



**Evaluación de complementos alimenticios en base a levadura *Saccharomyces cerevisiae*
y selenio orgánico en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris
(*Oncorhynchus mykiss*)**

Sanmartín Cabrera, Darwin Xavier

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

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

Ing. Juan Cristóbal Ortiz Tirado, Ph. D.

03 de agosto del 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura
Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de titulación: **Evaluación de complementos alimenticios en base a levadura *Saccharomyces cerevisiae* y selenio orgánico en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)**, fue realizado por el señor: **Sanmartín Cabrera, Darwin Xavier**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 03 de agosto del 2023

Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal Ph. D.

C. C. 1709998163

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



Plagiarism report

Sanmartín Cabrera Darwin Xavier (C...

Scan details

Scan time:
August 3th, 2023 at 13:44 UTC

Total Pages:
63

Total Words:
15721

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	2.4%	372
Minor Changes	0.4%	58
Paraphrased	6.9%	1092
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage

- AI text
- Human text

Plagiarism Results: (22)

Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal Ph. D.

C. C. 1709998163



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría:

Yo, **Sanmartín Cabrera, Darwin Xavier**, con cédula de ciudadanía No. **1718528969**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo titulación: **Evaluación de complementos alimenticios en base a levadura *Saccharomyces cerevisiae* y selenio orgánico en dietas balanceadas para alevines de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 03 de agosto del 2023

.....
Sanmartín Cabrera, Darwin Xavier

C.C.: 1718528969



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación:

Yo, **Sanmartín Cabrera, Darwin Xavier**, con cédula de ciudadanía No. **1718528969** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Evaluación de complementos alimenticios en base a levadura *Saccharomyces cerevisiae* y selenio orgánico en dietas balanceadas para alevines de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 03 de agosto del 2023

Sanmartín Cabrera, Darwin Xavier

C.C. 1718528969

Dedicatoria

A mis padres Luis Sanmartín y Narcisa Cabrera por brindarme su apoyo y su amor incondicional para que pueda cumplir mis metas y ser cada día una mejor persona.

A mis hermanos Luis, David y Daniela que han sido un apoyo fundamental y por estar siempre dispuestos a brindar su ayuda, a mi prima Salomé por su gran carisma y aprecio.

A mi tía Olivia por siempre estar en los momentos más importantes, así como en los momentos difíciles, por su gran cariño y aprecio.

A mis amigos de la universidad con quienes he pasado grandes momentos durante la carrera y siempre nos hemos apoyado para cumplir nuestros sueños.

Agradecimientos

A la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I donde forme mis conocimientos, gracias a los docentes por mostrarme que no solo se aprende en las aulas sino también en el campo, que es donde las personas empiezan a formar el carácter y crecer profesionalmente.

Al Dr. Juan Ortiz por haberme acogido en la última etapa de mi carrera universitaria y guiarme con sus consejos para poder realizar mi trabajo de grado.

A la Ing. Deysi Muñoz por bríndame su ayuda durante mi trabajo de laboratorio.

A Dios por guiar siempre mi camino, por darme salud y vida para alcanzar mis metas

A mis padres por su apoyo durante toda mi vida, por demostrarme siempre su cariño y brindarme su ayuda en los momentos más difíciles, gracias a sus consejos y enseñanzas han hecho de mí una mejor persona. A mis hermanos que han sido un pilar fundamental durante mi vida.

A mis amigos que hemos compartido grandes momentos, en especial a Kevin, Edison y Gaby por estar siempre conmigo desde que iniciamos nuestra carrera, con quienes pase grandes momentos de felicidad, así como de angustia, pero siempre apoyándonos para seguir adelante.

Índice de Contenidos

Carátula	1
Certificación:	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimientos	7
Índice de Contenidos	8
Índice de tablas	12
Índice de figuras	14
Resumen	16
Abstract	17
CAPÍTULO I	18
INTRODUCCIÓN	18
Antecedentes	18
Justificación.....	19
Objetivos	21
Objetivo general.....	22
Objetivos específicos	22
Hipótesis	22
CAPÍTULO II	23

REVISIÓN DE LITERATURA	23
Producción acuícola en el Ecuador	23
Trucha arco iris.....	23
Parámetros generales para el cultivo de trucha arco iris	24
Calidad de agua.....	24
Oxígeno	24
Temperatura	25
pH.....	25
Turbidez.....	25
Amoníaco.....	25
Alimentación.....	26
Requerimientos nutricionales en trucha	27
Selenio	28
Formas de selenio presentes en el medio ambiente	29
Probióticos	30
Levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	30
CAPÍTULO III.....	33
METODOLOGÍA.....	33
Ubicación política	33
Ubicación Geográfica	33
Establecimiento del proyecto.....	33

Limpieza y desinfección de las piscinas	35
Preparación de los tratamientos	35
Alimentación de los organismos	35
Tratamiento sanitario.....	35
Factor estresante	36
Variables evaluadas	36
Parámetros morfométricos.....	36
Parámetros productivos	36
Parámetros inmunológicos.....	37
Análisis Estadístico.....	38
CAPÍTULO IV	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
Variables Morfométricas.....	39
Peso.....	39
Longitud Total.....	41
Longitud Parcial.....	43
Ancho.....	46
Parámetros Productivos	49
Ganancia de Peso.....	49
Tasa de Crecimiento Específica	51
Factor de conversión alimenticia	53

Índice de Condición Corporal	55
Eficiencia Alimenticia.....	56
Porcentaje de Mortalidad.....	58
Parámetros Inmunológicos	60
Hematocrito.....	60
Conteo de Eritrocitos.....	61
Conteo de Leucocitos.....	62
Identificación de Leucocitos.....	64
Discusión.....	65
CAPITULO V	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
Conclusiones.....	72
Recomendaciones.....	73
Bibliografía	74

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Requerimientos físicos - químicos para el cultivo de trucha arco iris</i>	26
Tabla 2 <i>Requerimientos nutricionales para la trucha arco iris</i>	27
Tabla 3 <i>Valor Nutricional de la levadura Saccharomyces cerevisiae</i>	31
Tabla 4 <i>Tratamientos para la alimentación con levadura y nucleótidos</i>	34
Tabla 5 <i>Promedio \pm desviación estándar de la variable peso (g) bajo el efecto de diferentes niveles de levadura y selenio orgánico en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)</i>	39
Tabla 6 <i>Promedio \pm desviación estándar del peso alcanzado al finalizar la fase de campo bajo los diferentes niveles de levadura y selenio orgánico</i>	40
Tabla 7 <i>Promedio \pm desviación estándar de la variable longitud total (cm) bajo el efecto de diferentes niveles de levadura y selenio orgánico en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris</i>	41
Tabla 8 <i>Promedio \pm desviación estándar de la variable longitud parcial (cm) bajo el efecto de diferentes niveles de levadura y selenio orgánico en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris</i>	44
Tabla 9 <i>Promedio \pm desviación estándar de la variable ancho (cm) bajo el efecto de diferentes niveles de levadura y selenio orgánico en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris</i>	47
Tabla 10 <i>Promedio \pm desviación estándar de la variable ganancia de peso (g/día) durante los 100 días de ensayo</i>	50
Tabla 11 <i>Promedio \pm desviación estándar de la variable ganancia de peso (g/día) al término de la fase de campo</i>	51
Tabla 12 <i>Promedio \pm desviación estándar de la variable tasa de crecimiento específico (%) durante los 100 días de ensayo</i>	51

Tabla 13 Promedio \pm desviación estándar de la variable tasa de crecimiento específico (%) al término de la fase de campo	52
Tabla 14 Promedio \pm desviación estándar de la variable factor de conversión alimenticia durante los 100 días de ensayo.....	53
Tabla 15 Promedio \pm desviación estándar de la variable factor de conversión alimenticia al término de la fase de campo	54
Tabla 16 Promedio \pm desviación estándar de la variable índice de condición corporal durante los 100 días de ensayo.....	55
Tabla 17 Promedio \pm desviación estándar de la variable índice de condición corporal al término de la fase de campo	56
Tabla 18 Promedio \pm desviación estándar de la variable eficiencia alimenticia durante los 100 días de ensayo.....	57
Tabla 19 Promedio \pm desviación estándar de la variable eficiencia alimenticia al término de la fase de campo.....	58
Tabla 20 Promedio \pm desviación estándar de la variable mortalidad (%) durante los 100 días de ensayo.....	58
Tabla 21 Promedio \pm desviación estándar de la variable hematocrito (%) evaluado con diferentes dosis de levadura y selenio.....	60
Tabla 22 Promedio \pm desviación estándar de la variable conteo de eritrocitos evaluado con diferentes dosis de levadura y selenio.....	61
Tabla 23 Promedio \pm desviación estándar de la variable conteo de leucocitos evaluado con diferentes dosis de levadura y selenio.....	62
Tabla 24 Promedio \pm desviación estándar para cada tipo de glóbulo blanco evaluados con diferentes dosis de levadura y selenio.....	64

Índice de figuras

Figura 1 Ruta metabólica de la glutatión peroxidasa	29
Figura 2 Visión satelital del área de estudio	33
Figura 3 Distribución de los tratamientos a evaluar en cuatro piscinas circulares.....	34
Figura 4 Comportamiento de la variable peso (g) suplementado con dosis de levadura y selenio orgánico en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris durante 100 días.....	41
Figura 5 Representación de la interacción entre los niveles de levadura y selenio orgánico para la variable largo total.....	42
Figura 6 Comportamiento de la longitud total (cm) suplementado con dosis de levadura y selenio orgánico en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris durante 100 días.....	43
Figura 7 Representación de la interacción entre los niveles de levadura y selenio orgánico para la variable largo parcial	45
Figura 8 Comportamiento de la longitud parcial (cm) suplementado con dosis de levadura y selenio orgánico en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris durante 100 días.....	46
Figura 9 Representación de la interacción entre los niveles de levadura y selenio orgánico para la variable ancho.....	48
Figura 10 Comportamiento de la variable ancho (cm) suplementado con dosis de levadura y selenio orgánico en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris durante 100 días.....	49
Figura 11 Gráfica en el tiempo de la mortalidad durante los 100 días de evaluación	59
Figura 12 Comportamiento de la variable eritrocitos bajo el efecto de diferentes niveles de levadura y selenio orgánico en alevines de trucha arco iris.....	62

Figura 13 Comportamiento de la variable leucocitos bajo el efecto de diferentes niveles de levadura y selenio orgánico en alevines de trucha arco iris.....63

Resumen

La levadura *S. cerevisiae* se utiliza en nutrición animal como fuente de proteína y como probiótico, además que tiene la capacidad de transformar el selenio inorgánico en selenio orgánico. El selenio orgánico es un elemento importante para el sistema inmune e interviene en la enzima glutatión peroxidasa que se encarga de regular el estrés oxidativo. Los cambios ambientales hacen que sea necesario el uso de aditivos en el alimento para poder regular el metabolismo del organismo ante situaciones de estrés. El presente estudio se realizó en el proyecto acuícola Pailones de la Hacienda El Prado - IASA I, en donde se evaluó diferentes niveles de inclusión de levadura (0 y 2,5%) y selenio orgánico (0, 1 y 2 mg/kg) como complementos alimenticios en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Durante 100 días de experimentación se utilizaron 480 alevines de trucha arco iris de 6g, los cuales se distribuyeron en 4 tanques circulares y se trabajó con 30 alevines para cada tratamiento y repetición, a excepción del testigo que solamente se empleó una repetición. Los alevines alimentados con T3 (2,5% de levadura y 0 mg/kg de selenio orgánico) presentaron mejores resultados en peso $39,55 \pm 0,46$ g; GP= $0,42 \pm 0,22$ g; TCE= $2,03 \pm 0,83$; FCA= $1,46 \pm 0,42$; %EA= $73,47 \pm 17,31$; ICC= $1,14 \pm 0,09$. En variables hematológicas el T3 presentó niveles altos en porcentaje de hematocrito (59,33%) y eritrocitos ($1,26 \cdot 10^6$); en cambio que el T2 presentó una mayor cantidad de leucocitos ($1,67 \cdot 10^4$) y linfocitos (98,64); finalmente el T0 presentó mayor cantidad de neutrófilos y eosinófilos ($2,75 \pm 0,14$ y $2,22 \pm 0,22$ respectivamente).

Palabras clave: LEVADURA *SACHAROMYCES CEREVISIAE*, TRUCHA ARCO IRIS (*ONCORHYNCHUS MYKISS*), SELENIO ORGÁNICO, SISTEMA INMUNE.

Abstract

S. cerevisiae yeast is used in animal nutrition as a source of protein and as a probiotic and has the ability to transform inorganic selenium into organic selenium. Organic selenium is an important element for the immune system and is involved in the enzyme glutathione peroxidase, which is responsible for regulating oxidative stress. Environmental changes make it necessary to use additives in feed in order to regulate the metabolism of the organism in stressful situations. The present study was carried out in the Pailones aquaculture project of Hacienda El Prado - IASA I, where different levels of yeast inclusion (0 and 2.5%) and organic selenium (0, 1 and 2 mg/kg) were evaluated as food supplements in balanced diets for rainbow trout fry (*Oncorhynchus mykiss*). During 100 days of experimentation, 480 rainbow trout fry of 6 g were used, which were distributed in 4 circular tanks and 30 fry were used for each treatment and repetition, with the exception of the control, where only one repetition was used. The fry fed with T3 (2.5% yeast and 0 mg/kg of organic selenium) showed better results in weight 39.55 ± 0.54 g; GP= 0.42 ± 0.22 g; TCE= 2.03 ± 0.11 ; FCA= 1.46 ± 0.42 ; %EA= 73.47 ± 3.36 ; ICC= 1.14 ± 0.02 . In hematological variables, T3 presented high levels in percentage of hematocrit (59.33%) and erythrocytes (1.26×10^6); while T2 presented a higher quantity of leukocytes (1.67×10^4) and lymphocytes (98.64); finally, T0 presented a higher quantity of neutrophils and eosinophils (2.75 ± 0.14 and 2.22 ± 0.22 respectively).

Keywords: YEAST SACHAROMYCES CEREVISIAE, RAINBOW TROUT (ONCORHYNCHUS MYKISS), ORGANIC SELENIUM, IMMUNE SYSTEM.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La producción de trucha en el país está en auge puesto que es una actividad productiva muy rentable con el manejo adecuado. Se cultiva principalmente en las aguas frías de la Sierra con los recursos hídricos superficiales provenientes de ríos y lagunas (Morillo, 2019).

En el Ecuador desde el último censo Nacional de Piscicultura realizado en el año 2006 por el Centro de Investigaciones Acuícolas Papallacta hasta la actualidad los proyectos piscícolas se han incrementado en varias provincias, por ejemplo en la provincia de Chimborazo, en el año 2014 existían solamente 7 emprendimientos familiares de trucha y actualmente se encuentran al menos 67 proyectos independientes, en donde cada semana las familias venden entre 60 y 70 Kg de trucha en las ferias que se realizan en los exteriores del Gobierno Provincial (Marquez, 2019).

Según Recalde (2014), el manejo de alevines es una etapa importante para obtener una buena producción de carne, por lo que al momento de su compra se debe considerar algunos criterios tales como: no debe existir la presencia de hongos o puntos blancos en su cuerpo ya que es una señal de infección causada por saprolegnia o flavobacterium, evitar la compra de alevines con una coloración oscura ya que es un indicativo de que presenta bacterias o desordenes fisiológicos, el tamaño es otro factor importante para tener homogeneidad en la producción, se recomienda alevines entre 3- 5 cm con un peso de 2 gramos y en lo posible obtener solo alevines hembras ya que tienen un mejor rendimiento productivo que los machos.

La supervivencia de la trucha arcoíris depende de varios factores entre los cuales se puede mencionar la densidad, el tamaño de los peces y por supuesto las condiciones ambientales en las cuales se mantiene, también cabe mencionar que la alimentación y la genética son otros factores importantes. En etapa de alevinaje donde su crianza y manejo es

realizado en tina se reporta un 85% de supervivencia y en juvenil en cambio se reporta una supervivencia del 95 – 98% donde su desarrollo es en piscinas de concreto (Montaña, 2009).

