UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Medicina Veterinaria

Tema:

EVALUACIÓN DE LA PREVALENCIA Y TRATAMIENTO DE *Saprolegniasis* EN TRUCHA ARCOÍRIS *(Oncorhynchus mykiss)* EN DOS SISTEMAS DE CRIANZA.

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Médico Veterinario otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente**,** Carrera de Medicina Veterinaria.

Autor:

Jimmy Dalton Culqui Sisa

Tutora:

Dra. Araceli Lucio Quintana PhD

Guaranda – Ecuador

2025

EVALUACIÓN DE LA PREVALENCIA Y TRATAMIENTO DE *Saprolegniasis* EN TRUCHA ARCOÍRIS *(Oncorhynchus mykiss)* EN DOS SISTEMAS DE CRIANZA.

REVISADO Y APROBADO POR:

.....

Dra. Araceli Lucio Quintana PhD.

TUTORA

.....

Dr. Jaime Aldaz Cárdenas PhD.

PAR LECTOR

.....

Dra. Jenny Martínez Moreira MSc.

PAR LECTOR

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Culqui Sisa Jimmy Dalton, con CI 025018989-1, declaro que el trabajo y los resultados presentes en este informe, no han sido previamente presentados en ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamentación y la normativa institucional vigente.



.....

Jimmy Dalton Culqui Sisa
CI. 025018989-1
AUTOR



.....

Dra. Araceli Lucio Quintana PhD.
CI. 020109215-2
TUTORA

ESCRITURA - NÚMERO: 20250205002P00875

DECLARACION JURAMENTADA

QUE OTORGA: JIMMY DALTON CULQUI SISA

CUANTIA: INDETERMINADA

DI: (2) COPIAS

En San Miguel de Bolívar, en la República del Ecuador, hoy día miércoles diecisiete de septiembre del año dos mil veinticinco. Ante mí **DOCTOR TELMO ELÍAS YÁNEZ OLALLA, NOTARIO SEGUNDO DE ESTE CANTÓN,** comparece con plena capacidad, libertad y conocimiento, el señor JIMMY DALTON CULQUI SISA, de estado civil soltero, de ocupación estudiante. El compareciente declara ser de nacionalidad ecuatoriano, mayor de edad, domiciliada en la parroquia Santiago, cantón San Miguel, correo electrónico: drjimmyculqui@gmail.com; legalmente capaz para contratar y obligarse, a quien de conocerlo doy fe, en virtud de haberme presentado sus respectivos documentos de identidad. Advertido el compareciente por mí el Notario de los efectos y resultados de esta escritura así como examinado que fue de que comparece al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción, juramentada en debida forma, prevenida de la gravedad del juramento, de las penas del perjurio y de la obligación que tiene de decir la verdad con claridad y exactitud, me pide que eleve a escritura pública la declaración juramentada contenida en los siguientes términos: Previo a la obtención del Título de "MÉDICO VETERINARIO" que los criterios, ideas y propuestas emitidas en el presente trabajo de investigación, con el tema " EVALUACIÓN DE LA PREVALENCIA Y TRATAMIENTO DE Saprolegniasis EN TRUCHA ARCOIRIS (Oncorhynchus mukiss) EN DOS SISTEMAS DE CRIANZA", son de mi exclusiva responsabilidad en calidad de autor. Declaración que la realizo para los fines legales pertinentes.- HASTA AQUI la declaración juramentada, que el compareciente acepta en todas y cada una de sus partes. Para la celebración de la presente escritura se observaron los preceptos y requisitos previstos en la Ley Notarial; y, leída que le fue al compareciente por mí el Notario, se ratifica y firma conmigo en unidad de acto quedando incorporado en el protocolo de esta Notaría, de todo cuanto doy fe.-

JIMMY DALTON CULQUI SISA
C.C.0250189891

DR. TELMO ELIAS YANEZ OLALLA
NOTARIO SEGUNDO DEL CANTON SAN MIGUEL DE BOLIVAR
SAN MIGUEL DE BOLÍVAR

Jimmy Culqui Sisa

Tesis Empastado Jimmy Culqui Sisa.docx

Universidad Estatal de Bolívar

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::3117:501902022

Fecha de entrega
22 sep 2025, 8:36 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
22 sep 2025, 8:41 a.m. GMT-5

Nombre del archivo
Tesis Empastado Jimmy Culqui Sisa.docx

Tamaño del archivo
8.2 MB

97 páginas

16.535 palabras

92.667 caracteres

9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

8% Fuentes de Internet
1% Publicaciones
5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Dra. Araceli Lucio Quintana PhD.

TUTORA

DEDICATORIA

Con todo mi amor y gratitud, dedico este trabajo a mi padre Pepe Ramiro Culqui(+) y mi madre María Delida Sisa Pucha (+), quienes, con su esfuerzo, sacrificio, me enseñaron el valor de la perseverancia y la importancia de luchar por mis sueños, siendo uno de los factores más importantes que desde su partida del mundo terrenal han sido mi apoyo intelectual guiándome por el camino dándome fuerzas ante los obstáculos que se me han presentado sin duda alguna con la nostalgia de mi corazón , les dedico todo mis logros.

A mis hermanos, Darwin, Benito, Iván, Jean Carlos Culqui Sisa por ser mi compañía constante, por sus palabras de aliento y por estar presentes en cada paso de este camino y por siempre velar por el bienestar mío por ser el pilar de mi vida desde la partida de mis padres también es el agradecimiento a ellos y este logro también es suyo.

Este logro no solo es mío, sino también de ustedes. Gracias por creer en mí.

Jimmy Culqui S.

AGRADECIMIENTO

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por haberme dado la salud, la sabiduría y la fortaleza para culminar esta etapa tan importante en mi vida.

A mis padres, por su amor incondicional, por su apoyo constante y por ser mi mayor fuente de inspiración. Sin su ejemplo y sacrificio, este logro no habría sido posible.

A mis hermanos, por su compañía, su paciencia y por motivarme a seguir adelante en los momentos más difíciles.

A mis docentes, por compartir sus conocimientos, por su guía durante todo el proceso académico y por su dedicación a la formación profesional.

A mis amigos y compañeros de estudio, por su apoyo, colaboración y por los momentos compartidos que enriquecieron esta experiencia.

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I 1

1. INTRODUCCIÓN 1

1.2 PROBLEMA 2

1.3 OBJETIVOS 4

1.3.1 Objetivo general 4

1.3.2 Objetivos específicos 4

1.4 HIPÓTESIS 5

CAPÍTULO II 6

2. MARCO TEÓRICO 6

2.1 La piscicultura 6

2.2 Beneficios de la piscicultura 6

2.3 Tipos de crianza 7

2.3.1 Piscicultura extensiva 7

2.3.2 Piscicultura semi-intensiva 7

2.3.3 Piscicultura intensiva 7

2.4 Estadísticas del sector acuícola en Ecuador 8

2.5 Trucha Arcoíris 10

2.4.1 Taxonomía de la Trucha Arcoíris 11

2.4.2 Factores que influyen en el desarrollo de las truchas 12

2.4.3 Hábitat 12

2.5.4 Morfología de la trucha arcoíris 12

2.5.5 Etapas de desarrollo 13

2.5.6 Enfermedades que afectan a la trucha arcoíris 14

2.5.7 Áreas de producción 15

2.5.8 Relevancia económica y social de su crianza 16

2.5.9 Sistemas de crianza 17

2.5.10 Obras físicas en la crianza de trucha arcoíris 19

2.5.11 El agua para la crianza de trucha arcoíris 21

2.5.12 Saprolegniasis en truchas 23

2.5.13 Factores de riesgos asociados a la prevalencia de la saprolegniasis 28

2.5.14 Alimentación de la trucha arcoíris 29

MARCO METODOLÓGICO 34

3.1 Ubicación de la investigación 34

3.2 Metodología 35

3.2.1 Material de estudio 35

3.2.2 Factores en estudio 35

3.2.3 Tratamientos 36

3.2.4 Tipos de diseño experimental o estadístico. 36

3.2.5 Manejo de la investigación 36

3.2.6 Métodos de evaluación y datos tomados 41

3.2.7 Análisis de datos 45

CAPÍTULO IV 47

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 47

4.1. Análisis de Resultados 47

4.1.1. Prevalencia de saprolegniasis 47

4.1.2 Grado de severidad promedio 49

4.1.3. Peso y talla promedio 51

4.1.4. Dosis de azul de metileno aplicada 52

4.1.5. Comparación estadística entre sistemas 54

4.1.6. Comparación estadística entre sistemas 56

4.2 Comprobación de hipótesis 58

CAPÍTULO V 59

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 59

5.1. Conclusiones 59

5.2. Recomendaciones…….60

REFERENCIAS BIBLOGRÀFICAS……..61

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

N º **Detalle** **Pág.**

Tabla 1. Parámetros geográficos y localidad 34
Tabla 2. Descripción de los tratamientos experimentales 36
Tabla 3. Registro Semanal de Variables en Trucha Arcoíris (Oncorhynchus mykiss) 44
Tabla 4 Prevalencia (%) de saprolegniasis en trucha arcoíris según tratamiento 47
Tabla 5. Severidad de lesiones según tratamiento (escala 0–3) 49
Tabla 6. Peso y talla promedio según tratamientos 51
Tabla 7 Dosis promedio utilizada según tratamiento 52
Tabla 8. ANOVA sobre la prevalencia de saprolegniasis 54
Tabla 9. Efectividad del fármaco en el tratamiento 56

ÍNDICE DE GRÁFICOS

N º **Detalle** **Pág.**

Gráfico 1. Prevalencia (%) de saprolegniasis en trucha arcoíris según tratamiento .. 48
Gráfico 2. Severidad de lesiones según tratamiento (escala 0–3) 49
Gráfico 3. Peso y talla promedio según tratamientos 51
Gráfico 4. Dosis promedio utilizada según tratamiento 53
Gráfico 5. Comparación de medias ± IC95% entre sistemas 54
Gráfico 6. Histograma de la eficacia del azul de metileno en los tratamientos al inicio - final 56

ÍNDICE DE ANEXOS

N º **Detalle**

Anexo 1. Mapa de ubicación de la investigación

Anexo 2. Croquis del ensayo

Anexo 3. Fichas clínicas semanales

Anexo 4. Evidencias fotográficas

Anexo 5. Glosario de términos

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el Complejo Turístico Don Pepito, ubicado en el recinto Marcopamba de la parroquia San Lorenzo, con el objetivo principal de evaluar la prevalencia y tratamiento de la saprolegniasis en trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss), bajo dos sistemas de crianza (estanques de plástico y estanques de cemento). El estudio se realizó con un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (DBCA) en un arreglo factorial 2x2, considerando como factores la edad de las truchas arcoíris (jóvenes y adultas) y el tipo de estanque, lo que permitió analizar la interacción entre variables y su relación con la saprolegniasis.

Se trabajó con ejemplares jóvenes y adultas distribuidas en diferentes tratamientos, realizando un monitoreo semanal enfocado en prevalencia, severidad, mortalidad y condición general de las truchas. Se registraron parámetros ambientales (pH, temperatura y oxígeno) para identificar posibles asociaciones con el desarrollo de la saprolegniasis.

Durante la tercera semana se evidenció un brote de la enfermedad; sin embargo, el tratamiento con azul de metileno mostró alta eficacia, reduciendo significativamente tanto la prevalencia como la severidad de las lesiones, por lo cual no hubo mortalidad. La verificación estadística indicó que no existieron diferencias significativas ($p=0.702$). Estos resultados afianzan a aceptar la *Ha:* La estimación de la prevalencia y tratamiento de saprolegniosis en trucha arcoíris difiere en dos sistemas de crianza.

En conclusión, el control de la saprolegniasis no depende del material del estanque, sino de un manejo integral con detección temprana y tratamiento oportuno, lo que resalta la importancia de ampliar futuras investigaciones que fortalezcan una piscicultura sostenible y económicamente viable.

Palabras clave: Saprolegniasis, trucha arcoíris, Oncorhynchus mykiss, diseño experimental, acuicultura sostenible

SUMMARY

This study was conducted at the Don Pepito Tourist Complex, located in the Marcopamba area of San Lorenzo Parish. The primary objective was to evaluate the prevalence and treatment of saprolegniasis in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) under two rearing systems (plastic ponds and cement ponds). The study was conducted using a Randomized Complete Block (RCBC) experimental design in a 2x2 factorial arrangement, considering the age of the rainbow trout (young and adult) and the type of pond as factors, which allowed for the analysis of the interaction between variables and their relationship with saprolegniasis.

We worked with young and adult specimens distributed among different treatments, conducting weekly monitoring focused on prevalence, severity, mortality, and general condition of the trout. Environmental parameters (pH, temperature, and oxygen) were recorded to identify possible associations with the development of saprolegniasis.

During the third week, an outbreak of the disease was observed; However, treatment with methylene blue was highly effective, significantly reducing both the prevalence and severity of lesions, resulting in no mortality. Statistical verification indicated no significant differences ($p=0.702$). These results support the acceptance of the *HA*: Estimating the prevalence and treatment of saprolegniasis in rainbow trout differs between the two farming systems.

In conclusion, saprolegniasis control does not depend on pond material, but rather on comprehensive management with early detection and timely treatment, which highlights the importance of expanding future research to strengthen sustainable and economically viable fish farming.

Keywords: Saprolegniasis, rainbow trout, Oncorhynchus mykiss, experimental design, sustainable aquaculture.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de alimentos y la alarmante disminución de las reservas pesqueras globales han posicionado a la acuicultura como una solución vital para la seguridad alimentaria (FAO, 2024). Este sector no solo ofrece una fuente de proteína animal de alta calidad, sino que también alivia la presión sobre los ecosistemas marinos sobreexplotados, generando empleo y oportunidades económicas a escala mundial. En el ámbito regional, Ecuador se destaca como un actor relevante en la industria acuícola, principalmente por su liderazgo en la exportación de camarón marino. Paralelamente, el cultivo de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), ha experimentado un crecimiento notable en la región interandina. Esta actividad no solo contribuye a la oferta interna de alimentos, sino que también impulsa el desarrollo socioeconómico en comunidades rurales, al crear empleo directo e indirecto. A pesar de las condiciones favorables para la truchicultura, la provincia de Bolívar enfrenta una amenaza recurrente que es la saprolegniasis, una enfermedad fúngica que provoca importantes pérdidas económicas. La presencia de esta patología en sistemas intensivos subraya la urgencia de desarrollar estrategias de manejo y tratamientos efectivos. En respuesta a esta problemática, la presente investigación se enfoca en la evaluación la prevalencia y el impacto del tratamiento de la saprolegniasis en truchas arcoíris criadas en estanques de plástico y de cemento. Los hallazgos de este estudio contribuirán a generar conocimientos prácticos para la piscicultura local, con el objetivo de fortalecer una actividad sostenible, productiva y económicamente viable.

1.2 PROBLEMA

La saprolegniosis es una enfermedad fúngica causada por Saprolegnia, afecta a una variedad de especies de peces, incluida la trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss), y puede tener un efecto significativo en la salud y la productividad de la acuicultura. En este contexto, esta enfermedad puede variar según el sistema de crianza, ya sea en estanques o sistemas de recirculación. Factores como la densidad de los peces, la calidad del agua, la gestión de los alimentos y las prácticas de salud afectan el desarrollo de las truchas arcoíris, son más críticos en ciertos sistemas de crianza. La presencia de la saprolegnia reduce la calidad de la carne de la trucha, afecta su crecimiento y aumenta la mortalidad, lo que perjudica la rentabilidad de la acuicultura. Pese a su relevancia, se carece de estudios comparativos específicos que evalúen cómo las condiciones particulares de diferentes sistemas de crianza afectan la prevalencia de la saprolegniasis, por lo que resulta fundamental investigar estas variables para generar recomendaciones que ayuden a minimizar los riesgos de infecciones y mejorar las prácticas de manejo acuícola.

Aunque Saprolegniasis no es considerada una enfermedad zoonótica directa (no se transmite fácilmente al ser humano), puede causar irritaciones cutáneas si las personas tienen heridas abiertas y están en contacto prolongado con el agua contaminada. Además, existe el riesgo de contaminación bacteriana secundaria en el pez, lo cual puede representar un peligro para el consumo humano si el pescado infectado no es manejado adecuadamente.

