



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS

CARTA DE AUTORIZACIÓN



CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 4 de agosto de 2025

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Nicolas Daimles Salazar Parra, con C.C. No. 1013688009,
_____, con C.C. No. _____,
_____, con C.C. No. _____,
_____, con C.C. No. _____,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o titulado **Evaluación de fitobióticos para la optimización en sistemas de producción de alevinos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)**

presentado y aprobado en el año 2025 como requisito para optar al título de **Ingeniero Agroindustrial**;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS

CARTA DE AUTORIZACIÓN

**CÓDIGO****AP-BIB-FO-06****VERSIÓN****1****VIGENCIA****2014****PÁGINA****2 de 2**

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ES TUDIANTE:

Firma: Nicolas Parrar

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS					   	
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 3

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Evaluación de fitobióticos para la optimización en sistemas de producción de alevinos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Nicolas Daimler Salazar Parra	

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Directora Beatriz Elena Zapata Berruecos, MSc	Codirector Rafael Rosado Puccini, MSc

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO AGROINDUSTRIAL

FACULTAD: INGENIERIA

PROGRAMA O POSGRADO: INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

CIUDAD: Neiva **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2025 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 47

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 3
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

Diagramas ☒ Fotografías ☒ Grabaciones en discos ☐ Ilustraciones en general ☐ Grabados ☐ Láminas ☐
Litografías ☐ Mapas ☐ Música impresa ☐ Planos ☐ Retratos ☐ Sin ilustraciones ☐ Tablas o Cuadros ☒

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO: Fotografías y tablas

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Promotores de crecimiento	Growth promoters	6. variables zootécnicas	Zootechnical variables
2. Fitobióticos	Phytobiotics	7. Supervivencia	Survival
3. Fitogénicos	Phytogenics	8. _____	_____
4. Mortalidad	Mortality	9. _____	_____
5. Alevinos	Fry	10. _____	_____

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) es la principal especie cultivada en sistemas de aguas frías en Colombia, usualmente bajo esquemas intensivos. Las etapas tempranas del cultivo son críticas por la alta incidencia de enfermedades, mortalidad y pérdidas económicas. Frente a ello, el uso de alternativas a los antibióticos, como los aditivos fitogénicos, ha cobrado relevancia. Este estudio evaluó el efecto de tres productos comerciales con base en ingredientes vegetales sobre el desempeño y la mortalidad de alevinos durante 70 días, desde la primera alimentación hasta alcanzar una talla comercial de 2-3 g y 5.5-6 cm.

Se emplearon cuatro tratamientos (tres con aditivos y un control sin suplemento), cada uno por triplicado (12 grupos en total), en canaletas de fibra de vidrio. Se realizaron muestreos quincenales para registrar peso y longitud. Al final del experimento se analizaron variables de crecimiento (peso, longitud, tasa de crecimiento, conversión alimenticia, TCE, factor de condición) y se aplicó un ANOVA ($\alpha = 0.05$) para identificar diferencias estadísticas.

Aunque no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, los grupos con aditivos mostraron tendencias positivas en todos los parámetros frente al control. Los fitogénicos con ajo y cúrcuma destacaron por un mejor desempeño. El efecto más notable se observó en la mortalidad, que fue menor en los grupos tratados (7%-7.7%) en comparación con el control, lo cual implica una ventaja económica por mayor



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 3

sobrevivencia. Estos resultados sugieren un potencial beneficioso del uso de fitobióticos en la fase de producción de alevinos, especialmente aquellos basados en ajo y cúrcuma.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) is the primary species cultivated in cold-water aquaculture systems in Colombia, typically under intensive production schemes. Early production stages are critical due to high risk of disease outbreaks, mortality, and economic losses. As an alternative to the indiscriminate use of antibiotics, phytogetic additives have gained relevance for improving fish welfare and preventing stress and disease.

This study evaluated the effects of three commercial plant-based products on performance and mortality in rainbow trout fry over a 70-day period, from first feeding to commercial size (2–3 g in weight and 5.5–6 cm in length). Four treatments (three with additives and one control without supplementation) were tested, each in triplicate (12 groups total), using fiberglass raceways. Biweekly sampling was conducted to record weight and total length.

At the end of the trial, performance parameters were analyzed: final weight and length, growth rates, feed conversion ratio, specific growth rate (SGR), and Fulton's condition factor. A one-way ANOVA ($\alpha = 0.05$) was used to detect significant differences.

Although no statistically significant differences were found, all additive-treated groups showed positive trends in performance compared to the control. Additives based on garlic and turmeric showed the most promising results. The most notable effect was on mortality, which was reduced to 7%–7.7% in treated groups, compared to higher rates in the control, representing a clear production advantage.

These findings suggest that phytogetic feed additives, especially those containing garlic and turmeric, have potential benefits during the fry production phase of rainbow trout.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado:

Firma:

Nombre Jurado: Leidy Yovana Urbano Pinza

Firma:

Nombre Jurado: Angelica María Otero Paternina

Firma:

Evaluación de fitobióticos para la optimización en sistemas de producción de alevinos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)

Nicolas Daimler Salazar Parra

Universidad Surcolombiana
Facultad de ingeniería
Programa de ingeniería agroindustrial
Neiva
2024

Evaluación de fitobióticos para la optimización en sistemas de producción de alevinos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)

Nicolas Daimler Salazar Parra

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al
título de Ingeniero Agroindustrial

Directora
Beatriz Elena Zapata Berruecos, MSc

Codirector
Rafael Rosado Puccini, MSc

Universidad Surcolombiana
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Agroindustrial
Neiva
2024

Dedicatoria

A la vida.

Por auspiciar la ejecución de este proyecto, mostrando su condescendencia en sabiduría y entendimiento con la disciplina y perseverancia orientada a objetivos.

A mi madre, abuela y amigos.

Por brindarme su apoyo incondicional e impulsarme de manera constante a cumplir mis objetivos creyendo siempre en mis capacidades. Por aportar de manera directa e indirecta en el proceso que conllevó llegar al desarrollo de este proyecto.

Agradecimientos

Agradezco a la vida por haber puesto en mi camino los obstáculos idóneos que me permitieron forjar mis capacidades y carácter necesario, así como las personas que aportaron elementos enriquecedores que fueron indispensables en el desarrollo de este proyecto.

A mi madre Emilce Parra Quintero, por su apoyo incondicional en mi toma de decisiones y en la determinación para hacerlo.

A mis amigos Jhoan Jerónimo Ordoñez Muñoz y Andrés Felipe Gordillo Sánchez por ser piezas fundamentales a nivel anímico, propositivo e intelectual en el desarrollo y culminación del presente trabajo.

A la profesora Beatriz Elena Zapata Berruecos y al biólogo marino Rafael Rosado Puccini por su interés y disponibilidad para realizar el acompañamiento necesario a nivel académico en la presentación, implementación y desarrollo del proyecto.

A todos, gracias.

Tabla de contenido

Resumen	7
Abstract	9
1. Introducción.....	11
2. Planteamiento del problema	13
3. Objetivos	17
3.1. General.....	17
3.2. Específicos	17
4. Marco teórico	18
5. Materiales y métodos	22
5.1. Localización.....	22
5.2. Manejo en incubación y larvicultura	22
5.3. Tratamientos experimentales.....	23
5.4. Recopilación y análisis de datos.....	24
6. Resultados	27
7. Discusión	30
8. Conclusiones.....	34
Referencias bibliográficas.....	35
Anexos	42

Lista de tablas

Tabla 1 Resultados de desempeño en los tratamientos experimentales (media $\pm$ DE)	27
--	----

Lista de figuras

Figura 1 Comportamiento de la mortalidad (%) en cada tratamiento a través del tiempo	29
---	----

Lista de ecuaciones

Ecuación 1. Tasa de crecimiento en longitud total – TCL	25
Ecuación 2. Tasa de crecimiento en peso – TCP	25
Ecuación 3. Tasa de crecimiento específico – TCE	25
Ecuación 4. Factor de Condición de Fulton – K.....	25
Ecuación 5. Índice de conversión alimenticia – FCA.....	25
Ecuación 6. Mortalidad	25

Resumen

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) es el único representante de la producción piscícola de aguas frías en Colombia, especie que normalmente se cultiva en condiciones de tipo intensivo. Dentro de los esquemas de producción, las primeras etapas son críticas en términos de aparición de enfermedades, riesgo de mortalidad y pérdidas económicas. En las estrategias para minimizar tales riesgos y optimizar la operación, los productos que sustituyan el uso indiscriminado de antibióticos ha adquirido relevancia; entre estas opciones se tienen los prebióticos, de diferente origen y formas de acción que, por sus propiedades, buscan mejorar condiciones de bienestar animal y prevenir tanto el estrés como las patologías. En esa línea, en este trabajo se evaluó la acción de tres productos comerciales en términos de desempeño y mortalidad; el seguimiento se adelantó sobre alevinos durante 70 días, desde primera alimentación hasta alcanzar una talla de 2-3 g y 5.5 - 6 cm de peso y longitud respectivamente, considerada como comercial. Para el efecto se analizaron tres aditivos alimenticios fitogénicos frente a un grupo control, sin suplementos, todos por triplicado para un total de 12 grupos. Los peces con reabsorción finalizada fueron ubicados en canaletas de fibra de vidrio (1.3 x 0.35 x 0.25 m), cada una con un volumen útil de 100 litros. Se adelantaron muestreos cada quince días, registrando la longitud total (cm) y el peso (g). Al final del periodo, se compararon los siguientes parámetros de desempeño: longitud total final (cm), peso final (g), tasa de crecimiento en longitud total (mm día^{-1}) = $(\text{longitud promedio final} - \text{longitud promedio inicial}) / \text{número de días}$, tasa de crecimiento en peso (g día^{-1}) = $(\text{peso promedio final} - \text{peso promedio inicial}) / \text{número de días}$, índice de conversión alimenticia, tasa de crecimiento específico (TCE) = $(\text{Ln peso final} - \text{Ln peso inicial}) / \text{número de días}$, factor de condición de Fulton ($K = W/LT^3$, siendo W el peso (g) y LT la longitud total (cm)). La posible acción inmunomoduladora de los aditivos se estimó indirectamente a través de la cuantificación y comparación de la mortalidad durante el periodo. Los datos finales se compararon a través de análisis de varianza ANOVA ($\alpha = 0.05$) de un factor y cuatro niveles. Hasta la talla trabajada, con las comparaciones entre tratamientos no se demostró la existencia de diferencias significativas en ninguno de los parámetros. Sin embargo, en términos porcentuales,

independientemente del aditivo, la tendencia mostró una ventaja en los parámetros respecto al grupo control. En particular, los tratamientos con fitogénicos basados en cúrcuma y ajo como ingredientes principales se presentaron mayores resultados en desempeño comparado con el control. El efecto más relevante en términos de producción se observó en la mortalidad, llegando a un máximo del 7% al 7,7% en dos de los tratamientos. En este caso se presentaron dos picos de mortalidad los que se vieron atenuados en todos los tratamientos que recibieron los aditivos, a diferencia de los porcentajes en el control. Esta diferencia relativa al final se tradujo en un mayor e importante número de peces disponibles para distribución, en una clara ventaja económica en producción. Aunque las tendencias en desempeño se deben comprobar para tallas superiores, los datos sugieren un efecto favorable con la inclusión de los aditivos, especialmente los que se basan en productos de origen vegetal con ajo (T2) y cúrcuma (T3); se analiza este resultado, el que sugiere un potencial de implementación con efectos favorables durante la fase de producción de alevinos de trucha arco iris.