Como se mencionó anteriormente, la alimentación es un factor importante para garantizar la supervivencia de los peces, por lo que el alimento balanceado representa aproximadamente el 50% de los costos de producción y en cuanto a la etapa de alevinaje este alimento debe cubrir los requerimientos nutricionales con el fin de obtener un crecimiento rápido para la venta en el menor tiempo posible (Condori, 2019).

El uso de suplementos nutricionales como vitaminas y minerales son esenciales para la salud, bienestar y niveles productivos en los peces. Actualmente un mineral importante que se está empleando es el selenio orgánico que tiene una mejor biodisponibilidad y biodigestibilidad, evitando incluso los problemas de envenenamiento por exceso de selenio (Rodríguez y Rojas, 2014).

Dentro de las formas orgánicas del selenio, algunas de éstas participan en funciones importantes como: aceptor y sitio activo de la enzima glutatión peroxidasa, homeostasis de la hormona tiroidea, inmunidad y fertilidad (Marval, 2015). La glutatión peroxidasa es una enzima que posee una función antioxidante para proteger a las células del estrés oxidativo mediante la oxidación del glutatión reducido a glutatión oxidado, de esta manera se mantienen niveles bajos de peróxido de hidrógeno en el interior de las células (Sánchez, 2014).

Para lograr una mejor nutrición una alternativa que se pone en práctica es el uso de probióticos, que tienen la finalidad de modificar la flora bacteriana ejerciendo una influencia positiva en la salud o fisiología de los peces. Dentro de los probióticos se encuentran las levaduras y en la producción de peces se usan dos especies importantes: *Debaryomyces hansenii* y *Saccharomyces cerevisiae* (Rodríguez, 2014).

Justificación

Una producción eficiente de especies acuícolas en sistemas de cultivos intensivos y semi-intensivos necesita ser complementada de alimentos artificiales como fuente primaria y

suplementada con nutrientes, en donde una dieta controlada tiene como base raciones y porcentajes de proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales que se encuentran equilibrados y cumplan con los requerimientos nutricionales y energéticos durante el proceso de crianza (Ortiz, 2014).

En producciones piscícolas la suplementación con selenio en el alimento balanceado ayuda a disminuir los problemas generados por la carencia de este mineral, además ayuda a mejorar la respuesta fisiológica a las infecciones, los trastornos inflamatorios y el estrés, sin embargo, es necesario incidir en el rango estrecho que existe entre los requerimientos nutricionales y la toxicidad, en peces este requerimiento se encuentra entre 0,1 y 0,5 mg Kg⁻¹ de selenio, al exceder este nivel el selenio empieza a generar efectos perjudiciales en la salud. Este rango de requerimiento de selenio se debe modificar puesto que se toma como referencia estudios basados en la suplementación con selenio inorgánico en la alimentación (Pacitti *et al.*, 2016).

Rider *et al.* (2009) menciona que las dietas comerciales para salmónidos no se complementan con selenio debido a que naturalmente los niveles de este elemento son relativamente altos, pero la suplementación puede ser necesaria para ayudar a cubrir el requerimiento a los peces si se presenta algún tipo de estrés físico.

En cuanto a la levadura *Saccharomyces cerevisiae* se menciona que contiene una variedad de compuestos inmunoestimulantes como β -glucano, ácidos nucleicos, manano oligosacáridos y quitina que ayudan a mejorar las respuestas inmunitarias y el crecimiento en los peces (Gharekhani *et al.*, 2015). Pooramini *et al.* (2009), obtuvo resultados positivos en cuanto a la evaluación de crecimiento, rendimiento y relación de eficiencia alimenticia utilizando levadura *S. cerevisiae* como aditivo en la dieta durante la vida temprana de alevines de trucha arcoíris utilizando una concentración de 5% en la dieta. Mérida *et al.* (2018), en su evaluación de la levadura *S. cerevisiae* al 1% en la dieta de alevines de trucha arcoíris obtuvo buenos resultados en cuanto al índice intestinal donde los peces que consumieron el pienso con

levadura tuvieron un índice intestinal mejor comparado con aquellos peces que no consumieron la levadura, sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los parámetros de crecimiento y eficiencia nutritiva.

Tukmechi y Bandboni (2014), evaluaron el extracto de *S. cerevisiae* y el polvo hidrolizado sobre la inmunidad obteniendo una reducción de la mortalidad luego de analizar su desarrollo frente a la bacteria *Yersinia ruckeri*. Sheikhzadeh et al. (2012), mencionan que la levadura *S. cerevisiae* fermentada promueve positivamente actividades enzimáticas y aumentos en la hemaglutinación y la actividad antibacteriana frente a *Yersinia ruckeri*.

El medio acuático también es importante puesto que aquí los peces van a desarrollarse y las corrientes de agua transportan materiales como sólidos disueltos que hace referencia a materia orgánica en forma iónica y sólidos suspendidos como restos de roca, arcilla, arena y materia orgánica producto de las lluvias, todos estos elementos son los que dan origen a la turbiedad del agua, lo que es un limitante para un correcto desarrollo de los peces, impidiendo el paso de rayos solares, daña y tampona el sistema de intercambio gaseoso en la vida acuática destruyendo el hábitat (Yucra, 2016).

Santos (2019), menciona que la acumulación de organismos planctónicos son otra causa de la turbidez, estos generan una disminución en la absorción de oxígeno en las truchas, las branquias empiezan a presentar problemas como irritación dificultando la absorción de oxígeno y dando origen a infecciones, en cuanto a productividad la turbidez causa una reducción en la tasa de crecimiento e impide la visión de los peces, generando dificultad para encontrar su alimento.

Una dieta balanceada y suplementada adecuadamente ya sea con probióticos o minerales influye positivamente en parámetros productivos e inmunización, sin embargo, mantener un análisis de los parámetros de calidad de agua también es importante puesto que en este medio es donde los peces van a desarrollarse. En base a lo expuesto, en el presente estudio se evaluará el efecto de la levadura *S. cerevisiae* y selenio orgánico añadidos a la dieta

final para alevines de trucha arcoíris, con la finalidad de evaluar parámetros morfométricos, productivos y la respuesta inmunológica al ser sometidos a un factor de estrés físico, que en este caso será la turbiedad del agua, un problema presente en el Proyecto Acuícola Pailones del IASA I. Objetivos

Objetivo general

Evaluar la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y selenio orgánico como complementos alimenticios en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)

Objetivos específicos

Evaluar los parámetros morfométricos en alevines de Trucha arco iris suplementados con diferentes dosis de levadura y selenio.

Analizar el desempeño productivo de Trucha arco iris suministrados con levadura y selenio a la dieta en fase de alevinaje.

Valorar parámetros inmunológicos en alevines de Trucha arco iris sometidos a un cierto nivel de estrés físico.

Hipótesis

Ho: “La levadura *S. cerevisiae* y selenio como complementos alimenticios en dietas balanceadas para truchas, mantienen los parámetros morfométricos, productivos e inmunológicos en la etapa de alevinaje y comparativamente diferentes a las dietas balanceadas de uso diario”.

H1: “La levadura *S. cerevisiae* y selenio como complementos alimenticios en dietas balanceadas para truchas, mejoran los parámetros morfométricos, productivos e inmunológicos en la etapa de alevinaje y comparativamente diferentes a las dietas balanceadas de uso diario”.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Producción acuícola en el Ecuador

La acuicultura se ha convertido en una actividad de producción que ha ido incrementando, en donde las especies para el consumo humano son peces (68%), moluscos (21,5%) y finalmente crustáceos (9,6%). El desarrollo de esta actividad económica está influenciada por las políticas macroeconómicas que adopte cada país; en el Ecuador al ser un país netamente agropecuario, su importancia económica y social abarcar un gran número de ciudadanos que participan en este sector, donde la producción acuícola se destaca por las empresas camaroneras, en donde a partir de la implementación de equipos industrializados en el año 1976 aproximadamente, el Ecuador se convirtió en un importante productor y exportador de camarón a nivel internacional hasta el día de hoy (Méndez *et al.*, 2021).

La trucha es una especie que fue introducida en los ríos y lagos andinos del Ecuador desde el año 1932, pero es en los años ochenta donde comienzan los proyectos piscícolas en sistemas intensivos y en la actualidad existen criaderos en al menos 10 provincias de la Sierra ecuatoriana y en las zonas altas de las provincias de Napo y Sucumbíos. Este producto ha tenido una gran acogida en el mercado por su valor nutricional frente a los productos de carne común (pollo, cerdo, res) e incluso frente a productos como el atún y la sardina (Muyulema, 2022).

Trucha arco iris

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), es una especie de pez perteneciente a la familia *Salmonidae*, del orden *Salmoniformes* y de clase *Actinopterygii*, nativa de Norteamérica de la parte occidental, fue introducida en ríos de muchos continentes con el objetivo de su crianza y uso ornamental. Una de sus características principales es su naturaleza anádroma, que se refiere a su comportamiento de nadar contra la corriente para desovar cuando llega la época de reproducción. La trucha arco iris tiene un crecimiento acelerado, cuando se desarrolla

en el mar puede llegar a pesar entre 7 y 10 kg en un periodo de tiempo de 3 años, mientras que en agua dulce llega a pesar 4,5 kg, donde la temperatura ideal para su desarrollo es por debajo de los 21°C, sin embargo, en la etapa de desove y desarrollo de los huevos la temperatura ideal es entre los 9 y 14°C (Batallas, 2018).

La forma de su cuerpo es alargada, fusiforme y una cabeza pequeña cuya terminación es una cavidad bucal puntiaguda en las hembras, mientras que en los machos la mandíbula inferior es más alargada que la mandíbula superior, presenta dientes en sus mandíbulas superior e inferior con la cual atrapa a sus presas. Presenta una aleta dorsal en la mitad del cuerpo, posteriormente una aleta adiposa cuya función es desconocida, opuesta a ésta encontramos la aleta anal, estas aletas sirven como timón para el pez en su desplazamiento. También cuenta con dos aletas pectorales que cumplen la función de estabilización, asimismo posee aletas ventrales que se ubican en la parte media-posterior del pez y que actúan como remos y por último la aleta caudal homocerca que tiene una función propulsora (Montaña, 2009).

Parámetros generales para el cultivo de trucha arco iris

Calidad de agua

La calidad de agua es un aspecto muy importante para la crianza del cultivo, ya que es aquí donde la trucha va a desarrollarse y debe tener el ambiente necesario para obtener una buena producción, este ambiente debe cumplir con los parámetros que se describen a continuación.

Oxígeno

El oxígeno disponible en el agua es un factor importante, la trucha requiere entre 7,5 a 12 mg/l de oxígeno siendo el óptimo de 8,5 mg/l, ya que el cultivo de trucha es exigente en este parámetro se debe tener en cuenta la temperatura pues la cantidad de oxígeno en el agua es menor a temperatura altas (Recalde, 2014).

Temperatura

En la etapa de crecimiento temperaturas entre 11 a 16°C es un rango permisible, siendo el óptimo entre 15 y 16°C, para la etapa de incubación de ovas se recomienda temperaturas entre 9 a 11°C. Este es un parámetro importante puesto que, en el cultivo de trucha, la temperatura es un condicionante en el crecimiento y desarrollo de los peces, pues a temperaturas menores a las recomendadas el crecimiento es lento y a mayores temperaturas es lo contrario, sin embargo, elevadas temperaturas también se corre el riesgo de propagación de enfermedades (Del Valle, 2014).

pH

El cultivo de trucha puede mantenerse en un rango amplio de pH, siendo este entre 6,5 a 8,5 y es importante que este parámetro no tenga mucha variación puesto que puede originar problemas en la actividad metabólica de los peces (Del Valle, 2014).

Turbidez

Un ambiente ideal para los peces son aguas cristalinas y puras, por lo que la turbidez es un factor agravante en la cría de truchas. La turbidez puede ser causada por partículas del suelo que son arrastradas por la corriente o también la vegetación, organismos planctónicos que generan una disminución en la absorción del oxígeno, afectando seriamente las branquias, en alevines este problema es más notorio causando irritación en las branquias que pueden dar origen a otras enfermedades. Se debe tener un manejo adecuado en este parámetro, especialmente durante la temporada de lluvia pues las corrientes que se generan arrastran una gran cantidad de partículas de suelo (Aquino, 2008).

Amoníaco

Este es un compuesto orgánico nitrogenado, pues es producto del metabolismo de la trucha que termina en la excreción y es la mezcla de dos tipos: el amoníaco libre (NH₃) y el amoníaco ionizado (NH₄). El NH₃ es el compuesto más tóxico ya que una concentración elevada de este puede ocasionar lesiones en las branquias, mientras que el NH₄ es la forma

no tóxica del compuesto. La concentración de estos compuestos depende del pH, un elevado pH implica una mayor concentración de amonio libre. La trucha arcoíris puede tolerar una concentración máxima de 0,025 mg/l de amonio libre (Lujano, 2021). En la Tabla 1 se muestran los requerimientos físicos – químicos esenciales que debe tener el agua para un buen desarrollo de la trucha arco iris.

Tabla 1

Requerimientos físicos - químicos para el cultivo de trucha arco iris

Requerimiento	Rango
	De 7.2 a 17.0 °C para crecimiento
Temperatura	De 7.2 a 12.8 °C para reproducción e incubación.
Oxígeno disuelto	> a 5 mg/l
pH	6.7 a 9.0
Dióxido de carbono	< a 2 mg/l
Calcio	> a 52 mg/l
Zinc	< a 0.04mg/l a pH de 7.6
Amonio	< a 0.012 mg/l como NH ₃
Nitrito	< a 0.55 mg/l
Nitrógeno	< a 110 % de saturación total
Sólidos suspendidos	< a 80 mg/l
Sólidos disueltos	< a 400 mg/l
Ácido sulfhídrico	< a 0.002mg/l

Nota. Adaptado de (Aquino, 2008)

Alimentación

Las truchas son peces carnívoros que obtienen su alimento capturando y devorando a otros seres vivos, pues su aparato digestivo está diseñado para desdoblar las proteínas

animales y solo una pequeña parte de productos vegetales pueden ser digeridos por estos peces, por lo que los piensos elaborados para truchas deben tener una buena cantidad de proteína, entre el 45 a 50% considerando que deben cubrir los requerimientos de aminoácidos, sin embargo, para tener una dieta balanceada esto se complementa con carbohidratos, minerales y vitaminas (Orna, 2010).

Requerimientos nutricionales en trucha

La trucha es un organismo con una gran eficiencia en el uso de la proteína que obtiene del alimento, el requerimiento de proteína depende de la edad y tamaño del pez, cuando inicia su alimentación requiere de 50% de proteína y mientras se desarrolla este requerimiento disminuye, pues al tener un año de edad el requerimiento es del 35% de proteína; para los carbohidratos tiene una asimilación muy deficiente, si estos niveles son altos puede ocasionar problemas en el hígado el cual deposita un exceso de glucógeno reduciendo el apetito y el crecimiento, por lo que en la dieta debe contener menos del 12% de carbohidratos. Los lípidos son la principal fuente de energía y su requerimiento también depende de la edad y tamaño del pez, en truchas jóvenes pueden soportar niveles altos de grasa del 12 a 16%, mientras que en la etapa adulta los niveles son de 8 a 12% (Atuncar, 2020). En cuanto a minerales necesitan fósforo, manganeso, zinc, cobre, entre otros, que son utilizados para propósito estructural, en la osmorregulación y como cofactores en las reacciones metabólicas. Finalmente, las vitaminas son importantes para garantizar su crecimiento y buena salud (Macedo, 2015). En la Tabla 2 se muestran estos requerimientos más detalladamente.