En el microambiente de las granjas de trucha, las enfermedades son una de las principales amenazas. Dentro de estas, la saprolegniasis, una patología causada por el hongo acuático Saprolegnia, es un problema recurrente que provoca altas tasas de mortalidad y pérdidas económicas significativas. Esta enfermedad es oportunista, afectando a los peces cuando su sistema inmunológico está debilitado por factores como el estrés, las fluctuaciones de la temperatura del agua o una calidad deficiente del entorno. La urgencia de controlar esta enfermedad de manera efectiva, rápida y segura

es el motor que impulsa este estudio. Por ello, esta investigación se enfoca en evaluar la prevalencia de la Saprolegniasis y la efectividad del tratamiento con azul de metileno en diferentes condiciones de crianza, aportando datos concretos para el manejo sanitario de las truchas arcoíris.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la prevalencia y tratamiento de saprolegniasis en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en dos sistemas de crianza.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el grado de afectación de saprolegniasis en truchas arcoíris.
- Establecer los factores de riesgo asociados a la prevalencia de saprolegniasis en las truchas arcoíris.
- Estimar la prevalencia de saprolegniasis en las etapas juveniles y adultas.

1.4 HIPÓTESIS

Ho: La estimación de la prevalencia y tratamiento de saprolegniasis en trucha arcoíris no difiere en dos sistemas de crianza.

Ha: La estimación de la prevalencia y tratamiento de saprolegniasis en trucha arcoíris difiere en dos sistemas de crianza.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 La piscicultura

La piscicultura, una práctica que combina la ciencia y la técnica, se enfoca en la crianza de especies acuáticas, como la trucha arcoíris, fuera de su hábitat natural. Su nombre proviene del latín: "piscis", que significa pez, y "cultura", que se refiere a cultivo. Esta disciplina busca maximizar la producción de peces, alcanzando rendimientos que serían inalcanzables en la naturaleza, la piscicultura es una ciencia que permite al ser humano cultivar peces en condiciones controladas para lograr una producción superior (Vinatea, 2008).

Ante la disminución de las poblaciones de peces en los océanos, la producción acuícola emerge como una solución vital para la seguridad alimentaria, al ofrecer una fuente de proteína de alta calidad. Además de garantizar el suministro de alimentos, la actividad acuícola se ha convertido en un importante motor de desarrollo económico y social, al crear empleo y oportunidades productivas, según lo indicado (FAO, 2009).

2.2 Beneficios de la piscicultura

La piscicultura sostenible busca maximizar sus ventajas mientras minimiza los impactos negativos en el medio ambiente y la sociedad. Para lograrlo, las políticas de producción deben enfocarse en un desarrollo sustentable que integre múltiples aportes para aprovechar adecuadamente los beneficios económicos, sociales y ambientales (Verreth, 2009).

Mediante un control preciso de la producción, la acuicultura permite obtener cosechas programadas, lo que asegura un suministro constante al mercado y genera una actividad rentable y sustentable para el productor.

2.3 Tipos de crianza

La crianza de peces se puede clasificar según diversos factores, como la capacidad de producción o el sistema de cultivo. Entender estas diferentes perspectivas y unificarlas en un enfoque sistémico es clave para la cadena agroalimentaria (Sánchez, 2009).

2.3.1 Piscicultura extensiva

Este sistema se utiliza principalmente para repoblar cuerpos de agua y aprovechar los recursos naturales existentes, como lagunas o embalses, sin la necesidad de construir infraestructura específica. En este tipo de cultivo, los peces se alimentan únicamente de lo que el medio produce, sin recibir alimento suplementario. Las densidades de siembra son bajas y la intervención humana se limita a estas actividades y a la adición de fertilizantes para mejorar la microflora del agua (Vinatea, 2008).

La producción de subsistencia, desarrollada a pequeña escala por familias rurales, se enfoca en la seguridad alimentaria, con el objetivo de autoconsumo, intercambio y venta de pequeños excedentes. A pesar de su reducida producción, la piscicultura extensiva es común en muchos países debido a sus bajos costos y a su capacidad para cultivar diversas especies (Ruiz, 2016).

2.3.2 Piscicultura semi-intensiva

Similar al sistema extensivo, en el que se utilizan estanques o reservorios construidos específicamente para la actividad. Se diferencia por el **i**ncremento en la densidad de siembra y el uso de alimento suplementario, que complementa el alimento natural del agua. Si bien aumenta la producción de manera significativa, no requiere la sofisticación tecnológica ni el control riguroso de parámetros que caracterizan a los cultivos intensivos (González, 2012).

2.3.3 Piscicultura intensiva

Este sistema utiliza alta tecnología, se centra en la producción comercial. Se caracteriza

por un control riguroso de la calidad del agua, con recambios y aireación continuos. Además, se suministra de forma constante alimento con altos niveles de proteína. Las densidades de peces son muy altas y los ciclos de producción se programan para satisfacer la demanda del mercado (S. E. I, 2017).

2.4 Estadísticas del sector acuícola en Ecuador

En Ecuador, la producción acuícola se concentra mayoritariamente en el cultivo de camarón marino, que representa el 95% del total, seguido por la tilapia. A menor escala, se cultivan otras especies de peces y crustáceos de agua dulce (FAO, 2011). La piscicultura de agua dulce se ha desarrollado principalmente en la sierra interandina, donde el cultivo de trucha arcoíris es el más destacado. La contribución social de la acuicultura en Ecuador es significativa, ya que ayuda a mitigar la pobreza y a generar empleo directo e indirecto (Ruiz, 2016).

Siembra de Trucha arco iris en Ecuador

La introducción y siembra de trucha arcoíris en Ecuador se remonta a finales de la década de 1920, cuando mediante acuerdos con entidades extranjeras se importaron ovas y alevines para repoblar ríos, lagos y lagunas andinas con fines tanto productivos como recreativos (Marcillo, 1998).

En las décadas siguientes, el desarrollo de la piscicultura de trucha se intensificó con el establecimiento de estaciones experimentales como el Centro de Investigaciones Acuícolas de Papallacta (CENIAC), construido con apoyo del gobierno japonés en la década de 1990. Este centro ha sido fundamental en la producción de ovas y alevines de trucha arcoíris, su transferencia técnica y repoblación en diversas comunidades andinas (Ortiz Tirado, 2015).

La acuicultura truchícola en Ecuador fue oficialmente iniciada en 1932 tras la introducción de truchas para repoblación de aguas frías, logrando una piscicultura

extensiva significativa en la región andina durante los años 80 y 90 (Pedini, 1984; FAO, 1994).

Además, el censo nacional realizado entre 2006 reveló que las provincias de Pichincha y Azuay lideran la producción de trucha en el país, con 332,7 y 190 toneladas al año respectivamente. Pichincha destaca por contar con criaderos más técnicos en comparación con Azuay, donde predominan los sistemas artesanales (Centro de Investigaciones Acuícolas Papallacta, 2007).

Producción de trucha arcoíris en Ecuador

- **Datos históricos y consenso nacional (2006)**

Según el primer censo nacional de piscicultura realizado entre julio y diciembre de 2006 por el Centro de Investigaciones Acuícolas Papallacta, Ecuador producía anualmente 983,3 toneladas de trucha arcoíris. De ese total, 332,7 toneladas correspondían a Pichincha (33,8 %) **y** 190 toneladas a Azuay (19,3 %)**,** mientras que el resto se distribuía entre otras provincias de la sierra y oriente (Centro de Investigaciones Acuícolas Papallacta, 2007).

- **Producción estimada total actual**

Documentos técnicos mencionan una cifra cercana a 982,3 toneladas por año, producidas en los 213 criaderos distribuidos en varias provincias como Azuay, Chimborazo, Imbabura, Napo, Pichincha, entre otras (Documento técnico "Cultivo de Trucha Arco-Iris", s. f.).

- **Producción más reciente (2018)**

Un informe indica que, en 2018 la producción de trucha arcoíris en Ecuador alcanzó 2803 toneladas**,** con énfasis productivo en las provincias de Pichincha, Azuay y Napo. Esta cifra supera ampliamente los datos anteriores, lo que sugiere una expansión significativa de la actividad acuícola (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2018).

- **Enfoque provincial en Imbabura (2019)**

Un estudio en Imbabura reveló que la oferta local en 2019 fue de 95,200 kg (95,2 t) frente a una demanda interna de 924,198 kg (924,2 t). Esto implica que la producción local cubre apenas el 9,7 % de la demanda provincial, destacando una brecha entre producción y consumo residencial (Guerrero & Aragón, 2022).

- **Producción estimada en el pasado (2003)**

Según una tesis de 2003, Ecuador contaba con alrededor de 260 criaderos de trucha y

una producción anual estimada en 3.000 toneladas métricas**.** Se apuntaba además a la existencia de oportunidades para la exportación a mercados como EE.UU., Japón y Alemania. (Serrano A., E., Moya, J., Vanegas, H., & Molina, M. 2003).

2.5 Trucha Arcoíris

La trucha arcoíris es una especie adaptable que habita en ríos, arroyos y lagos de aguas frías y transparentes. Algunas poblaciones son anádromas, es decir, migran al océano y regresan a los ríos para reproducirse, mientras que otras permanecen en agua dulce durante toda su vida. Su dieta se compone principalmente de insectos, crustáceos y peces pequeños (FAO, 2019).

En el Ecuador, el cultivo de trucha arcoíris se registra mayoritariamente en provincias de la sierra y también en las provincias de Napo y Sucumbíos. Mientras que, en la provincia de Bolívar, al igual que en el resto de la región andina de Ecuador, se basa en el cultivo en sistemas de estanques de hormigón, utilizando técnicas de monocultivo (Instituto Nacional de Pesca (INP) del Ecuador., 2002).

2.4.1 Taxonomía de la Trucha Arcoíris

Taxonomía de la Trucha Arcoíris

Dominio	***Animal***
Reino	Eukaryota
Filo	Animalia
Subfilo	Chordata
Clase	Vertebrata
Superorden	Actinopterygii
Orden	Protacanthopterygii
Familia	Salmoniformes
Subfamilia	Salmonidae
Géneros	Oncorhynchus
Especie:	Mikiis

Bioinnova, 2022

Este pez presenta una forma alargada y comprimida lateralmente, con una coloración que varía según el hábitat, la edad y la época del año. Generalmente, exhibe una tonalidad azul verdosa o amarillenta en el dorso, una franja rosada o rojiza a lo largo de los flancos y un vientre blanquecino. Además, posee numerosas manchas negras en la parte dorsal y en las aletas. Su tamaño promedio oscila entre 51 y 76 centímetros de longitud, con un peso aproximado de 3.6 kilogramos, aunque pueden alcanzar hasta 1.2 metros y 24 kilogramos en condiciones óptimas (FAO, 2018).

La trucha arcoíris se distingue de otras especies de salmón por amplias bandas de color púrpura en ambos lados (desde la cubierta branquial hasta la cola). Su dorso es de color verde oliva, sus costados plateados y su vientre se torna blanco. Tiene manchas negras redondas en casi todo el cuerpo. Las aletas dorsal y caudal están moteadas. En el lago hay una figura plateada con la espalda azul y sin capa roja (FAO, 2018).

2.4.2 Factores que influyen en el desarrollo de las truchas

A continuación, se detallan los factores que influyen en el desarrollo de las truchas, considerando cada uno de los elementos clave que forman parte de su desarrollo.

Factores que influyen en el desarrollo de las truchas

Factores	Unidades	Normal	Peligroso
Temperatura del agua	°C	< 20°C	>22°C
Oxígeno disuelto	%	= < 80% 5	50%
PH	pH	6- 9	<5.5- <5.5
Alcalinidad	mg/l	Débil 8-60	
HCO3		Fuerte > 400	
Calcio	mg/l	60-200	
Sulfato SO4	mg/l	0-50	>100
Nitratos NO3	mg/l	0-10	>++
Nitratos NO2	mg/l	0.001	≤1
Amonio	mg/l	0.001	≤1

Bioinnova, 2022

2.4.3 Hábitat

Las truchas son peces nativos de regiones elevadas y montañosas donde existen aguas frías y claras, con cauces que presentan marcados desniveles topográficos que originan rápidos, saltos y cascadas. Son estos rápidos, con una pronunciada velocidad de corriente y suelo pedregoso, muy comunes en los ríos de alta montaña, los más frecuentados por las truchas. La trucha arco iris se caracteriza por depender de aguas con elevadas concentraciones de oxígeno, superiores a los 6 mg/L, de carácter turbulento o con cierto movimiento de agua y temperaturas entre los 11 a 18º C (Ortega 2003). En general, la Sierra Norte es una región apropiada para el cultivo de este pez.

2.5.4 Morfología de la trucha arcoíris

La trucha posee un cuerpo alargado, comprimido, engrosado en el centro y apuntado en la cabeza y la cola. Como pez nadador rápido que es, la forma del cuerpo es

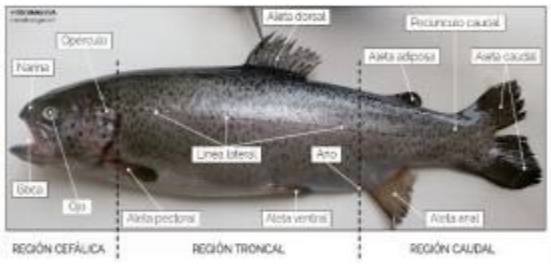
aerodinámica, con una silueta de tipo torpedo, y no presenta ninguna protuberancia que no sea funcional, ofreciendo la mínima resistencia al agua. El opérculo está pegado al cuerpo, los ojos están dentro de la cuenca, sin sobresalir, y las aletas están alojadas en las depresiones del cuerpo. La piel segrega una fina capa de una sustancia viscosa (mucus), gracias a la cual la superficie lisa del animal se vuelve escurridiza. Varía mucho en tamaño, según el medio, pero puede alcanzar la madurez sexual, y por lo tanto considerarse adulta, cuando alcanza de 18 a 20 cm de longitud (FAO, 2023).

El cuerpo del pez está dividido en tres regiones:

- ***Cefálica*** (cabeza): desde el extremo anterior hasta la parte posterior del opérculo.
- ***Troncal*** (tronco): desde la parte posterior del opérculo hasta el ano.
- ***Caudal*** (cola): desde el final de la región troncal hasta el extremo de la aleta caudal;

comprende el pedúnculo caudal.

Anatomía externa de una trucha arcoíris.



Fuente: *Bioinnova, 2021*

2.5.5 Etapas de desarrollo

- ***Fase de incubación***

Ovas verdes: son las ovas desde el primer día de incubación hasta que aparecen los ojos del embrión.

Ovas embrionadas: va desde la aparición del ojo hasta la eclosión.

Ovas transparentes: son ovas no fertilizadas (FAO, 2023).

- ***Fase de larvas***

  En esta etapa el embrión se encuentra completamente desarrollado, las ovas embrionadas eclosionan y emerge la larva esto ocurre a los 40 días.

- ***Fase de alevinaje***

  Esta fase dura entre 2 a 3 meses dependiendo los factores ambientales, los alevines después de su eclosión tienen un peso de 0,09 gramos y una longitud de 14mm (FAO, 2023).

- ***Fase juvenil***

  Etapa de mayor crecimiento e incremento de la biomasa dura entre 3 a 5 meses.

- ***Fase adulta***

  Va desde los 5 meses en adelante hasta que alcancen el tamaño y peso comercial 3040cm y 200-500 gramos aproximadamente, esta fase puede durar de 7 a 15 meses de edad. (FAO, 2020).

2.5.6 Enfermedades que afectan a la trucha arcoíris

Dentro de la crianza de truchas como en toda crianza animal existe la presencia de agentes etiológicos que se aprovechan ya sea de una u otra manera la susceptibilidad del individuo y son capaces de causar enfermedades alterando el desarrollo natural del animal, es así que se podrían nombrar algunas enfermedades de tipo bacteriano, vírico, parasitario y fúngico en la crianza de este tipo de salmónidos (FAO, 2018).

- ***Enfermedades bacterianas:*** Entre las enfermedades bacterias se puede nombrar la furunculosis causada por aeromona salmonicida, caracterizada por presentar ampollas en la piel del salmónido, pérdida de apetito y hemorragias en el

hígado. Entre otras enfermedades bacterianas tenemos yersiniosis o enfermedad de la boca roja, septicemia por aeromonas, vibriosis, entre otras (Vásquez et al, 2019).