Palabras clave: promotores de crecimiento, fitobióticos, fitogénicos, mortalidad, alevinos, variables zootécnicas, sobrevivencia.

Abstract

The rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) is the only representative of cold-water aquaculture production in Colombia, a species typically cultivated under intensive conditions. Within production schemes, the early stages are critical in terms of disease outbreaks, mortality risk, and economic losses. In strategies aimed at minimizing such risks and optimizing operations, products that replace the indiscriminate use of antibiotics have gained relevance. Among these options are prebiotics, of different origins and modes of action, which seek to improve animal welfare conditions and prevent both stress and diseases. In this context, the present study evaluated the action of three commercial products in terms of performance and mortality. The trial was conducted on fry over 70 days, from first feeding until they reached a commercial size of 2-3 g in weight and 5.5-6 cm in length. For this purpose, three phytogenic feed additives were compared to a control group, without supplements, all in triplicate for a total of 12 groups. The fish with completed yolk sac absorption were placed in fiberglass channels (1.3 x 0.35 x 0.25 m), each with a useful volume of 100 liters. Sampling was conducted every fifteen days, recording total length (cm) and weight (g). At the end of the period, the following performance parameters were compared: final total length (cm), final weight (g), growth rate in total length (mm day^{-1}) = (final average length – initial average length) / number of days, growth rate in weight (g day^{-1}) = (final average weight – initial average weight) / number of days, feed conversion ratio, specific growth rate (SGR) = $(\ln \text{ final weight} - \ln \text{ initial weight}) / \text{number of days}$, and Fulton's condition factor ($K = W/LT^3$, where W is the weight (g) and LT is the total length (cm)). The possible immunomodulatory action of the additives was indirectly estimated by quantifying and comparing mortality rates during the period. The final data were compared using one-way ANOVA ($\alpha = 0.05$) with four levels. Up to the size evaluated, the comparisons between treatments did not show significant differences in any of the parameters. However, in percentage terms, regardless of the additive, the trend showed an advantage in the parameters compared to the control group. In particular, treatments with phytogenics based on turmeric and garlic as main ingredients showed better performance results compared to the control. The most relevant effect in terms of production was observed in mortality,

reaching a maximum of 7% to 7.7% in two of the treatments. In this case, two mortality peaks were observed, which were attenuated in all treatments receiving the additives, unlike the control group's percentages. This relative difference ultimately resulted in a higher and significant number of fish available for distribution, presenting a clear economic advantage in production. Although the performance trends need to be confirmed for larger sizes, the data suggest a favorable effect with the inclusion of additives, especially those based on plant products containing garlic (T2) and turmeric (T3). This result is analyzed, suggesting the potential for implementation with beneficial effects during the rainbow trout fry production phase.

Keywords: growth promoters, phytobiotics, phytogenics, mortality, fry, zootechnical variables, survival.

1. Introducción

La acuicultura constituye un sector importante en la producción alimentaria mundial. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2022), el consumo aparente mundial de alimentos acuáticos ha aumentado a un ritmo medio anual del 3,0% entre 1961 y 2019. Este comportamiento, sumado a la reducción de los recursos pesqueros de captura y su práctica poco sostenible, explica el que la piscicultura ha venido posicionándose como una de las alternativas más viables para garantizar la seguridad alimentaria de una forma más sustentable. En el ámbito nacional, la acuicultura está sustentada en tilapias, truchas, cachama y otras especies nativas en la zona continental (97,58%), además del camarón blanco de cultivo en la zona marino-costera (2,42%), con crecimiento medio anual del 10% durante la última década; la producción en el 2022 alcanzó las 204942 toneladas (AUNAP, 2022) y la actividad tiene una participación del 0,3% en el PIB Nacional y el 3,3% en el PIB Agropecuario Minagricultura (2021).

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) es la tercera especie con mayor producción en el territorio nacional con un 16%, siendo la única opción piscícola en las aguas frías del país. En términos de operación, la truchicultura se divide funcionalmente en dos especialidades: alevinaje y engorde. Es la temperatura del agua la que determina principalmente la vocación del sitio y la especialidad productiva y, en alevinaje, con el manejo de las primeras etapas de la cadena, es donde están representados los puntos más críticos en pérdidas, con un alto efecto asociado a riesgos sanitarios. Se trata de una constante en la producción de semilla en muchas especies (Brickell y Dalmo, 2005) y se ha postulado que las pérdidas económicas debido a enfermedades infecciosas son de aproximadamente del 50% en el sector acuícola (Assefa y Abunna, 2018). Las primeras fases son especialmente susceptibles a la variación de las condiciones ambientales, lo que facilita la proliferación de enfermedades, comprometiendo el desarrollo y la sostenibilidad de la industria. La mayor parte de las afecciones en los sistemas de producción se atribuyen a las prácticas acuícolas ineficientes y falta de conocimiento sobre los riesgos patógenos; se trata

de una de las limitaciones operativas más importantes, lo que finalmente se traduce en una disminución de la producción (Huicab, 2017; Hernández et al., 2020).

Con base en lo anterior, el objetivo del estudio se enfocó en la evaluación la eficacia de varios aditivos como suplementos funcionales en la producción de alevines de trucha arco iris (*O. mykiss*); a través de la estimación del desempeño y de la supervivencia, se buscó definir las bases para optimizar los procesos de obtención de semilla de la especie. La opción de establecer procedimientos utilizando alternativas diferentes al uso de antibióticos es un punto de análisis que se inserta en la línea de mejoramiento productivo, promoviendo prácticas sostenibles ajustadas a los postulados de buenas prácticas de manejo.

2. Planteamiento del problema

La trucha arco iris (*O. mykiss*) es un salmónido ampliamente distribuido a nivel mundial con fines de producción piscícola, nativo de la costa oeste de norte América. En Colombia, se introduce en 1939 y hoy día es el soporte de la producción piscícola en las aguas frías del país, con un estimado de alrededor de 20000 toneladas al año. Para cultivo, en el país se cuenta con explotaciones de nivel variable, tanto en producción como en eficiencia, pero en condiciones de manejo que lo ubican actualmente como una actividad en continua consolidación, con una exportación creciente, con márgenes para innovar y una alta posibilidad de expansión (Rosado y Murillo, 2019).

El incremento de la población a nivel mundial representa grandes desafíos en términos de sostenibilidad y sustentabilidad en la producción de alimentos. En los últimos años, la acuicultura ha mostrado un crecimiento significativo y constante que, además de razones de eficiencia técnica, se explica por la calidad y aceptación de los productos hidrobiológicos en el mercado; la creciente innovación de paquetes tecnológicos ha intensificado en gran medida la producción acuícola, en una tendencia que se mantendrá en la medida que la extracción del medio ha alcanzado ya sus límites.

Los esfuerzos técnicos para incrementar producciones generan efectos sobre los organismos en cultivo, debido a factores asociados al deterioro de la calidad de agua y a las mismas condiciones sobre los peces que conlleva la producción en sistemas con altas cargas. En el desarrollo productivo se evidencian limitaciones por la aparición, desarrollo y establecimiento de diversas enfermedades parasitarias, bacterianas, fúngicas y virales, generando la necesidad de uso, en ocasiones excesivo, de múltiples tipos de antibióticos y sustancias químicas como mecanismo de control (Reverter et al., 2014; Hoseinifar et al., 2019). Los brotes de enfermedades se consideran actualmente como una de las más importantes limitaciones para el desarrollo y sostenimiento de sistemas acuícolas intensivos y super intensivos (Magnadottir, 2010).

En las etapas tempranas de producción de alevinos de truchas interactúan variables que repercuten directamente en aspectos zootécnicos y económicos de los centros productivos especializados

en la obtención de semilla. Una vez finalizan las etapas de incubación y larvaria, ya en alevinaje es frecuente registrar mayor nivel de pérdidas, independientemente de las condiciones de manejo; un factor al que puede atribuírsele estas pérdidas es a la aparición temprana de cepas bacterianas cuya severidad es variable dependiendo del patógeno presente (Hoseinifar et al., 2015). Ante el uso extendido y poco regulado de antibióticos, la respuesta institucional implementada en varios países ha sido el establecimiento de estrictas regulaciones para su manejo y administración (Reverter et al., 2014). Cambios en las exigencias de los consumidores hacia una alimentación sana, restricciones de tipo normativo y dudas sobre la eficacia misma de los antibióticos son cuestiones adicionales por considerar.

Es este escenario el origen del creciente interés por el desarrollo y validación de alternativas al uso terapéutico de antibióticos, entre los que se tiene la administración de suplementos dietéticos que puedan considerarse como funcionales (Hoseinifar et al., 2019). Globalmente considerados, los beneficios para el organismo agrupan diferentes respuestas, como el de estimulación o modulación de la respuesta inmune, mejorando la capacidad del organismo para actuar en defensa de patógenos de cualquier tipo, la promoción de crecimiento y el alivio a estresores del medio (Ringø et al., 2010).

Como se ha mencionado, el uso de antibióticos es la medida de control convencional más utilizada para combatir los patógenos bacterianos; cuando son aplicados en las dosis recomendadas y en el tiempo oportuno las pérdidas pueden ser moderadas. Das et al. (2017) mencionan que, no obstante, se corre el riesgo de usar estos medicamentos de manera indiscriminada y aumentar potencialmente la aparición de resistencias. También es común que sobre un mismo lote se repitan ciclos de medicación, lo que como resultado genera una menor respuesta positiva para lograr el control esperado; adicionalmente, la sobreexposición al antibiótico puede generar impactos negativos en los parámetros de desempeño.