Tabla 2

Requerimientos nutricionales para la trucha arco iris

Nutrientes	Composición en alimentos
Proteínas	40 - 45 %
Carbohidratos	9 - 12 %

Nutrientes	Composición en alimentos
Lípidos	8 - 10 %
Minerales	2% P 0.45-0.8%; Mg 0.05-0.07%; Zn 15-30 ppm; Mn 2.4-13 ppm; Cu 3-5 ppm; Co 0.1 ppm; Se 0,25 ppm.
Vitaminas	Vitamina A: 2 500-3 500 U.I. kg-1; Vitamina D 2 400-3 000 U.I. kg-1; Vitamina E 30-100 U.I. kg-1; Vitamina K 10-15 mg kg-1; Vitamina C 100-300 mg kg-1; Tiamina 10 mg kg-1; Riboflavina 20 mg kg-1; Piridoxina 10 mg kg-1; Biotina 0.1-0.4 mg kg-1; Ácido nicotínico 150 mg kg-1; Ácido pantoténico 40-60 mg kg-1; Ácido fólico 5 mg kg-1; Inositol 400 mg kg-1; Colina 3.000 mg kg-1; Cianocobalamina (vitamina B12) 0.01-0.02 mg kg-1.
Aminoácidos	Arginina 1.5%; Histidina 0.7%; Isoleucina 0.9%; Leucina 1.4%; Lisina 1.8%; Metionina+Cistina 1.0%; Fenilalanina+Tirosina 1.8%; Treonina 0.8; Triptófano 0.2% y Valina 1.2%.

Nota. Recuperado de (Macedo, 2015)

Selenio

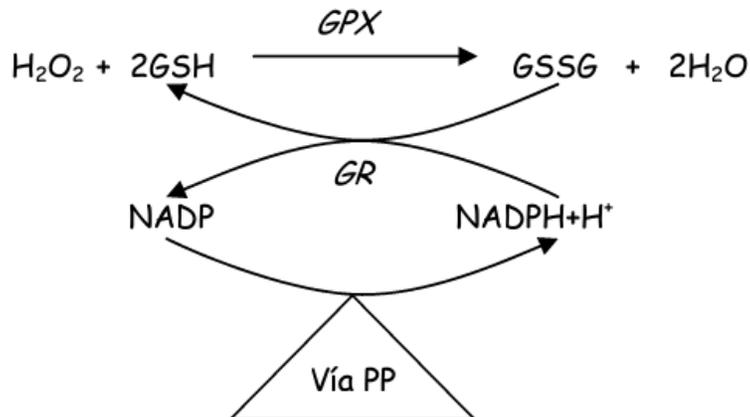
Es un oligoelemento que en forma de antioxidante exógeno ayuda a eliminar y prevenir el estrés oxidativo, es una parte esencial de la enzima glutatión peroxidasa que tiene una función protectora en las células que son afectadas por radicales de peróxido de hidrógeno, varios estudios han mencionado las ventajas de este elemento en el crecimiento y la salud de varias especies de peces (Kohshahi *et al.*, 2019).

En el tejido hepático la función de glutatión peroxidasa (GPX) radica en la captación de peróxidos lipídicos, en donde la enzima cataliza la oxidación del glutatión reducido (GSH) a partir del peróxido de hidrógeno dando como resultado moléculas de agua y glutatión oxidado (GSSG). Finalmente, el glutatión reducido se regenera con la intervención de glutatión

reductasa (GR) y la ayuda del NADPH que proviene de la vía de las pentosas fosfato (Furné, 2008), este proceso se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Ruta metabólica de la glutatión peroxidasa



Nota. Recuperado de (Furné, 2008)

Según Fontagné *et al.* (2015), el selenio es un micronutriente esencial tanto para animales como para humanos, ya que es fundamental para un óptimo crecimiento y desarrollo, puesto que el selenio está presente en proteínas y enzimas que participan en variadas funciones fisiológicas como la defensa antioxidante, la reducción de la inflamación, la producción de hormonas tiroideas, la síntesis de ADN, la fertilidad y la reproducción.

Formas de selenio presentes en el medio ambiente

Los peces tienen la capacidad de acumular el selenio a través del agua y la dieta, sin embargo, la dieta es el principal medio de exposición al selenio en un ambiente natural. El selenio en el medio ambiente se lo puede encontrar en su estado inorgánico en forma de selenato y selenito, y orgánico en forma de seleno-cisteína, seleno-metionina, siendo esta última la forma predominante de selenio en una dieta natural de los peces, pues tiene una biodisponibilidad y propiedades de transferencia trófica mayores que las otras formas de selenio (Misra *et al.*, 2012).

Probióticos

Se conocen como alimentos funcionales los cuales consisten en implementar una determinada cantidad de microorganismos al alimento, los suficientes para modificar la flora bacteriana presente en el sistema digestivo del huésped y de esta manera ejercer efectos benéficos en el organismo. En producción animal la importancia de los probióticos en la alimentación radica en las propiedades que estos poseen para mejorar la eficiencia de conversión alimenticia y como promotores de crecimiento (Castillo, 2016).

Según Molina (2019), estos microorganismos deben cumplir ciertas características para ser considerados probióticos en nutrición animal, entre las cuales tenemos: no deben ser patógenos para los animales, deben soportar ciertos procesos físicos y ambientales a los que son sometidos durante la elaboración de alimentos para animales, mantener su viabilidad durante el procesamiento, almacenamiento y manejo, y tener la capacidad de resistir el ambiente del tubo digestivo, adherirse a la pared intestinal y colonizar el tubo digestivo del huésped.

En animales de interés zootécnico se utilizan ciertos microorganismos como probióticos pertenecientes a los géneros *Lactobacillus sp*, *Enterococcus sp* y *Bacillus sp*, pero también se emplean levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* y hongos como *Aspergillus oryzae* (Gutiérrez y Güechá, 2016).

Levadura *Saccharomyces cerevisiae*

Esta levadura pertenece al grupo de microorganismos que han estado ligados al progreso y bienestar humano, es heterótrofa que desdobla a la glucosa para obtener energía y además posee una capacidad fermentativa elevada. Entre otras características de esta levadura podemos decir que está presente en la tierra y las plantas de las cuales se puede aislar fácilmente, y también se encuentra en el tracto gastrointestinal humano, de igual forma se considera una fuente de proteínas y vitaminas muy importante dentro de la nutrición animal, aunque su principal uso y el más extendido que se le da a esta levadura es dentro de la

panificación y en industrias para la fabricación de bebidas alcohólicas (Suárez *et al.*, 2016). El valor nutricional de la levadura se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3

Valor Nutricional de la levadura Saccharomyces cerevisiae

Componente %	S. cerevisiae	Aminoácidos %	S. cerevisiae
Materia seca	90	Lisina	5,0
Proteínas	45	Histidina	1,0
Fibra	2	Arginina	4,3
Grasa	0,5	Treonina	3,5
Cenizas	5	Cisteína	0,4
Minerales	39	Valina	4,5
Calcio	0,2	Metionina	1,6
Fósforo	1	Isoleucina	3,0
Magnesio	0,2	Leucina	8,0

Nota. Adaptado de (Gutiérrez y Gómez, 2008)

La levadura *S. cerevisiae* posee una capacidad fisicoquímica que consiste en la capacidad de generar una relación simbiótica entre el huésped y la microflora intestinal, además se menciona que la levadura permite la adhesión de bacterias entero – patógenas a través de las fibras dietéticas, de esta manera evita que las bacterias se adhieran a los receptores de las células epiteliales del intestino impidiendo que estas colonicen formen colonias. La levadura también promueve el recambio del revestimiento del intestino y producción de moco, lo que significa que existe una mayor renovación de vellosidades que se han sido alteradas por la acción de patógenos, de esta manera mejora la capacidad de absorción de nutrientes lo cual influye sobre los parámetros productivos (Quevedo *et al.*, 2020).

Dentro de la nutrición animal además de ser una fuente importante de proteínas y vitaminas, también resalta su capacidad para transformar el selenio inorgánico a selenio

orgánico, principalmente en forma de selenio metionina, la cual se incorpora a proteínas de la levadura o también se asocia físicamente a macromoléculas, en especial a las de la pared celular. Las propiedades nutricionales de la levadura selenizada han despertado un gran interés por el estudio de las diferentes especies de selenio además de la selenio metionina, pero su determinación ha sido difícil aún con la elevada concentración de selenio (Sánchez, 2014).

Para la incorporación de selenio a la levadura se debe considerar ciertos factores como la cantidad de selenito o selenio (IV) que se adiciona al medio de cultivo, la viabilidad celular de la biomasa y la cantidad de selenio que se agrega al medio intracelular de la levadura, de igual forma algunos investigadores mencionan que al aumentar la cantidad de selenio (IV) en el medio, el desarrollo celular de la levadura se ve afectado llegando incluso a inhibir su crecimiento, esto depende también de la especie de levadura ya que los niveles de tolerancia e inhibición sobre el crecimiento pueden variar (Rodríguez *et al.*, 2019).

Según Rodríguez *et al.* (2019), en su investigación sobre la influencia del selenio en el crecimiento de la levadura *S. cerevisiae* menciona que el mayor valor de biomasa y velocidad de crecimiento se logra con una concentración de 2 mg Se/L en el medio de cultivo YEPD, este comportamiento se debe a que el selenio al momento de ingresar a las células de la levadura interviene en los procesos celulares, activando rutas metabólicas para la desintoxicación y tolerancia al selenio, en cambio si las dosis de selenio se aumentan la biomasa y velocidad de crecimiento disminuyen.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Ubicación política

El presente estudio se realizó en el proyecto acuícola Pailones de la Carrera Agropecuaria IASA I, hacienda “El Prado” y en el Laboratorio de Acuicultura que se ubican en el sector San Fernando, parroquia Sangolquí, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha.

Figura 2

Visión satelital del área de estudio



Nota. A) Proyecto Acuícola Pailones. B) Laboratorio de acuicultura (Google Maps, 2020)

Ubicación Geográfica

El Proyecto Acuícola Pailones se encuentra a una Latitud de $0^{\circ}23'20''$ S, Longitud de $78^{\circ}24'44''$ O y a una altitud de 2 940 m; en cambio el Laboratorio de Acuicultura se encuentra ubicado a una latitud de $0^{\circ}23'15.66''$ S, longitud de $78^{\circ}24'51.40''$ O y altitud de 2723 m.

Establecimiento del proyecto

La investigación se llevó a cabo a partir del mes de agosto del año 2022, con una duración estimada de 4 meses, en donde se evaluó el efecto de la levadura *S. cerevisiae* y del selenio orgánico, como complementos alimenticios en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris, mismos que fueron sometidos a un nivel de estrés físico. Se manejó dos

niveles de levadura (0 y 2,5%) y tres niveles de selenio orgánico (0, 1 y 2 mg/Kg), los detalles de los tratamientos se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4

Tratamientos para la alimentación con levadura y nucleótidos

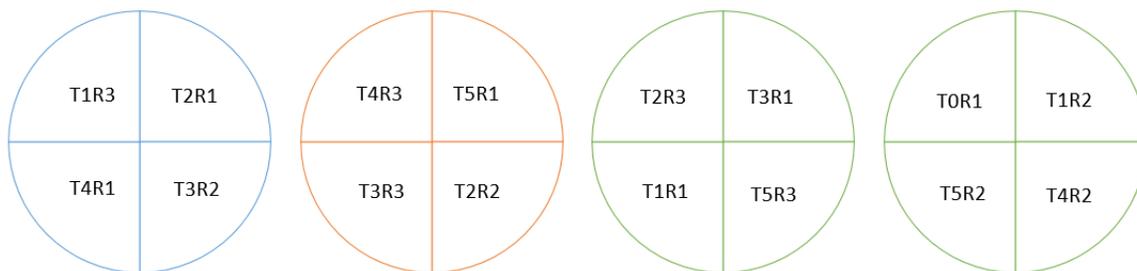
Tratamiento	Características
T0	Alimentación solamente con balanceado
T1	1 mg/kg de selenio añadido al AB
T2	2 mg/kg de selenio añadido al AB
T3	2,5% de levadura añadido al AB
T4	2,5% de levadura y 1 mg/kg de selenio añadidos al AB
T5	2,5% de levadura y 2 mg/kg de selenio añadidos al AB

Nota. AB=Alimento Balanceado. Elaboración Propia

Para el experimento se utilizaron 480 alevines de trucha arco iris, los cuales se distribuyeron en 4 tanques circulares y se trabajó con 30 alevines para cada tratamiento y repetición, a excepción del testigo que solamente se empleó una repetición. La distribución de los tratamientos se muestra en la Figura 3.

Figura 3

Distribución de los tratamientos a evaluar en cuatro piscinas circulares



Nota. Elaboración Propia

Limpieza y desinfección de las piscinas

Se realizó una desinfección de la piscina con Hipoclorito de sodio, al menos 48 horas antes de ingresar a los peces, con el objetivo de eliminar cualquier tipo de organismo que pueda generar inconvenientes sanitarios o enfermedades. Una vez sembrado los peces la limpieza se realizó una vez a la semana para mantener un ambiente adecuado libre de desechos biológicos y restos de alimento.

Preparación de los tratamientos

En la preparación de los tratamientos primeramente se disolvió la levadura en un litro de agua a una temperatura de 30°C, se dejó reposar hasta que la solución llegue a temperatura ambiente, se procedió a colocar el compuesto aglutinante Natural bind de 2 gramos en un litro de agua y se añadió el selenio. Una vez que la mezcla estuvo bien homogenizada se propagó con la ayuda de un atomizador sobre el alimento, este se colocó sobre bandejas en un lugar seco a una temperatura ambiente con el fin de que se sequen y pueda ser suministrado a los alevines.

Alimentación de los organismos

Los alevines fueron sometidos a un periodo de adaptación y una vez transcurrido este periodo se les suministró las dietas experimentales, las cuales estuvieron formuladas con los diferentes niveles de selenio orgánico y levadura, el alimento balanceado proporcionado es el iniciador número 3 de la marca Piscis que cubre los requerimientos nutricionales para alevines. La alimentación se fraccionó en 8 raciones al día, que empezó a las 8:00 y terminó a las 17:00.

Tratamiento sanitario

Este tratamiento se efectuó con el objetivo de prevenir enfermedades dentro del estanque que pudieron ser causados por hongos, virus, bacterias y protozoos, para este tratamiento se utilizó sal en grano, con una dosis de 35 gramos de sal por cada litro de agua. En esta solución salina los alevines fueron colocados en un lapso de tiempo de 10 segundos, posterior a eso se colocaron en un recipiente de agua dulce para su recuperación.

Factor estresante

Consiste en alterar las condiciones ambientales del agua, específicamente la turbidez que es causada por el arrastre de partículas de suelo como es el caso que ocurre en el Proyecto Acuícola Pailones, que como se menciona en la literatura citada causa problemas fisiológicos en los alevines provocando estrés en los peces.

Variables evaluadas

Parámetros morfométricos

Se evaluaron parámetros morfométricos como: masa corporal, longitud total, longitud parcial y ancho, esto con la ayuda de una balanza electrónica y un ictiómetro con una frecuencia de 10 días.

Parámetros productivos

Para los parámetros productivos tenemos variables como ganancia de peso, tasa de crecimiento específico, factor de conversión alimenticia, eficiencia alimenticia, índice de condición corporal y porcentaje mortalidad, las cuales se determinaron usando fórmulas para cada variable descritas a continuación.

- **Ganancia de Peso (g)** = $\frac{\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}}{\text{Tiempo (días)}}$
- **Tasa de crecimiento Específico (T.C.E)** = $\frac{(\ln \text{Peso final} - \ln \text{Peso Inicial})}{\text{Tiempo (días)}} \times 100$
Donde ln = Logaritmo Natural
- **Factor de Conversión Alimenticia (F.C.A)** = $\frac{\text{Total de alimento consumido (g)}}{\text{Peso ganado (g)}}$
- **Eficiencia Alimenticia (E.A)** = $\frac{\text{Peso ganado (g)}}{\text{Alimento ingerido}} \times 100$
- **Índice de Condición Corporal** = $\frac{\text{Peso corporal (g)}}{(\text{Longitud total})^3} \times 100$
- **Mortalidad (%)** = $\frac{\text{Número de peces muertos}}{\text{Número de peces vivos}} \times 100$

Parámetros inmunológicos

Para medir los parámetros inmunológicos primeramente a los alevines fueron sometidos a un periodo de estrés, el cual consistió en sumergir a los mismos en un tanque con un cierto nivel de turbidez, para controlar este nivel de turbidez en el agua provocado por partículas de suelo nos ayudamos con el disco de Secchi, para ello se trabajó con el agua proveniente directamente de la sequía, en donde los alevines permanecieron durante un periodo de 5 días.