- ***Enfermedades víricas:*** Como un ejemplo de enfermedad vírica tenemos

Necrosis Pancreática Infecciosa causada por un birnavirus, caracterizado por un cuadro séptico de mortalidad elevada en alevines (OIE, 2021).

- ***Enfermedades parasitarias****:* Como agentes parasitarios que afectan a las

truchas tenemos, ectoparásitos como el ichthyophthirius multifiliis, causante del punto blanco o ich; protozoos como el myxobolus cerebralis, la diplostomiasis causada por una metacercaria estrigoidea conocida como diplostomun spathaceum, (Bravo & Vargas, 2018).

- ***Enfermedades micóticas***: Las enfermedades micóticas que más afecta a peces de agua dulce es la ocasionada por el género Saprolegnia, cuyo agente etiológico es un hongo oportunista que coloniza la piel y branquias del hospedero (Toranzo et al, 2017).

2.5.7 Áreas de producción

En España en el año 2020 había un total de 147 instalaciones con cultivo de trucha arcoíris. Castilla y León es la comunidad en la que se produce mayor cantidad de trucha, seguida por La Rioja, Cataluña, Andalucía, Galicia, Aragón, Asturias, Navarra, Castilla-La Mancha, Cantabria y País Vasco. (Angelica, 2021).

- ***Reproducción:*** Las truchas no desovan de forma natural en las instalaciones acuícolas, por lo que se hace necesario el desove artificial de los huevos, utilizando para ello peces reproductores maduros de 3 o 4 años de edad. La proporción sexual de los reproductores suele ser de un macho por cada tres hembras. Machos y hembras se mantienen generalmente separados (Angelica, 2021).

- ***Fertilización:*** El método más empleado es la fertilización en seco, sin adición de agua. Los huevos y el semen son recolectados manualmente de los ejemplares

anestesiados y mezclados a continuación. Suele usarse el semen de más de un macho para evitar la endogamia. Los huevos son incubados hasta que se alcanza la etapa de huevos embrionados (con ojos visibles), en bandejas de incubación, o incubadores de flujo vertical (Angelica, 2021).

- ***Cría de alevines:*** El tiempo de eclosión varía en función de la temperatura, siendo de 100 días a 3,9 °C y 21 días a 14,4°C. A medida que los huevos eclosionan, los alevines, llamados "con saco" por tener una reserva de alimento en el saco vitelino, caen en una bandeja, donde pueden permanecer hasta que comienzan a tener un comportamiento pelágico, permaneciendo en la columna de agua, a los 10 o 14 días. (Angelica, 2021)

- ***Engorde:*** Cuando los alevines alcanzan 8-10 cm de longitud son trasladados a instalaciones de engorde al aire libre, generalmente tanques o estanques abastecidos con flujo de agua abierto, proporcionando a las truchas aguas bien oxigenadas y de calidad. Estas instalaciones suelen tener de 2 a 3 m de ancho, por 12-30 m de largo y 1-1,2 m de profundidad. Son engordados hasta tamaño comercial (30-40 cm) en aproximadamente 9 meses, o hasta tamaños más grandes en unos 20 meses (G, L, 2018).

2.5.8 Relevancia económica y social de su crianza

En la acuicultura de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), la saprolegniasis puede causar pérdidas económicas significativas debido a la mortalidad de los peces y la disminución de la calidad del producto final. Los brotes de saprolegniasis en cultivo de peces generalmente se limitan a casos crónicos, con pérdidas fijas; sin embargo, la mortalidad en ovas puede aumentar rápidamente, causando pérdidas significativas (Castro, Serrano, & León, 2015).

Como principio el desarrollo rural es llamativo, incluye diferencias en lo económico, social, cultural, y ordenamiento territorial, presentan relaciones cambiantes al desarrollo sostenible, comprende el aumento de calidad de vida, la erradicación de la

pobreza y el logro de mejores pautas para el bienestar comunitario. La comunidad campesina vislumbra a producir, recopilar y poner en práctica experiencias ancestrales de la agricultura tradicional campesina e incorporar todas las experiencias positivas (Puga, 2015).

2.5.9 Sistemas de crianza

La trucha arcoíris (oncorhynchus mykiss) es una especie de gran relevancia en la acuicultura debido a su adaptabilidad y valor comercial. Entre los sistemas de crianza más empleados se encuentran el cultivo en estanques de plástico y estanques de cemento.

Las truchas arco iris se crían en sistemas de monocultivo, generalmente de estanques de hormigón, que permite aumentar las densidades y producir más eficientemente. En otros países existen grandes producciones de esta especie en viveros o jaulas flotantes, donde alcanza mayores tamaños para su comercialización. Un requerimiento indispensable para su producción comercial es contar con un suministro de agua de alta calidad durante todo el año (Condori Ramos ,2022).

Estanques de concreto o cemento

Los estanques de concreto son otra opción común en la acuicultura, especialmente en instalaciones de gran escala o cuando se busca durabilidad y control del ambiente.

- ***Durabilidad:*** El concreto es un material altamente resistente que puede soportar condiciones ambientales adversas y proporciona una larga vida útil (García, 2018).

- ***Calidad del Agua:*** Al ser un material no poroso, el concreto permite un mejor control de la calidad del agua, evitando la filtración y asegurando un entorno estable para los organismos (González, 2018).

- ***Larga vida útil:*** Los estanques de concreto tienen una vida útil prolongada, lo que justifica su costo inicial elevado (García, 2018).

- ***Versatilidad en el diseño:*** Pueden construirse en diversas formas y tamaños para adaptarse a las necesidades específicas del proyecto (García, 2018).

- ***Fácil mantenimiento:*** Son relativamente fáciles de limpiar y mantener en comparación con otros tipos de estanques (García, 2018).

- ***Costo:*** Su construcción es más costosa que la de otros tipos de estanques, aunque su durabilidad puede compensar este costo a largo plazo (González, 2018).
- ***Control de temperatura:*** El concreto puede absorber y retener calor, lo que podría afectar la temperatura del agua, especialmente en climas cálidos.

Los estanques de concreto son una opción duradera y versátil para acuicultura, aunque su costo inicial puede ser un factor limitante para algunos productores (García, 2018).

Estanques de plástico

Sistema de estanques de plástico para truchas, una alternativa eficiente y económica para pequeños y medianos productores. Estos estanques, generalmente fabricados con polietileno de alta densidad (PEAD), ofrecen ventajas como fácil limpieza, durabilidad, resistencia a la corrosión y la posibilidad de ser instalados en diferentes terrenos sin necesidad de grandes obras de infraestructura (Jordán, 2022).

Además, al permitir un mejor control de la calidad del agua, reducción de enfermedades

por contaminación, estos sistemas son ideales para mantener condiciones sanitarias adecuadas. También facilitan el manejo técnico del cultivo, como la alimentación, el monitoreo de parámetros físicos-químicos del agua y la recolección de residuos. Un aspecto importante es contar con un buen sistema de entrada y salida de agua, preferiblemente con filtros, para asegurar una buena oxigenación y evitar acumulación de desechos que podrían generar enfermedades como la saprolegniasis (Richardson, 2021). El uso de estanques de plástico en el cultivo de peces permite mejorar el manejo sanitario y optimizar los recursos hídricos, siendo una opción viable para la acuicultura en zonas rurales (Zaragoza, 2014).

2.5.10 Obras físicas en la crianza de trucha arcoíris

- **Selección del sitio y preparación del terreno**

La elección del sitio es fundamental: debe contar con una fuente de agua limpia y constante idealmente manantial o río de montaña, libre de sedimentos y con caudal sostenible durante todo el año (Woynarovich et al, 2011).

También es necesario evaluar el terreno: se preferirán suelos firmes para estructuras de concreto o impermeables para estanques de tierra; además, una topografía con pendiente suave facilita la circulación gravitacional del agua (Woynarovich et al, 2011).

- **Instalaciones tipo raceways (canales corridos)**

Los raceways son estructuras rectangulares de flujo continuo que permiten mantener

alta calidad del agua y densidades de crianza elevadas (SADER, s.f.).

Las dimensiones recomendadas para estos canales son: secciones de aproximadamente 30 m de largo por 2.5–3 m de ancho, con una proporción de largo y ancho mínimo de

6:1 y una profundidad de alrededor de 1 m. El terreno debe tener una pendiente del 1–2 % para permitir el flujo por gravedad (SADER, s.f.).

- **Diseño constructivo básico para raceways**

El diseño y las dimensiones de un sistema de raceways está determinado por factores como el caudal de agua, la biomasa y la longitud del canal (Oca & Masaló, s.f.). Según la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de México, una configuración común para el cultivo de truchas, el en estanques de hormigón de 30 metros de largo por 3 metros de ancho y 1 metro de profundidad (SADER, s.f.).

Para evitar la entrada de sedimentos o la fuga de los peces, las entradas y salidas de agua deben estar protegidas con rejillas. Además, es esencial contar con un sistema de

drenaje en el fondo del estanque para facilitar la limpieza y la cosecha (Del Valle, 1996, citado en Lázaro, s.f.).

Estructuras complementarias en instalaciones acuícolas

- Oficina administrativa, baños, laboratorio, sala de alimentos y áreas de trabajo.
- Cuartos de cuarentena, tanques de selección, filtrar, clasificar los peces.
- Almacenes para piensos, químicos y herramientas.
- Talleres de reparación, garajes para maquinaria y equipos de bombeo.
- Áreas de empaque y despacho (NSW DPI, s. f.).

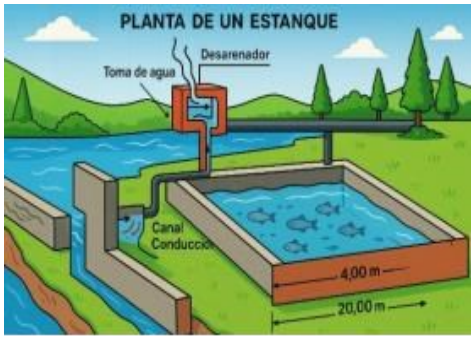
Buenas prácticas en diseño y construcción de estanques

Existen lineamientos generales para definir embankments (diques), estructuras de la contención, y prevenir filtraciones o erosión:

- Diseño de canalizaciones, drenajes, vertederos, zonas tampón y cimentaciones.
- Uso de materiales impermeables, compactación del suelo (> 95 % de densidad estándar) y protección ambiental (Business Queensland, s. f.).
- **Sistemas de recirculación de agua (RAS)**

Los sistemas RAS (Recirculating Aquaculture Systems) son infraestructuras que permiten reutilizar el agua mediante un ciclo cerrado: tecnologías como filtros mecánicos, biofiltros, oxigenación, control de pH y tratamientos UV/ozono son esenciales para mantener la calidad del agua (Business Queensland, s. f.).

Planta de un estanque de agua



Víctor Briones P, 2007

2.5.11 El agua para la crianza de trucha arcoíris

- **Caudal y renovación de agua**

La demanda de calibre de agua en piscicultura de trucha está principalmente ligada al requerimiento de oxígeno y la eliminación de desechos. Según la FAO (sin fecha), en truchas pequeñas (de unos gramos), el flujo necesario varía entre 0,2 y 7,1 litros por minuto por kilogramo de pez, dependiendo de la temperatura (Cuadro 2) por ejemplo, a 12 °C se requieren entre 0,8 y 2,3 L/min/kg según el peso del pez. De manera general, para truchas mayores se recomienda entre 0,7 y 1 L/min/kg**,** lo que implica que una granja de 100 t/año necesitaría aproximadamente 1 m³/segundo de agua (FAO, s.f.).

- **Condiciones físico-químicas óptimas**

- ***Oxígeno disuelto (DO)****:* Es esencial mantener niveles entre 7 y 9 mg/L. Por debajo de 5 mg/L los peces pueden estresarse, y niveles menores a 3 mg/L pueden resultar letales (FAO, s.f.).

- ***Temperatura****:* Las truchas se desarrollan mejor entre 10 °C, 15 °C; por encima

de 20 °C reducen la solubilidad del oxígeno y aumentan el estrés (FAO, s.f.).

• ***pH**:* El rango ideal es entre 6.5 y 8.0, preferiblemente en 7.0–7.5. Desviaciones pueden ocasionar alteraciones fisiológicas, afectando su salud y crecimiento (FAO, s.f.).

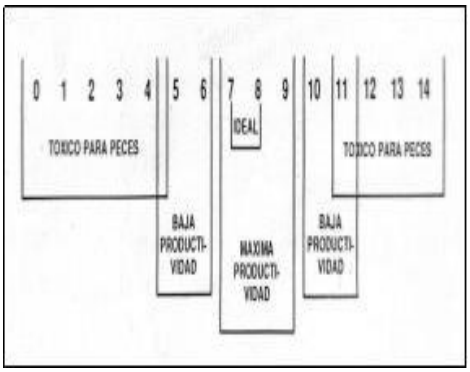
• ***Amoníaco, nitritos y nitratos**:*

✓ Amoníaco (NH_3): niveles seguros son menos de 0,02 mg/L**.**

✓ Nitritos (NO_2^-): deben mantenerse por debajo de 0,5 mg/L**.**

✓ Nitratos (NO_3^-): preferiblemente por debajo de 50 mg/L

Valores del pH del agua y su importancia en la crianza de peces



Víctor Briones P, 2007

Control de residuos y filtración

1. Un adecuado flujo de agua no solo aporta oxígeno, sino que elimina desperdicios, desechos orgánicos (como amoníaco, CO_2 y sólidos suspendidos), evitando así su acumulación y posibles daños a las branquias o proliferación bacteriana (MDPI, s.f.).

2. En sistemas de raceways (canales corridos), se recomienda una renovación completa del agua cada hora, lo que equivale a un flujo aproximado de 30 L/segundo por sección, para mantener la calidad adecuada y evitar la concentración de desechos (FAO, s.f.).

- ***Sistemas intensivos y recirculación (RAS)***

En sistemas recirculantes (RAS), el agua se trata mediante filtración mecánica (para sólidos), filtración biológica (para convertir amoníaco en nitratos), se controla el pH y se realizan procesos de oxigenación y esterilización para mantener la calidad constante (FAO, s.f.).

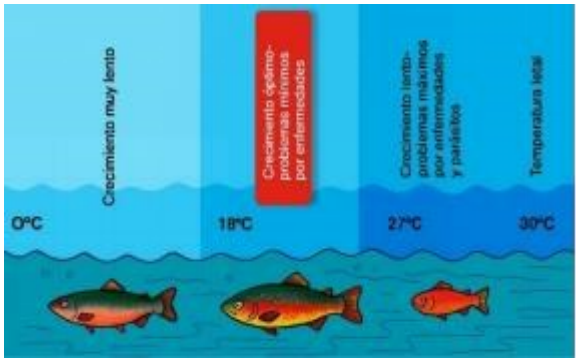
- **Turbidez y solubilidad de oxígeno**

La turbidez elevada (por ejemplo, >400 mg/L) puede afectar las branquias de la trucha,

dificultar su visión y alterar su comportamiento, comprometiendo su bienestar (MDPI, s.f.).

A altas altitudes, como en zonas andinas de Ecuador, la solubilidad del oxígeno disminuye. Por ejemplo, a 2.390 m de altitud y a 15 °C, el oxígeno máximo disuelto alcanzable sería aproximadamente 7,8 ppm, lo que representa un desafío adicional para la crianza en zonas alta andinas.

La trucha se cría en aguas cuya temperatura esta entre 10° y 18°C.



Fuente: *Víctor Briones P.*

2.5.12 Saprolegniasis en truchas

La saprolegniasis es una enfermedad fúngica que afecta a peces de agua dulce, especialmente en sistemas de cultivo intensivo. El agente causal principal es

saprolegnia parasítica, un oomiceto que se caracteriza por formar estructuras algodonosas en la superficie de los peces. Este hongo tiene un ciclo de vida que incluye esporas móviles (zoosporas) que nadan en el agua hasta encontrar un hospedador susceptible, donde se adhieren y germinan, formando micelio que penetra los tejidos. Factores predisponentes para la infección incluyen el estrés, lesiones cutáneas, mala calidad del agua y temperaturas subóptimas, que favorecen la proliferación del hongo (González, 2017).