En una línea que tiene desarrollo reciente se busca privilegiar el manejo de tipo preventivo sobre las patologías, básicamente a través de la implementación de buenas prácticas. Se complementan estas con el uso de ciertos productos que, principalmente vía alimento, promueven una mejor salud general del pez. De una forma muy general, este tipo de aditivos son agrupados como suplementos funcionales,

prebióticos, probióticos, nutraceuticos, inmunonutrientes, inmunomoduladores, fitobióticos, promotores de crecimiento, entre otros (Bricknell y Dalmo, 2005); según su mecanismo de acción, origen y/o composición, un mismo aditivo puede ser categorizado en uno o varios de estos grupos (Burr et al, 2005; Chakraborty y Hancz; 2011). Según Cristea et al, 2012), ciertos fitobióticos actúan satisfactoriamente en la salud del organismo, ya sea por los componentes mismos de las plantas de las cuales provienen o porque, de manera indirecta, modifican y/o estimulan la flora intestinal del organismo; es decir, que algunos actuarían igualmente como prebióticos o probióticos.

Independientemente de lo anterior, es, a priori, la acción inmuno moduladora de estos productos el principal efecto que se busca promover, procurando la mejora general del estado de los peces lo que, eventualmente, les otorga una mayor resistencia natural contra la acción de patógenos a través del fortalecimiento del sistema inmune innato (Ganguly et al, 2010). La disponibilidad de fitobióticos es amplia en lo que respecta a su composición y, consecuentemente, los posibles mecanismos de acción; es entonces, la evaluación y comparación individual de diferentes alternativas, en condiciones de producción intensiva, un objetivo experimental. Se debe anotar que la respuesta a un mismo producto puede ser especie-específica; es decir, la posibilidad de extrapolar resultados entre diferentes evaluaciones tiene limitaciones prácticas; así, en los trabajos con diversos tipos de aditivos se registran beneficios diferenciales según la especie acuática a tratar, una relación con las condiciones del organismo mismo y que, además, no necesariamente cumplen la misma función en todas las especies ícticas. Adicionalmente, también influye de manera sustancial la cantidad de probiótico a suministrar, pues según la dosis se puede generar algún beneficio, no generarlo o, incluso, llegar a inmuno deprimir al organismo, como se ha demostrado en algunas especies (Raman, 2017). Los aditivos, según Ganguly y Mukhopadhyay (2010), para ser utilizados en acuicultura deben cumplir con ciertas características: a) fáciles de incorporar en el alimento o la ración, b) regular la viscosidad intestinal, c) no ser cancerígenos, d) derivar de los polisacáridos de la dieta, e) tener un valor calórico bajo, f) reducir las cargas microbianas dañinas, g) ser

eficaz a bajas concentraciones, h) ejercer propiedades antiadherentes contra los microbios intestinales dañinos, i) estimular los microbios intestinales beneficiosos, y j) no producir efectos residuales.

Es precisamente por esa razón que las evaluaciones están experimentalmente justificadas, especialmente cuando diferentes productos son valorados simultáneamente bajo condiciones equivalentes; cobran particular validez los resultados cuando las pruebas son adelantadas bajo condiciones reales de producción; la utilización y seguimiento bajo criterios de manejo en campo generan resultados relevantes y de aplicabilidad inmediata. Así, los condicionantes que normalmente pueden sustentar una válida actuación en optimización de procesos se superan.

En ese sentido, esta investigación se enfoca en optimizar el proceso productivo intensivo de alevinos de trucha arco iris determinando la incidencia del uso de diferentes fitobióticos disponibles en el mercado desde el inicio de la etapa de alevinaje hasta alcanzar tallas comerciales, para establecer dicho criterio, se tendrá en cuenta parámetros de desempeño zootécnico y el índice de mortalidad como variable respuesta, esto debido a que existe una estrecha relación entre la mejora y/o fortalecimiento con la acción inmunomoduladora de los productos en la microbiota del huésped y la disminución en las pérdidas que se presentan durante esta fase específica de la producción truchícola.

3. Objetivos

3.1. General

Evaluar el efecto de fitobióticos comerciales sobre variables de desempeño y mortalidad durante la etapa de alevinaje de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) con el fin de optimizar sistemas productivos

3.2. Específicos

- Comparar variables de desempeño zootécnico de alevinos de trucha arco iris sometidos a alimentación con la adición de tres fitobióticos diferentes
- Evaluar el efecto de la alimentación complementada con los fitobióticos sobre la mortalidad durante la etapa de alevinaje

4. Marco teórico

El crecimiento de la industria acuícola, con la industrialización hacia sistemas productivos de tipo intensivo, trae como consecuencia una mayor incidencia de problemas sanitarios. Las enfermedades infecciosas, principalmente causadas por parásitos, hongos, virus y bacterias, son una limitación importante para el desarrollo y eficiencia de los sistemas de producción acuícola (Magnadottir, 2010). La práctica común para mitigar estos efectos ha sido tradicionalmente el uso de diferentes productos, entre los que se destacan los antibióticos (González et al., 2021). Un problema importante del uso de terapéuticos contra patógenos es el desarrollo de resistencias lo que se asocia a deficiencias en la forma de uso (Hernández et al., 2020); se generan también efectos adversos sobre el medio ambiente pues, según Love et al. (2020), los peces no metabolizan los antibióticos de forma eficaz y la mayor parte de la dosis administrada se excreta; adicionalmente, Piedecausa, et al. (2012) y Hixson (2014) mencionan que, por el mejoramiento general en el desempeño alimenticio, se genera una menor cantidad de residuos producidos. Los residuos asociados a una mayor eficiencia en la actividad digestiva se reducen y, por tanto, generan un menor impacto en el medio; la acción de los prebióticos sobre el microbiota intestinal causa, al final, una menor producción de desechos.

La prohibición de antibióticos para uso terapéutico tradicional es una tendencia mundial, con legislaciones que los limitan o prohíben. Como resultado, se han presentado desafíos significativos en términos de innovación y optimización de los sistemas de producción acuícola para mitigar los riesgos físicos, químicos y biológicos asociados. La investigación se ha centrado en el desarrollo de alternativas que los sustituyan, centrándose en aspectos de tratamiento del agua de cultivo, la gestión de patógenos para reducir la carga total y el manejo mismo sobre los peces, con el fin de aumentar la resistencia a las infecciones mediante el fortalecimiento de su sistema inmunitario o por reducción de la susceptibilidad a estresores (Lieke et al., 2020). Un conjunto de productos, en la forma de aditivos alimenticios naturales, han mostrado potencial para mejorar el bienestar animal y prevenir tanto el estrés como las infecciones;

en la acuicultura se ha utilizado una amplia variedad de estos aditivos, como probióticos y prebióticos, que ofrecen beneficios al huésped, incluyendo la mejora del crecimiento, mediante el aumento del tamaño y peso corporal. En algunos casos estos aditivos pueden actuar como alternativas a los compuestos antimicrobianos para combatir enfermedades (Lieke et al., 2020).

Como se anotó, los antibióticos son comúnmente empleados como medida convencional para combatir patógenos bacterianos. Cuando se administran en las dosis adecuadas y en el momento oportuno, pueden mitigar las pérdidas de manera moderada. En recientes contextos de optimización se busca priorizar los enfoques preventivos en el manejo de patologías, principalmente a través de la implementación de buenas prácticas; estas se complementan con el uso de ciertos productos, mayormente administrados a través del alimento, buscando fomentar un mejor estatus de salud en los peces. Estos productos se clasifican de manera general como suplementos funcionales, prebióticos, probióticos, nutraceuticos, inmunonutrientes, inmunomoduladores, fitobióticos, promotores de crecimiento, entre otros (Bricknell y Dalmo, 2005). Un mismo aditivo puede ser clasificado en uno o varios de estos grupos, dependiendo de su mecanismo de acción, origen y composición (Burr et al, 2005; Chakraborty y Hancz, 2011). En primer lugar, el efecto inmunomodulador de estos productos es el objetivo principal que se busca promover, con la intención de mejorar el estado general de los peces. Este fortalecimiento del sistema inmune innato eventualmente proporciona una mayor resistencia natural contra la acción de patógenos, independientemente de otros factores (Ganguly et al, 2010).

En este reemplazo en el uso de antibióticos se tienen extractos, aceites vegetales o fitoterapia; se trata de una nueva tendencia para la estimulación inmunológica en peces desafiados por agentes bacterianos, parásitos y hongos; así, productos derivados de plantas como ajo, cúrcuma, silimarina, orégano, y compuestos fenólicos como el timol y el carvacrol presentes en los aceites esenciales son objeto de reciente y continua experimentación lo que se refleja en una mayor cantidad de publicaciones especializadas (Banaee et al., 2011; Ahmadifar et al., 2011; Ahmadi et al., 2012; Huicab, 2017; Büyükdeveci et al., 2018; Hassaan et al., 2019; Mustafa y Dikel, 2022).

También se trata de alternativas medioambientales sostenibles que logran mantener un equilibrio en el microbiota intestinal, favoreciendo de forma natural el estado de salud del organismo, mejorando el funcionamiento de sus sistemas biológicos, estimulando el sistema inmunológico y disminuyendo la proliferación de infecciones que ocasionan problemas de mortalidad (Hoseinifar et al. 2015; Valenzuela et al., 2021).

La variedad en la composición de los fitobióticos y sus posibles mecanismos de acción son amplias, lo que genera que la evaluación y comparación individual de distintas alternativas en condiciones de producción intensiva deba ser objetivo de valoración, pues se destaca que la respuesta efectiva a un mismo producto puede variar entre especies. Es así como la comparación de resultados entre diferentes evaluaciones tiene limitaciones prácticas. En trabajos que involucran diversos tipos de aditivos, se observan beneficios diferenciales según la especie tratada, lo cual está relacionado con las condiciones específicas de cada organismo, pues estos aditivos no necesariamente desempeñan la misma función en todas las especies ícticas. Así mismo, la cantidad de probiótico suministrado influye, en cuanto la dosis puede generar beneficios, carecer de ellos o incluso provocar inmunodepresión en el organismo, como se ha demostrado en algunas especies (Raman, 2017). Es por esta razón que las evaluaciones están justificadas, especialmente cuando se comparan diferentes productos simultáneamente bajo condiciones semejantes. Los resultados adquieren una validez particular cuando las pruebas se llevan a cabo en condiciones reales de producción; la utilización y el seguimiento en campo bajo criterios de manejo generan resultados relevantes y de aplicabilidad inmediata. De esta manera, se superan los obstáculos habituales que pueden afectar la optimización de procesos.