Al final de la fase de campo se continuó con la fase de laboratorio, en donde se realizó extracción de sangre mediante punción en la arteria caudal empleando jeringas de 1 mL, para este proceso se seleccionaron 2 individuos al azar por cada tratamiento y repetición.

Para el hematocrito se procedió con el ascenso de 3 capilares por individuo, estos fueron sellados con plastilina para muestras hematológicas, los capilares se colocaron en tubos de ensayo que contenían en su interior algodón, y se procedió a centrifugar a 3500 rpm en un lapso de 10 minutos. Finalmente se procedió a leer en una tabla de micro-hematocímetro que muestra un valor en porcentaje.

Se realizó también recuento de eritrocitos y leucocitos, para lo cual se utilizó una pipeta hematocimétrica de bola roja con la cual se aspiró ayudándonos con una jeringa como absorbente, se tomó la muestra de sangre hasta la marca de 0,5 teniendo mucho cuidado en limpiar la parte externa de la pipeta antes de proceder a tomar el reactivo de Natt y Herrick, se tomó la muestra hasta la señal de 101 y se mezcló la solución en un lapso de tiempo de 1 a 2 minutos, una vez transcurrido este tiempo se desechó las 6 o 7 primeras gotas. Finalmente, la muestra se cargó en la cámara de Neubauer y se observó a través del microscopio con el lente de 40x para realizar el recuento de eritrocitos y leucocitos. El número de eritrocitos contabilizados se multiplicó por 10000 y se expresa en notación científica $\text{célx}10^6/\mu\text{L}$, por otra parte, el número de leucocitos se multiplicó por 2000 y se expresa en $\text{célx}10^4/\mu\text{L}$.

Finalmente, para la identificación de leucocitos se realizó un frotis sanguíneo, el cual se fijó en el portaobjetos con la ayuda de metanol al 99%, se dejó reposar a temperatura ambiente

y una vez que la muestra esté completamente seca se añadió el colorante Wrigth y se dejó reposar por 15 minutos, de igual manera una vez seca la muestra se lavó con agua destilada y nuevamente se dejó reposar para secar las muestras, posteriormente se observó al microscopio con el de 100x y aceite de inmersión.

Análisis Estadístico

Para evaluar el efecto de la dieta sobre los parámetros morfométricos, productivos e inmunológicos se analizaron mediante un análisis de varianza en donde se empleó un Diseño completamente al azar bifactorial (2x3), dos niveles de levadura (0 y 2,5%) y tres niveles de selenio orgánico (0, 1 y 2 mg/kg), en el cual cada tratamiento tuvo tres repeticiones. La muestra representativa con la que se trabajó para la toma de datos de los parámetros antes mencionados fue de 11 alevines por tratamiento. Se utilizó el siguiente modelo matemático:

$$y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

μ = Media general

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

ϵ_{ij} = Error experimental

Antes de realizar los análisis de varianza los supuestos de normalidad y homocedasticidad fueron evaluados mediante la prueba de Shapiro-Wilks y Levene respectivamente. Además, se realizó una prueba de comparación de medias para los tratamientos utilizando una prueba de Tukey al 5%.

Todos los datos fueron analizados con la ayuda del software estadístico INFOSTAT con un nivel de significancia del 5%.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables Morfométricas

Peso

Los valores obtenidos de la variable peso en el transcurso de 100 días que duró el estudio cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, a continuación, se realizó un ANOVA con un nivel de confianza del 95%, en donde se encontró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y el tiempo ($p=0,0001$; $F=95,14$).

Tabla 5

Promedio \pm desviación estándar de la variable peso (g) bajo el efecto de diferentes niveles de levadura y selenio orgánico en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss).

Tiempo (Días)	Tratamientos					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
0	6,50 \pm 0,41 a	6,66 \pm 0,53 a	6,06 \pm 0,53 a	6,36 \pm 0,00 a	6,36 \pm 0,00 a	6,66 \pm 0,53 a
10	7,25 \pm 0,50	7,88 \pm 0,70	7,27 \pm 0,46	9,39 \pm 0,53	7,42 \pm 0,27	7,73 \pm 0,46
20	8,75 \pm 0,52	8,94 \pm 0,53	9,09 \pm 0,46	12,27 \pm 0,79	8,49 \pm 0,27	9,09 \pm 0,46
30	10,00 \pm 0,75	10,15 \pm 0,69	11,82 \pm 0,91	14,55 \pm 0,91	10,00 \pm 0,79	10,76 \pm 0,27
40	11,75 \pm 0,64	12,58 \pm 0,69	13,64 \pm 0,91	17,12 \pm 0,26	11,82 \pm 0,46	11,97 \pm 0,70
50	13,75 \pm 0,69	14,55 \pm 0,91	15,75 \pm 0,53	19,39 \pm 0,94	14,55 \pm 0,46	14,55 \pm 0,46
60	14,76 \pm 0,84	16,67 \pm 0,69	18,03 \pm 0,70	22,42 \pm 0,15	16,51 \pm 0,69	18,11 \pm 0,86
70	16,14 \pm 1,20	19,22 \pm 1,65	22,44 \pm 0,74	27,27 \pm 1,02	21,10 \pm 1,17	23,24 \pm 1,25
80	19,75 \pm 1,67	23,03 \pm 1,39	24,53 \pm 0,71	33,23 \pm 0,46	22,73 \pm 1,37	26,97 \pm 2,05
90	23,50 \pm 0,93 e	26,21 \pm 0,70 de	33,03 \pm 0,70 c	39,55 \pm 0,46 b	27,12 \pm 0,70 d	28,63 \pm 1,64 d
p-valor	<0,001					

Nota. *Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ($p<0,05$) *T0: 0% Levadura – 0 mg Selenio; T1: 0% Levadura – 1 mg Selenio, T2: 0% Levadura – 2 mg Selenio, T3: 2,5% Levadura – 0 mg Selenio, T4: 2,5% Levadura – 1 mg Selenio y 2,5% Levadura – 2 mg Selenio

En la tabla 5 se aprecian los pesos promedios alcanzados en el transcurso de 100 días, al inicio del ensayo los alevines de trucha arco iris presentaron pesos similares con un coeficiente de variación de 6,33%. Al terminar el ensayo los alevines de trucha arco iris suplementados con 2,5% levadura y 0 mg de Selenio orgánico presentaron el mayor peso

promedio ($39,55 \pm 0,46$), mientras que los alevines que no fueron suplementados con levadura y selenio orgánico presentaron el menor peso promedio ($23,50 \pm 0,93$).

Tabla 6

Promedio \pm desviación estándar del peso alcanzado al finalizar la fase de campo bajo los diferentes niveles de levadura y selenio orgánico.

Tratamiento	Peso Promedio (g)
T0 0% Lev. / 0 mg Se	$13,22 \pm 2,51$ b
T1 0% Lev. / 1 mg Se	$14,59 \pm 1,45$ ab
T2 0% Lev. / 2 mg Se	$16,33 \pm 1,45$ ab
T3 2,5% Lev. / 0 mg Se	$20,15 \pm 1,45$ a
T4 2,5% Lev. / 1 mg Se	$14,61 \pm 1,45$ ab
T5 2,5% Lev. / 2 mg Se	$15,77 \pm 1,45$ ab
p-valor	<0,05

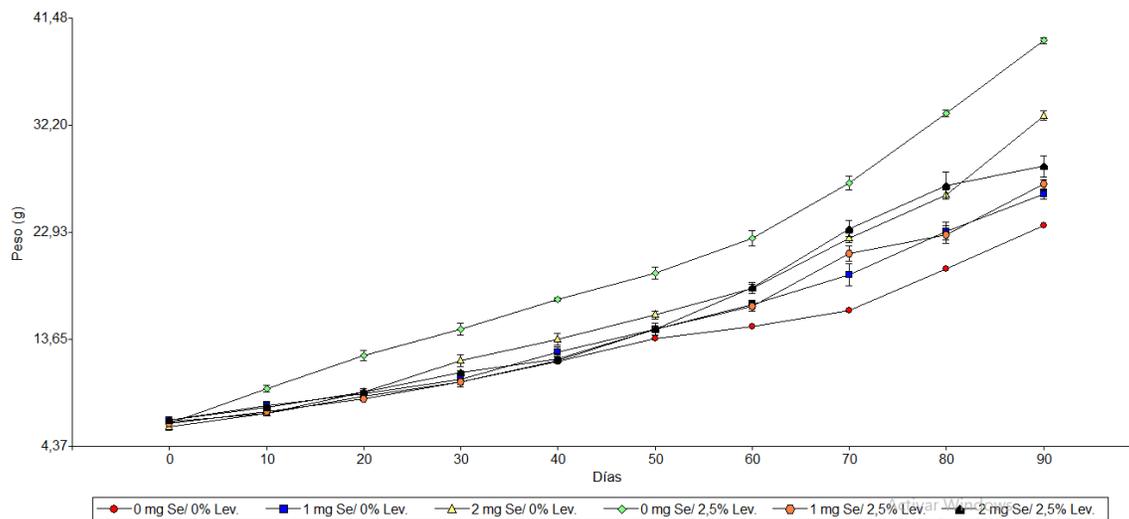
Nota. *Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$)

En la tabla 6, al realizar una prueba múltiple de comparación de medias, a través del método de Tukey con un nivel de confianza del 95%, se encontró que existe diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos en cuanto al promedio de pesos alcanzados durante los 100 días, en donde se puede observar que el tratamiento suplementado con 2,5% de levadura y 0 mg de selenio orgánico presentó el valor más alto ($20,15 \pm 1,45$) en comparación al testigo ($13,22 \pm 2,51$).

En la figura 4 se muestra de manera gráfica la evolución de la variable peso corporal bajo el efecto de diferentes dosis de levadura y selenio orgánico suplementados a la dieta balanceada durante 100 días.

Figura 4

Comportamiento de la variable peso (g) suplementado con dosis de levadura y selenio orgánico en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris durante 100 días.



Nota. Autoría Propia

Longitud Total

Los datos de longitud total corresponden a las mediciones en centímetros (cm) durante los 100 días que duró el ensayo, estos valores se tomaron con una frecuencia de 10 días, los mismos se tomaron desde el inicio de la boca de los alevines hasta el extremo de la aleta caudal. Al realizar un análisis de varianza para la longitud total de los alevines de trucha arco iris se encontró diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 95% en la interacción de dosis de levadura y selenio orgánico ($p=0,0001$; $F=35,26$).

Tabla 7

Promedio \pm desviación estándar de la variable longitud total (cm) bajo el efecto de diferentes niveles de levadura y selenio orgánico en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris.

Tiempo (Días)	Tratamientos					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
0	8,17 \pm 0,44 a	8,22 \pm 0,39 a	8,19 \pm 0,57 a	8,29 \pm 0,35 a	8,22 \pm 0,33 a	8,25 \pm 0,33 a
10	8,98 \pm 0,40	9,05 \pm 0,57	9,09 \pm 0,56	9,18 \pm 0,43	9,05 \pm 0,51	9,10 \pm 0,41
30	10,63 \pm 0,75	10,44 \pm 0,61	10,65 \pm 0,81	10,89 \pm 0,65	10,60 \pm 0,59	10,98 \pm 0,66
40	11,12 \pm 0,71	11,20 \pm 0,89	11,48 \pm 0,70	11,57 \pm 0,79	11,23 \pm 0,73	11,65 \pm 0,65

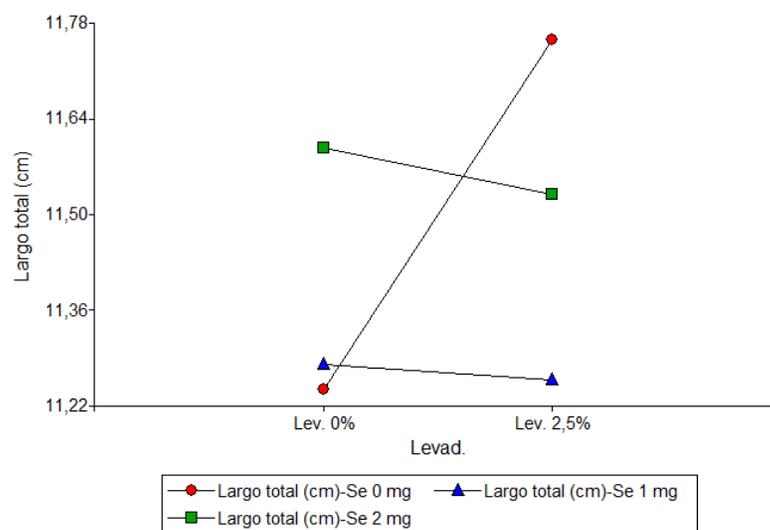
Tiempo (Días)	Tratamientos					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
60	12,04 ± 0,68	12,12 ± 0,80	12,60 ± 0,85	12,29 ± 1,00	12,04 ± 0,82	12,23 ± 0,67
70	12,82 ± 0,64	12,82 ± 0,66	13,23 ± 0,65	13,19 ± 0,68	12,65 ± 0,79	13,01 ± 0,51
80	13,31 ± 0,92	13,48 ± 0,99	13,81 ± 0,75	14,05 ± 0,67	13,22 ± 1,20	13,75 ± 0,74
90	13,84 ± 1,10 d	13,88 ± 1,21 d	14,92 ± 0,40 c	15,88 ± 0,44 b	13,95 ± 0,48 d	14,38 ± 0,66 cd
p-valor	<0,0001					

Nota. *Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$) *T0: 0% Levadura – 0 mg Selenio; T1: 0% Levadura – 1 mg Selenio, T2: 0% Levadura – 2 mg Selenio, T3: 2,5% Levadura – 0 mg Selenio, T4: 2,5% Levadura – 1 mg Selenio y T5: 2,5% Levadura – 2 mg Selenio

En la tabla 7 se aprecian los valores promedio obtenidos de la longitud total durante los 100 días que duró el ensayo, al inicio del mismo los alevines de trucha arco iris presentaron longitudes similares con un coeficiente de variación de 4,96%. Al término del ensayo se puede observar que en el tratamiento 3 (2,5% de levadura y 0 mg de selenio orgánico) los alevines obtuvieron una mayor longitud promedio ($15,88 \pm 0,44$) con un coeficiente de variación de 5,21; mientras que el testigo (0 % de levadura y 0 mg de selenio orgánico) presenta la menor longitud promedio ($13,84 \pm 1,10$) al término del ensayo.

Figura 5

Representación de la interacción entre los niveles de levadura y selenio orgánico para la variable largo total



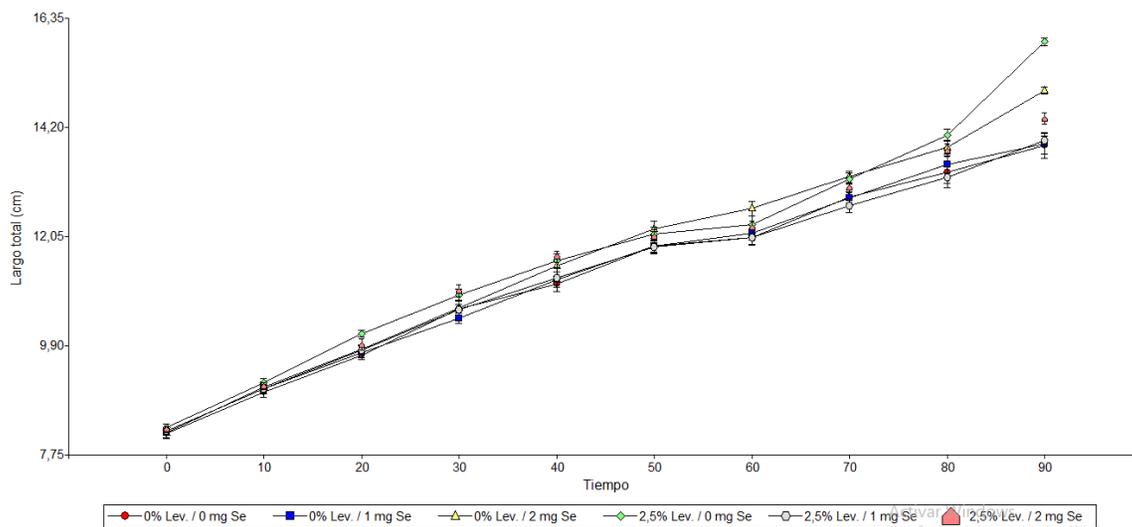
Nota. Autoría propia

Al efectuarse una prueba múltiple de comparación de medias mediante el método de Tukey con un nivel de confianza del 95% a nivel general, se encontró que la longitud total en alevines de trucha arco iris presenta un efecto significativo para la interacción levadura*selenio ($p=0,0345$) como se muestra en la figura 5 en donde el tratamiento con 2,5% de levadura y 0 mg de selenio presentan la mayor longitud total ($11,76 \pm 0,11$), mientras que los tratamientos T0 (0% levadura y 0 mg de selenio) y T4 (2,5% levadura y 1 mg de selenio) presentaron la menor longitud total con $11,25 \pm 0,14$ y $11,26 \pm 0,11$ respectivamente.