Los sistemas de crianza de trucha arcoíris varían según la disponibilidad de agua y las necesidades productivas. Los estanques estáticos presentan un mayor riesgo de enfermedades debido a la acumulación de materia orgánica y menor renovación del agua. Los sistemas de flujo continuo, por otro lado, garantizan una mejor calidad del agua y reducen la presencia de patógenos, aunque requieren un alto consumo de recursos hídricos. También existen sistemas de recirculación acuícola (RAS) que optimizan el uso del agua y permiten un mejor control de enfermedades, aunque su implementación es costosa (FAO, 2014).

Las condiciones ambientales juegan un papel crucial en la prevalencia de enfermedades en la acuicultura. Factores como la temperatura, el oxígeno disuelto y la calidad del agua pueden influir en la resistencia de los peces y en la proliferación de patógenos. Un pH inadecuado, altas concentraciones de amonio y niveles bajos de oxígeno favorecen el estrés en los peces y aumentan la susceptibilidad a infecciones como la saprolegniasis. Por ello, la monitorización constante y el manejo adecuado de estos factores son fundamentales para prevenir enfermedades en los sistemas de cultivo (Torres & Fajardo, 2011).

Causa principal de la saprolegniasis

La saprolegniasis, causada principalmente por saprolegnia parasítica, representa uno de los principales problemas en la acuicultura de la trucha arcoíris debido a su alta mortalidad y pérdidas económicas. El agente afecta los huevos, alevines y adultos, generando lesiones algodonosas características en piel y aletas (Howe & Stehly, 1998).

Los factores predisponentes incluyen bajas temperaturas, estrés por manipulación y lesiones cutáneas, lo que favorece la colonización del hongo. Experimentos han demostrado que la abrasión de la piel y el estrés térmico aumentan significativamente la susceptibilidad de la trucha arcoíris a la infección (Howe & Stehly, 1998). En la búsqueda de alternativas al verde de malaquita, prohibido por su toxicidad, se han ensayado compuestos como el peróxido de hidrógeno y el bronopol, mostrando eficacia en la reducción de mortalidad en huevos y juveniles (Pottinger & Day, 1999). Más recientemente, se ha evaluado el uso de probióticos como Pseudomonas fluorescens para el control biológico de saprolegnia, observándose reducción significativa de la infección en trucha arcoíris en condiciones experimentales (González-Palacios, 2018).

Además, estudios recientes han destacado la importancia del microbioma cutáneo en la resistencia frente a saprolegnia. Alteraciones en la comunidad bacteriana de la piel de la trucha se han asociado con mayor susceptibilidad a la enfermedad, lo que abre nuevas líneas de investigación hacia la prevención mediante manejo del microbiota (Pavić et al., 2024).

- **Tratamientos**

Tratamientos recomendados para la saprolegniosis en trucha hay diversos tratamientos que han sido utilizados para controlar esta enfermedad en acuicultura:

• *Verde malaquita:* Tradicionalmente se ha empleado en baños de 10 a 30 segundos a 66 ppm cada dos días. Sin embargo, su uso ha sido prohibido en muchos países debido a sus propiedades teratogénicas (MINAM, 2015).

a) *Azul de metileno:* Aplicado a 10 ppm por tiempo indefinido, es efectivo en acuarios a pequeña escala, ya que inhibe el desarrollo del hongo (Saltos Icaza, J. V., & Ferrer-Sánchez, 2025).

b) *Azul de metileno:* Aplicado a 10 ppm por tiempo indefinido, es efectivo en acuarios a pequeña escala, ya que inhibe el desarrollo del hongo (Saltos Icaza, J. V., & Ferrer-Sánchez, 2025).

c) *Permanganato de potasio:* Utilizado a 10 ppm durante 30 a 60 minutos. Aunque es eficaz, puede dejar residuos problemáticos.

d) *Cloruro de sodio (sal común):* Aplicado a 30 gramos por litro, aunque algunas especies de Saprolegnia muestran resistencia a este tratamiento.

e) *Bronopol al 50%:* Actualmente utilizado en Chile para tratar infecciones fúngicas en ovas, alevines y reproductores mediante baños, siguiendo las indicaciones del producto comercial (Saltos Icaza, J. V., & Ferrer-Sánchez, 2025).

- **Medidas profilácticas**

En cuanto a las estrategias de control, se han investigado métodos de biocontrol utilizando bacterias aisladas de peces continentales y marinos. Por ejemplo, se ha estudiado la aplicación de bacterias como Pseudomonas fluorescens para inhibir el crecimiento de Saprolegnia parasítica en trucha arcoíris. Estas bacterias han demostrado ser efectivas en la prevención de la saprolegniasis cuando se añaden al agua del tanque, proporcionando un porcentaje significativo de peces no infectados (González, 2017).

Además, se han evaluado tratamientos profilácticos para mejorar la supervivencia de las ovas de trucha arcoíris. Por ejemplo, la aplicación de formalina y sal en el agua ha mostrado ser efectiva para reducir la incidencia de saprolegniasis y aumentar la tasa de eclosión de las ovas. Estos tratamientos ayudan a controlar la proliferación de saprolegnia en las etapas tempranas del desarrollo de los peces (Torres & Fajardo, 2011).

Es importante destacar que la implementación de buenas prácticas de manejo en las piscifactorías es esencial para prevenir la saprolegniasis. Esto incluye evitar daños físicos a los peces, eliminar rápidamente los peces muertos o enfermos, no dejar exceso de alimento en los estanques y minimizar los factores de estrés evitando la sobrepoblación. Estas medidas ayudan a mantener la salud de los peces y a reducir la incidencia de infecciones fúngicas (Özcan, 2024).

2.5.13 Factores de riesgos asociados a la prevalencia de la saprolegniasis

La saprolegniasis es una enfermedad fúngica que afecta a diversas especies acuáticas, incluyendo la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Diversos factores de riesgo contribuyen a la prevalencia de esta enfermedad en los cultivos de trucha (Tedesco, 2022).

Uno de los principales factores es la calidad del agua. Parámetros como la temperatura, el pH y la concentración de oxígeno disuelto influyen en la susceptibilidad de los peces a infecciones por *Saprolegnia*. Condiciones subóptimas pueden debilitar el sistema inmunológico de los peces, haciéndolos más propensos a la enfermedad (Hussein, 2022).

Aumento del estrés y susceptibilidad a enfermedades: Un manejo inadecuado puede causar estrés en los peces, lo que los hace más propensos a contraer enfermedades. Por ejemplo, el exceso de manipulación puede provocar la pérdida de mucus, escamas y heridas, aumentando la vulnerabilidad a infecciones (Kubitza, 2022).

La presencia de materia orgánica en descomposición y la acumulación de desechos en los sistemas de cultivo crean un ambiente propicio para el crecimiento de saprolegia (Lujan, 2023).

Las fluctuaciones bruscas de temperatura y otros parámetros ambientales pueden estresar a los peces y alterar el equilibrio microbiano del agua, favoreciendo la proliferación de patógenos como saprolegnia. Es crucial mantener condiciones

ambientales estables para reducir la incidencia de la enfermedad (Godoy, 2025). La introducción de peces infectados o portadores asintomáticos en las poblaciones de cultivo es otro factor de riesgo significativo. La implementación de medidas de cuarentena y monitoreo regular es esencial para prevenir la diseminación de la saprolegniasis. El uso de equipos y herramientas contaminadas puede servir como vector para la propagación de esporas de saprolegnia. La desinfección adecuada y regular de estos elementos es fundamental para controlar la diseminación de la enfermedad. La densidad de población en los sistemas de cultivo influye en la prevalencia de la saprolegniasis. Altas densidades pueden aumentar el estrés y la probabilidad de lesiones por contacto, facilitando la infección. Es recomendable mantener densidades óptimas para minimizar estos riesgos (Cabañes, 2021).

La competencia microbiana en el ambiente acuático también juega un papel en la prevalencia de Saprolegnia. Alteraciones en la comunidad microbiana, ya sea por el uso de antimicrobianos o cambios en las condiciones ambientales, pueden favorecer el crecimiento del hongo (Escobar, 2006).

2.5.14 Alimentación de la trucha arcoíris

La alimentación es uno de los factores más importantes en el cultivo de trucha arcoíris, ya que determina el crecimiento, la supervivencia y la calidad del producto final. Según la FAO (2010), las dietas comerciales para trucha deben tener entre 35 % y 45 % de proteína bruta**,** proveniente principalmente de harina de pescado, soya y otros insumos vegetales, mientras que los niveles de grasa deben situarse entre el 10 % y el 20 %, dependiendo de la etapa de desarrollo.

En Ecuador, estudios técnicos han mostrado que los alevinos requieren dietas de inicio con niveles de proteína cercanos al 45–50 %, mientras que en juveniles estos descienden a 40–45 %, y en adultos a 35–40 % (Ortiz Tirado, 2015). Asimismo, es indispensable el aporte de aminoácidos esenciales como lisina, metionina y arginina para asegurar un crecimiento óptimo (NRC, 2011).

Además de proteínas y grasas, las dietas deben suplementarse con vitaminas (A, D, E, K, complejo B, C) **y** minerales (calcio, fósforo, zinc, magnesio, hierro), ya que su deficiencia puede causar problemas de crecimiento, deformidades esqueléticas o mortalidades elevadas. El adecuado balance de nutrientes permite mejorar la conversión alimenticia y la resistencia frente a enfermedades, algo crucial en los sistemas de producción en zonas altoandinas del Ecuador (Halver & Hardy, 2002).

- ***Alimento balanceado para la trucha arcoíris***

El alimento balanceado es fundamental para la producción de trucha arcoíris en sistemas de cultivo, ya que permite garantizar un adecuado crecimiento y una buena conversión alimenticia. Según (Halver y Hardy, 2002), un buen balanceado para trucha debe contener entre 35 y 45 % de proteína bruta **y** de 10 a 20 % de lípidos, ajustados de acuerdo con la etapa de desarrollo.

Señala que los productores utilizan balanceados comerciales formulados a base de harina de pescado, harina de soya, maíz y aceites vegetales, los cuales se suplementan con vitaminas y minerales para mejorar el rendimiento productivo. Los alimentos extruidos flotantes son preferidos, permiten un mejor control del consumo y reducen las pérdidas de nutrientes en el agua (Ortiz Tirado, 2015).

Asimismo, el (National Research Council, 2011) establece que las truchas requieren aminoácidos esenciales como lisina, metionina y arginina, los cuales deben estar presentes en el balanceado para evitar deficiencias nutricionales que afecten la tasa de crecimiento.

El uso de alimentos balanceados de alta calidad no solo mejora la producción, sino que también disminuye el impacto ambiental, ya que reduce la cantidad de desechos orgánicos en los cuerpos de agua donde se desarrolla la truchicultura (FAO, 2010).

- ***Ración alimenticia de trucha arcoíris***

La ración alimenticia en truchas depende de factores como el peso vivo, la temperatura

del agua y el tipo de alimento suministrado. En general, los alevinos requieren entre el 3 % y 5 % de su peso corporal al día, mientras que en los juveniles la ración disminuye progresivamente hasta el 2–3 %, y en los adultos hasta el 1–2 %, especialmente cuando alcanzan el peso de mercado (Halver & Hardy, 2002).

En Ecuador, (Ortiz Tirado. 2015) indica que, en sistemas de cultivo de trucha en la Sierra, la ración alimenticia se ajusta también a la temperatura del agua: a temperaturas óptimas (12–16 °C) se emplea el rango más alto de la ración, mientras que en temperaturas bajas (<10 °C) el metabolismo de los peces disminuye y, por ende, la cantidad de alimento debe reducirse.

La ración diaria en varias tomas (de 3 a 5 alimentaciones diarias en alevinos, y 2 a 3 en juveniles y adultos), con el fin de optimizar la digestión y reducir el desperdicio de alimento. La aplicación correcta de la ración alimenticia no solo asegura un crecimiento eficiente, sino que también contribuye a una mejor conversión alimenticia, reduciendo los costos de producción y el impacto ambiental (FAO, 2010).

Por ejemplo:

- Alevín de 2cm de longitud (0,15gr.)

1000 x 0,15 c/u = 150 g x 11,5%= 17,25 gr de alimento por día

- Alevín de 4-6 cm de longitud (1,6gr.)

1000 x 1,6c/u = 1600 g x 9,5%= 152 gr de alimento por día

- Cuando los peces han crecido lo suficiente se debe pensar en suministrar un alimento granulado (peletalizado) para evitar el desperdicio que se produce cuando se les da alimento muy fino.

- Se requiere aproximadamente 2kg de alimento para producir un Kg de trucha (2:1), en un lapso 14 a 18 meses a una temperatura de 10 a 18°C dependiendo del tamaño o edad que entran a engorde.

- Si se crían en aguas más frías que no llegan a 10°C, las truchas tardaran dos años o más para alcanzar el tamaño requerido del mercado (FAO, 2010).

- En agua con temperatura muy alta crecen más lentamente y son más vulnerables a las enfermedades.

Tamaño de los balanceados

Balanceado	**Tamaño de las partículas mm**
Inicial	0,6 – 1,7
Para crecimiento intermedio	0,17 a
Para crecimiento final	4,00

Fuente: *Víctor Briones P, 2007*

Porcentaje de proteína en la ración balanceada para truchas

Balanceado	**Calculado**	**Probable**
Inicial	50%	48%
Crecimiento Intermedio	40%	38%
Crecimiento final	39%	38%
Reproductores	40%	38%

Fuente: *Víctor Briones P, 2007*

Cosecha de la trucha arcoíris

La cosecha de la trucha arcoíris constituye la última fase del ciclo productivo y debe realizarse de manera cuidadosa para garantizar la calidad del producto y minimizar el estrés en los peces. Según (FAO, 2010), la cosecha suele realizarse cuando los peces alcanzan un peso de 250 a 500 gramos, considerado el rango ideal para el mercado. En Ecuador, (Ortiz Tirado, 2015) señala que la cosecha generalmente se lleva a cabo entre los 8 y 12 meses de cultivo, dependiendo de la calidad del alimento, las condiciones

ambientales y el sistema de producción. Para reducir el estrés, se recomienda ayuno de 24 horas previas a la cosecha, lo que mejora la calidad del filete y reduce la contaminación bacteriana en el procesamiento.

Por otro lado (Halver y Hardy, 2002) destacan que las técnicas de cosecha deben minimizar el sufrimiento de los peces, ya que un mal manejo produce liberación excesiva de catecolaminas y ácido láctico, lo que afecta negativamente la textura y el sabor de la carne.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación de la investigación

- **Localización de la investigación**

La fase experimental de la investigación se desarrolló en el Complejo Turístico Don Pepito, ubicado en el recinto Marcopamba de la parroquia San Lorenzo, Cantón Guaranda, provincia Bolívar

- **Situación geográfica y edafoclimática**

Tabla 1.

Parámetros geográficos y localidad

Parámetros	**Localidad**
Latitud	-1.6993024
Longitud	-78.995399
Altitud	2.302 m.s.n.m.
Temperatura máxima	18 º C
Temperatura mínima	12 º C
Temperatura media	15 C

Goraymi, 2022

- **Zona de vida**

Según la clasificación de Holdridge, la zona de estudio se encuentra en la región de Bosque Húmedo Montano, lo que implica condiciones climáticas y ecológicas específicas que influyen en el agua y el comportamiento de las Trucha Arcoíris, lo que justifica la necesidad de estudios adaptados al ecosistema local.

3.2 Metodología

3.2.1 Material de estudio

El material principal en este estudio fue la trucha arcoíris (*oncorhynchus mykiss*), seleccionada por su susceptibilidad a la Saprolegniasis, se utilizó dos grupos de peces en base a su edad:

- **Truchas juveniles (Nivel A1):** Ejemplares de 4 meses de edad, con un peso promedio inicial de 15 gramos y una talla de 15 cm.
- **Truchas adultas (Nivel A2):** Ejemplares de 8 meses de edad, con un peso promedio inicial de 20.5 gramos y una talla de 20.5 cm.

3.2.2 Factores en estudio

Factor A: Edad de las truchas

- A1: Truchas arcoíris juveniles de 4 meses de edad.
- A2: Truchas arcoíris adultas, de 8 meses de edad.

