/2021	15,4	15,4
22	14/07/2021	15,2	15,4
23	15/07/2021	15,3	15,4
24	16/07/2021	15,3	15,4
25	17/07/2021	15,1	15,7
26	18/07/2021	15,4	15,3
27	19/07/2021	14,5	15
28	20/07/2021	15,4	15,3
29	21/07/2021	15,4	15,2
30	22/07/2021	15,1	15,2
31	23/07/2021	15	15,1
32	24/07/2021	14,9	15,4
33	25/07/2021	14,9	15,1
34	26/07/2021	15	15,3
35	27/07/2021	15	15,4

Anexo D. Oxígeno disuelto durante el periodo de estudio.

Oxígeno (mg/L)			
Día	**Fecha**	**Mañana (8:00 am)**	**Tarde (4:00 pm)**
1	23/06/2021	5,3	5,8
2	24/06/2021	5,33	5,52
3	25/06/2021	5,74	5,36
4	26/06/2021	5,95	5,96
5	27/06/2021	5,74	6,38
6	28/06/2021	5,55	5,74
7	29/06/2021	5,1	5,27
8	30/06/2021	5,25	6,08
9	1/07/2021	5,9	5,8
10	2/07/2021	5,2	5,9
11	3/07/2021	5,64	5,45
12	4/07/2021	5,36	5,06
13	5/07/2021	4,97	5,52
14	6/07/2021	5	5,91
15	7/07/2021	5,32	5,21
16	8/07/2021	5,11	5,35
17	9/07/2021	5,51	5,3
18	10/07/2021	5,33	5,52
19	11/07/2021	5,34	5,41
20	12/07/2021	5,24	5,31
21	13/07/2021	5,35	5,39
22	14/07/2021	5,17	5,56
23	15/07/2021	4,9	5,52
24	16/07/2021	5,48	5,51
25	17/07/2021	5,6	5,86
26	18/07/2021	5,98	5,41
27	19/07/2021	4,97	4,5
28	20/07/2021	5,19	5,06
29	21/07/2021	5,87	5,36
30	22/07/2021	5,52	5,65
31	23/07/2021	5,22	5,61
32	24/07/2021	5,31	5,29
33	25/07/2021	5,58	5,51
34	26/07/2021	5,5	5,33
35	27/07/2021	5,4	5,22

Anexo E. Conductividad durante el periodo de estudio.

Conductividad (µS/cm)			
Día	**Fecha**	**Mañana (8:00 am)**	**Tarde (4:00 pm)**
1	23/06/2021	35	32
2	24/06/2021	34	35
3	25/06/2021	36	36
4	26/06/2021	34	36
5	27/06/2021	34	34
6	28/06/2021	35	34
7	29/06/2021	35	35
8	30/06/2021	35	35
9	1/07/2021	35	35
10	2/07/2021	36	36
11	3/07/2021	34	34
12	4/07/2021	35	35
13	5/07/2021	35	35
14	6/07/2021	35	35
15	7/07/2021	35	35
16	8/07/2021	35	35
17	9/07/2021	35	35
18	10/07/2021	37	37
19	11/07/2021	36	35
20	12/07/2021	35	35
21	13/07/2021	36	37
22	14/07/2021	35	35
23	15/07/2021	35	35
24	16/07/2021	35	35
25	17/07/2021	36	37
26	18/07/2021	36	35
27	19/07/2021	35	36
28	20/07/2021	35	35
29	21/07/2021	34	32
30	22/07/2021	36	35
31	23/07/2021	36	36

32	24/07/2021	35	35
33	25/07/2021	35	35
34	26/07/2021	35	37
35	27/07/2021	35	35

Anexo F. Sólidos disueltos totales durante el periodo de estudio.

Sólidos Disueltos Totales (mg/L)

Día	Fecha	Mañana (8:00 am)	Tarde (4:00 pm)
1	23/06/2021	17	17
2	24/06/2021	17	17
3	25/06/2021	18	18
4	26/06/2021	18	18
5	27/06/2021	17	18
6	28/06/2021	17	18
7	29/06/2021	17	17
8	30/06/2021	17	17
9	1/07/2021	17	17
10	2/07/2021	17	17
11	3/07/2021	17	17
12	4/07/2021	17	17
13	5/07/2021	17	17
14	6/07/2021	17	17
15	7/07/2021	17	17
16	8/07/2021	18	17
17	9/07/2021	17	17
18	10/07/2021	18	18
19	11/07/2021	17	18
20	12/07/2021	17	17
21	13/07/2021	18	18
22	14/07/2021	18	17
23	15/07/2021	17	17
24	16/07/2021	17	17
25	17/07/2021	18	18
26	18/07/2021	17	17
27	19/07/2021	18	18