En la figura 6 se puede apreciar el comportamiento de la variable longitud total de alevines de trucha arco iris durante la fase de campo en los 100 días bajo el efecto de diferentes concentraciones de levadura y selenio orgánico.

Figura 6

Comportamiento de la longitud total (cm) suplementado con dosis de levadura y selenio orgánico en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris durante 100 días.



Nota. Autoría Propia

Longitud Parcial

Los datos de longitud parcial conciernen a las mediciones en centímetros (cm) durante los 100 días que duró el ensayo, estos valores se registraron con una frecuencia de 10 días, los mismos fueron medidos desde el inicio de la boca de los alevines hasta el inicio de la aleta

caudal. Al realizar un análisis de varianza para la longitud total de los alevines de trucha arco iris se encontró diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 95% en la interacción de dosis de levadura y selenio orgánico ($p=0,0001$; $F=43,17$).

Tabla 8

Promedio \pm desviación estándar de la variable longitud parcial (cm) bajo el efecto de diferentes niveles de levadura y selenio orgánico en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris.

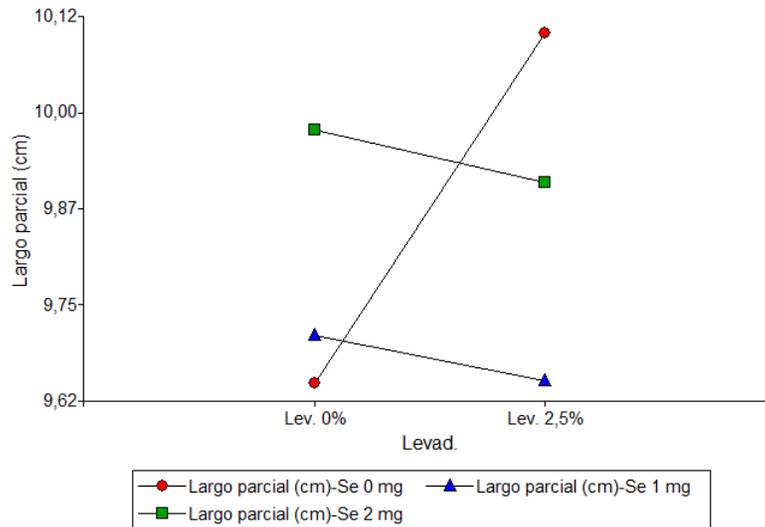
Tiempo (Días)	Tratamientos					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
0	7,02 \pm 0,47 a	6,69 \pm 0,41 a	6,98 \pm 0,55 a	6,95 \pm 0,37 a	6,97 \pm 0,25 a	7,02 \pm 0,28 a
10	7,82 \pm 0,52	8,00 \pm 0,54	8,07 \pm 0,55	8,15 \pm 0,40	8,00 \pm 0,44	7,99 \pm 0,38
20	8,58 \pm 0,26	8,76 \pm 0,55	8,77 \pm 0,50	9,06 \pm 0,37	8,74 \pm 0,48	8,88 \pm 0,61
30	9,34 \pm 0,66	9,06 \pm 0,53	9,20 \pm 0,77	9,46 \pm 0,57	9,18 \pm 0,53	9,56 \pm 0,56
40	9,63 \pm 0,60	9,68 \pm 0,77	9,92 \pm 0,62	9,94 \pm 0,68	9,61 \pm 0,54	9,97 \pm 0,48
50	10,11 \pm 0,60	10,20 \pm 0,55	10,50 \pm 0,68	10,38 \pm 0,69	10,06 \pm 0,61	10,32 \pm 0,65
60	10,15 \pm 0,57	10,29 \pm 0,68	10,70 \pm 0,72	10,41 \pm 0,81	10,19 \pm 0,67	10,41 \pm 0,57
70	10,83 \pm 0,51	10,89 \pm 0,57	11,18 \pm 0,57	11,14 \pm 0,56	10,72 \pm 0,65	11,04 \pm 0,43
80	11,25 \pm 0,80	11,44 \pm 0,88	11,62 \pm 0,67	11,82 \pm 0,60	11,18 \pm 1,03	11,64 \pm 0,62
90	11,74 \pm 0,88 d	11,75 \pm 1,00 d	12,78 \pm 0,36 c	13,66 \pm 0,50 b	11,83 \pm 0,42 d	12,21 \pm 0,60 d
p-valor	<0,0001					

Nota. *Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ($p<0,05$) *T0: 0% Levadura – 0 mg Selenio; T1: 0% Levadura – 1 mg Selenio, T2: 0% Levadura – 2 mg Selenio, T3: 2,5% Levadura – 0 mg Selenio, T4: 2,5% Levadura – 1 mg Selenio y 2,5% Levadura – 2 mg Selenio

En la tabla 8 se aprecian los valores promedio obtenidos de la longitud total durante los 100 días que duró el ensayo, al inicio del mismo los alevines de trucha arco iris presentaron longitudes similares con un coeficiente de variación de 5,65%. Al término del ensayo (90 días) los alevines de trucha arco iris suplementados con 2,5% levadura y 0 mg de selenio orgánico presentaron mayor longitud parcial (13,66 \pm 0,50), mientras que los alevines que no fueron suplementados con levadura y selenio orgánico presentaron menor longitud parcial (11,74 \pm 0,88).

Figura 7

Representación de la interacción entre los niveles de levadura y selenio orgánico para la variable largo parcial



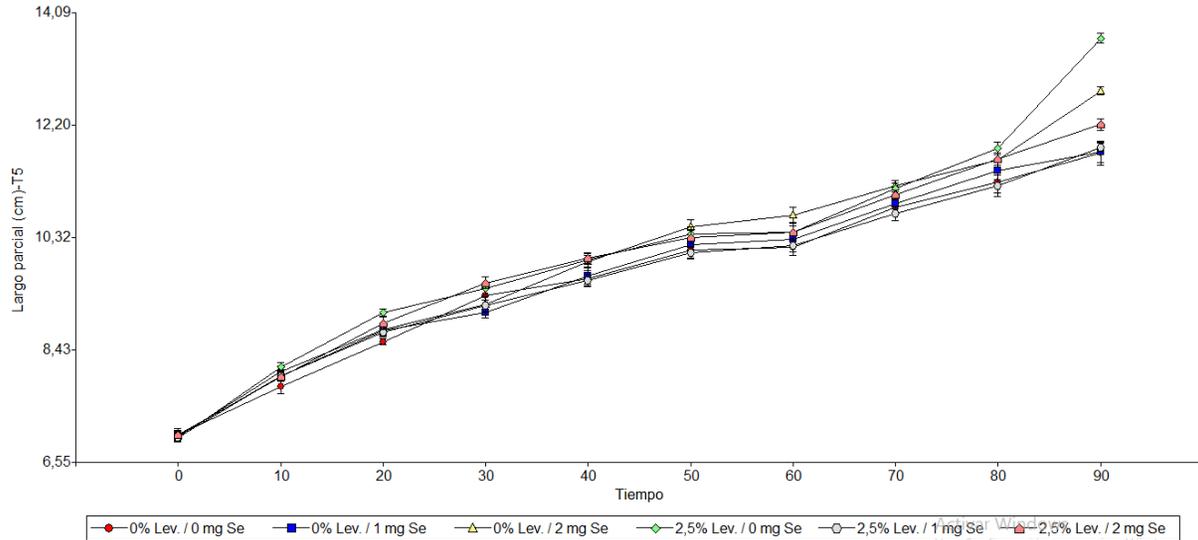
Nota. Autoría propia

Al efectuarse una prueba múltiple de comparación de medias mediante el método de Tukey con un nivel de confianza del 95% a nivel general, se encontró que la longitud total en alevines de trucha arco iris presenta un efecto significativo para la interacción levadura*selenio ($p=0,0128$; $F=4,37$) como se muestra en la figura 7, en donde el tratamiento con 2,5% de levadura y 0 mg de selenio presentó el valor más alto ($10,10 \pm 0,09$) en comparación a los tratamientos T0 (0% levadura y 0 mg de selenio), T1 (0% levadura y 1 mg de selenio) y T4 (2,5% levadura y 1 mg de selenio) que presentaron la menor longitud parcial con $9,64 \pm 0,12$; $9,71 \pm 0,09$ y $9,65 \pm 0,09$ respectivamente.

En la figura 8 se puede apreciar el comportamiento de la variable longitud parcial de alevines de trucha arco iris durante la fase de campo en los 100 días bajo el efecto de diferentes concentraciones de levadura y selenio orgánico.

Figura 8

Comportamiento de la longitud parcial (cm) suplementado con dosis de levadura y selenio orgánico en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris durante 100 días.



Nota. Autoría Propia

Ancho

De igual manera que los parámetros morfométricos antes descritos, los valores obtenidos para la variable ancho en alevines de trucha arco iris fueron medidos en cm y tomados con la misma frecuencia de 10 días, estas mediciones se realizaron desde la parte dorsal hasta el abdomen. Al realizar un análisis de varianza para la variable ancho se encontró diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 95% en la interacción de dosis de levadura y selenio orgánico ($p=0,0001$; $F=76,26$).

Tabla 9

Promedio \pm desviación estándar de la variable ancho (cm) bajo el efecto de diferentes niveles de levadura y selenio orgánico en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris.

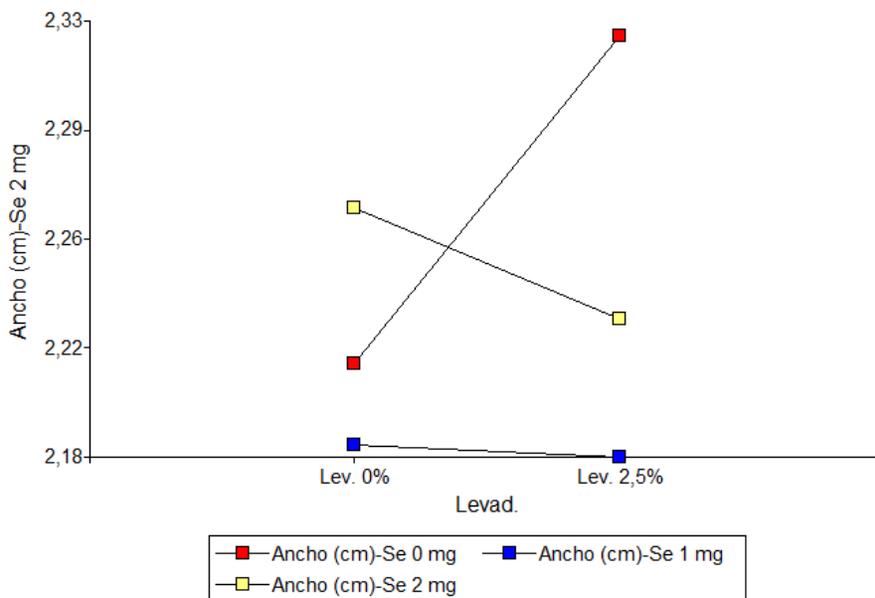
Tiempo (Días)	Tratamientos					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
0	1,71 \pm 0,10 a	1,72 \pm 0,13 a	1,72 \pm 0,12 a	1,73 \pm 0,10 a	1,67 \pm 0,11 a	1,75 \pm 0,09 a
10	1,87 \pm 0,10	1,84 \pm 0,14	1,84 \pm 0,14	1,86 \pm 0,11	1,83 \pm 0,11	1,85 \pm 0,09
20	1,99 \pm 0,12	1,93 \pm 0,14	1,98 \pm 0,13	2,01 \pm 0,11	1,97 \pm 0,10	1,99 \pm 0,13
30	2,21 \pm 0,15	2,08 \pm 0,15	2,09 \pm 0,13	2,11 \pm 0,15	2,09 \pm 0,11	2,13 \pm 0,14
40	2,32 \pm 0,19	2,16 \pm 0,21	2,19 \pm 0,14	2,15 \pm 0,18	2,14 \pm 0,17	2,20 \pm 0,12
50	2,33 \pm 0,16	2,26 \pm 0,16	2,35 \pm 0,19	2,32 \pm 0,16	2,26 \pm 0,19	2,27 \pm 0,18
60	2,25 \pm 0,19	2,25 \pm 0,18	2,37 \pm 0,20	2,30 \pm 0,22	2,23 \pm 0,17	2,28 \pm 0,15
70	2,39 \pm 0,13	2,42 \pm 0,14	2,54 \pm 0,15	2,54 \pm 0,16	2,41 \pm 0,15	2,48 \pm 0,10
80	2,49 \pm 0,21	2,55 \pm 0,25	2,65 \pm 0,17	2,72 \pm 0,16	2,54 \pm 0,25	2,62 \pm 0,14
90	2,60 \pm 0,23 d	2,66 \pm 0,31 d	2,93 \pm 0,22 c	3,51 \pm 0,14 b	2,67 \pm 0,22 d	2,72 \pm 0,18 d
p-valor	<0,001					

Nota. *Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$) *T0: 0% Levadura – 0 mg Selenio; T1: 0% Levadura – 1 mg Selenio, T2: 0% Levadura – 2 mg Selenio, T3: 2,5% Levadura – 0 mg Selenio, T4: 2,5% Levadura – 1 mg Selenio y 2,5% Levadura – 2 mg Selenio

En la tabla 9 se observan los valores promedio obtenidos del ancho durante los 100 días que duró el ensayo, al inicio del mismo los alevines de trucha arco iris presentaron longitudes similares con un coeficiente de variación de 6,39%. Al terminar el ensayo los alevines de trucha arco iris suplementados con 2,5% levadura y 0 mg de Selenio orgánico presentaron mayor ancho ($3,51 \pm 0,14$), mientras que los alevines que no fueron suplementados con levadura y selenio orgánico presentaron menor ancho ($2,60 \pm 0,23$).

Figura 9

Representación de la interacción entre los niveles de levadura y selenio orgánico para la variable ancho



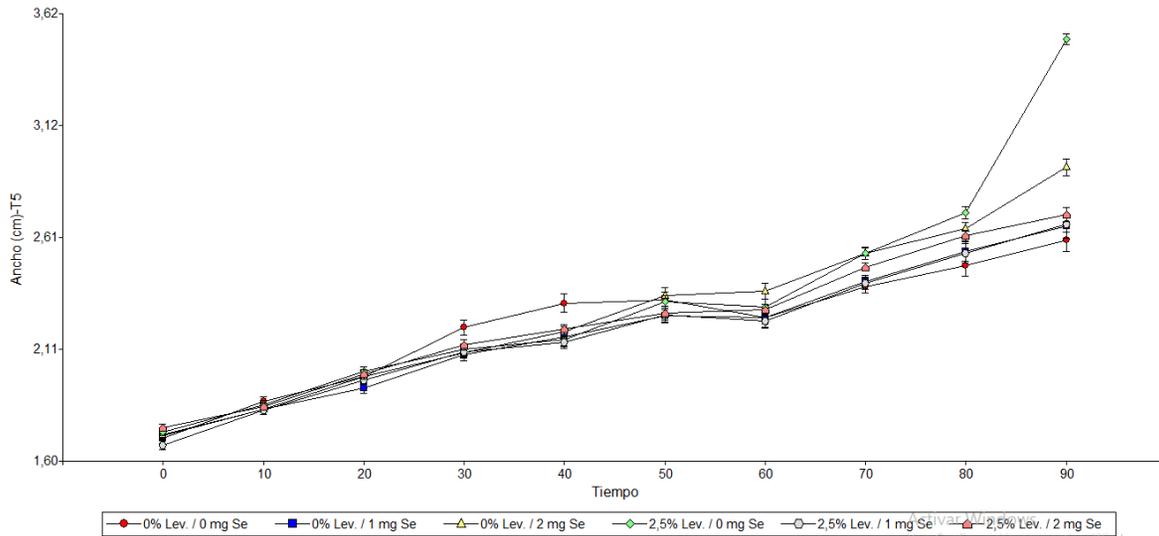
Nota. Autoría propia

Al efectuarse una prueba múltiple de comparación de medias mediante el método de Tukey con un nivel de confianza del 95% a nivel general, se encontró que la variable ancho en alevines de trucha arco iris presenta un efecto significativo para la interacción levadura*selenio ($p=0,0031$; $F=5,79$) como se muestra en la figura 9, en donde se puede observar que el tratamiento suplementado con 2,5% de levadura y 0 mg de selenio orgánico presentó el valor más alto ($2,32 \pm 0,02$) en comparación al testigo ($2,21 \pm 0,03$).