FACTOR B: Sistemas de crianza

- B1: Sistemas de crianza en estanques plástico + AM.
- B2: Sistemas de crianza en estanques de cemento + AM.

3.2.3 Tratamientos

Tabla 2.

Descripción de los tratamientos experimentales

Tratamiento	Código	Descripción
T1	A1 x B1	Truchas arcoíris juveniles + Sistemas de plástico.
T2	A1 x B2	Truchas arcoíris juveniles + Sistemas de cemento.
T3	A2 x B1	Truchas arcoíris adultas + Sistemas de plástico.
T4	A2 x B2	Truchas arcoíris adultas + Sistemas de cemento.
	Número de tratamientos	4
	Número de animales por tratamiento	6
	Repeticiones	24
	Número total unidades experimentales	24

3.2.4 Tipos de diseño experimental o estadístico.

Se selecciono un total de 24 truchas arcoíris y se dividió en dos grupos según su edad: juveniles (de 4 meses) y adultas (de 8 meses), con 6 truchas por cada tratamiento. Esto permitió crear un diseño de investigación que controlo la comparación de las truchas arcoíris en estudio.

Para la evaluación de los tratamientos y la prevalencia de la saprolegniasis, los dos grupos se asignaron aleatoriamente a los estanques, siguiendo un diseño de bloques Completos al azar en un arreglo factorial 2x2. Esto significó que cada grupo de edad fue expuesto tanto al estanque de cemento como al de plástico, lo que permitió observar si la edad y el tipo de estanque influía en los resultados.

3.2.5 Manejo de la investigación

La investigación se desarrolló siguiendo un protocolo riguroso y detallado, diseñado para asegurar la validez de los datos y el bienestar de las truchas arcoíris.

En el proceso metodológico se dividió en dos sistemas de crianzas, desde la recepción de las truchas arcoíris hasta la aplicación de tratamientos.

- **Recepción y aclimatación de las truchas arcoíris**

Al inicio del estudio, se realizó la recepción de los peces juveniles y adultos. Los organismos fueron transportados bajo condiciones controladas, manteniendo una adecuada oxigenación y una temperatura óptima para minimizar el estrés inherente a la manipulación. Una vez en las instalaciones de la psifactoría, se llevó a cabo una exhaustiva inspección visual para descartar cualquier individuo con signos preexistentes de enfermedad o lesiones, asegurando la calidad sanitaria de la población inicial. Los peces fueron clasificados por tamaño y edad y distribuidos de manera aleatoria en los estanques experimentales.

- ***Estanques de plástico:*** Estos estanques, fabricados en polietileno de alto impacto, ofrecieron un entorno experimental controlado y de fácil limpieza, lo que facilitó la observación detallada del comportamiento y la sanidad de las truchas arcoíris. Su volumen de 3,60 m^3 fue estandarizado para mantener una densidad.
- ***Estanques de Cemento:*** Estos estanques proporcionaron un entorno más representativo de los dos sistemas de crianzas, con un volumen de 2 m^3.

Cada estanque fue previamente acondicionado con agua de vertientes naturales, garantizando una aireación constante y una estabilidad en los parámetros fisicoquímicos como el pH, la temperatura y el oxígeno disuelto. Se estableció una densidad estandarizada de acuerdo con el tamaño y el tipo de estanque. Durante las primeras 24 horas, se monitoreó el comportamiento de las truchas arcoíris para detectar cualquier signo de estrés, mortalidad, registrando la fecha de recepción y cualquier de las observaciones relevantes para la investigación.

- **Verificación de características morfológicas y biométricas**

Para asegurar la homogeneidad y la precisión de los grupos, se realizó una verificación

detallada de las características de las truchas juveniles y adultas.

- ***Identificación por etapa de desarrollo:*** La distinción entre juveniles y adultos se basó en criterios morfológicos y fisiológicos bien definidos. Las truchas juveniles (entre 5 y 15 cm) se caracterizaron por un patrón de coloración menos intenso, un cuerpo más esbelto y un comportamiento de nado activo en busca de alimento. En contraste, las truchas adultas (con una talla superior a 20 cm) exhibieron una morfología más robusta, colores más vivos y, en algunos casos, signos de madurez sexual.
- ***Medición de peso y talla:*** Para obtener el peso y la talla promedio (gr) de cada grupo, se procedió a la medición individual de todos los ejemplares. Estos datos fueron registrados meticulosamente para su posterior análisis estadístico.
- ***Evaluación del índice de condición corporal (K):*** Sirvió para evaluar el estado nutricional y la salud general de las truchas arcoíris, se determinó su condición de acuerdo a las condiciones agua/alimento.

- **Detección y cuantificación de la enfermedad**

El monitoreo de la salud de las truchas arcoíris fue una actividad central y constante durante el estudio. La enfermedad se presentó en la tercera y cuarta semana desde la investigación, tomando datos de la signología y el comportamiento de las truchas.

- ***Observación de síntomas clínicos (SC):*** Se llevaron a cabo inspecciones visuales diarias para detectar síntomas tanto externos como de comportamiento. Se revisaron la piel, aletas, ojos y branquias en busca de lesiones, decoloración, secreciones anormales o la presencia de lesiones algodonosas. A nivel comportamiento, se observaron signos como la pérdida de apetito, nado errático o aislamiento, que son indicadores de enfermedad.
- ***Cuantificación de peces afectados y prevalencia:*** Se realizó una observación para determinar el número de truchas arcoíris afectadas (PA). A partir de este dato, se calculó el porcentaje de afectados con la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de afectados}(\%) = \frac{número\ de\ peces\ con\ signos}{total\ de\ peces\ en\ el\ sistema} x100$$

Existiendo una media del 4% de peces afectados por la investigación.

- Posteriormente, se calculó la prevalencia de la saprolegniasis (P) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Prevalencia}(\%) = \frac{número\ de\ peces\ infectados}{numero\ total\ de\ peces\ examinados} x100$$

Existiendo una media de prevalecía del 12% de peces afectados por la investigación.

- ***Cálculo de la incidencia (I):*** Para rastrear la evolución del brote de la saprolegniasis, se registró el número de nuevos casos de infección durante un periodo específico. La incidencia se calculó como:

$$\text{Incidencia}(\%) = \frac{número\ de\ casos\ nuevos}{población\ es\ riesgos} x100$$

Existiendo una media en incidencia del 4% de peces por la investigación.

- ***Grado de severidad (GS):*** Se evaluó la severidad de las lesiones mediante una escala cualitativa, lo que permitió clasificar el impacto de la infección:

✓ ***Leve:*** Lesiones pequeñas y localizadas.

✓ ***Moderado:*** Lesiones más grandes, con signos de afectación en el comportamiento.

✓ ***Severo:*** Lesiones extensas y profundas, con debilitamiento y alto riesgo de mortalidad.

- **Medición de parámetros fisicoquímicos y manejo del agua**

El control de la calidad del agua fue una de las prioridades constantes para asegurar un

adecuado para las truchas. Para ello, se llevó un monitoreo riguroso, que incluyó mediciones diarias de los siguientes parámetros:

✓ ***Temperatura (T°) y pH:*** La temperatura se midió semanalmente utilizando un termómetro flotante para acuicultura. El pH se midió con un kit de un termómetro flotante para acuicultura. El pH se midió con el kit de reactivo

líquidos, comparando el cambio de color con una escala de referencia para asegurar que el valor se mantuviera dentro del rango ideal (pH 6.5 a 8.0).

✓ ***Recambio de agua (FRA):*** Se mantuvo un flujo de agua permanente de entrada y salida para evitar la acumulación de metabolitos y materia orgánica, lo que es una medida clave para la sanidad en los estanques.

✓ ***Prácticas de bioseguridad (PB):*** Se implementaron medidas preventivas estrictas, incluyendo la desinfección regular de equipos y la eliminación adecuada de peces muertos o enfermos, para evitar la propagación de patógenos.

✓ ***Aplicación del tratamiento:*** Cuando se detectaron los primeros signos del brote de saprolegniasis, se procedió a la aplicación del tratamiento con azul de metileno.
Protocolo de baño terapéutico: El tratamiento consistió en un baño terapéutico, donde las truchas fueron sumergidas en una solución de azul de metileno. Se disolvió el medicamento en agua a una concentración terapéutica de 3 ml de solución al 1% por 10 lts de agua.

✓ ***Método de aplicación:*** Se colocaron 6 truchas arcoíris por cada tratamiento, se mantuvieron sumergidos durante 10 a 20 segundos en el tratamiento. El proceso se repitió hasta que todos las truchas arcoíris fueron tratadas. Es importante destacar que, al inicio del tratamiento, el 100% de la población de truchas presentaba la enfermedad, lo que permitió evaluar la efectividad del tratamiento en un escenario de infección total.

✓ ***Dosificación y monitoreo (TAM):*** Se registró la cantidad exacta de azul de metileno utilizado en cada tratamiento para el posterior análisis. Se monitoreó

constantemente a las truchas arcoíris para detectar cualquier signo de estrés, y si se observaba, se acortaba la duración de la inmersión. El tratamiento se repitió con dos baños de inmersión por un lapso de 24 horas, y se continuó hasta observar una mejora clínica.

3.2.6 Métodos de evaluación y datos tomados

Se basó en una medición cuidadosa de variables que permitieron entender de cerca la salud de las truchas arcoíris utilizadas en esta investigación y la efectividad de del tratamiento; por lo cual se llevó un control exhaustivo de los siguientes parámetros:

- **Sistema de crianza***:* El punto de partida de la investigación fue si el tipo de

estanque, plástico versus cemento, influiría en la aparición de la saprolegniasis. Se seleccionó estos dos sistemas, para ver si las diferencias en la superficie y la composición del material tenían algún efecto.

- **Edad de la trucha:** La inclusión de las truchas juveniles y adultas permitió explorar si la etapa de desarrollo de la trucha brindaba una mayor o menor resistencia al hongo. Se conocía que las truchas jóvenes a menudo tienen un sistema inmunitario menos desarrollado, por lo que fue vital comparar su respuesta con la de las truchas adultas.
- **Parámetros biológicos***:* Estos fueron los indicadores de la salud general y el crecimiento de las truchas, permitiendo entender si el tratamiento o la saprolegniasis afectaban su desarrollo normal.
- **Peso promedio (PTP):** Se registró semanalmente con una balanza de mesa tipo reloj para medir el crecimiento en gramos. Esto permitió ver de cerca si la saprolegniasis causaba un deterioro en la condición física de las truchas arcoíris.
- **Talla promedio*:*** Se midió con una regla milimétrica para registrar la longitud total de cada trucha, lo que complementó los datos de peso para evaluar el crecimiento general.

- **Índice de condición corporal (K):** Calculado con la fórmula de Fulton, este índice nos dio una visión más profunda del estado nutricional y fisiológico de las truchas.
- **Parámetros Patológicos:** Estos fueron los parámetros más importantes, ya que permitieron documentar la evolución de la saprolegniasis durante el estudio.
- **Prevalencia (%):** Se analizó la proporción de las truchas con síntomas de la saprolegniasis en cada muestreo. Su variación a lo largo de las semanas mostró la intensidad del brote y el éxito de la intervención.
- **Incidencia (%):** Se identificó cuántos casos nuevos surgían cada semana, revelando la velocidad de la propagación del hongo en la población.
- **Síntomas clínicos (SC):** Observar los síntomas fue un trabajo riguroso, ya que se buscaba la presencia de lesiones algodonosas en la piel y las aletas, la erosión de tejido y cualquier conducta anormal.
- **Grado de severidad (GS):** Con un cuidadoso examen físico, se pudo clasificar la gravedad de las lesiones en una escala de leve, moderado o grave. Esto dio una idea de la intensidad de la saprolegniasis en cada estanque.
- **Tasa de mortalidad (TM):** La tasa de mortalidad fue un indicador directo, no se registró mortalidad en ninguno de los grupos, lo que indica la efectividad del tratamiento.

Todas las observaciones se realizaron de forma semanal, utilizando fichas de campo. Fue un proceso de registro manual que luego se digitalizó en hojas de cálculo para asegurar la precisión en cada dato.

- **Balanza de mesa tipo reloj:** La balanza tipo reloj, dio la precisión necesaria para registrar el peso de cada uno de los peces.
- **Termómetro flotante de piscina:** Él Emaux, fue utilizado a diario para monitorear la temperatura del agua.
- **Kit de pH para piscina:** Él Emaux Test, el cual permitió verificar el pH del agua de manera confiable.
- **Cámara digital del teléfono celular**
- **Computadora portátil:** Utilizada para la digitalización, organización y análisis de toda la información.
- **Insumos químicos y orgánicos:** Los principales fueron el reactivo de azul de metileno para el tratamiento, los reactivos líquidos para pH como la solución de fenol rojo al (0,3%) y el alimento balanceado para engorde (croquetas de 5.0 a 6.0 mm de diámetro) administradas en truchas de 100 a 250 gr de peso vivo esto como media de los datos tomados.
- **Insumos de bioseguridad:** El uso de guantes, mascarillas, botas de caucho fue un paso fundamental para evitar cualquier tipo de contaminación cruzada y garantizar la fiabilidad del estudio.

A continuación, se muestra los datos recopilados semanalmente. Esta información fue fundamental para analizar el impacto de los tratamientos y el desarrollo de la saprolegniasis a lo largo del experimento.

Tabla 3.

Registro Semanal de Variables en Trucha Arcoíris (Oncorhynchus mykiss)

Semana	Tratamiento	pH	Peso (g)	Índice TAM	Promedio K	Prevalencia (%)	Severidad (°C)	(mg/L)	T°
1	T1 – Juveniles Plástico	15,0	4,0	0,00		Ninguna	19	6,8	–
	T2 – Juveniles Cemento	15,0	4,0	0,00		Ninguna	14	7,6	–
	T3 – Adultos cemento	20,0	4,0	0,00		Ninguna	19	6,8	–
	T4 – Adultos cemento	20,00	4,00	0,00		Ninguna	14	7,6	
2	T1 – Juveniles Plástico	15,5	4,0	0,00		Ninguna	19	6,8	–
	T2 – Juveniles Cemento	15,5	4,0	0,00		Ninguna	14	7,6	–
	T3 – Adultos Plástico	20,5	4,0	0,00		Ninguna	19	6,8	–
	T4– Adultos Cemento	20,5	4,0	0,00		Ninguna	14	7,6	-
3	T1 – Juveniles Plástico	16,0	4,0	0,24		Moderado	19	6,8	0,34
	T2 – Juveniles Cemento	16,0	4,0	0,24		Grave	14	7,6	0,40
	T3 – Adultos Plástico	21,0	4,0	0,24		Moderado	19	6,8	0,25
	T4– Adultos Cemento	21,0	4,0	0,24		Grave	14	6,8	0,25
4	T1 – Juveniles Plástico	16,0	4,0	0,12		Leve	19	6,8	0,25
	T2 – Juveniles Cemento	16,0	4,0	0,00		Ninguna	14	7,6	0,30
	T3 – Adultos Plástico	21,0	4,0	0,12		Leve	19	6,8	0,15
	T4– Adultos Cemento	21,0	4,0	0,00		Leve	14	7,6	0,33

Fuente: *Investigación de campo (2025).*

3.2.7 Análisis de datos

Para la presente investigación, el análisis de los datos obtenidos durante el experimento se realizó con un enfoque cuantitativo, aplicando pruebas estadísticas que permitieron identificar diferencias significativas entre los tratamientos evaluados y determinar el comportamiento de la prevalencia de la saprolegniasis en la Trucha Arcoíris (Oncorhynchus mykiss) en dos sistemas de crianzas.

Todos los registros de campo fueron cuidadosamente organizados en una base de datos utilizando hojas de cálculo. Posteriormente, los datos fueron procesados en el software Statistics v.25, el cual se implementó tanto para la depuración de la información como para la generación de tablas, gráficos y análisis comparativos.

Las pruebas estadísticas aplicadas fueron:

Estadística descriptiva: Se calcularon promedios, frecuencias y porcentajes para variables como la prevalencia, incidencia y mortalidad en cada uno de los tratamientos. Esta fase inicial brindó una visión clara y concisa del comportamiento de los datos.

Análisis de varianza (ANOVA): Se aplicó un Análisis de Varianza de una Vía (ANOVA) para determinar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos en relación con el peso promedio, el índice de condición corporal (k) y la prevalencia de la saprolegniasis.