28	20/07/2021	18	18
29	21/07/2021	17	17
30	22/07/2021	17	18
31	23/07/2021	18	18
32	24/07/2021	17	17
33	25/07/2021	17	17
34	26/07/2021	17	18
35	27/07/2021	18	18

Anexo G. pH durante el periodo de estudio.

		pH	
Día	**Fecha**	**Mañana (8:00 am)**	**Tarde (4:00 pm)**
1	23/06/2021	8,5	7,9
2	24/06/2021	7,5	7,9
3	25/06/2021	7,7	7,7
4	26/06/2021	7,8	8
5	27/06/2021	7,7	8,1
6	28/06/2021	7,8	7,8
7	29/06/2021	8	8
8	30/06/2021	7,9	8
9	1/07/2021	7,8	8
10	2/07/2021	7,9	8
11	3/07/2021	7,7	7,8
12	4/07/2021	7,8	7,6
13	5/07/2021	7,2	7,7
14	6/07/2021	8	8
15	7/07/2021	7,8	7,9
16	8/07/2021	8	8
17	9/07/2021	8,1	8
18	10/07/2021	8	8
19	11/07/2021	8	7,9
20	12/07/2021	8	8,1
21	13/07/2021	7,9	8,2
22	14/07/2021	8	8,1
23	15/07/2021	8,1	8
24	16/07/2021	8,1	7,8
25	17/07/2021	8	8
26	18/07/2021	8,2	8,1
27	19/07/2021	8,1	8
28	20/07/2021	8,1	8
29	21/07/2021	8,2	8
30	22/07/2021	8	8
31	23/07/2021	8	7,9
32	24/07/2021	8,2	8
33	25/07/2021	7,9	7,9
34	26/07/2021	7,9	8
35	27/07/2021	8	8

Anexo H. Parámetros semanales.

Fecha	Alcalinidad (mg/L de $CaCO_3$)	Amonio (mg/L de $CaCO_3$ de NH_4)	Amoniaco (mg/L de $CaCO_3$ de NH_3)	Dureza (mg/L de $CaCO_3$)	Nitritos (mg/L de NO_2)	Nitratos (mg/L de NO_3)
29/06/2021	35	0,039	0,036	15	0	2,9
6/07/2021	30	0	0	10	0	3
13/07/2021	35	0,01	0	5	0	2,3
20/07/2021	25	0,27	0,234	20	0,02	2,4
27/07/2021	20	0,06	0,048	20	0,01	2,2

Anexo I. Análisis de Varianza (ANOVA) para peso final.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	17,27	8,633	2,42	0,144
Error	9	32,10	3,567		
Total	11	49,37			

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
M6T0	4	23,892	1,441	(21,755; 26,028)
M6T1	4	25,858	1,048	(23,722; 27,994)
M6T2	4	26,77	2,74	(24,63; 28,90)

Desv.Est. agrupada = 1,88859

Anexo J. Prueba de Tukey peso final.

Factor	N	Media	Agrupación
M6T2	4	26,77	A
M6T1	4	25,858	A
M6T0	4	23,892	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
M6T1 - M6T0	1,97	1,34	(-1,76; 5,70)	1,47	0,348
M6T2 - M6T0	2,87	1,34	(-0,86; 6,60)	2,15	0,134
M6T2 - M6T1	0,91	1,34	(-2,82; 4,64)	0,68	0,781

Nivel de confianza individual = 97,91%

Anexo K. Análisis de Varianza (ANOVA) para talla final.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0,2579	0,1289	0,84	0,464
Error	9	1,3859	0,1540		
Total	11	1,6438			

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T0	4	11,947	0,548	(11,503; 12,390)
T1	4	12,022	0,274	(11,578; 12,466)
T2	4	12,288	0,295	(11,844; 12,732)

Desv.Est. agrupada = 0,392421

Anexo L. Prueba de Tukey talla final.