En la figura 10 se puede apreciar el comportamiento de la variable longitud parcial de alevines de trucha arco iris durante la fase de campo en los 100 días bajo el efecto de diferentes concentraciones de levadura y selenio orgánico.

Figura 10

Comportamiento de la variable ancho (cm) suplementado con dosis de levadura y selenio orgánico en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris durante 100 días.



Nota. Autoría Propia

Parámetros Productivos

Ganancia de Peso

La ganancia de peso corresponde al aumento de peso en un determinado tiempo, estos valores promedio se evaluaron cada 10 días aplicando la fórmula antes descrita. Al realizar un análisis de varianza no paramétrica de Kruskal y Wallis para la variable ganancia de peso se encontró diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos ($p=0,0233$). En la tabla 10 se detallan estos valores durante los 100 días de duración de la fase de campo.

Tabla 10

Promedio ± desviación estándar de la variable ganancia de peso (g/día) durante los 100 días de ensayo

Tiempo (Días)	Tratamientos					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
10	0,08 ± 0,01	0,12 ± 0,03	0,12 ± 0,03	0,30 ± 0,05	0,11 ± 0,03	0,11 ± 0,03
20	0,15 ± 0,01	0,11 ± 0,03	0,18 ± 0,05	0,29 ± 0,03	0,11 ± 0,03	0,14 ± 0,01
30	0,13 ± 0,03	0,12 ± 0,03	0,27 ± 0,05	0,23 ± 0,12	0,15 ± 0,09	0,17 ± 0,02
40	0,18 ± 0,03	0,24 ± 0,02	0,18 ± 0,01	0,26 ± 0,09	0,18 ± 0,05	0,12 ± 0,07
50	0,20 ± 0,01	0,20 ± 0,03	0,21 ± 0,05	0,23 ± 0,08	0,27 ± 0,01	0,26 ± 0,02
60	0,10 ± 0,01	0,21 ± 0,03	0,23 ± 0,05	0,30 ± 0,07	0,20 ± 0,03	0,36 ± 0,06
70	0,14 ± 0,03	0,26 ± 0,09	0,44 ± 0,09	0,47 ± 0,12	0,46 ± 0,07	0,51 ± 0,11
80	0,36 ± 0,03	0,38 ± 0,08	0,38 ± 0,03	0,61 ± 0,10	0,16 ± 0,09	0,37 ± 0,11
90	0,38 ± 0,01	0,32 ± 0,12	0,68 ± 0,01	0,63 ± 0,07	0,44 ± 0,07	0,17 ± 0,05
100	0,29 ± 0,01 ab	0,28 ± 0,01 b	0,84 ± 0,03 a	0,87 ± 0,03 a	0,42 ± 0,05 ab	0,31 ± 0,11 b
p-valor	<0,05					

Nota. *Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$) *T0: 0% Levadura – 0 mg Selenio; T1: 0% Levadura – 1 mg Selenio, T2: 0% Levadura – 2 mg Selenio, T3: 2,5% Levadura – 0 mg Selenio, T4: 2,5% Levadura – 1 mg Selenio y 2,5% Levadura – 2 mg Selenio

En la tabla 11 se observan los valores promedio obtenidos de la ganancia de peso, en donde al término del ensayo los alevines de trucha arco iris suplementados con 2,5% levadura y 0 mg de Selenio orgánico presentaron mayor ganancia de peso con $0,42 \pm 0,22$, en comparación con los alevines que fueron suplementados con los tratamientos T0 (0% levadura y 0 mg selenio orgánico) y T1 (0% levadura y 1 mg selenio orgánico) que presentaron la menor ganancia de peso con valores de $0,20 \pm 0,11$ y $0,22 \pm 0,10$ respectivamente.

Tabla 11

Promedio \pm desviación estándar de la variable ganancia de peso (g/día) al término de la fase de campo

Tratamiento	Ganancia de Peso
T0 0% Lev. / 0 mg Se	0,20 \pm 0,11 c
T1 0% Lev. / 1 mg Se	0,22 \pm 0,10 c
T2 0% Lev. / 2 mg Se	0,35 \pm 0,23 ab
T3 2,5% Lev. / 0 mg Se	0,42 \pm 0,22 a
T4 2,5% Lev. / 1 mg Se	0,25 \pm 0,14 bc
T5 2,5% Lev. / 2 mg Se	0,25 \pm 0,14 bc
p-valor	<0,001

Nota. *Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$)

Tasa de Crecimiento Específica

La tasa de crecimiento específico corresponde al aumento de peso diario en porcentaje en un determinado tiempo, en donde al realizar un análisis de varianza se encontró diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos ($p=0,0001$; $F=20,15$).

Tabla 12

Promedio \pm desviación estándar de la variable tasa de crecimiento específico (%) durante los 100 días de ensayo

Tiempo (Días)	Tratamientos					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
10	1,09 \pm 0,42	1,67 \pm 0,30	1,84 \pm 0,45	3,89 \pm 0,55	1,54 \pm 0,35	1,49 \pm 0,40
20	1,88 \pm 0,34	1,28 \pm 0,39	2,24 \pm 0,56	2,67 \pm 0,08	1,34 \pm 0,33	1,63 \pm 0,09
30	1,34 \pm 0,63	1,27 \pm 0,24	2,61 \pm 0,27	1,70 \pm 0,88	1,62 \pm 1,00	1,69 \pm 0,31
50	1,57 \pm 0,29	1,45 \pm 0,13	1,46 \pm 0,42	1,24 \pm 0,39	2,08 \pm 0,07	1,96 \pm 0,28

Tiempo (Días)	Tratamientos					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
70	0,89 ± 0,45	1,41 ± 0,47	2,19 ± 0,43	1,92 ± 0,48	2,45 ± 0,30	2,49 ± 0,52
80	2,02 ± 0,37	1,82 ± 0,46	1,55 ± 0,25	2,02 ± 0,36	0,74 ± 0,38	1,48 ± 0,36
90	1,74 ± 0,31	1,30 ± 0,52	2,32 ± 0,06	1,74 ± 0,21	1,78 ± 0,35	0,61 ± 0,23
100	1,16 ± 0,20 c	1,01 ± 0,04 c	2,28 ± 0,03 a	1,99 ± 0,05 ab	1,45 ± 0,19 bc	1,05 ± 0,40 c
p-valor	<0,001					

Nota. *Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$) *T0: 0% Levadura – 0 mg Selenio; T1: 0% Levadura – 1 mg Selenio, T2: 0% Levadura – 2 mg Selenio, T3: 2,5% Levadura – 0 mg Selenio, T4: 2,5% Levadura – 1 mg Selenio y 2,5% Levadura – 2 mg Selenio

En la tabla 12 se detallan estos valores durante los 100 días de duración de la fase de campo. Al terminar el ensayo (Día 100) los alevines de trucha arco iris suplementados con 0% levadura y 2 mg de Selenio orgánico presentaron un valor mayor en la tasa de crecimiento específica ($2,28 \pm 0,03$), mientras que los alevines que no fueron suplementados con levadura y selenio orgánico presentaron una tasa de crecimiento específica menor ($1,16 \pm 0,20$), al igual que los alevines suplementados con 0% levadura y 1 mg de Selenio orgánico ($1,01 \pm 0,04$) y los alevines suplementados con 2,5% levadura y 2 mg de Selenio orgánico ($1,05 \pm 0,40$).

Tabla 13

Promedio ± desviación estándar de la variable tasa de crecimiento específico (%) al término de la fase de campo

Tratamiento	TCE Promedio
T0 0% Lev. / 0 mg Se	1,40 ± 0,43 c
T1 0% Lev. / 1 mg Se	1,47 ± 0,42 bc
T2 0% Lev. / 2 mg Se	1,93 ± 0,52 ab
T3 2,5% Lev. / 0 mg Se	2,03 ± 0,83 a
T4 2,5% Lev. / 1 mg Se	1,59 ± 0,57 abc
T5 2,5% Lev. / 2 mg Se	1,56 ± 0,63 abc
p-valor	<0,01

Nota. *Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$)

En la tabla 13 se observan los valores promedio obtenidos de la tasa de crecimiento específico, en donde al realizar de manera general una prueba múltiple de comparación de medias con el método Tukey a un nivel de confianza del 95% se observan diferencias estadísticamente significativas ($p=0,0012$; $F=7,06$), para lo cual los alevines de trucha arco iris suplementados con 2,5% de levadura y 0 mg de selenio orgánico presentaron el valor más alto ($2,03 \pm 0,83$) en comparación al testigo ($1,40 \pm 0,43$).

Factor de conversión alimenticia

El factor de conversión alimenticia nos muestra la cantidad de alimento balanceado que se requiere para aumentar un kilogramo en peso, en donde al realizar un análisis de varianza no paramétrica no se encontró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en los periodos de evaluación ($p=0,1422$).

Tabla 14

Promedio \pm desviación estándar de la variable factor de conversión alimenticia durante los 100 días de ensayo

Tiempo (Días)	Tratamientos					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
10	2,81 \pm 0,01	1,84 \pm 0,39	1,69 \pm 0,51	1,20 \pm 0,10	2,02 \pm 0,44	2,12 \pm 0,55
20	1,57 \pm 0,01	2,52 \pm 0,70	1,37 \pm 0,42	1,06 \pm 0,03	2,36 \pm 0,55	1,84 \pm 0,11
40	1,85 \pm 0,01	1,37 \pm 0,19	1,93 \pm 0,19	1,67 \pm 0,41	1,88 \pm 0,59	4,07 \pm 3,23
50	1,90 \pm 0,01	1,76 \pm 0,34	1,67 \pm 0,45	2,00 \pm 0,57	1,29 \pm 0,15	1,38 \pm 0,03
60	3,38 \pm 0,01	1,73 \pm 0,33	1,77 \pm 0,35	1,65 \pm 0,41	1,85 \pm 0,19	1,18 \pm 0,25
70	2,66 \pm 0,01	1,82 \pm 0,78	1,20 \pm 0,16	1,20 \pm 0,10	1,14 \pm 0,14	1,07 \pm 0,01
80	1,90 \pm 0,03	1,31 \pm 0,36	1,38 \pm 0,09	1,18 \pm 0,17	4,08 \pm 2,58	1,39 \pm 0,40
90	2,80 \pm 0,01	1,83 \pm 0,69	1,54 \pm 0,11	1,41 \pm 0,10	2,00 \pm 0,11	2,55 \pm 0,53
100	1,94 \pm 0,01	1,81 \pm 0,07	1,48 \pm 0,04	1,33 \pm 0,10	1,58 \pm 0,11	1,69 \pm 0,45
p-valor	>0,05					

Nota. *Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ($p<0,05$) *T0: 0% Levadura – 0 mg Selenio; T1: 0% Levadura – 1 mg Selenio, T2: 0% Levadura – 2 mg Selenio, T3: 2,5% Levadura – 0 mg Selenio, T4: 2,5% Levadura – 1 mg Selenio y 2,5% Levadura – 2 mg Selenio

En la tabla 14 se detallan los valores promedio que alcanzaron durante los 100 días de duración de la fase de campo. Pese a no ver diferencias significativas se puede observar que al término del ensayo (Día 100) los alevines de trucha arco iris suplementados con el T3 (2,5% levadura y 0 mg de Selenio orgánico) presentaron una mejor eficiencia en cuanto al consumo de alimento con $1,33 \pm 0,10$, mientras que el testigo T0 (0% levadura y 0 mg de Selenio orgánico) tuvo el valor más alto de FCA ($1,94 \pm 0,01$).

Sin embargo, al ejecutar un análisis general como se muestra en la tabla 15, en donde al realizar un análisis de la varianza no paramétrica de Kruskal y Wallis a un nivel de confianza del 95% se observan diferencias estadísticamente significativas ($p=0,0006$), para lo cual los alevines de trucha arco iris suplementados con el T3 (2,5% levadura y 0 mg de Selenio orgánico) presentó una mejor eficiencia en cuanto al consumo de alimento con $1,46 \pm 0,42$ en comparación al resto de tratamientos.

Tabla 15

Promedio \pm desviación estándar de la variable factor de conversión alimenticia al término de la fase de campo

Tratamiento	TCE Promedio
T0 0% Lev. / 0 mg Se	$2,23 \pm 0,68$ d
T1 0% Lev. / 1 mg Se	$1,84 \pm 0,56$ cd
T2 0% Lev. / 2 mg Se	$1,53 \pm 0,34$ ab
T3 2,5% Lev. / 0 mg Se	$1,46 \pm 0,42$ a
T4 2,5% Lev. / 1 mg Se	$2,12 \pm 1,32$ cd
T5 2,5% Lev. / 2 mg Se	$1,91 \pm 1,58$ bc
p-valor	<0,001

Nota. *Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ($p<0,05$)

Índice de Condición Corporal

Esta variable nos indica la manera en que se han ido desarrollando físicamente los alevines durante el ensayo, relacionando el peso y la longitud de los mismos. En la tabla 16 se muestra como esta variable ha ido evolucionando durante los 100 días del ensayo, en donde podemos observar que en la etapa final no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p=0,0763$; $F=2,82$)

Tabla 16

Promedio \pm desviación estándar de la variable índice de condición corporal durante los 100 días de ensayo

Tiempo (Días)	Tratamientos					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
10	1,19 \pm 0,06	1,20 \pm 0,04	1,10 \pm 0,05	1,12 \pm 0,06	1,15 \pm 0,07	1,19 \pm 0,07
20	1,00 \pm 0,08	1,06 \pm 0,12	0,97 \pm 0,02	1,22 \pm 0,08	1,01 \pm 0,12	1,02 \pm 0,02
30	0,96 \pm 0,07	0,97 \pm 0,10	0,96 \pm 0,06	1,18 \pm 0,05	0,90 \pm 0,06	0,93 \pm 0,08
40	0,83 \pm 0,06	0,89 \pm 0,06	0,98 \pm 0,04	1,13 \pm 0,09	0,84 \pm 0,07	0,81 \pm 0,05
50	0,85 \pm 0,06	0,90 \pm 0,07	0,90 \pm 0,06	1,11 \pm 0,06	0,84 \pm 0,06	0,76 \pm 0,04
60	0,82 \pm 0,05	0,87 \pm 0,09	0,87 \pm 0,03	1,10 \pm 0,03	0,87 \pm 0,04	0,83 \pm 0,06
70	0,85 \pm 0,08	0,94 \pm 0,09	0,90 \pm 0,09	1,21 \pm 0,08	0,95 \pm 0,06	0,99 \pm 0,08
80	0,77 \pm 0,07	0,92 \pm 0,08	0,98 \pm 0,08	1,19 \pm 0,11	1,05 \pm 0,02	1,06 \pm 0,03
90	0,84 \pm 0,06	0,94 \pm 0,01	1,00 \pm 0,05	1,20 \pm 0,09	0,99 \pm 0,09	1,04 \pm 0,04
100	0,89 \pm 0,03 b	0,98 \pm 0,02 ab	1,00 \pm 0,02 a	0,99 \pm 0,05 a	1,00 \pm 0,02 a	0,96 \pm 0,02 ab
p-valor	>0,05					

Nota. *Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ($p<0,05$) *T0: 0% Levadura – 0 mg Selenio; T1: 0% Levadura – 1 mg Selenio, T2: 0% Levadura – 2 mg Selenio, T3: 2,5% Levadura – 0 mg Selenio, T4: 2,5% Levadura – 1 mg Selenio y 2,5% Levadura – 2 mg Selenio

Sin embargo, al realizar un análisis general de la variable aplicando el método de comparación de medias de Tukey se puede observar que existe un efecto significativo en la interacción levadura – selenio ($p=0,0001$; $F=16,19$), en donde el tratamiento suplementado con 2,5% de levadura y 0 mg de selenio orgánico presentó el valor más alto ($1,14 \pm 0,09$) en comparación al resto de tratamientos.