Prueba de tukey (HSD): Como análisis post-hoc del ANOVA, se utilizó la Prueba de Tukey (HSD) para identificar específicamente entre qué tratamientos se presentaron las diferencias significativas. Esto permitió saber con precisión qué combinaciones de edad y sistema de crianza tuvieron efectos distintos.

Pruebas no paramétricas complementarias: Se recurrió a pruebas no paramétricas cuando las suposiciones del ANOVA no se cumplían, asegurando la validez del análisis.

Análisis de correlación: Este análisis se aplicó a las variables ambientales (temperatura y pH) frente a la prevalencia. El objetivo fue evaluar si existió una asociación entre la calidad del agua y la incidencia de saprolegniasis, lo cual es fundamental para entender la dinámica de la enfermedad en los estanques.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de Resultados

4.1.1. Prevalencia de saprolegniasis

Tabla 4

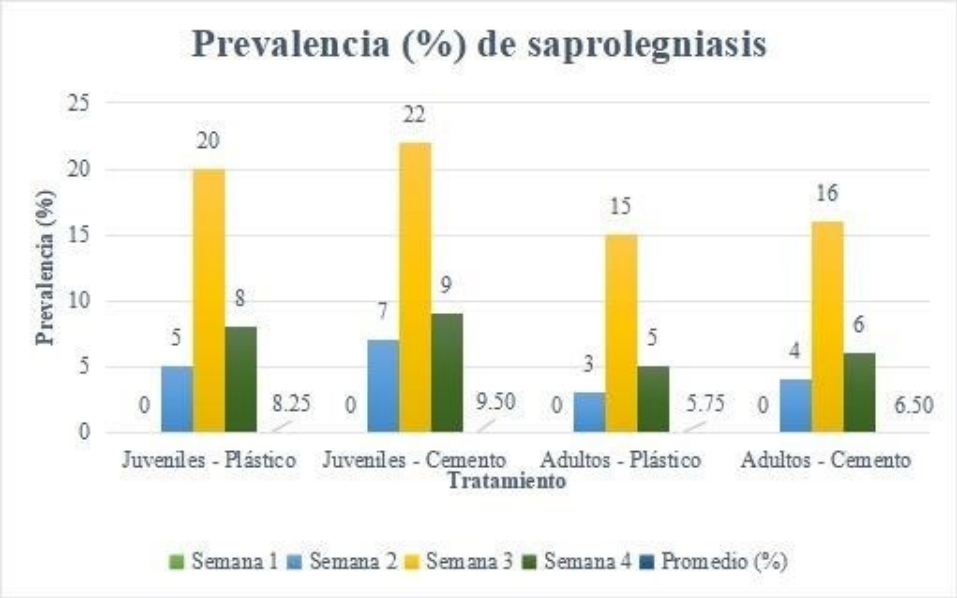
Prevalencia (%) de saprolegniasis en trucha arcoíris según tratamiento

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Promedio (%)
Juveniles - Plástico	0	5	20	8	8.25
Juveniles - Cemento	0	7	22	9	9.50
Adultos – Plástico	0	3	15	5	5.75
Adultos - Cemento	0	4	16	6	6.50

Fuente: *Investigación de campo, 2025.*

Gráfico 1.

Prevalencia (%) de saprolegniasis en trucha arcoíris según tratamiento



Análisis e interpretación

El umbral de la enfermedad se hizo evidente en la tercera semana del estudio. Las truchas jóvenes mostraron una mayor susceptibilidad y se vieron más afectadas. Tan pronto se detectó el brote, se aplicó el tratamiento con azul de metileno, los resultados fueron notables; en la cuarta semana, la prevalencia de la enfermedad se redujo significativamente, confirmando la efectividad del tratamiento. Este hallazgo se alinea con lo que ya habían documentado otros expertos en el tema, como lo señalan (Howe & Stehly, 1998), la saprolegniasis tiende a manifestarse de forma más agresiva en los peces jóvenes. Esto hace mención a que su sistema inmunológico todavía no está completamente desarrollado, lo que los hace más vulnerables a los patógenos existentes.

Por lo tanto, se concluye en que la aparición del brote en los peces jóvenes, seguida de una reducción significativa de la prevalencia tras la aplicación del tratamiento, evidencia una clara concordancia entre los resultados y resalta la importancia de la rapidez en la detección y el manejo adecuado de enfermedades en sistemas de

producción acuícola para mantener la sanidad de los organismos y optimizar la productividad.

4.1.2 Grado de severidad promedio

Tabla 5.

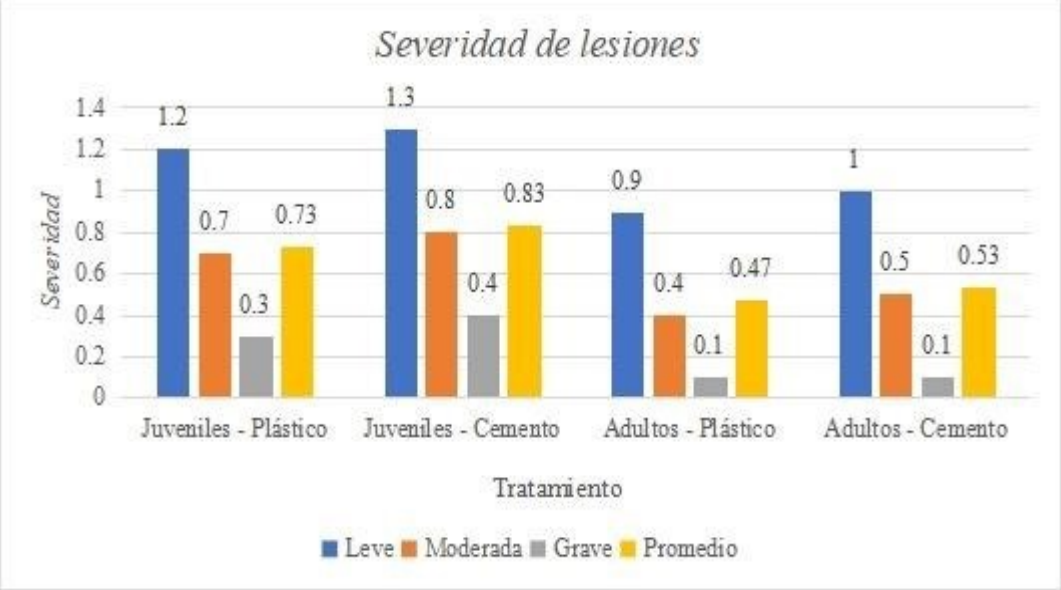
Severidad de lesiones según tratamiento (escala 0–3)

Tratamiento	Leve	Moderada	Grave	Promedio
Juveniles - Plástico	1.2	0.7	0.3	0.73
Juveniles - Cemento	1.3	0.8	0.4	0.83
Adultos - Plástico	0.9	0.4	0.1	0.47
Adultos - Cemento	1.0	0.5	0.1	0.53

Fuente: *Investigación de campo, 2025.*

Gráfico 2.

Severidad de lesiones según tratamiento (escala 0–3)



Análisis e interpretación

La severidad de la enfermedad no solo depende del hongo, sino de cómo el sistema de crianza y el estrés afectan la capacidad del pez para defenderse.

El análisis evidenció que los niveles más altos de severidad en las lesiones por saprolegniasis se registraron en los ejemplares jóvenes criados en estanques de cemento, mientras que en los peces adultos las manifestaciones clínicas fueron significativamente más leves. Este comportamiento puede explicarse por la inmadurez del sistema inmunológico en las fases juveniles, lo que limita su capacidad de respuesta frente a agentes existentes como la saprolegnia haciendo que se vuelvan vulnerables a los factores de estrés del medio.

Los autores (Toranzo et al.,2017) explican que los sistemas de crianza intensiva, con altas densidades de población, pueden generar un estrés crónico en los peces. Este estrés compromete su sistema inmunológico y los hace mucho más susceptibles a infecciones graves, lo que lleva a cuadros más severos de saprolegniasis. Por lo tanto, el hecho de que las truchas jóvenes, que son más vulnerables biológicamente, presentaron los síntomas más graves, confirma la teoría de que el estrés ambiental es un factor clave que empeora la saprolegniasis.

En conclusión, este hallazgo no solo destaca la vulnerabilidad de las truchas jóvenes, sino que también indica la importancia de un manejo adecuado del entorno. La severidad de la saprolegniasis no solo depende del hongo, sino de la interacción entre la condición fisiológica del hospedador y los factores ambientales de crianza. Estos resultados muestran la importancia de implementar estrategias de manejo diferenciadas según la etapa de desarrollo, que reduzcan el estrés y optimicen la respuesta inmunitaria de las truchas jóvenes para minimizar la presentación de lesiones graves.

4.1.3. Peso y talla promedio

Tabla 6.

Peso y talla promedio según tratamientos

Tratamiento	Peso (g)	Talla (cm)
Juveniles - Plástico	50.2	12.3
Juveniles - Cemento	48.7	11.9
Juveniles - Cemento	245.5	28.7
Adultos - Cemento	240.8	28.2

Fuente: *Investigación de campo, 2025.*

Gráfico 3.

Peso y talla promedio según tratamientos



Análisis e interpretación

Al evaluar el crecimiento y la evolución clínica de las truchas arcoíris, se determinó que la severidad de la saprolegniasis estuvo relacionada con el tipo de estanque utilizado (cemento o plástico), y también con la edad de los ejemplares. En los grupos T1 y T2, correspondientes a las truchas jóvenes, se registraron cuadros clínicos severos independientemente del sistema de crianza; los grupos T3 y T4 integrados por las

truchas adultas presentaron manifestaciones clínicas leves, lo que confirma que la variable determinante fue la etapa etaria y no el material de la infraestructura.

Este comportamiento puede explicarse por la inmadurez inmunológica de las truchas jóvenes, quienes presentan una menor capacidad de respuesta frente a infecciones existentes, lo que los hace más susceptibles a la saprolegnia. Por el contrario, las truchas adultas, al contar con un sistema inmunitario más consolidado y con sus barreras naturales (mucosa cutánea y branquial), las truchas adultas lograron evitar que la enfermedad se extendiera y causara más daño.

Esto concuerda con lo descrito por (Evans, 2007), quien sostiene que la edad y el estrés son factores moduladores de la inmunocompetencia en peces. Las truchas jóvenes, al encontrarse en un proceso de maduración inmunitaria, tienen una menor capacidad de defensa, lo que explica el incremento en la gravedad de la enfermedad en comparación con las truchas adultas. Esta investigación refuerza la hipótesis de que la edad constituye un factor crítico en la susceptibilidad a la saprolegniasis, por lo que el manejo sanitario en piscicultura debe contemplar estrategias diferenciadas entre peces jóvenes y adultos, priorizando la reducción de factores de estrés y la optimización de las condiciones de crianza en etapas tempranas de desarrollo.

4.1.4. Dosis de azul de metileno aplicada

Tabla 7

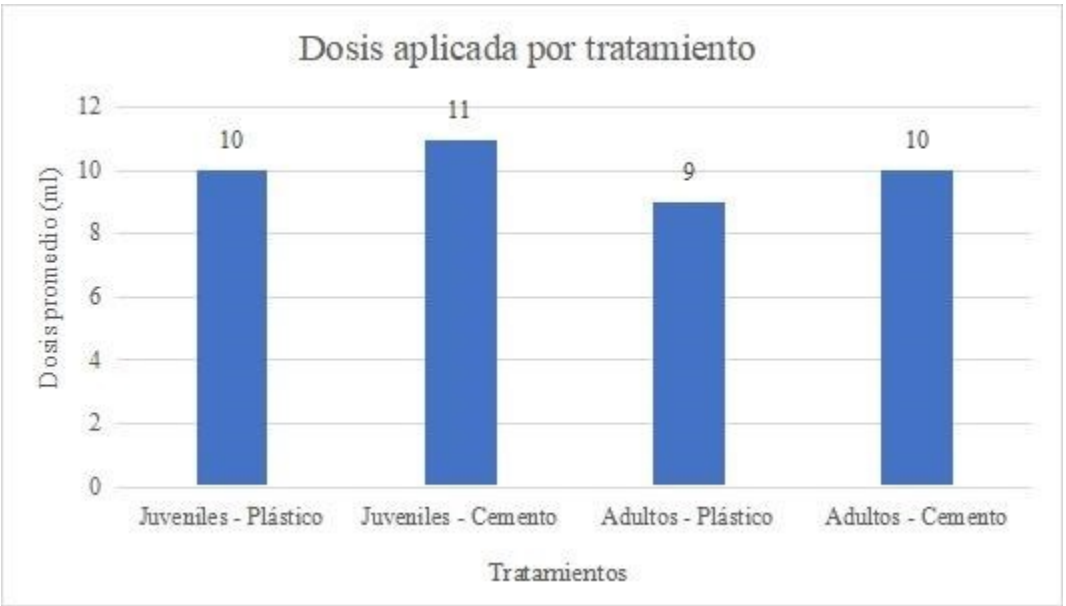
Dosis promedio utilizada según tratamiento

Tratamiento	Dosis promedio (ml)
Juveniles - Plástico	10
Juveniles - Cemento	11
Adultos - Plástico	9
Adultos - Cemento	10

Fuente: *Investigación de campo, 2025.*

Gráfico 4.

Dosis promedio utilizada según tratamiento



Análisis e interpretación

Al analizar la aplicación terapéutica, se evidenció que la dosis de azul de metileno administrada a los diferentes grupos etarios se mantuvo homogénea, sin diferencias significativas. Esta uniformidad en la dosificación asegura que la reducción observada en la prevalencia y severidad de la enfermedad corresponde de manera directa al efecto farmacológico del azul de metileno, y no a posibles variaciones en la cantidad administrada.

De acuerdo con lo expuesto por (Johnson, 2023), la estandarización de la dosis en ensayos terapéuticos es un requisito indispensable para garantizar la reproducibilidad y la validez de los hallazgos, permitiendo atribuir los cambios observados a la eficacia del fármaco y no a sesgos metodológicos.

En conclusión, el mantenimiento de una dosificación uniforme en todos los grupos experimentales confiere solidez a los resultados de la presente investigación y respalda la efectividad del azul de metileno en el control de la saprolegniasis en trucha arcoíris.

4.1.5. Comparación estadística entre sistemas

Tabla 8.

ANOVA sobre la prevalencia de saprolegniasis

Fuente	SC	GL	CM	F	P	Decisión
Entre grupos	0.0018	1	0.0018	0.152	0.702	No significativo
Dentro de los grupos	0.1656	14	0.0118	-	-	-

Fuente: *Investigación de campo, 2025.*

Gráfico 5.

Comparación de medias ± IC95% entre sistemas



Análisis e interpretación

En la Tabla 8 se observa que, al evaluar la prevalencia de la saprolegniasis, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los estanques de cemento

y los de plástico. Sin embargo, se nota que difiere en dos sistemas de crianza Esta investigación confirma que el material de la infraestructura de crianza no constituye un factor determinante en la presentación de la enfermedad. La prevalencia de la saprolegniasis no puede atribuirse al tipo de estanque, lo que indica que el riesgo de infección se mantiene independiente del uso de concreto o polietileno en las instalaciones.

Este resultado concuerda con las investigaciones realizadas por (Lindholm-Lehto et al., 2024), quienes sostienen que la variabilidad en la ocurrencia de la saprolegniasis responde a una multifactorialidad epidemiológica, donde influyen variables como la calidad físico-química del agua, el manejo sanitario, la densidad de siembra y el nivel de estrés de los peces, más que a un único factor estructural.

La evidencia obtenida en este estudio refuerza que el control de la saprolegniasis no se logra modificando exclusivamente el tipo de estanque, sino a través de la implementación de un manejo integral, que incluya prácticas de bioseguridad, monitoreo constante de parámetros de calidad de agua y estrategias de reducción del estrés en los peces.

Es así que los resultados respaldan que la infraestructura no constituye un factor de riesgo primario en la epidemiología de la saprolegniasis, siendo el éxito del control sanitario dependiente de medidas integrales de manejo zootécnico y sanitario.

4.1.6. Comparación estadística entre sistemas

Tabla 9.