Ya en lo particular, diversos estudios científicos han corroborado que el ajo (*Allium sativum*) mejora la actividad de los sistemas de defensa no específicos y confiere protección contra enfermedades, siendo utilizado como promotor del crecimiento en *Oreochromis niloticus* (Dias et al., 2002). Mustafa y Dikel (2022) reportan que el crecimiento de la trucha arco iris alimentada con una dieta con adición de ajo en polvo se vio positivamente promovido, con un aumento en el contenido de proteínas corporales, la calidad

de la carne y la cantidad de ácidos grasos omega-3 y omega-6, DHA, EPA y PUFA. El *Origanum vulgare* (orégano) posee propiedades antimicrobianas significativas, ejerciendo un efecto inhibitorio sobre una amplia gama de bacterias patógenas, como *Staphylococcus aureus*, *Aeromonas hydrophila*, *Proteus mirabilis*, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Vibrio parahaemolyticus* y *Pseudomonas aeruginosa*, agentes patógenos prevalentes en peces y otros animales acuáticos, los que son causa de altas tasas de mortalidad y pérdidas económicas (Diler et al., 2017).

La curcumina, un componente activo de la cúrcuma (*Curcuma longa*), ha demostrado tener múltiples beneficios en la alimentación de peces. Se ha encontrado que la suplementación dietética con curcumina mejora el rendimiento de crecimiento, la capacidad antioxidante y la respuesta inmune de diversas especies acuáticas. Ashry et al. (2021) demuestran que la inclusión de curcumina en la dieta de la dorada (*Sparus aurata*) mejoró significativamente el rendimiento de crecimiento, la eficiencia alimenticia y la capacidad antibacteriana intestinal, además de regular los parámetros hematológicos y bioquímicos en sangre. Por otra parte, la inclusión de canela en la dieta de truchas arco iris (*O. mykiss*), representó beneficios significativos en el crecimiento, así como en parámetros hematológicos, bioquímicos e inmunológicos. Según Majid y Mousavi-Sabet (2022), la suplementación dietética con canela mejoró notablemente el rendimiento de crecimiento y fortaleció el sistema inmunológico en alevinos de trucha. Estos hallazgos sugieren que la canela es un aditivo alimentario prometedor en la acuicultura.

En general se puede considerar que la truchicultura nacional mantiene un panorama sanitario relativamente manejable, aunque se debe anotar que recientemente se han diagnosticado patologías con cierto grado de severidad, como la weissellosis, causada por *Weissella ceti* (Vásquez-Machado et al., 2020). Salvo esta última enfermedad emergente, hay ciertas infecciones recurrentes en las diferentes granjas de truchas siendo, tal vez la más común, la enfermedad del agua fría o síndrome del alevino de la trucha arco iris, que puede ocasionar importantes pérdidas económicas (ICA, 2018); el agente causal es *Flavobacterium psychrophilum* y se puede controlar cuando es detectada y tratada a tiempo (Barnes y Brown, 2011), procedimientos que se adelantan exclusivamente con el uso de antibióticos.

5. Materiales y métodos

5.1. Localización

El trabajo se adelantó en una granja especializada en la producción y distribución de alevinos de trucha arco iris, localizada en el municipio de Guasca (Cundinamarca); se ubica en los 2850 msnm y se abastece del río Siecha, con un caudal en concesión de 84 l s^{-1} . En incubación, la temperatura se mantiene en un intervalo de 8 a $12,5^{\circ}\text{C}$ y una concentración de oxígeno disuelto de $7,5 \text{ mg l}^{-1}$ ($> 90\%$ de saturación). En general, cuenta con condiciones de calidad de agua óptimas para el desarrollo de la producción de truchas, especialmente en la etapa de manejo de alevinos.

5.2. Manejo en incubación y larvicultura

Un lote de ovas fue adquirido a través de un importador autorizado, con una proporción garantizada de 100% hembras. Durante el transporte las ovas se mantienen a una temperatura de 2 a 4°C , por lo que en el ingreso se procedió con una aclimatación hasta alcanzar los 10°C , a una tasa de incremento de 2°C hora, en un procedimiento de 5 horas. La incubación se adelantó en incubadoras verticales, de flujo descendente, con un máximo de 500 ml de ovas por bandeja; en estas permanecieron hasta la eclosión, que en este caso se dio aproximadamente cinco días después del ingreso.

Al finalizar la eclosión, las larvas fueron divididas al azar y fueron ubicadas en cantidades equivalentes en 12 canaletas de fibra de vidrio ($1.3 \times 0.35 \times 0.25 \text{ m}$), cada una con un volumen útil de 100 l. El flujo se mantuvo constante en $0,5 \text{ l s}^{-1}$ por unidad. La reabsorción tuvo una duración de 20 días y cuando un 10% del lote empezó con movimientos de natación, se procedió con el inicio de la alimentación con un ofrecimiento cada hora, en 10 raciones por día. El suministro fue hasta saciedad aparente durante el periodo experimental.

5.3. Tratamientos experimentales

El experimento se basó en 3 tratamientos y un control; los aditivos fueron incorporados al alimento en las cantidades recomendadas por los fabricantes. Los tratamientos y las características de los productos utilizados fueron¹:

T1: VIUSID®; este producto es un complemento nutricional que contiene vitaminas, antioxidantes, oligoelementos y extractos de plantas, aportando nutrientes de carácter antioxidante que son fundamentales para garantizar un óptimo funcionamiento del metabolismo celular y prevenir enfermedades infecciosas y degenerativas. Es efectivo como preventivo y terapia de soporte contra eventos virales, ataques bacterianos y parasitarios; reduce la carga viral y minimiza la morbilidad y mortalidad. También estimula el apetito, favoreciendo la recuperación rápida y mejorando las ganancias de peso (Catalysis, 2014). Viene en presentación líquida y se utilizó en una dosis de 2 ml por kg de alimento.

T2: ALLIUM-OR®; se trata de un fitogénico con el ajo (*Allium sativum*) como principal componente. Se usa como aditivo para peces (tilapia, cachama, trucha) que se recomienda por sus efectos antimicroplásmicos, antimicrobianos y antioxidantes. Es, además, un inmunomodulador, promotor de crecimiento, anti-estrés, barredor de radicales libres y preventivo de enfermedades. Está compuesto por extracto de polvo seco de ajo, polvo seco de orégano, ácido ascórbico y excipientes C.S.P (Acuagranja, sf). Viene en forma de polvo y se aplicó en una dosis de 3 g por kg de alimento.

T3: TUR- AQUA®; aditivo alimenticio con base de cúrcuma (*Curcuma longa*) y canela (*Cinnamomum verum*); contiene también cloruro de colina y se utiliza incorporado al alimento para las etapas de alevinaje, crecimiento y engorde en especies de cultivo. Actúa como inmunomodulador, con efectos en el crecimiento y propiedades antioxidantes y antiestrés. Mejora la salud intestinal y se considera

¹ La descripción de los productos corresponde a las fichas técnicas que suministra cada distribuidor

un hepato-protector (Acuagranja, sf). Viene en forma de polvo y se utilizó con una dosis de 3 g por kg de alimento.

T4: grupo control; se utilizó alimento comercial para truchas en la etapa de inicio, sin ningún aditivo. El vehículo para el suministro de los productos fue un concentrado comercial formulado para la etapa de iniciación de la especie, con una composición del 50% de Proteína Bruta, 13% de grasa mínima, ceniza máxima en 13%, humedad máxima del 13% y un 4% de fibra máxima. Para ligar los prebióticos al alimento se utilizó aceite vegetal. La dosis calculada para cada producto se mezcló con 15 ml de aceite, con lo que se impregnó 1 kg de alimento previamente molido y tamizado. En el caso del tratamiento control (T4) no se efectuó incorporación de aditivo, pero se adicionaron los 15 ml de aceite por kg de alimento, de forma equivalente a la utilizada en los demás tratamientos. Durante todo el seguimiento el alimento se utilizó en forma de harina, por lo que el concentrado fue previamente molido y tamizado.

Durante el trabajo los peces fueron alimentados a saciedad aparente. Desde el inicio hasta los 3 cm de longitud total con una frecuencia de suministro cada hora, para un total de 10 raciones al día. A partir de esta talla y hasta finalizar, el alimento se ofreció cada 1.5 horas, para un total de 6 raciones al día. Las canaletas fueron limpiadas diariamente para retirar sedimento, heces y restos de alimento no consumido. También diariamente, la mortalidad fue retirada y registrada.

5.4. Recopilación y análisis de datos

El comienzo de la alimentación se consideró como el día 1 del experimento. Una vez ubicados en las unidades, una muestra de 50 alevinos de cada canaleta fue medida en longitud total (con ictiómetro, aproximación al mm) y peso (con aproximación a 0,1 g). A partir de aquí y hasta finalizar, se realizaron muestreos cada 15 días, durante 10 semanas, hasta que los alevinos alcanzaron un tamaño comercial entre 5,5 y 6 cm. La mortalidad fue retirada y registrada diariamente. El peso del alimento suministrado para cada tratamiento y sus réplicas fue también registrado y totalizado para cada intervalo de muestreo.