Factor	N	Media	Agrupación
T2	4	12,288	A
T1	4	12,022	A
T0	4	11,947	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
T1 - T0	0,075	0,277	(-0,700; 0,850)	0,27	0,960
T2 - T0	0,342	0,277	(-0,433; 1,117)	1,23	0,465
T2 - T1	0,266	0,277	(-0,509; 1,041)	0,96	0,619

Nivel de confianza individual = 97,91%

Anexo M. Análisis de Varianza (ANOVA) para incremento de peso.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	17,27	8,633	2,42	0,144
Error	9	32,10	3,567		
Total	11	49,37			

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
M1T0	4	14,892	1,441	(12,755; 17,028)
M1T1	4	16,858	1,048	(14,722; 18,994)
M1T2	4	17,77	2,74	(15,63; 19,90)

Desv.Est. agrupada = 1,88859

Anexo N. Prueba de Tukey incremento de peso.

Factor	N	Media	Agrupación
M1T2	4	17,77	A
M1T1	4	16,858	A
M1T0	4	14,892	A

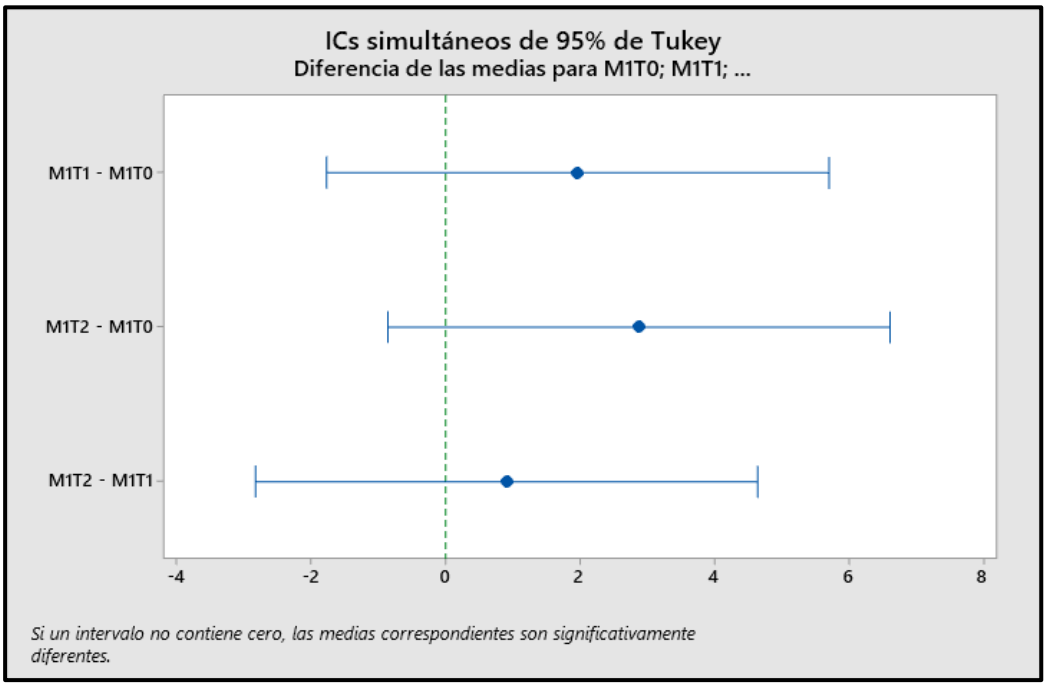
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
M1T1 - M1T0	1,97	1,34	(-1,76; 5,70)	1,47	0,348
M1T2 - M1T0	2,87	1,34	(-0,86; 6,60)	2,15	0,134
M1T2 - M1T1	0,91	1,34	(-2,82; 4,64)	0,68	0,781

Nivel de confianza individual = 97,91%

Anexo O. Diferencia de medias.



Anexo P. Análisis de Varianza (ANOVA) para incremento de talla.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0,2579	0,1289	0,84	0,464
Error	9	1,3859	0,1540		
Total	11	1,6438			

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T0	4	3,277	0,548	(2,833; 3,720)
T1	4	3,352	0,274	(2,908; 3,796)
T2	4	3,618	0,295	(3,174; 4,062)

Desv.Est. agrupada = 0,392421

Anexo Q. Prueba de Tukey incremento de talla.