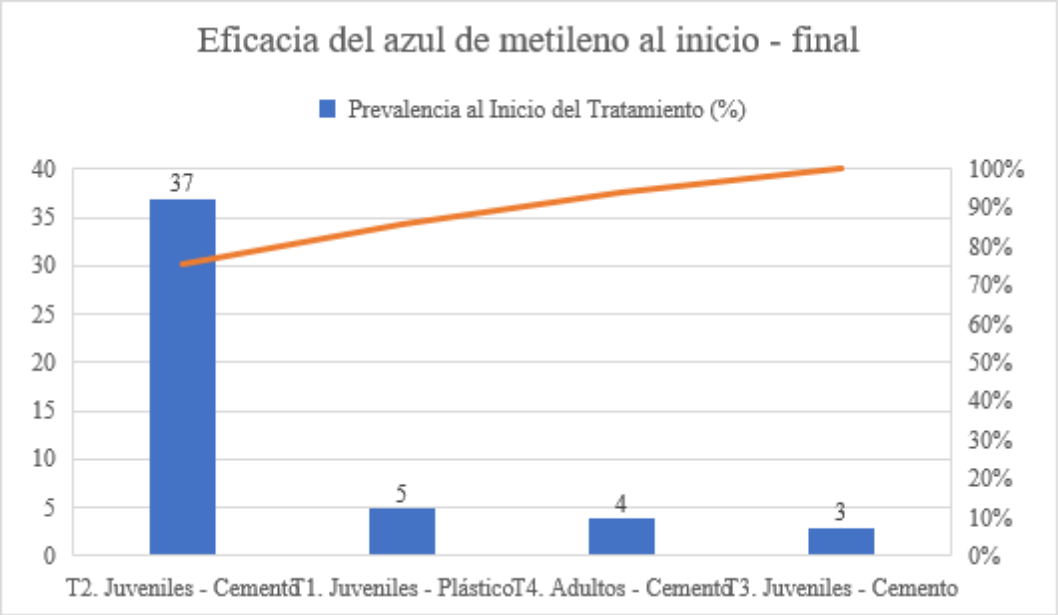
Efectividad del fármaco en el tratamiento

Tratamiento	Prevalencia al Inicio del Tratamiento (%)	Prevalencia al Final del Estudio (%)	Porcentaje de Eficacia (%)
T1. Juveniles - Plástico	5.0	2.0	60
T2. Juveniles - Cemento	37.0	4.2	40
T3. Juveniles - Cemento	3.0	0.75	75
T4. Adultos - Cemento	4.0	2.0	50

Fuente: *Investigación de campo, 2025.*

Gráfico 6.

Histograma de la eficacia del azul de metileno en los tratamientos al inicio - final



Análisis e interpretación

La aplicación terapéutica con azul de metileno demostró una elevada eficacia, particularmente en las truchas adultas mantenidas en estanques de cemento, donde se registró una reducción de la prevalencia de la enfermedad de hasta un 75 %. Este resultado no solo valida la elección del fármaco antifúngico, sino que también resalta la importancia de una intervención temprana en el control de brotes de saprolegniasis. Dichos hallazgos se encuentran en concordancia con lo reportado por (Saltos Icaza, J. V., & Ferrer-Sánchez, 2025), quien describe al azul de metileno como una alternativa segura, efectiva y de bajo riesgo toxicológico en piscicultura.

El análisis de varianza (ANOVA) evidenció diferencias significativas en la prevalencia; sin embargo, estas no estuvieron asociadas de manera directa al tipo de estanque. Los resultados del Test turkey y LSD al 95 % de confianza indicaron que la mayor susceptibilidad se presentó en la interacción entre la etapa juvenil y el sistema de crianza en estanques de plástico, lo que sugiere que la edad y la vulnerabilidad fisiológica de los peces constituyen los factores influyentes en la severidad de la saprolegniasis.

El control efectivo de la saprolegniasis no depende únicamente del tratamiento farmacológico, sino también de la implementación de medidas integrales de manejo sanitario, entre las que destacan: el monitoreo constante de la prevalencia y severidad de lesiones, la optimización de la calidad físico-química del agua y la reducción de factores de estrés asociados a la densidad poblacional y a la manipulación.

En conclusión, el azul de metileno constituye una herramienta terapéutica eficaz, pero su éxito depende de un manejo preventivo integral que considere tanto los aspectos farmacológicos como los ambientales y zootécnicos, con el fin de minimizar el riesgo de brotes recurrentes en la truchicultura.

4.2 Comprobación de hipótesis

De acuerdo con los resultados obtenidos y el análisis estadístico realizado mediante la prueba de ANOVA, complementada con los contrastes post-hoc de Tukey y LSD al 95 % de confianza, se obtuvo un valor de probabilidad ($p = 0.702$). Estos resultados afianzan a aceptar la *Ha:* La estimación de la prevalencia y tratamiento de saprolegniosis en trucha arcoíris difiere en dos sistemas de crianza.

Entre los tratamientos evaluados, el Tratamiento T2 (azul de metileno) se consolidó como el protocolo con mayor eficacia terapéutica. Este resultado se reflejó en una reducción marcada de la prevalencia de la enfermedad desde la tercera a la cuarta semana, alcanzando niveles considerablemente inferiores en comparación con los demás tratamientos y con el grupo control. El análisis estadístico mostró que T2 difirió significativamente de T1, T3 y T4, confirmando que el efecto observado no fue atribuible al azar, sino al tratamiento aplicado.

El azul de metileno (T2) posee reconocidas propiedades antifúngicas y antisépticas, actuando principalmente mediante la inhibición del crecimiento de saprolegia, lo que reduce el avance agresivo del hongo y la colonización sobre los epitelios cutáneo y branquial de las truchas. La acción terapéutica de este compuesto explica la recuperación observada en las truchas tratadas, mientras que en los demás tratamientos la disminución de la prevalencia fue menor o estadísticamente no significativa.

En concordancia con lo expuesto por (Howe & Stehly, 1998) y otros autores que han documentado la mayor susceptibilidad de los peces juveniles a esta patología, la presente investigación confirma que la intervención farmacológica con azul de metileno representa una herramienta eficaz en la reducción de la prevalencia y severidad de la saprolegia.

Esta investigación constituye un aporte relevante para la medicina veterinaria acuícola, ya que orienta la toma de decisiones en programas de sanidad piscícola.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. La investigación permitió determinar que la saprolegniasis constituye un riesgo sanitario recurrente en la crianza de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss), cuya prevalencia se relaciona con factores ambientales, del manejo poblacional y estructural.
2. El análisis estadístico evidenció que no existen las diferencias significativas en la prevalencia de la enfermedad entre los dos sistemas de crianza en estanques de cemento y plástico, lo que confirma que la sanidad de las truchas arcoíris depende principalmente de un manejo integral y preventivo en la sanidad del estanque.
3. La aplicación de tratamientos terapéuticos con azul de metileno resultó eficaz en la reducción de la severidad de lesiones y la prevalencia de la saprolegniasis, demostrando su utilidad como alternativa viable para el control de brotes en condiciones de campo.

4. Los hallazgos alcanzados cumplen con los objetivos propuestos y generan información científica de base para el diseño de estrategias de bioseguridad acuícola, contribuyendo al fortalecimiento de la truchicultura como una actividad sostenible y productiva en la región andina.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda el uso del azul de metileno en la crianza de truchas arcoíris en sistemas de estanques de cemento y plástico.

REFERENCIAS BIBLOGRÀFICAS

1. Acevedo, C. (2017, noviembre 28). *Especies de Bariloche*. Bariloche. https://bariloche.org/especies/
2. Ángelica, B. (2021, noviembre 24). *Trucha arcoíris*. ESACUI. https://www.mapa.gob.es/es/pesca/temas/acuicultura/trucha-arcoiris_tcm30-628444.pdf
3. Anónimo. (s. f.). *Raceway systems and water turnover for trout farming*. Wikipedia.
4. Anónimo. (s. f.). *Recirculating aquaculture system (RAS) water treatment processes*. Wikipedia.
5. Bravo, S., & Vargas, M. (2018). *Enfermedades parasitarias en peces de cultivo*. Instituto de Fomento Pesquero del Ecuador (IFOP). https://www.ifop.cl/publicaciones/enfermedades-parasitarias-pecescultivo.pdf
6. BIOINNOVA. (s. f.). *Anatomía de un vertebrado: Trucha arcoíris*. https://www.innovabiologia.com/biodiversidad/diversidad-animal/anatomia-oncorhynchus-mykiss/
7. Business Queensland. (s. f.). *[Título del documento o página web]*.
8. Cabañes, F. J. (2021). La saprolegniosis: Una enfermedad reemergente. *Revista Iberoamericana de la Micología, 38*(4), *38*(5), *38*(6), 191–198. https://doi.org/10.1016/j.riam.2021.05.001

9. Castro, V., Serrano, E., & León, J. (2015). Aislamiento e identificación morfológica de *Saprolegnia* sp. en paiche (*Arapaima gigas*) proveniente de criaderos artesanales en Iquitos, Perú. *Revista Científica AquaTIC, 41*, 8–18.

10. Centro de Investigaciones Acuícolas de Papallacta (CENIAC). (2007). *Primer censo de criaderos piscícolas de trucha arcoíris en Ecuador*. https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-serie-zoologica/article/download/1426/1014

11. Coella, E. (2020). Cultivo y crecimiento de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentada con dos marcas de alimento extruido: Estudio en laguna altoandina de Perú. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo, 6*(1).

12. Condori, W. Y. (2022). *Sistema de cultivo de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)* [Monografía de licenciatura, Universidad Nacional San Luis Gonzaga]. Repositorio Institucional UNICA. https://hdl.handle.net/20.500.13028/4076

13. Curie, M. (2018, junio 22). Científicos descubren proceso de infección de *Saprolegnia parasitica* que afecta a la acuicultura mundial. Ministerio de la Producción.

14. Del Valle, A. E., & Núñez, P. (1996). *Métodos de manipulación cromosómica aplicados a la producción de truchas arco iris*. Editorial Hemisferio Sur.

15. Escobar-Briones, L., Rivas-Vega, M. E., & Guardiola-Díaz, R. (2006). Avances sobre la ecología microbiana del tracto digestivo de la trucha y sus potenciales implicaciones. *Avances en Nutrición Acuícola, 7*, 1–24.

16. Evans, S. E. (2007). Inmunidad de peces y su relación con enfermedades. En C. R. L. G. A. L. N. A. R. L. S. T. E. N. C. A. (Ed.), *Manual de patología de peces y producción acuícola* (2.ª ed., pp. 456–478). Ediciones Mundi-Prensa.

17. FAO. (2009). *Manual práctico de cultivo de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

18. FAO. (2010). *Manual práctico de cultivo de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

19. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2011). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2008: La acuicultura y la pesca de captura al encuentro*. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. https://www.fao.org/4/i0250s/i0250s.pdf

20. FAO. (2014). *Manual práctico para el cultivo de la trucha arcoíris*. https://acortar.link/rasq3p

21. FAO. (2018). *Manual práctico de cultivo de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

22. FAO. (2019). *Manual práctico de cultivo de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

23. FAO. (2020). *Cultivo de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://www.fao.org/fishery/culturedspecies/oncorhynchus_mykiis

24. FAO. (2023). *Guía para el manejo de la incubación de ovas de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)*.

25. FAO. (2024). *Guía para el manejo de la incubación de ovas de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)*.

26. Fernando, K. (2016). La sal común es una herramienta útil en la acuacultura. *Global Seafood Alliance*.

27. FONDEPES. (2015). *Manual de cultivo de trucha arcoíris en jaulas*. https://acortar.link/euKHps

28. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (s. f.). *Manual práctico de cultivo y muestreo de trucha arcoíris*. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b5d13120-be7f-4821-8a18-50e7a5578d77/content

29. García, D. A. (2018). *Análisis del sistema de producción de trucha en el municipio de Pamplona* [Trabajo de grado, Universidad de Pamplona]. Repositorio Institucional UNIPAMPLONA. https://repositoriodspace.unipamplona.edu.co

30. Godoy, M. (2025, febrero 18). Flavobacteriosis en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), en estuario: Patología macroscópica. Marcos Godoy.

31. González, F. (2012). *Acuicultura: La crianza de peces*. Editorial Acuícola.

32. González, C. (2017). *Biocontrol de la saprolegniosis por Saprolegnia parasitica en trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) utilizando bacterias aisladas de peces continentales y marinos* [Tesis de grado]. https://acortar.link/zXtPxY

33. González. (2018, octubre 23). Tipos de estanques para acuicultura. *Bioaquafloc*.

34. Halver, J. E., & Hardy, R. W. (Eds.). (2002). *Fish nutrition* (3.ª ed.). Academic Press.

35. Howe, K. J., Hand, D. W., Crittenden, J. C., Trussell, R. R., & Tchobanoglous, G. (2016). *Principios de tratamiento del agua* (1.ª ed.). Cengage Learning Editores.

36. Hussein, M. M. A., & Hatai, K. (2022). Saprolegniasis in fish: Recent advances.

37. Instituto Nacional de Pesca. (1998). *Situación actual de las especies introducidas en el Ecuador con fines acuícolas*. https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/handle/123456789/1550/3076.pdf?isAllowed=y&sequence=1

38. Jordán, AKVA group. (2022, marzo 12). Plastic pens. *AKVA Group*. https://www.akvagroup.com/plastic-pens/

39. Lázaro, G. (s. f.). *Sistema de cultivo de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)*. Scribd.

40. Lindholm-Lehto, P. C., & Pylkkö, P. (2024). Saprolegniosis in aquaculture and how to control it? *Aquaculture, Fish and Fisheries, 4*, e200. https://doi.org/10.1002/aff2.200

41. Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2018). *Informe de producción de trucha en Ecuador*. MAG.

42. M. N. A. (2022). *La producción de trucha arco iris en el desarrollo de microempresas en la provincia de Chimborazo* [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador].

43. NSW DPI. (s. f.). *Aquaculture*. https://www.dpi.nsw.gov.au/dpi/fishing/aquaculture

44. Oca, J., & Masaló, I. (s. f.). *Diseño de tanques en acuicultura intensiva*. Universitat Politècnica de Catalunya. https://upcommons.upc.edu/bitstreams/f018b857-2979-434c-832de040c18d6f26/download

45. Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). (2021). *Manual de diagnóstico de enfermedades de los animales acuáticos: Oncorhynchus mykiss*. https://www.woah.org/es/lo-que-hacemos/estandares/codigo-sanidadacuaticos/

46. Ortiz Tirado, J. C. (2015). *Dinámica estacional de macro-invertebrados acuáticos en la Cuenca Alta del Río Pita, como línea base para estudios de impacto ambiental* [Tesis de maestría, Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE]. Repositorio Institucional ESPE.

47. Ortega, C. (2003). Las bases de un sistema de prevención y control de enfermedades en acuicultura. *Boletín del Programa Nacional de Sanidad Acuícola y la Red de Diagnóstico, 21*, 23–25.

48. Özcan, F. (2022). Infección por *Saprolegnia* y hallazgos clínicos en granjas de truchas (*Oncorhynchus mykiss*). *Revista de Ciencias Veterinarias, XXXIV*, e34469. https://doi.org/10.52973/rcfcv-e34469

49. Pottinger, T. G., & Carrick, T. R. (1999). Modification of the plasma cortisol response to stress in rainbow trout by selective breeding. *General and Comparative Endocrinology, 116*(1), 122–132.

50. Pedini, M. (1994). Bioensayo de pigmentación de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) con extractos de chile ancho (*Capsicum annuum*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 44*(4), 343–348.

51. Puga, P. (2015). *La producción de trucha como modelo de desarrollo sostenible de la comunidad La Victoria de la parroquia Lloa* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana].

52. Richardson, G. (2021). Early-growth comparison of diploid and triploid rainbow trout (*Salmo gairdneri Richardson*). *Aquaculture Reports, 19*, 100561.

53. Ruiz, W. (2016). *Manual de piscicultura en la Amazonía ecuatoriana*. Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca.