Las siguientes fueron las variables definidas para efectos de evaluación:

Longitud total inicial (cm)

Peso inicial (g)

Longitud total final (cm)

Peso final (g)

Tasa de crecimiento en longitud total – TCL (Diler et al., 2017):

$$TCL (mm \text{ día}^{-1}) = \frac{(\text{Longitud Promedio final} - \text{Longitud promedio inicial})}{\text{Número de días}}$$

Tasa de crecimiento en peso – TCP (Diler et al., 2017):

$$TCP (g \text{ día}^{-1}) = \frac{(\text{Peso Promedio final} - \text{Peso promedio inicial})}{\text{Número de días}}$$

Tasa de crecimiento específico – TCE (Metwally, 2009; Hossein et al., 2020):

$$TCE = \frac{(\ln \text{Peso final} - \ln \text{Peso inicial})}{\text{Número de días}}$$

Factor de Condición de Fulton – K (Firouzbakhsh et al., 2014; Mustafa y Dikel, 2022):

$$K = \frac{\text{Peso (g)}}{\text{Longitud total (cm)}^3}$$

Índice de conversión alimenticia – FCA (Tacón, 1987):

$$FCA = \frac{\text{Peso del alimento consumido}}{\text{Incremento en biomasa}}$$

Mortalidad (Hassaan et al., 2019; Ahmadifar et al., 2011):

$$\text{Mortalidad (\%)} = \left(\frac{\text{Número final peces}}{\text{Número inicial peces}} \right) * 100$$

La primera valoración de los datos se realizó mediante análisis de carácter exploratorio y descriptivo. La determinación de los efectos de los productos sobre las variables que definen el

crecimiento medio de los individuos en los tratamientos se determinó mediante Análisis de Varianza de un factor (dieta) con $T = 4$ niveles (tratamientos). Los supuestos del Anova se probaron en varianza común (Levene) y normalidad (Shapiro-Wilk), con una significancia $\alpha = 0.05$; en los análisis se utilizó el programa estadístico SPSS y las aplicaciones de Excel.

6. Resultados

La talla de los peces al inicio del experimento estuvo en los intervalos de 2,155 a 2,199 cm en longitud total y de 0,077 a 0,078 g en peso, con igualdad estadística entre todos los tratamientos, lo que indica que la distribución al azar de los peces al comienzo del experimento fue efectiva. A partir de aquí, en términos generales, los registros finales de desempeño fueron equivalentes en los parámetros evaluados; en resumen, con los análisis de varianza no se comprobó la existencia de diferencias significativas ($p > 0,05$) para ninguna de las variables respuesta. Los valores que describen los parámetros de desempeño en el experimento se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados de desempeño en los tratamientos experimentales (media $\pm$ DE)

PARÁMETROS DE DESEMPEÑO	TRATAMIENTOS				SIG
	(T1: <i>Viusid-Aqua</i>)	(T2: <i>Allium-Or</i>)	T3: (<i>Tur-Aqua</i>)	(T4: <i>Control</i>)	
Longitud inicial (cm)	2,199 $\pm$ 0,022	2,188 $\pm$ 0,019	2,171 $\pm$ 0,021	2,155 $\pm$ 0,022	0,13
Longitud final (cm)	5,78 $\pm$ 0,0768	5,92 $\pm$ 0,1336	5,99 $\pm$ 0,2427	5,93 $\pm$ 0,0153	0,38
Crecimiento en longitud (cm)	3,58 $\pm$ 0,096	3,74 $\pm$ 0,118	3,82 $\pm$ 0,221	3,78 $\pm$ 0,01	0,22
Peso inicial (g)	0,078 $\pm$ 0,00081	0,078 $\pm$ 0,00069	0,077 $\pm$ 0,00072	0,077 $\pm$ 0,00087	0,16
Peso final (g)	2,317 $\pm$ 0,228	2,658 $\pm$ 0,339	2,869 $\pm$ 0,249	2,596 $\pm$ 0,054	0,12
Crecimiento en peso (g)	2,237 $\pm$ 0,228	2,58 $\pm$ 0,335	2,793 $\pm$ 0,245	2,52 $\pm$ 0,053	0,11
Tasa de Crecimiento Específico (%)	4,77 $\pm$ 0,15	4,97 $\pm$ 0,17	5,09 $\pm$ 0,12	4,96 $\pm$ 0,03	0,09
Factor de Condición (K)	1,197 $\pm$ 0,072	1,273 $\pm$ 0,093	1,337 $\pm$ 0,177	1,24 $\pm$ 0,03	0,48
Factor de Conversión Alimenticia	1,48 $\pm$ 0,56	1,11 $\pm$ 0,34	0,96 $\pm$ 0,18	1,34 $\pm$ 0,24	0,35
Mortalidad (%)	39,3 $\pm$ 8,12	32,23 $\pm$ 4,93	33,07 $\pm$ 3,31	39,97 $\pm$ 5,29	0,28

En lo que se refiere a la longitud total final y su comportamiento, los datos fueron cercanos entre tratamientos y control. En peso, se observa una tendencia a registros que favorecen a los tratamientos T2 (ALLIUM-OR, con 2,58 gramos) y T3 (TUR-AQUA, con 2,793 g), es decir los que contienen extractos vegetales como base de composición. Esta situación, al final, se reflejó en tres importantes índices de desempeño: la Tasa de Crecimiento Específico (TCE), el Factor de Condición (K) y el Factor de Conversión Alimenticia (FCA), con T2 y T3 mostrando los registros más eficientes. Dada la duración del

experimento, hasta talla comercial de alevinos, no es posible determinar si esta tendencia se mantiene en etapas posteriores.

Al respecto de las pérdidas por mortalidad, este lote en particular presentó un comportamiento atípico para las medias que normalmente se presentan durante la fase en la granja. Sin diferencias entre los tratamientos, el rango de mortalidad al terminar el seguimiento se ubicó entre el 32,23% (T2) y el 39,97% (Control). A través del tiempo para este lote se observaron dos picos en la curva de pérdidas. El primero se presentó en los días siguientes al traslado a canaletas y coincide con el inicio del suministro del alimento; aunque puede variar en la escala, se trata de un comportamiento que se observa siempre durante este primer momento en la producción de semilla; se explica por causa de problemas asociados a la eclosión misma y por el retiro de larvas con anormalidades, las que son inviables.

No obstante, fue particularmente evidente la manifestación de un segundo incremento en la mortalidad, aproximadamente a partir del día 40, el que se empezó a atenuar alrededor de los días 55 a 60. La causa real de esta situación, focalizada en el tiempo, no es clara. En términos de producción de semilla suele presentarse, aunque en una menor escala, en esta fase de alevinaje. La variación porcentual de las pérdidas para cada uno de los tratamientos durante el seguimiento se presenta en la figura 1.

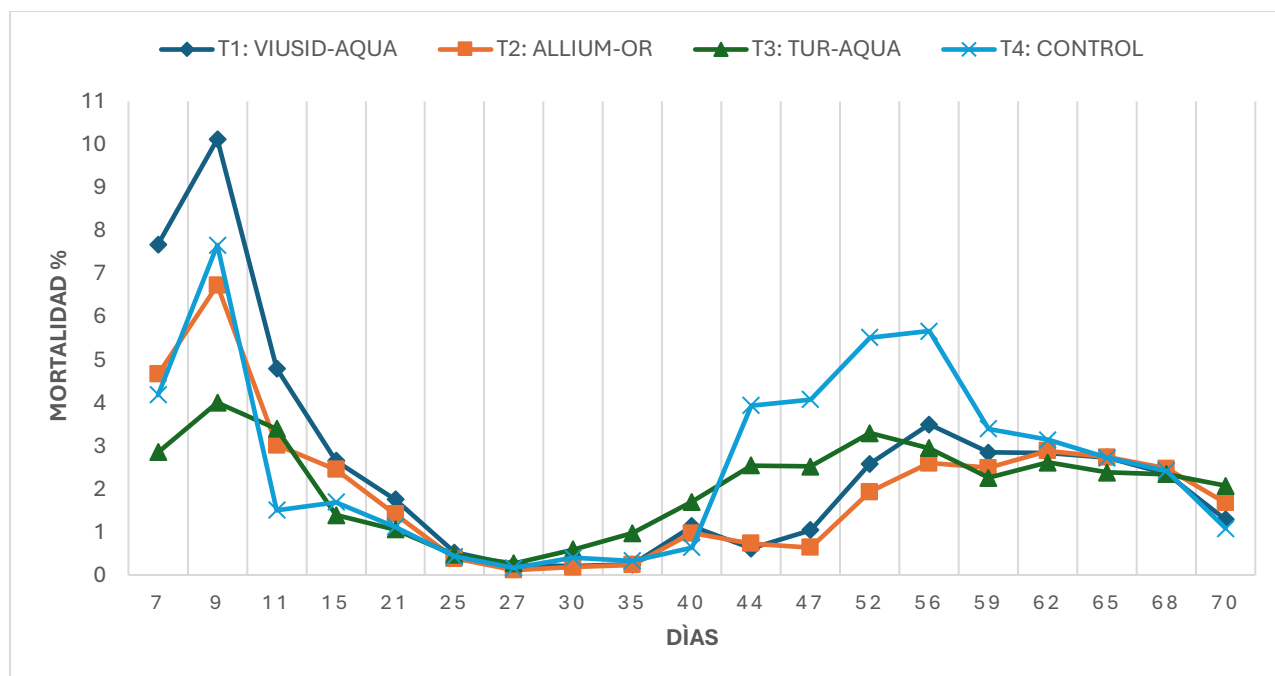


Figura 1. Comportamiento de la mortalidad (%) en cada tratamiento a través del tiempo

Como se anotó, si bien no se demostraron diferencias significativas en esta variable entre los tratamientos, es relevante anotar que con los dos tratamientos con productos de origen vegetal (T2 y T3), la reducción de hasta un 7,7% significó al final un mayor número de peces disponibles para distribución. Los máximos de las pérdidas se presentaron con T1 (39,3%) y T4 (39,97%).

7. Discusión

En términos concretos, con los resultados obtenidos al finalizar el seguimiento no se demostró la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos respecto al tratamiento control ni entre los mismos tratamientos, para el total de los parámetros de desempeño, incluyendo la mortalidad. Se identifica una tendencia hacia un mejor crecimiento en los tratamientos suplementados con los prebióticos basados en componentes de origen vegetal (ALLIUM-OR y TUR-AQUA); el que estas tendencias se mantengan en mayores tiempos de cultivo debe ser objeto de validación. No obstante, existen evidencias en ese sentido pues, de hecho, Londoño y Rodríguez (2024), en un diseño experimental similar, encuentran a favor del mismo producto (ALLIUM-OR) diferencias significativas en varios de los parámetros de desempeño.

De cualquier forma, para este caso, la condición general de los peces (K) presentó valores desde 1,197 hasta 1,337, los que son superiores a los que corresponden a esas tallas, indicando que la relación peso – longitud de los alevinos no se modificó por efecto de los tratamientos (Klontz, 1991); es decir que para la condición no se manifiestan problemas de nutrición asociados al suministro de los prebióticos. Específicamente y con respecto al control, en lo que se refiere a la cuantificación del crecimiento fueron los grupos de peces alimentados con productos cuyo ingrediente principal son extractos vegetales (T2: ALLIUM-OR y T3: TUR-AQUA) en los que los registros finales de peso corporal final, incremento de peso y SGR fueron los mayores.