Tabla 17

Promedio \pm desviación estándar de la variable índice de condición corporal al término de la fase de campo

Tratamiento	ICC Promedio
T0 0% Lev. / 0 mg Se	0,90 \pm 0,12 b
T1 0% Lev. / 1 mg Se	0,97 \pm 0,11 b
T2 0% Lev. / 2 mg Se	0,96 \pm 0,08 b
T3 2,5% Lev. / 0 mg Se	1,14 \pm 0,09 a
T4 2,5% Lev. / 1 mg Se	0,96 \pm 0,11 b
T5 2,5% Lev. / 2 mg Se	0,96 \pm 0,13 b
p-valor	<0,0001

Nota. *Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ($p<0,05$)

Eficiencia Alimenticia

Esta variable nos indica la capacidad de la trucha arco iris para asimilar el alimento en su cuerpo. Los datos cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, posterior a eso se procedió con el respectivo análisis, en donde se determinó que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos ($p=0,048$; $F=4,15$), en donde al terminar el ensayo los alevines de trucha arco iris suplementados con el T3 (2,5% levadura y 0 mg de Selenio orgánico) presentaron mayor eficiencia alimenticia con $75,47 \pm 5,78$ a

comparación del testigo que obtuvo el valor más bajo en EA ($51,55 \pm 7,42$). Los valores promedio de la variable eficiencia alimenticia durante los 100 días de ensayo se muestran en la tabla 18.

Tabla 18

Promedio \pm desviación estándar de la variable eficiencia alimenticia durante los 100 días de ensayo.

Tiempo (Días)	Tratamientos					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
10	35,61 \pm 12,90	56,03 \pm 11,14	62,46 \pm 16,84	83,72 \pm 7,00	51,44 \pm 12,73	49,60 \pm 14,58
20	63,86 \pm 12,69	42,22 \pm 13,68	77,74 \pm 21,36	94,46 \pm 3,24	44,25 \pm 11,85	54,59 \pm 3,22
30	44,09 \pm 22,07	41,77 \pm 8,36	81,75 \pm 10,59	61,37 \pm 29,25	55,65 \pm 35,67	56,93 \pm 11,24
40	54,01 \pm 14,74	73,99 \pm 9,95	52,14 \pm 5,05	34,85 \pm 14,79	57,03 \pm 18,68	34,85 \pm 19,85
50	52,53 \pm 13,70	58,13 \pm 10,98	63,42 \pm 19,86	53,35 \pm 18,03	78,25 \pm 9,81	72,40 \pm 1,49
60	29,63 \pm 13,52	59,12 \pm 10,40	58,10 \pm 11,99	63,03 \pm 15,31	54,42 \pm 5,75	87,66 \pm 19,85
70	37,58 \pm 12,25	61,28 \pm 21,27	84,32 \pm 11,98	83,49 \pm 6,45	88,51 \pm 10,60	93,51 \pm 0,81
80	52,63 \pm 17,96	80,70 \pm 22,08	72,64 \pm 5,00	86,04 \pm 12,43	31,11 \pm 16,23	76,81 \pm 26,13
90	35,71 \pm 9,66	59,22 \pm 18,49	65,29 \pm 4,52	71,34 \pm 5,19	50,09 \pm 2,66	40,43 \pm 8,39
100	51,55 \pm 7,42 b	55,37 \pm 2,07 ab	67,45 \pm 1,85 ab	75,47 \pm 5,78 a	63,39 \pm 4,38 ab	61,61 \pm 14,66 ab
p-valor	<0,05					

Nota. *Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$) *T0: 0% Levadura – 0 mg Selenio; T1: 0% Levadura – 1 mg Selenio, T2: 0% Levadura – 2 mg Selenio, T3: 2,5% Levadura – 0 mg Selenio, T4: 2,5% Levadura – 1 mg Selenio y 2,5% Levadura – 2 mg Selenio

Al realizar una prueba múltiple de comparación de medias con el método de Tukey al 95%, se puede observar que el tratamiento suplementado con 2,5% de levadura y 0 mg de selenio orgánico presentó el valor más alto ($73,47 \pm 17,31$) en comparación al testigo ($45,72 \pm 10,83$). En la tabla 19 se muestran los valores para esta variable ($p=0,0013$; $F=6,93$).

Tabla 19

Promedio \pm desviación estándar de la variable eficiencia alimenticia al término de la fase de campo

Tratamiento	EA Promedio
T0 0% Lev. / 0 mg Se	45,72 \pm 10,83 c
T1 0% Lev. / 1 mg Se	58,77 \pm 16,50 abc
T2 0% Lev. / 2 mg Se	68,53 \pm 14,56 ab
T3 2,5% Lev. / 0 mg Se	73,47 \pm 17,31 a
T4 2,5% Lev. / 1 mg Se	57,42 \pm 20,44 bc
T5 2,5% Lev. / 2 mg Se	62,84 \pm 22,32 abc
p-valor	<0,01

Nota. *Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$)

Porcentaje de Mortalidad

La cantidad de animales muertos se registró todos los días y se analizó cada 10 días los porcentajes, en la tabla 20 se detalla el número de peces muertos durante toda la fase de campo.

Tabla 20

Promedio \pm desviación estándar de la variable mortalidad (%) durante los 100 días de ensayo.

Tiempo (Días)	Tratamientos					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
10	3,33	2,22	3,33	3,33	1,11	1,11
20	6,67	0,00	0,00	2,22	0,00	2,22
30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,11	0,00
40	0,00	0,00	0,00	0,00	1,11	0,00
50	0,00	0,00	4,44	5,56	2,22	1,11
60	3,33	4,44	3,33	5,56	4,44	4,44
70	0,00	1,11	1,11	1,11	2,22	1,11
80	40,00	8,89	5,56	5,56	5,56	5,56

Tiempo (Días)	Tratamientos					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
90	0,00	0,00	0,00	1,11	1,11	0,00
100	30,00	3,33	1,11	0,00	3,33	5,56

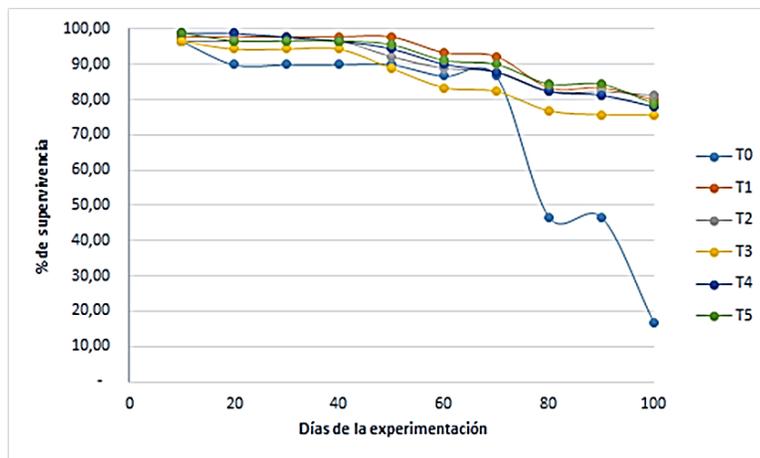
Nota. *Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$) *T0: 0% Levadura – 0 mg Selenio; T1: 0% Levadura – 1 mg Selenio, T2: 0% Levadura – 2 mg Selenio, T3: 2,5% Levadura – 0 mg Selenio, T4: 2,5% Levadura – 1 mg Selenio y 2,5% Levadura – 2 mg Selenio

Al realizar un análisis de varianza para la variable porcentaje de mortalidad se determinó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, sin embargo, se puede observar en la tabla anterior que el Tratamiento cero (0% levadura y 0 mg de Selenio orgánico) obtuvo la mayor cantidad de peces muertos durante el ensayo que el resto de tratamientos.

En la figura 11 se muestra la tasa de mortalidad durante los 100 días que duró el experimento en donde se puede observar que en el día 80 es donde se elevó la tasa de mortalidad en especial del tratamiento T0 y T1.

Figura 11

Gráfica en el tiempo de la mortalidad durante los 100 días de evaluación



Nota. Autoría Propia

Parámetros Inmunológicos

Hematocrito

El hematocrito nos permite analizar el porcentaje de glóbulos rojos en la sangre y así indirectamente detectar enfermedades. Esta variable se transformó a potencia cuadrada para cumplir con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, en donde al realizar un análisis de varianza se encontró un efecto significativo entre los tratamientos ($p=0,0001$; $F=32,01$).

Tabla 21

Promedio \pm desviación estándar de la variable hematocrito (%) evaluado con diferentes dosis de levadura y selenio.

Tratamiento	% Hematocrito Promedio
T0 0% Lev. / 0 mg Se	42,5 \pm 5,09 b
T1 0% Lev. / 1 mg Se	49,83 \pm 3,76 b
T2 0% Lev. / 2 mg Se	59,17 \pm 2,23 a
T3 2,5% Lev. / 0 mg Se	59,33 \pm 2,16 a
T4 2,5% Lev. / 1 mg Se	50,33 \pm 7,15 b
T5 2,5% Lev. / 2 mg Se	50,50 \pm 3,78 b
p-valor	<0,0001

Nota. En la tabla se muestran los valores reales, mientras que para el análisis se utilizó los valores transformados.
*Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ($p<0,05$)

En la tabla 21 se puede observar el porcentaje promedio de hematocrito para los diferentes tratamientos, en donde los tratamientos T2 (0% de levadura y 2 mg de selenio orgánico) y T3 (2,5% de levadura y 0 mg de selenio orgánico) presentaron los valores más altos con $59,17 \pm 2,23$ y $59,33 \pm 2,16$ respectivamente, en comparación a los demás tratamientos.

Conteo de Eritrocitos

Nos indica la cantidad de glóbulos rojos en la sangre y es un indicativo para detectar afecciones, se multiplica por un factor para expresar en forma exponencial (10^6). Al realizar un análisis de varianza se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la interacción levadura – selenio ($p=0,0001$; $F=20,88$). En la tabla 22 se muestran los valores promedio de esta variable.

Tabla 22

Promedio \pm desviación estándar de la variable conteo de eritrocitos evaluado con diferentes dosis de levadura y selenio.

Tratamiento	Eritrocitos ($\times 10^6$)
	Promedio
T0 0% Lev. / 0 mg Se	0,91 \pm 0,14 c
T1 0% Lev. / 1 mg Se	0,94 \pm 0,15 c
T2 0% Lev. / 2 mg Se	1,24 \pm 0,10 ab
T3 2,5% Lev. / 0 mg Se	1,26 \pm 0,10 a
T4 2,5% Lev. / 1 mg Se	1,06 \pm 0,06 bc
T5 2,5% Lev. / 2 mg Se	1,02 \pm 0,08 c
p-valor	<0,01

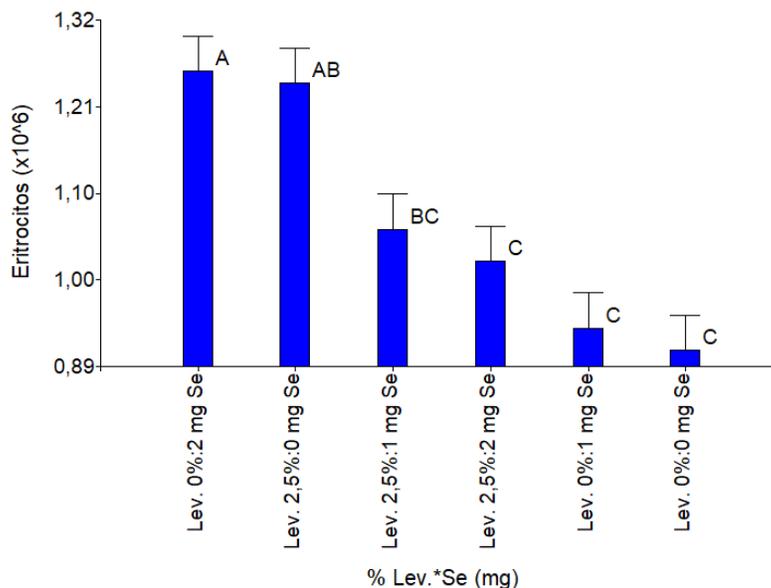
Nota. *Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas ($p<0,05$)

En la tabla anterior se puede observar que el tratamiento suplementado con 2,5% de levadura y 0 mg de selenio orgánico presentó el valor más alto de glóbulos rojos ($1,26 \pm 0,10$) en comparación al testigo ($0,91 \pm 0,14$).

A continuación, en la Figura 12 se muestra un gráfico de barras del comportamiento de la variable eritrocitos donde se puede evidenciar de mejor manera los tratamientos con mayor y menor cantidad de eritrocitos.

Figura 12

Comportamiento de la variable eritrocitos bajo el efecto de diferentes niveles de levadura y selenio orgánico en alevines de trucha arco iris.



Nota. Autoría Propia

Conteo de Leucocitos

Esta variable nos indica la cantidad de glóbulos blancos presentes en la sangre y este valor se multiplica por un factor que es 2000 y se expresa en forma exponencial (10⁴). Al realizar el análisis respectivo se encontró una diferencia significativa entre la interacción levadura selenio ($p=0,0019$; $F=7,75$).

Tabla 23

Promedio \pm desviación estándar de la variable conteo de leucocitos evaluado con diferentes dosis de levadura y selenio.

Tratamiento	Leucocitos (x10 ⁴) Promedio
T0 0% Lev. / 0 mg Se	1,03 \pm 0,15 b
T1 0% Lev. / 1 mg Se	1,07 \pm 0,21 b
T2 0% Lev. / 2 mg Se	1,67 \pm 0,30 a
T3 2,5% Lev. / 0 mg Se	1,57 \pm 0,34 a

Tratamiento	Leucocitos (x10 ⁴) Promedio
T4 2,5% Lev. / 1 mg Se	1,37 ± 0,23 ab
T5 2,5% Lev. / 2 mg Se	1,40 ± 0,25 ab
p-valor	<0,01

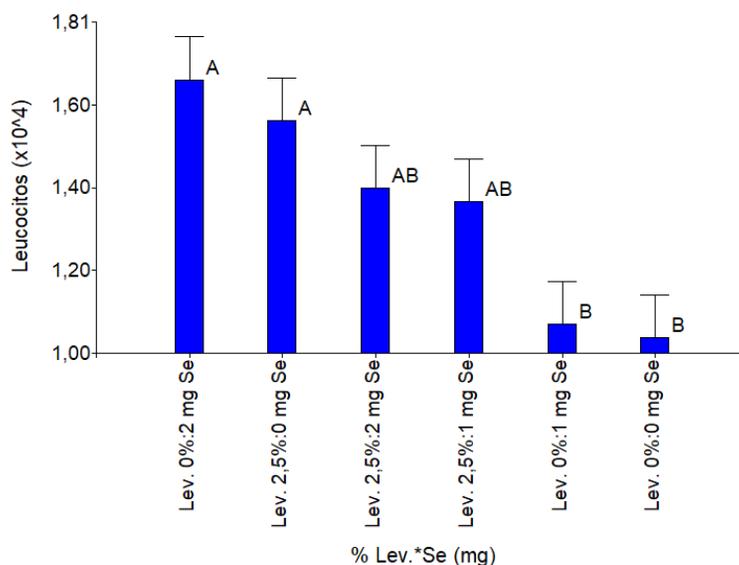
Nota. *Las letras diferentes en los renglones, indican que existe diferencias significativas (p<0,05)

En la tabla 23 se puede observar que los tratamientos T2 (0% de levadura y 2 mg de selenio orgánico) y T3 (2,5% de levadura y 0 mg de selenio orgánico) presentaron los valores más altos en leucocitos con $1,67 \pm 0,30$ y $1,57 \pm 0,34$ respectivamente, en comparación a los tratamientos T0 y T1 que obtuvieron los valores más bajos $1,03 \pm 0,15$ y $1,07 \pm 0,21$ respectivamente.