54. Sader. (s. f.). *Acuacultura: Estanques o canales de flujo continuo (Raceways)*. Gobierno de México.

55. Saltos Icaza, J. V., & Ferrer-Sánchez, Y. (2025). Potencial de invasión de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Ecuador continental: Elementos para mejorar las estrategias de control de especies. *Green World Journal, 7*(3), 188. https://doi.org/10.53313/gwj73188

56. Sanders, J. (2022). Saprolegnia: Causas, síntomas y medidas de prevención. *AquaHoy*.

57. Sánchez, D. (2009). La crianza de peces como estrategia de desarrollo rural. *AquaSur, 5*(2), 45–50.

58. Serrano, A., Moya, J., Vanegas, H., & Molina, M. (2003). Evaluación de diferentes alternativas de comercialización de trucha arcoíris en Ecuador [Tesis, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano].

59. Tedesco, P., Saraiva, M., Sandoval-Sierra, J. V., Teixeira Alves, M., Galuppi, R., Diéguez-Uribeondo, J., Van West, P., Cook, A., Posen, P., Oidtmann, B., & Fioravanti, M. (2022). Impact of abiotic factors and husbandry on saprolegniosis https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738679

60. Toranzo, A. E., Magariños, B., & Romalde, J. L. (2017). *Enfermedades infecciosas de los peces: Bacterias, virus, hongos y parásitos*. Ediciones Díaz de Santos.

61. Torres, J., & Fajardo, C. (2011). Tratamientos profilácticos anti-saprolegniasis para mejorar la sobrevivencia embrionaria en ovas de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). *Zootecnia Tropical, 29*(2), 235–239.

62. Vásquez, J., Martínez, C., & Rojas, F. (2019). *Enfermedades infecciosas en peces de cultivo: Diagnóstico y control*. Instituto de Investigaciones Pesqueras y Acuícolas.

63. Verreth, J. (2009). *Acuicultura y nutrición de peces*. Wageningen University & Research.

64. Vinatea, L. (2008). *Fundamentos de la acuicultura*. Editora da UFSC.

65. Woynarovich, A., Hoitsy, G., & Moth-Poulsen, T. (2011). *Small-scale rainbow trout farming* (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 561). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

66. Zaragoza, A. (2014). *Manejo y conservación de la trucha en aguas continentales*. Editorial Académica Española.

ANEXOS.

Anexo 1.

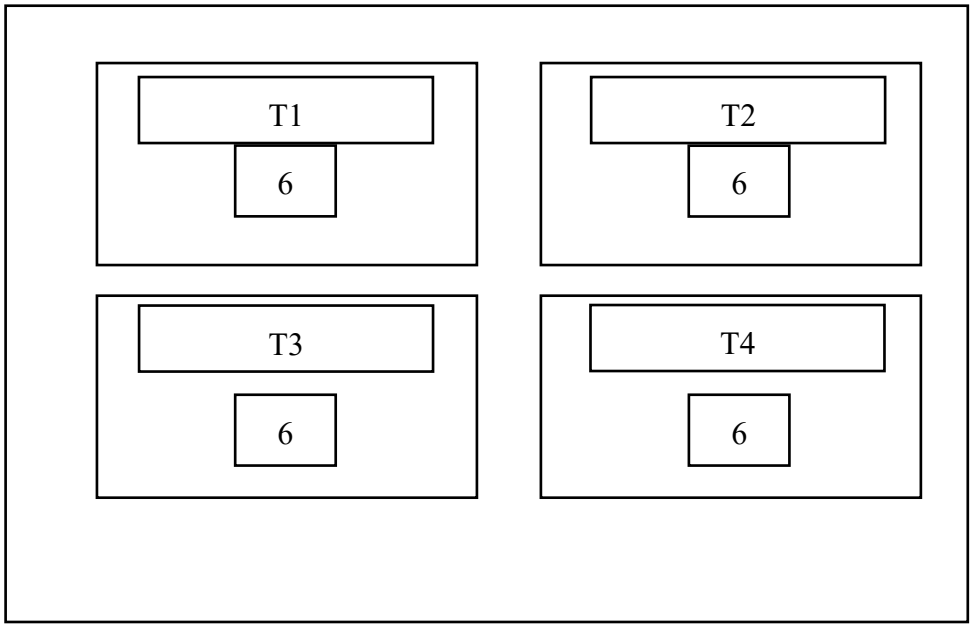
Mapa de ubicación de la investigación.



Fuente: Arcgis,2025.

Anexo 2.

Croquis del ensayo



Anexo 3.

Fichas técnicas.

Ficha Técnica # 1.



Ficha Clínica #1

FECHA dd/mm/aa	ESTANQUE	NUMERO DE PECES	TALLA PROMEDIO		ALIMENTACIÓN			Mortalidad	Observaciones
			TALLA	FECHA dd/mm/aa	ETAPA	Cantidad de alimento	Numero de Comidas al Dia		
02-08/Junio/2026	T1 – Juveniles Plástico	6	15cm	04/Junio/2026	Trucha Juveniles	150gr	2 Por día	No existe	No existe
02-08/Junio/2026	T2 – Juveniles Cemento	6	15cm	04/Junio/2026	Trucha Juveniles	150gr	2 Por día	No existe	No existe
02-08/Junio/2026	T3 – Adultos Plástico	6	20cm	04/Junio/2026	Trucha Adultas	250gr	1 Por día	No existe	No existe
02-08/Junio/2026	T3 – Adultos Plástico	6	20cm	04/Junio/2026	Trucha Adultas	250gr	1 Por día	No existe	No existe

Ficha Técnica # 2.



Ficha Clínica # 2

FECHA dd/mm/aa	ESTANQUE	NUMERO DE PECES	TALLA PROMEDIO		ALIMENTACIÓN			Mortalidad	Observaciones
			TALLA	FECHA dd/mm/aa	ETAPA	Cantidad de alimento	Numero de Comidas al Dia		
09-15/Junio/2026	T1 – Juveniles Plástico	6	15,5cm	11/Junio/2026	Truchas Juveniles	150gr	2 Por día	No existe	No existe
09-15/Junio/2026	T2 – Juveniles Cemento	6	15,5cm	11/Junio/2026	Truchas Juveniles	150gr	2 Por día	No existe	No existe
09-15/Junio/2026	T3 – Adultos Plástico	6	20,5cm	11/Junio/2026	Truchas Adultas	250gr	1 Por día	No existe	No existe
09-15/Junio/2026	T3 – Adultos Plástico	6	20,5cm	11/Junio/2026	Truchas Adultas	250gr	1 Por día	No existe	No existe

Ficha Técnica # 3.



Ficha Clínica # 3

FECHA dd/mm/aa	ESTANQUE	NUMERO DE PECES	TALLA PROMEDIO		ALIMENTACIÓN			Mortalidad	Observaciones
			TALLA	FECHA dd/mm/aa	ETAPA	Cantidad de alimento	Numero de Comidas al Dia		
16-22/Junio/2026	T1 – Juveniles Plástico	6	16cm	18/Junio/2026	Trucha Juveniles	150gr	2 Por día	No existe	Lesiones Moderadas
16-22/Junio/2026	T2 – Juveniles Cemento	6	16cm	18/Junio/2026	Trucha Juveniles	150gr	2 Por día	No existe	Lesiones Moderadas
16-22/Junio/2026	T3 – Adultos Plástico	6	21cm	18/Junio/2026	Trucha Adultas	250gr	1 Por día	No existe	Lesiones Graves
16-22/Junio/2026	T3 – Adultos Plástico	6	21cm	18/Junio/2026	Trucha Adultas	250gr	1 Por día	No existe	Lesiones Graves

Ficha Técnica # 4.



Ficha Clínica # 4

FECHA dd/mm/aa	ESTANQUE	NUMERO DE PECES	TALLA PROMEDIO		ALIMENTACIÓN			Mortalidad	Observaciones
			TALLA	FECHA dd/mm/aa	ETAPA	Cantidad de alimento	Numero de Comidas al Dia		
23-30/Junio/2026	T1 – Juveniles Plástico	6	16cm	25/Junio/2026	Truchas Juveniles	150gr	2 Por día	No existe	En tratamiento Con azul de metileno
23-30/Junio/2026	T2 – Juveniles Cemento	6	16cm	25/Junio/2026	Truchas Juveniles	150gr	2 Por día	No existe	En tratamiento Con azul de metileno
23-30/Junio/2026	T3 – Adultos Plástico	6	21cm	25/Junio/2026	Truchas Adultas	250gr	1 Por día	No existe	En tratamiento Con azul de metileno
23-30/Junio/2026	T3 – Adultos Plástico	6	21cm	25/Junio/2026	Truchas Adultas	250gr	1 Por día	No existe	En tratamiento Con azul de metileno

Anexo 4.

Evidencias fotográficas.

- **Medición de temperatura y pH en el sistema de plástico.**



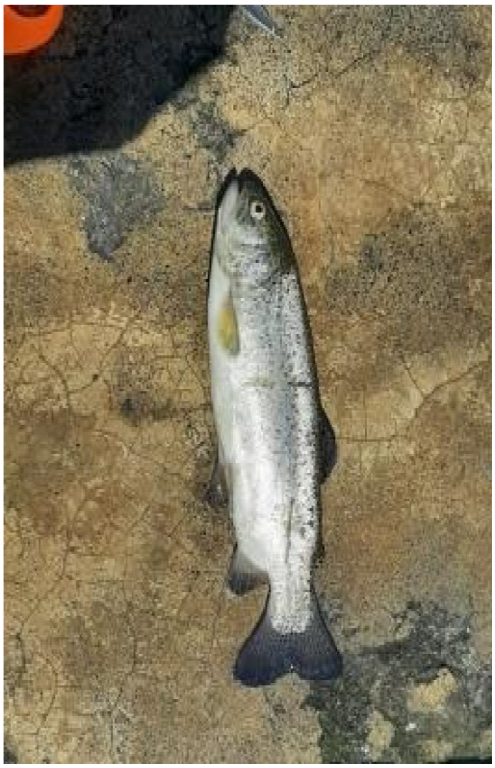


- **Medición de temperatura y pH en el sistema de cemento.**



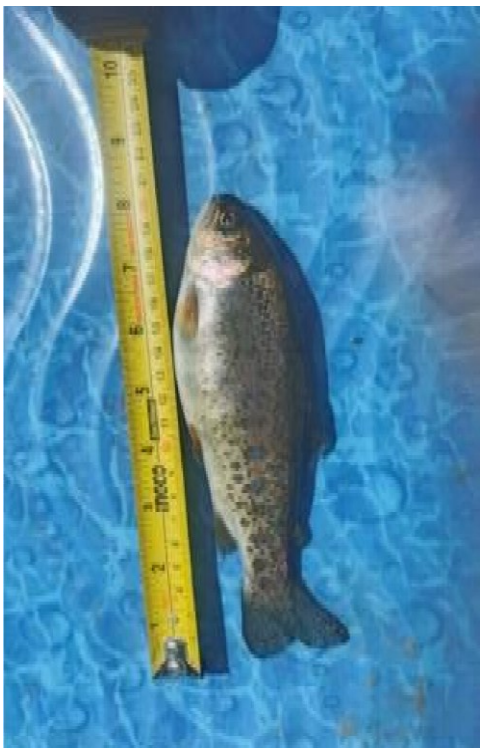


- Lesiones leves de la saprolegniasis en truchas.





- Manejo y medición de las truchas.





- Vista del fondo de uno de los estanques experimentales.





- Estanques de cemento y plástico





- Compra y recepción de las truchas arcoíris



- Revisión de las lesiones de la saprolegniasis en truchas.



- Visita de campo del tribunal.





Anexo 5.

Glosario de términos.

Aeromoniasis: Enfermedad bacteriana causada por Aeromonas spp., que suele presentarse en peces debilitados, aumentando su susceptibilidad a infecciones secundarias como la saprolegniasis.

Alevinaje: Etapa del cultivo de peces que abarca desde la eclosión hasta que alcanzan un tamaño adecuado para ser trasladados a un sistema de engorde.

Antifúngicos acuícolas: Sustancias químicas utilizadas para prevenir o tratar infecciones fúngicas en peces, como la formalina, el peróxido de hidrógeno y el azul de metileno.

Biocarga: Cantidad de microorganismos presentes en un sistema de cultivo, incluyendo bacterias, hongos y protozoarios, que pueden influir en la sanidad del pez.

Biocontrol: Uso de organismos vivos (como bacterias probióticas o peces limpiadores) para reducir la presencia de patógenos en los sistemas de crianza.

Biofouling: Acumulación de microorganismos, algas y organismos incrustantes en superficies sumergidas, incluyendo jaulas flotantes y tuberías en sistemas de flujo continuo.

Biomasa piscícola: Peso total de los peces presentes en un sistema de cultivo, un parámetro clave para la gestión del alimento y la calidad del agua.

Carga parasitaria: Número de parásitos presentes en un pez o en una población acuática, lo cual puede aumentar la vulnerabilidad a enfermedades secundarias como la saprolegniasis.

Caudal de renovación: Cantidad de agua que ingresa a un sistema de flujo continuo por unidad de tiempo, clave para mantener la calidad del agua y reducir la acumulación de patógenos.

Densidad de siembra: Número de peces cultivados por unidad de volumen de agua, factor crítico en la acuicultura que influye en el estrés, el crecimiento y la prevalencia de enfermedades.

Ecotoxicología acuática: Estudio de los efectos de sustancias químicas, como metales pesados y pesticidas, en los organismos acuáticos y su relación con enfermedades infecciosas.

Epizootiología: Rama de la epidemiología que estudia la distribución, frecuencia y factores de riesgo de enfermedades en poblaciones acuáticas.

Estrés oxidativo: Desequilibrio entre la producción de radicales libres y la capacidad antioxidante del organismo del pez, que puede debilitar el sistema inmunológico y favorecer infecciones por Saprolegnia.

Filtración biológica: Proceso en el que bacterias nitrificantes descomponen el amonio y los nitritos en nitratos, mejorando la calidad del agua en sistemas de crianza intensiva.

Fitoplancton: Conjunto de organismos microscópicos autótrofos que forman la base de la cadena alimenticia acuática y que pueden influir en la calidad del agua y en la salud de los peces.

Floculación: Proceso químico que permite la eliminación de partículas en suspensión en el agua mediante la adición de agentes floculantes, mejorando la calidad del medio de cultivo.

Hipoxia: Deficiencia de oxígeno en el agua, la cual puede aumentar el estrés en los peces y predisponerlos a infecciones fúngicas como la saprolegniasis.

Histopatología: Estudio microscópico de los tejidos de los peces para identificar alteraciones causadas por infecciones, incluyendo lesiones fúngicas de Saprolegnia.

Índice de conversión alimenticia (FCR, Feed Conversion Ratio): Relación entre la cantidad de alimento suministrado y el crecimiento del pez, factor clave en la rentabilidad de la acuicultura.

Índice hepatosomático: Relación entre el peso del hígado y el peso total del pez, utilizado como indicador del estado nutricional y metabólico en peces de cultivo.

Jaulas sumergibles: Tipo de jaula utilizada en acuicultura marina o en cuerpos de agua turbulentos, que permite la adaptación de los peces a diferentes profundidades y condiciones ambientales.

Microbiota acuático: Conjunto de microorganismos presentes en el agua de cultivo, que puede influir en la resistencia de los peces a enfermedades infecciosas.

Micotoxinas: Compuestos tóxicos producidos por algunos hongos que pueden afectar la salud de los peces y su sistema inmunológico.

Piscicultura intensiva: Método de crianza de peces en sistemas altamente controlados con altas densidades de población, lo que requiere un manejo riguroso de la sanidad y calidad del agua.

Proliferación de esporas: Capacidad de los hongos acuáticos, como Saprolegnia, para liberar esporas en el agua y propagar infecciones en cultivos de peces.

Resistencia antimicrobiana: Capacidad de los microorganismos para resistir la acción de los medicamentos utilizados en su control, un problema creciente en acuicultura.

Sedimentación de materia orgánica: Acumulación de residuos de alimento y excrementos en el fondo de los estanques o jaulas, favoreciendo el crecimiento de hongos y bacterias patógenas.

Sistema inmunológico innato: Primera línea de defensa de los peces contra infecciones, incluyendo la producción de mucosas y células inmunitarias que combaten patógenos como Saprolegnia.

Tasa de mortalidad específica: Porcentaje de peces muertos debido a una enfermedad en un tiempo determinado, utilizado para evaluar la severidad de brotes infecciosos.

Zoosporas: Formas móviles de esporas producidas por Saprolegnia que permiten la propagación de la enfermedad en el agua y facilitan la infección de peces debilitados.