En general, las propiedades tanto del ajo (*Allium sativum*) como la cúrcuma (*Curcuma longa*) están ampliamente descritas y sus efectos, incluso como prebióticos para consumo humano, bien documentadas (Kurhekar, 2013). En acuicultura, se trata de productos que han sido previamente evaluados y los resultados aquí obtenidos se ajustan a los reportados en trabajos similares, en los que se registran diferencias a favor del incremento de peso, la Tasa de Crecimiento Específico (SGR) y la Conversión Alimenticia (FCA), incluyendo la resistencia a enfermedades (Metwally, 2009; Öz y Dikel 2022); como se anotó, el componente principal en el T2 es el ajo, el que en diversas presentaciones viene

siendo ampliamente utilizado en las dietas para diferentes especies de peces. Adineh et al. (2018) reportan que la adición de extracto de ajo, micro encapsulado al 1%, mejoró significativamente los índices de desempeño zootécnicos y conversión alimenticia en trucha arco iris, comparados con los controles. En juveniles de la especie y con 90 días de suministro, Öz y Dikel (2022) reportan que, conforme se incrementa la concentración de ajo en polvo, como forma de suministro con el alimento (entre el 1 y el 3%), hay un desempeño superior cuando se compara con los controles sin el aditivo.

Este prebiótico también contiene orégano (*Origanum vulgare*), con compuestos como el timol y el carvacrol, cuya acción también se comprueba con mejores crecimientos y disminución de la mortalidad; en esa línea, Ahmadifar et al. (2011) encuentran que truchas alimentadas con una dieta combinada con timol-carvacrol muestran un mayor crecimiento, resistencia antibacteriana y supervivencia, lo que explican por sus efectos sobre procesos digestivos y metabólicos. Con el aceite esencial del orégano (*Origanum onites*), utilizando 3 ml kg⁻¹, se reporta un efecto promotor de resistencia a enfermedades en juveniles de trucha, en particular contra el *Lactococcus garvieae*, con una supervivencia de hasta un 97% versus los grupos sin el aditivo (Diler et al. 2017); al respecto, según Ahmadifar et al. (2011), son los principios activos del orégano, timol y carvacrol, los agentes que promueven un mayor número de linfocitos en juveniles de truchas. Respuestas similares en protección contra ciertos patógenos Aly et al. (2008) y Metwally (2009) lo comprueban para *Oreochromis niloticus*; Zheng et al. (2009) definen que diferentes especies del género *Origanum* actúan como promotores de crecimiento, antioxidantes y antimicrobianos.

En términos absolutos, los valores más altos en desempeño y supervivencia se observaron en T3, prebiótico en cuya composición principal se tienen cúrcuma (*Curcuma longa*) y canela (*Cinnamomum verum*). En alevinos de *O. mykiss*, Romero (2023) encontró que la adición de curcuminoides y carotenoides en diferentes concentraciones en la dieta mejora el peso final, la tasa de crecimiento específico (SGR), el factor de condición (K) y los porcentajes de supervivencia. Para dorada (*Sparus aurata*) los resultados concuerdan parcialmente con Ashry et al. (2021), quienes demostraron que la inclusión de curcumina en la dieta mejoró significativamente el rendimiento de crecimiento, la eficiencia

alimenticia y la capacidad antibacteriana intestinal, además de regular los parámetros hematológicos y bioquímicos en sangre. Para tilapia (*O. mossambicus*), se reporta que la curcumina incrementa la ganancia en peso de SGR y aumenta la eficiencia de la conversión alimenticia, lo que se explican por la mejora de los procesos digestivos debido a la estimulación de la actividad enzimática en el intestino (Sruthi et al., 2018).

En particular, las ventajas de la canela (*C. verum*) sobre el crecimiento de truchas la demuestran Majid y Mousavi-Sabet (2022); la suplementación dietética con canela mejoró significativamente ($p < 0,05$) el rendimiento de crecimiento, con aumento de peso y de la longitud total, el SGR y el peso diario mejoraron significativamente. Castro (2018), trabajando con el aceite de canela en alevinos de trucha, indica que se reduce la cantidad de glucosa en sangre de peces sometidos a un estresor agudo como manipulación y transporte, es decir que también muestra claros efectos antiestresantes.

En este seguimiento, la mortalidad mostró un comportamiento particular, el que se puede describir con lo que se presentó en el grupo control para disponer de un referente. Se tuvo un primer pico, localizado en los primeros días posteriores al inicio de la alimentación, es decir cuando el suministro de los prebióticos en los tratamientos se encontraba en la primera semana. En este periodo inicial no necesariamente es la manifestación de una situación anormal pues se puede explicar porque es usual observar pérdidas asociadas al acostumbamiento al alimento, ya que no todos los peces presentes en un lote dado muestran la capacidad o competencia para acceder a las raciones; es decir que es normal registrar este primer pico de pérdidas y, en este caso, fue consistente con el tiempo en el que se por lo común se presenta. Aproximadamente a partir del día 40 – 45 se presentó un segundo pico, el que se manifestó de diferente forma en los tratamientos y tuvo una duración de 15 – 20 días. En este evento fue donde se acumuló la mayor cantidad de perdidas en el trabajo experimental. La causa real de esta mortalidad no es clara y pueden estar interviniendo factores genéticos asociados a la semilla o problemas relacionados con alguna patología, si bien en este último caso no se detectaron los síntomas que normalmente se observan en infecciones por *Flavobacterium psychrophilum*, la que es común en la

granja. Tampoco se pudo asociar a condiciones medioambientales, pues no hubo variación en parámetros de temperatura, oxígeno disuelto y pH durante este tiempo. Independientemente del factor causal, lo cierto es que la evolución de las pérdidas se atenúo en los lotes en los tratamientos, es decir en todos los grupos a los que se suministró prebiótico, tal como se puede ver en la figura 1.

Un comportamiento similar en la curva de mortalidad es reportado por Londoño y Rodríguez (2024); los autores describen también un segundo pico de mortalidad, el que se manifestó en un momento similar. Sin embargo, respecto al control, reportan que la diferencia a favor del ALLIUM-OR resultó ser significativa en términos de supervivencia; en efecto, el control alcanzó un 26,5%, mientras que con este prebiótico en particular se logró reducir hasta un 6,2%.

En concreto, el trabajo realizado se concentró tanto en variables de desempeño zootécnico como en la supervivencia. Se tiene que, específicamente hasta la talla trabajada, definitivamente no se demuestran efectos evidentes en el crecimiento ni sus indicadores respecto al control; se anota entonces que los productos evaluados no mostraron una ventaja en términos de crecimiento temprano. No obstante, un seguimiento de mayor duración podría acentuar las tendencias observadas, pero esa valoración requiere ser demostrada en trabajos posteriores. En lo que se refiere a la supervivencia, el análisis es de otra dimensión. Si bien los ponderados no mostraron ser significativamente diferentes en términos de escala, es claro que el uso de estos productos si mostró un efecto de atenuación en las curvas de mortalidad; es decir que el suministro continuo de los prebióticos generó un resultado favorable en el número final de peces producidos. Las ventajas económicas de este resultado son claras en los esquemas de producción de alevinos de la especie.

8. Conclusiones

Con el conjunto de prebióticos evaluados no se demostró una ventaja en lo que se refiere al crecimiento general y los indicadores de desempeño en el lote trabajado, si bien se presentan tendencias favorables en algunos de los parámetros de producción. Con base en referencias obtenidas en seguimientos similares, es posible sugerir que para tallas superiores estas tendencias se manifiesten de forma significativa.

Sin duda, este tipo de productos derivados de plantas tienen un evidente potencial, el cual puede tener en la supervivencia uno de los factores de mayor impacto en los resultados económicos de los centros de producción. El posible reemplazo de antibióticos por estos productos es un importante valor agregado a su uso y se articula perfectamente con una visión asociada a Buenas Prácticas de Manejo.

Aun así, la diversidad de productos, su origen y forma de uso son factores que direccionan líneas de investigación, de forma que para cada caso particular sea factible disponer de registros completamente validados, especialmente cuando se trabaja en condiciones de producción de tipo intensivo.

Referencias bibliográficas

- Acuagranja.(Sf) Ficha técnica de allium-or aditivo fitogenico Obtenido de .
https://acuagranja.com.co/producto/orallium/?attachment_id=3932&download_file=r7hnb80l62wz
[X](#)
- Acuagranja.(Sf) Ficha Tecnica Tur-Aqua Mejorador de Salud intestinal. Obtenido de
https://acuagranja.com.co/producto/tur-aqua/?attachment_id=3949&download_file=xuhpml2nywdjd
- Adineh, H., Harsij, M., Jafaryan, H. y Asadi, M. (2020). The effects of microencapsulated garlic (*Allium sativum*) extract on growth performance, body composition, immune response and antioxidant status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. *Journal of Applied Animal Research*, 48(1), 372–378. <https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1808473>
- Ahmadi, K.; Banaee, M.; Vosoghei, A.R.; Mirvaghefi, A.R. y Ataeimehr, B. Evaluation of the immunomodulatory effects of silymarin extract (*Silybum marianum*) on some immune parameters of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Actinopterygii: Salmoniformes: Salmonidae). *Acta Ichthyol. Piscat.* (2012), 42, 113–120.
- Ahmadifar, E., Falahatkar, B. y Akrami, R. (2011). Effects of dietary thymol-carvacrol on growth performance, hematological parameters and tissue composition of juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Applied Ichthyology*, 27(4), 1057-1060.
- Aly, S. M., Atti, N. A. y Mohamed, M. F. (2008). Effect of garlic on the survival, growth, resistance and quality of *Oreochromis niloticus*. In *From the pharaohs to the future. Eighth International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Proceedings. Cairo, Egypt, 12-14 October, 2008* (pp. 277-296). AQUAFISH Collaborative Research Support Program.
- Ashry, A. M., Hassan, A. M., Habiba, M. M., El-Zayat, A., El-Sharnouby, M. E., Sewilam, H. y Dawood, M. A. (2021). The impact of dietary curcumin on the growth performance, intestinal antibacterial capacity, and haemato-biochemical parameters of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Animals*, 11(6), 1779.