Factor	N	Media	Agrupación
T2	4	3,618	A
T1	4	3,352	A
T0	4	3,277	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
T1 - T0	0,075	0,277	(-0,700; 0,850)	0,27	0,960
T2 - T0	0,342	0,277	(-0,433; 1,117)	1,23	0,465
T2 - T1	0,266	0,277	(-0,509; 1,041)	0,96	0,619

Nivel de confianza individual = 97,91%

Anexo R. Análisis de Varianza (ANOVA) para factor de conversión alimenticia.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0,2776	0,13879	2,14	0,174
Error	9	0,5849	0,06499		
Total	11	0,8625			

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
M6T0	4	1,377	0,250	(1,089; 1,665)
M6T1	4	1,100	0,352	(0,811; 1,388)
M6T2	4	1,0230	0,0949	(0,7347; 1,3114)

Desv.Est. agrupada = 0,254923

Anexo S. Prueba de Tukey factor de conversión alimenticia.

Factor	N	Media	Agrupación
M6T0	4	1,377	A
M6T1	4	1,100	A
M6T2	4	1,0230	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
M6T1 - M6T0	-0,277	0,180	(-0,781; 0,226)	-1,54	0,319
M6T2 - M6T0	-0,354	0,180	(-0,858; 0,149)	-1,96	0,177
M6T2 - M6T1	-0,077	0,180	(-0,580; 0,427)	-0,43	0,906

Nivel de confianza individual = 97,91%

Anexo T. Prueba de *Kruskal Wallis* factor de conversión alimenticia.

TM6	N	Mediana	Clasificación demedias	Valor Z
T0	4	1,34558	9,3	1,87
T1	4	1,20377	6,3	-0,17
T2	4	1,04501	4,0	-1,70
General	12		6,5	

Prueba		
GL	Valor H	Valor p
2	4,27	0,118

Anexo U. Análisis de Varianza (ANOVA) para carga final.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	5,461	2,730	2,69	0,121
Error	9	9,138	1,015		
Total	11	14,599			

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
M6T0	4	11,245	0,775	(10,105; 12,384)
M6T1	4	12,410	0,654	(11,270; 13,550)
M6T2	4	12,842	1,421	(11,702; 13,982)

Desv.Est. agrupada = 1,00764

Anexo V. Análisis de Varianza (ANOVA) para tasa de crecimiento térmico.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0,001500	0,000750	2,37	0,149
Error	9	0,002849	0,000317		
Total	11	0,004349			

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
M6T0	4	0,03581	0,01357	(0,01569; 0,05594)
M6T1	4	0,04576	0,00988	(0,02564; 0,06589)
M6T2	4	0,0629	0,0258	(0,0428; 0,0830)

Desv.Est. agrupada = 0,0177917

Anexo W. Prueba de Tukey tasa de crecimiento térmico.

Factor	N	Media	Agrupación
M6T2	4	0,0629	A
M6T1	4	0,04576	A
M6T0	4	0,03581	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
M6T1 - M6T0	0,0100	0,0126	(-0,0252; 0,0451)	0,79	0,718
M6T2 - M6T0	0,0271	0,0126	(-0,0081; 0,0622)	2,15	0,134
M6T2 - M6T1	0,0171	0,0126	(-0,0180; 0,0523)	1,36	0,400