- Assefa, A. y Abunna, F. (2018). Maintenance of Fish Health in Aquaculture: Review of Epidemiological Approaches for Prevention and Control of Infectious Disease of Fish. *Veterinary medicine international*, 2018, 5432497. <https://doi.org/10.1155/2018/5432497>
- AUNAP (2022). Documento sobre proyecto de cultivo de peces en sistema de produccion con tecnologia biofloc. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. <https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Documents/Concepto%20BIOFLOC%20AUNAP.pdf>
- Banaee M., Sureda A., Mirvaghefi A.R. y Rafei G.R. (2011). Efectos de la-términoSuplementación oral con silimarina en el perfil bioquímico sanguíneo del arco iristrucha (*Oncorhynchus mykiss*). Fisiología de Peces. *Bioquímica.*, 37: 885–896.
- Barnes, M. E., & Brown, M. L. (2011). A review of *Flavobacterium psychrophilum* biology, clinical signs, and bacterial cold water disease prevention and treatment. *Open Fish Science Journal*, 4, 40.
- Bricknell, I. y Dalmo, R. A. (2005). The use of immunostimulants in fish larval aquaculture. *Fish & shellfish immunology*, 19(5), 457–472. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2005.03.008>
- Burr G, Gatlin III D y S Ricke (2005). Microbial ecology of the gastrointestinal tract of fish and the potential application of prebiotics and probiotics in finfish aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*. 36 (4):425-36.
- Büyükdeveci, M. E., Balcázar, J. L., Demirkale, İ. y Dikel, S. (2018). Effects of garlic-supplemented diet on growth performance and intestinal microbiota of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 486, 170-174.
- Castro Tarraga, V. M. (2018). Evaluación del efecto de los aceites esenciales de hierbabuena (*Mentha spicata*) y canela (*Cinnamomum zeylanicum*) en el control de estrés en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).
- Catalysis. (2014). VIUSID® Aqua. Obtenido de: https://www.catalysisnews.es/envios/2014/julio/12/Viusid_aqua.pdf

- Chakraborty SB y C Hancz (2011). Application of phytochemicals as immunostimulant, antipathogenic and antistress agents in finfish culture. *Reviews in Aquaculture*. 3 (3):103-19.
- Cristea V, Antache A, Grecu I, Docan A, Dediu L y MC Mocanu (2012). The use of phytobiotics in aquaculture. *Lucrări Științifice-Seria Zootehnie*. 57: 250-5.
- Das, S., Mondal, K., & Haque, S. (2017). A review on application of probiotic, prebiotic and synbiotic for sustainable development of aquaculture. *growth*, 14, 15.
- Dias, A. S., El-Nagar, G. O. y El-Hady, Y. M. (2002). Evaluation of *Nigella sativa* (black seed, baraka), *Allium sativum* (garlic) and BIOGEN as feed additives on growth performance and immunostimulants of *Oreochromis niloticus* fingerlings. *Suez Canal Veterinary Medical Journal*, 1, 745-750.
- Diler, O., Gormez, O., Diler, I. y Metin, S.E.Ç.İ.L. (2017). Effect of oregano (*Origanum onites* L.) essential oil on growth, lysozyme and antioxidant activity and resistance against *Lactococcus garvieae* in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture nutrition*, 23(4), 844-851.
- FAO. 2022. Versión resumida de El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0463es>
- Firouzbakhsh, F., Mehrabi, Z., Heydari, M., Khalesi, M. K. y Tajick, M. A. (2014). Protective effects of a synbiotic against experimental *Saprolegnia parasitica* infection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Research*, 45(4), 609-618.
- Ganguly S, Paul I y SK Mukhopadhyay (2010). Application and effectiveness of immunostimulants, probiotics, and prebiotics in aquaculture: a review. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*. 62.
- González Salas, R., Vidal del Río, M. M., & Pimienta Concepción, I. (2021). Uso intensivo de antibióticos profilácticos en la acuicultura: un problema creciente para la salud humana y animal. *Universidad Y Sociedad*, 13(S2), 204–210. Recuperado a partir de https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2304_

- Hassaan, M. S., Mohammady, E. Y., Soaudy, M. R., El-Garhy, H. A., Moustafa, M. M., Mohamed, S. A. y El-Haroun, E. R. (2019). Effect of *Silybum marianum* seeds as a feed additive on growth performance, serum biochemical indices, antioxidant status, and gene expression of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. *Aquaculture*, 509, 178-187.
- Hernández, N., Monreal-Escalante, E., Navarro-Tovar, G. y Angulo, C. (2020). Nanovacunas en acuicultura, una alternativa para el manejo de enfermedades: Nanovaccines in aquaculture, an alternative for disease management. *Inventio*, 16(40), 1-8.
- Hixson, S.M, 2014. Nutrición de los peces y problemas actuales en la acuicultura: el equilibrio en Proporcionar productos del mar seguros y nutritivos, de forma ambientalmente sostenible. J. Aquac. Res. Desarrollo. 5, 3. <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9546.1000234>.
- Hoseinifar SH, Van Doan H, Dadar M, Ringo E, Harikrishnan R (2019) Feed additives, gut microbiota, and health in finfish aquaculture. In Microbial communities in aquaculture ecosystems.
- Hoseinifar, S. H., Esteban, M. Á., Cuesta, A., & Sun, Y. Z. (2015). Prebiotics and fishimmune response: a review of current knowledge and future perspectives. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 23(4), 315-328.
- Hossein Adineh, Mohammad Harsij, Hojatollah Jafaryan y Mehdi Asadi (2020) The effects of microencapsulated garlic (*Allium sativum*) extract on growth performance, body composition, immune response and antioxidant status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles, Journal of Applied Animal Research, 48:1, 372-378, DOI: 10.1080/09712119.2020.1808473
- Huicab Pech, Z. G. (2017). Uso de extractos vegetales en la alimentación en crías de tilapia *Oreochromis niloticus* en agroecosistemas acuícolas.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (23 de junio 2018). El ICA atendió la notificación de mortalidad de trucha arcoíris en Nariño. <https://www.ica.gov.co/noticias/ica-notificacion-mortalidad-trucha-arcoiris.aspx>
- Klontz G. 1991. Manual for rainbow trout production on the family-owned farm. Department of Fish and Wildlife Resources. University of Idaho, Moscow. 70 p.

- Kurhekar, J. V. (2013). Curcuma longa and Allium sativum as prebiotics. *Bionano frontier*, 6(2), 327-329.
- Lieke, T., Meinelt, T., Hoseinifar, S. H., Pan, B., Straus, D. L. y Steinberg, C. E. W. (2020). Sustainable aquaculture requires environmental-friendly treatment strategies for fish diseases. *Reviews in Aquaculture*, 12(2), 943–965. <https://doi.org/10.1111/raq.12365>
- Londoño, C. y Rodríguez C. (2024). Evaluación de diferentes aditivos en la alimentación durante la fase de alevinaje de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Trabajo final Especialización en Sanidad y Producción de Peces de Aguas Continentales. Corporación Universitaria del Huila – CORHUILA. 22 p.
- Love DC, Fry JP, Cabello F, Good CM. y Lunestad BT. (2020). Veterinary drug use in United States net-pen Salmon aquaculture: implications for drug use policy. *Aquaculture*; 518:734–820. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734820>.
- Magnadottir, B. Immunological Control of Fish Diseases. *Mar Biotechnol* 12, 361–379 (2010). <https://doi.org/10.1007/s10126-010-9279-x>
- Majid, A. y Mousavi-Sabet, M.H. (2022). Effects of Cinnamon supplemented diet on growth performance, hematological parameters, blood biochemical and immunological indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings. *Int. Aquat. Res*, 14, 213-221.
- Metwally, M.A. (2009). Effects of garlic (*Allium sativum*) on some antioxidant activities in tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*). *World Journal of fish and marine sciences*, 1(1), 56-64.
- MINAGRICULTURA (2021) Acuicultura en Colombia: Cadena de la Acuicultura. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Documentos/2021-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Öz, M., & Dikel, S. (2022). Effect of garlic (*Allium sativum*)-supplemented diet on growth performance, body composition and fatty acid profile of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Cellular and Molecular Biology*, 68(1), 217-225.
- Piedecausa, M., Aguado-Giménez, F., Valverde, J., Llorente, M. y García-García, B., 2012. Influencia de la comida para peces y los gránulos fecales en el consumo de oxígeno a corto plazo, flujo de

- amonio y acumulación de sulfuros volátiles ácidos en sedimentos impactados por piscicultura y sedimentos no impactados. *Culto acuático*. Res. 43, 66–74. doi:10.1111/j.1365-2109.2011.02801.x
- Raman, R. (2017). Applicability, Feasibility and Efficacy of Phytotherapy in Aquatic Animal Health Management. *American Journal of Plant Sciences*, 8, 257- 287. doi: 10.4236/ajps.2017.82019.
- Reverter M, Bontemps N, Lecchini D, Banaigs B y P Sasal (2014). Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: current status and future perspectives. *Aquaculture*.433: 50-61.
- Ringø, E., Olsen, R. E., Gifstad, T. Ø., Dalmo, R. A., Amlund, H., Hemre, G. I., et al., (2010). Prebiotics in aquaculture: a review. *Aquacult. Nutr.* 169, 117–136. doi: 10.1111/j.1365-2095.2009.00731.x
- Romero A. M. (2023). Adición de curcuminoides de *Curcuma longa* y carotenoides de *Bixa orellana*, su efecto sobre crecimiento e inmunidad en alevines (*Oncorhynchus mykiss*) – Región Junín. Tesis Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional del Centro Del Perú. 92 p.
- Rosado R y O Murillo (2019). Producción de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en estanques y jaulas. En: Daza P y MA Landines (eds) *Fundamentos de Acuicultura Continental* (Tercera edición). Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – AUNAP. 155 – 183 p.
- Sruthi, M. V., Nair, A. B., Arun, D., Thushara, V. V., Sheeja, C. C., Vijayasree, A. S., ... y Divya, L. (2018). Dietary curcumin influences leptin, growth hormone and hepatic growth factors in Tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Aquaculture*, 496, 105-111.
- Tacon, A. G. J. (1987). The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp - A training manual. 1. The essential nutrients. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Valenzuela G.R., Lago-Lestón, A., Vargas-Albores, F., Cicala, F. y Martínez-Porchas, M. (2021). Exploring the garlic (*Allium sativum*) properties for fish aquaculture. *Fish Physiology and Biochemistry*, 47(4), 1179-1198.
- Vásquez-Machado, Gersson & Rubiano-Garzón, Miguel & Yepes Blandón, Jonny & Gordillo, Daniel & Avila-Coy, Jersson. (2020). Weissellosis in rainbow trout in Colombia. *Brazilian Journal of Veterinary Pathology*. 13. 575-580. 10.24070/bjvp.1983-0246.v13i3p575-580.

Zheng, Z. L., Tan, J. Y., Liu, H. Y., Zhou, X. H., Xiang, X. y Wang, K. Y. (2009). Evaluation of oregano essential oil (*Origanum heracleoticum* L.) on growth, antioxidant effect and resistance against *Aeromonas hydrophila* in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*, 292(3-4), 214-218

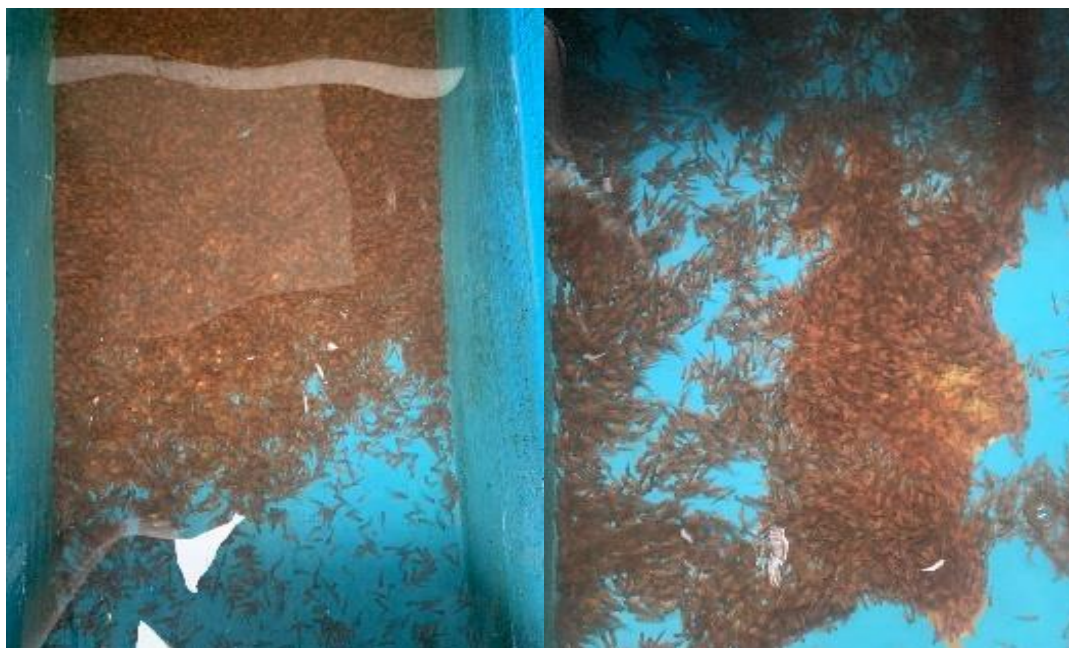
Anexos

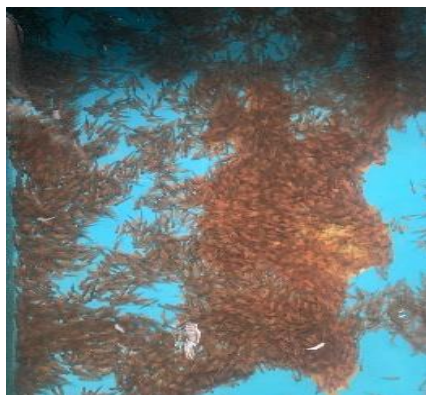
Anexo A.

Vista general de las instalaciones



Anexo B.**Detalle de ovas embrionadas y larvas posteclosión**

Anexo C.**Detalle de larvas en etapa de reabsorción de saco vitelino****Anexo D.****Muestreos en longitud total (cm) y peso (g)**

Anexo E.**Detalle de extracción y registro de mortalidad**

Anexo F.

Registros de pérdidas (%) por cada tratamiento durante el periodo experimental

TRATAMIENTOS																																									
T1										T2										T3										T4											
DÍA	R1		R2		R3		R4		R5		R6		R7		R8		R9		R10		R11		R12																		
INICIAL	4655		5655		6779		PROM %Morta		7139		5677		4652		PROM %Mort		6156		5413		6619		PROM %Mort		5324		6180		4737		PROM %Mort		TOTAL Muertes Por Muestreo								
7	372	4283	7,99	407	5248	7,20	531	6248	7,83	7,67	201	6938	2,82	350	5327	6,17	233	4419	5,01	4,66	185	5971	3,01	170	5243	3,14	160	6459	2,42	2,85	185	5139	3,47	280	5900	4,53	215	4522	4,54	4,18	3289
9	495	3788	11,56	445	4803	8,48	645	5603	10,32	10,12	355	6583	5,12	640	4687	12,01	135	4284	3,05	6,73	277	5694	4,64	197	5046	3,76	233	6226	3,61	4,00	545	4594	10,61	317	5583	5,37	317	4205	7,01	7,66	4601
11	191	3597	5,04	307	4496	6,39	165	5438	2,94	4,79	179	6404	2,72	232	4455	4,95	59	4225	1,38	3,02	181	5513	3,18	234	4812	4,64	148	6078	2,38	3,40	87	4507	1,89	80	5503	1,43	50	4155	1,19	1,51	1913
15	75	3522	2,09	202	4294	4,49	75	5363	1,38	2,65	138	6266	2,15	153	4302	3,43	74	4151	1,75	2,45	120	5393	2,18	64	4748	1,33	40	6038	0,66	1,39	72	4435	1,60	132	5371	2,40	45	4110	1,08	1,69	1190
21	116	3406	3,29	39	4255	0,91	57	5306	1,06	1,75	119	6147	1,90	75	4227	1,74	25	4126	0,60	1,41	55	5338	1,02	63	4685	1,33	49	5989	0,81	1,05	52	4383	1,17	45	5326	0,84	55	4055	1,34	1,12	750
25	17	3389	0,50	24	4231	0,56	27	5279	0,51	0,52	33	6114	0,54	17	4210	0,40	9	4117	0,22	0,39	20	5318	0,37	25	4660	0,53	30	5959	0,50	0,47	21	4362	0,48	19	5307	0,36	18	4037	0,44	0,43	260
27	9	3380	0,27	11	4220	0,26	8	5271	0,15	0,23	9	6105	0,15	5	4205	0,12	3	4114	0,07	0,11	15	5303	0,28	10	4650	0,21	18	5941	0,30	0,27	6	4356	0,14	7	5300	0,13	9	4028	0,22	0,16	110
30	10	3370	0,30	5	4215	0,12	11	5260	0,21	0,21	15	6090	0,25	8	4197	0,19	4	4110	0,10	0,18	15	5288	0,28	7	4643	0,15	80	5861	1,35	0,59	16	4340	0,37	10	5290	0,19	26	4002	0,65	0,40	207
35	10	3360	0,30	12	4203	0,28	8	5252	0,15	0,24	13	6077	0,21	9	4188	0,21	11	4099	0,27	0,23	8	5280	0,15	12	4631	0,26	147	5714	2,51	0,97	12	4328	0,28	18	5272	0,34	15	3987	0,37	0,33	275
40	63	3297	1,88	48	4155	1,14	20	5232	0,38	1,13	93	5984	1,53	33	4155	0,79	24	4075	0,59	0,97	58	5222	1,10	68	4563	1,47	145	5569	2,54	1,70	37	4291	0,85	32	5240	0,61	18	3969	0,45	0,64	639
44	38	3259	1,15	19	4136	0,46	12	5220	0,23	0,61	87	5897	1,45	15	4140	0,36	15	4060	0,37	0,73	59	5163	1,13	52	4511	1,14	299	5270	5,37	2,55	270	4021	6,29	222	5018	4,24	51	3918	1,28	3,94	1139
47	51	3208	1,56	41	4095	0,99	30	5190	0,57	1,04	75	5822	1,27	12	4128	0,29	14	4046	0,34	0,64	93	5070	1,80	77	4434	1,71	213	5057	4,04	2,52	319	3702	7,93	149	4869	2,97	52	3866	1,33	4,08	1126
52	155	3053	4,83	95	4000	2,32	31	5159	0,60	2,58	235	5587	4,04	31	4097	0,75	41	4005	1,01	1,93	108	4962	2,13	100	4334	2,26	278	4779	5,50	3,29	225	3477	6,08	331	4538	6,80	142	3724	3,67	5,52	1772
56	191	2862	6,26	98	3902	2,45	92	5067	1,78	3,50	197	5390	3,53	80	4017	1,95	93	3912	2,32	2,60	110	4852	2,22	170	4164	3,92	129	4650	2,70	2,95	247	3230	7,10	213	4325	4,69	193	3531	5,18	5,66	1813
59	131	2731	4,58	89	3813	2,28	85	4982	1,68	2,85	118	5272	2,19	110	3907	2,74	99	3813	2,53	2,49	90	4762	1,85	117	4047	2,81	98	4552	2,11	2,26	101	3129	3,13	136	4189	3,14	138	3393	3,91	3,39	1312
62	119	2612	4,36	85	3728	2,23	95	4887	1,91	2,83	110	5162	2,09	98	3809	2,51	155	3658	4,07	2,89	110	4652	2,31	130	3917	3,21	105	4447	2,31	2,61	87	3042	2,78	90	4099	2,15	152	3241	4,48	3,14	1336
65	90	2522	3,45	71	3657	1,90	138	4749	2,82	2,72	95	5067	1,84	104	3705	2,73	133	3525	3,64	2,74	115	4537	2,47	96	3821	2,45	99	4348	2,23	2,38	80	2962	2,63	57	4042	1,39	134	3107	4,13	2,72	1212
68	61	2461	2,42	85	3572	2,32	109	4640	2,30	2,35	93	4974	1,84	109	3596	2,94	93	3432	2,64	2,47	119	4418	2,62	109	3712	2,85	67	4281	1,54	2,34	58	2904	1,96	58	3984	1,43	120	2987	3,86	2,42	1081
70	43	2418	1,75	47	3525	1,32	37	4603	0,80	1,29	64	4910	1,29	54	3542	1,50	77	3355	2,24	1,68	105	4313	2,38	76	3636	2,05	77	4204	1,80	2,07	29	2875	1,00	33	3951	0,83	42	2945	1,41	1,08	684
TOTAL Muertes																																									
Final	2237		2130		2176		2229		2135		1297		1843		1777		2415		2449		2229		1792																		