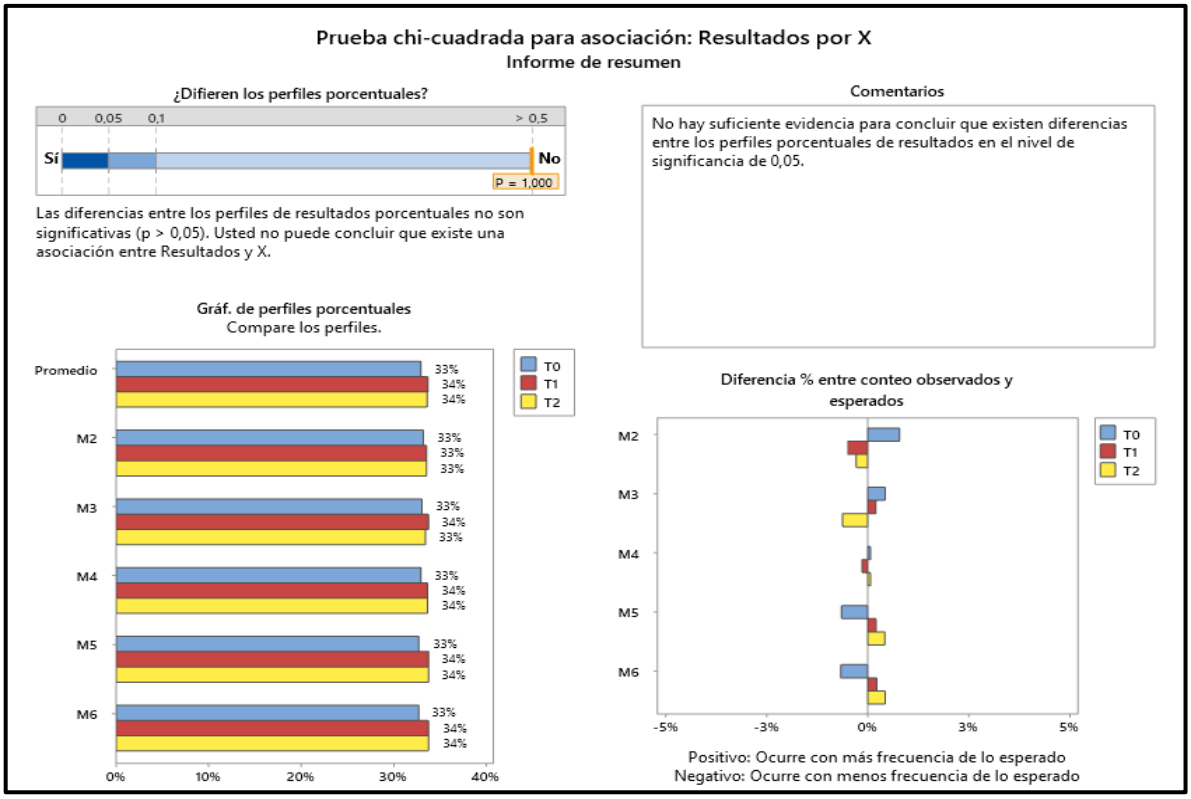
Nivel de confianza individual = 97,91%

Anexo X. Tasa de crecimiento térmico.

Muestreo	Tratamiento	Incremento Térmico
M2	T0R1	0,0183
	T0R2	0,0350
	T0R3	0,0234
	T0R4	0,0353
	T1R1	0,0294
	T1R2	0,0378
	T1R3	0,0454
	T1R4	0,0340
	T2R1	0,0447
	T2R2	0,0243
	T2R3	0,0421
	T2R4	0,0337
M3	T0R1	0,0084
	T0R2	0,0413
	T0R3	0,0512
	T0R4	0,0371
	T1R1	0,0327
	T1R2	0,0404
	T1R3	0,0468
	T1R4	0,0471
	T2R1	0,0572
	T2R2	0,0308
	T2R3	0,0260
	T2R4	0,0318
M4	T0R1	0,0157
	T0R2	0,0306
	T0R3	0,0419
	T0R4	0,0270
	T1R1	0,0241
	T1R2	0,0073
	T1R3	0,0370
	T1R4	0,0236
	T2R1	0,0328
	T2R2	0,0277
	T2R3	0,0224
	T2R4	0,0256
	T0R1	0,0124

M5	T0R2	0,0210
	T0R3	0,0346
	T0R4	0,0318
	T1R1	0,0003
	T1R2	0,0129
	T1R3	0,0237
	T1R4	0,0423
	T2R1	0,0431
	T2R2	0,0334
	T2R3	0,0357
	T2R4	0,0246
M6	T0R1	0,0235
	T0R2	0,0413
	T0R3	0,0524
	T0R4	0,0261
	T1R1	0,0349
	T1R2	0,0404
	T1R3	0,0566
	T1R4	0,0512
	T2R1	0,0693
	T2R2	0,0486
	T2R3	0,0962
	T2R4	0,0374

Anexo Y. Prueba de Chi - cuadrado supervivencia.



Anexo Z. Conteos observados y esperados.

	M2		M3		M4		M5		M6	
	Obs	Exp	Obs	Exp	Obs	Exp	Obs	Exp	Obs	Exp
T0	96	95	95	95	94	94	93	94	92	93
T1	97	97	97	97	96	96	96	96	95	95
T2	97	97	96	97	96	96	96	96	95	95
Total	290		288		286		285		282	

Los conteos esperados deben ser por lo menos 1 para asegurar la validez del valor p de la prueba.

Prueba chi-cuadrada para asociación: Resultados por tratamiento

Tarjeta de informe

Verificar	Estado	Descripción
Validez de la prueba	✓	Todas las muestras son lo suficientemente grandes para obtener suficientes conteos esperados. El valor p de la prueba debería ser exacto.