En la Figura 13 se muestra el comportamiento de la variable leucocitos, en donde se puede apreciar de mejor manera los tratamientos con mayor y menor cantidad de leucocitos.

Figura 13

Comportamiento de la variable leucocitos bajo el efecto de diferentes niveles de levadura y selenio orgánico en alevines de trucha arco iris.



Nota. Autoría Propia

Identificación de Leucocitos

Finalmente se identificó el tipo de glóbulos blancos presentes en la sangre, los cuales pueden ser: Linfocitos, monocitos, neutrófilos, eosinófilos o basófilos. Al realizar una prueba de análisis de varianza se observó diferencias estadísticas significativas para linfocitos, neutrófilos y eosinófilos, como se muestra en la tabla 24.

Tabla 24

Promedio \pm desviación estándar para cada tipo de glóbulo blanco evaluados con diferentes dosis de levadura y selenio.

Tratamiento	Glóbulos blancos		
	Linfocitos	Neutrófilos	Eosinófilos
T0 0% Lev. / 0 mg Se	95,03 \pm 0,26 c	2,75 \pm 0,07 a	2,22 \pm 0,25 a
T1 0% Lev. / 1 mg Se	96,29 \pm 0,45 bc	2,37 \pm 0,17 ab	1,34 \pm 0,30 ab
T2 0% Lev. / 2 mg Se	98,64 \pm 0,51 a	0,98 \pm 0,15 c	0,38 \pm 0,37 bc
T3 2,5% Lev. / 0 mg Se	98,62 \pm 0,22 a	1,18 \pm 0,27 c	0,20 \pm 0,19 c
T4 2,5% Lev. / 1 mg Se	96,65 \pm 0,97 b	2,10 \pm 0,31 b	1,25 \pm 0,66 ab
T5 2,5% Lev. / 2 mg Se	97,13 \pm 0,57 ab	2,03 \pm 0,34 b	0,84 \pm 0,34 bc
p-valor	0,0001	0,0001	0,0003
F-valor	32,3	45,9	17,49

Nota. *Las letras diferentes en la misma columna, indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$)

En la tabla anterior podemos observar que la cantidad de linfocitos para los tratamientos T2 (0% de levadura y 2 mg de selenio orgánico) y T3 (2,5% de levadura y 0 mg de selenio orgánico) presentaron los valores más altos con $98,64 \pm 0,51$ y $98,62 \pm 0,22$ respectivamente a comparación del resto de tratamientos, sin embargo la cantidad de neutrófilos y eosinófilos disminuyó, aquí en cambio el tratamiento T0 (0% de levadura y 0 mg de selenio orgánico) y T1 (0% de levadura y 1 mg de selenio orgánico) presentan los valores más altos en cuanto a

neutrófilos con $2,75 \pm 0,07$ y $2,37 \pm 0,17$ respectivamente, y para eosinófilos con $2,22 \pm 0,25$ para el tratamiento T0 y $1,34 \pm 0,30$ para el tratamiento T1.

Discusión

En este ensayo mediante la suplementación de levadura *Saccharomyces cerevisiae* y selenio orgánico añadido al alimento balanceado, se buscó mejorar los parámetros morfométricos, productivos y los inmunológicos al ser sometidos a la turbidez del agua, con la finalidad de mejorar la resistencia al estrés causado por la elevada concentración de materia orgánica en el agua, para ello se empleó alevines de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) con diferentes niveles de levadura (0% y 2,5%) y de selenio orgánico (0, 1 y 2 mg) añadidos al alimento balanceado.

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es un producto muy común en el mercado, utilizado principalmente en la panificación, este contiene una serie de compuestos inmunoestimulantes como β -glucanos, quitina, manano oligosacáridos y ácidos nucleicos y se ha demostrado que su implementación en peces mejora el crecimiento y la respuesta inmune (Tukmechi *et al.*, 2011). Torres y Mogollón (2017) mencionan que los compuestos que contiene la levadura son polímeros de glucosa las cuales se presentan como partículas o en forma soluble, éstas al tener una capacidad inmuno-estimulante tienen incidencia sobre macrófagos y neutrófilos protegiendo así de infecciones al huésped en situaciones de estrés, pues es en estos casos donde el sistema inmune recae produciendo corticoides endógenos y generando un desequilibrio en la flora intestinal.

La flora intestinal cumple funciones como la digestión y metabolismo de nutrientes, gran parte de la respuesta inmunitaria se encuentra aquí, en la regulación de la ingestión y en el sector acuícola los animales se enfrentan a constantes cambios homeostáticos por el entorno en donde se desarrollan como son los cambios en la calidad de agua, alteraciones nutricionales, densidades de población altas, aplicación de tratamientos como antibióticos, entre otras, los cuales afectan al microbioma intestinal, y es por eso que el uso de aditivos

como probióticos y prebióticos es fundamental para mantener al organismo en buenas condiciones (Gonçalves y Gallardo, 2017)

Vidakovic *et al.* (2020) menciona que la levadura entera desecada (*Saccharomyces cerevisiae*) se puede utilizar como alternativa sostenible al uso de harina de pescado en el balanceado acuícola por su alto valor proteico y un perfil de aminoácidos muy favorable para los requerimientos nutricionales como se muestra en la literatura citada anteriormente, excepto por una ligera deficiencia de metionina que se puede corregir adicionando productos que contengan este aminoácido, sin embargo se utiliza más como probiótico o aditivo en porcentajes de inclusión bajos (20%).

En un estudio donde se evalúa la levadura y ácidos orgánicos en trucha arcoíris que se encontraba en etapa de engorde los tratamientos fueron 0,2% de levadura, 0,15% de acidulante, una combinación de ambos (0,2% de levadura y 0,15% de acidulante) y un control, en donde el tratamiento con levadura (0,2%) obtiene el valor más alto en cuanto la longitud total de la trucha y una mejor eficiencia en el consumo de alimento (Mortazavi *et al.*, 2012). En otro estudio donde se evalúa porcentajes de 1, 1,5 y 2% de un probiótico a base de levadura *Saccharomyces cerevisiae* mejoraron significativamente los parámetros de crecimiento en donde el tratamiento con 2% del probiótico mejoró significativamente el aumento de peso y la tasa de crecimiento específico con un incremento del 17% y 27% respectivamente a comparación del grupo control, mientras que el factor de conversión alimenticia tuvo una mayor eficiencia en los porcentajes de inclusión de 1,5% y 2% en la dieta (Adel *et al.*, 2017).

Así mismo (Vazirzadeh *et al.*, 2020) en su investigación con diferentes probióticos a base de *Lactobacillus fermentum*; *Lactobacillus buchneri* y *Saccharomyces cerevisiae* evaluaron parámetros productivos en trucha arcoíris en etapa de engorde, obtuvieron resultados significativos para el FCA con un valor de 0,9 para el tratamiento con levadura *S. cerevisiae* frente al resto de tratamientos, no se observaron diferencias significativas para las variables de ganancia de peso y de TCE, sin embargo se observó que obtuvieron valores altos

para el tratamiento con levadura *S. cerevisiae* con valores de 90,78% y 1,34% respectivamente. En otra investigación donde se evaluó la mezcla de probióticos a base de *Bacillus subtilis*, *Aspergillus oryzae* y *Saccharomyces cerevisiae* en tres tratamientos (0, 5 g/kg y 10 g/kg) en juveniles de tilapia no se observaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a ganancia de peso, pero si en el factor de conversión alimenticia en donde la mezcla de 10 g/kg de los probióticos presentó el mejor FCA con un valor de 1,07; esto puede deberse a que estos parámetros se evaluaron solamente a las 3 semanas de empezar el tratamiento y se utilizaron varios probióticos a la vez (Iwashita *et al.*, 2015).

En otro estudio se evaluó la levadura de panadería viva comercial (*S. cerevisiae*) en alevines de tilapia del Nilo para promover el crecimiento y el sistema inmunológico, donde los niveles de inclusión fueron 0,25%, 0,5%, 1,0%, 2,0% y 5,0%; se determinó que la ganancia de peso y la tasa de crecimiento específica aumentaron significativamente con los niveles de inclusión entre 1,0 – 5,0 g de levadura por kg de alimento, además se obtuvo una mejor eficiencia alimenticia con 5,0% de inclusión de levadura y de igual manera con niveles de inclusión entre 1,0 – 5,0 g de levadura se lograron mayor cantidad de glóbulos rojos en la sangre (Abdel *et al.*, 2008).

En cuanto al selenio, se menciona que se trata de un micronutriente esencial para los peces, ya que interviene en funciones relacionadas con la defensa antioxidante del sistema inmunológico, pues este elemento al ser parte de la enzima glutatión peroxidasa cataliza los procesos para la transformación de peróxido de hidrógeno e hidroperóxido de ácidos grasos en agua y alcoholes de ácidos grasos, estos procesos como tal protegen las membranas celulares del daño oxidativo (Amirkolaie *et al.*, 2014).

En el estudio se evaluó el efecto de varios porcentajes de levadura y diferentes niveles de selenio orgánico aplicados al alimento balanceado, sobre el desempeño productivo e inmunológico de alevines de trucha arco iris, en donde el 2,5% (T3) de levadura presentó el mayor peso promedio y longitud total, seguido de la dosis de 2 mg/kg (T2) de selenio orgánico

en comparación del resto de tratamientos, lo cual fue evidenciado en el análisis estadístico que se empleó donde se identificó que entre los tratamientos existían diferencias significativas ($P < 0,05$).

En un estudio se evaluó diferentes dosis de selenio orgánico (0,15, 0,3, 0,45 y 0,6 mg/kg de alimento) e inorgánico (0,15, 0,3, 0,45 y 0,6 mg/kg de alimento) y un control en truchas juveniles sobre los parámetros de crecimiento, en donde se determinó que el peso promedio y la longitud total obtuvieron mejores resultados con una dosis de 0,6 mg de selenio orgánico, el índice de condición corporal y la tasa de supervivencia fueron mejores en los tratamientos con selenio orgánico a comparación con el selenio inorgánico, y finalmente se obtuvo una mejor eficiencia alimenticia con una dosis de 0,45 mg/kg de selenio orgánico (Nazari *et al.*, 2017). La absorción de este elemento por parte del organismo depende de la forma química en la que se encuentra, al ser administrado a través del alimento se menciona que el selenio orgánico tiene una mayor biodisponibilidad y efecto en la salud que su forma inorgánica (Naderi *et al.*, 2017), este elemento es absorbido en el intestino en donde las proteínas plasmáticas o albúminas séricas transportan el selenio al torrente sanguíneo para la elaboración de las selenoproteínas (Hoya *et al.*, 2022).

El selenio se incorpora a las denominadas selenoproteínas, como la selenocisteína, para cumplir con sus funciones biológicas y es de gran importancia en el crecimiento y salud de los peces, algunas investigaciones informan que el selenio dietético promueve un tipo de selenoproteína conocida como desyodasa, la cual transforma una hormona tiroidea inactiva (tiroxina) a una hormona tiroidea metabólicamente activa (3,5,3'-triyodotironina), este cambio que se produce promueve la síntesis de la hormona de crecimiento en las células hipofisarias dando como resultado un mayor crecimiento en los peces (Wang *et al.*, 2018).

En un estudio donde se evaluó niveles de 0, 0,5 y 1% de un prebiótico enriquecido con selenio en dos tiempos (4 semanas y 8 semanas) en trucha arcoíris, a las 4 semanas no se observaron diferencias significativas en los parámetros de crecimiento, sin embargo, a las 8

semanas se obtuvieron diferencias en ganancia de peso, FCA e ICC, en donde el tratamiento con 0,5% demostró los mejores resultados con $57 \pm 3.68g$, 0.9 ± 0.08 y 1.4 ± 0.02 respectivamente (Farzad *et al.*, 2021). En otra investigación el autor Mansour *et al.* (2017) evaluó diferentes dosis de selenio orgánico con niveles de 1, 2 y 3 mg/kg durante 63 días en juveniles de corvina (*Argyrosomus regius*), en donde los resultados mostraron que los parámetros de ganancia de peso, FCA y la supervivencia mejoran con niveles de 2 y 3 mg de selenio, en cuanto al ICC se obtuvo mejor resultado con un nivel de 1 mg de selenio (ICC= 1.04 ± 0.03). Así mismo en otro estudio se evaluaron diferentes dosis de selenio orgánico con niveles de 0, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5 y 0,6 mg/kg en tilapia del Nilo, aquí se encontró que los valores más altos en cuanto a ganancia de peso y TCE se obtuvieron con una dosis de 0,3 mg/kg de selenio orgánico, mientras que el FCA mejoró con dosis de 0,3 y 0,4 mg de selenio, obteniendo valores de 1,53 y 1,60 respectivamente (Naiel *et al.*, 2021).

En cuanto a las variables inmunológicas, Coroian *et al.* (2019) menciona que existe una relación entre la hemoglobina y eritrocitos, pues ambos intervienen en la oxigenación del organismo, en el caso de los peces, los eritrocitos nucleados intervienen directamente en la respuesta inmune, en donde valores altos, pero dentro de los rangos fisiológicos, son beneficiosos para las actividades celulares, específicamente para la tasa de conversión alimenticia y la ganancia de peso. En un estudio que evalúa la levadura *S. cerevisiae* en juveniles de trucha arcoíris, se administró 1,5% de levadura al alimento frente a un grupo control, en donde se evidenció un aumento en el porcentaje de hematocrito y en la cantidad de eritrocitos en el tratamiento con levadura, lo que demuestra que la levadura influye en el sistema inmunológico de los peces (Coroian *et al.*, 2019). En el presente estudio el tratamiento con un nivel de inclusión de 2,5% de levadura presentó mejores resultados en cuanto a hematocrito= 59,33%, conteo de glóbulos rojos= $1,26 \cdot 10^6$ y conteo de glóbulos blancos= $1,57 \cdot 10^4$, la razón de esto se debe a que la levadura es una fuente de β - glucanos y los peces

tienen proteínas especiales que facilitan su reconocimiento, al ser absorbidos los β -glucanos influyen en la producción de anticuerpos (Hansen *et al.*, 2021).

El Boshy *et al.* (2010) en su estudio para evaluar el efecto inmunomodulador en tilapia del Nilo tratada con cloruro de mercurio se suministraron tratamientos a base de *S. cerevisiae*, β -glucano y laminarano, en donde el conteo de leucocitos, linfocitos, neutrófilos y eosinófilos tienen mejores resultados con dietas suministradas con una mezcla a base de levadura *S. cerevisiae* y β -glucanos. De igual manera Vazirzadeh *et al.* (2020) obtiene resultados similares en cuanto al número de neutrófilos y eosinófilos (31,3% y 3,2% respectivamente) aplicando una dieta con levadura *S. cerevisiae* con una concentración de 10^7 CFU/g al alimento balanceado.

Takahashi *et al.* (2017) menciona en su estudio sobre la suplementación con selenio orgánico en pacú (*Piaractus mesopotamicus*) con niveles de 0, 0,3, 0,6, 0,9 y 1,8 mg/kg de selenio, que la cantidad de glóbulos rojos y hematocrito es mayor con una dosis de 0,6 mg de selenio orgánico obteniendo valores de $3,27 \cdot 10^6/\text{mm}^3$ y 42% respectivamente, mientras que la cantidad de linfocitos y monocitos es mayor con una dosis de 0,9 mg de selenio ($42,5 \cdot 10^3/\text{mm}^3$ y $1,07 \cdot 10^3/\text{mm}^3$ respectivamente).

En una investigación que evalúa un aditivo que tiene como base la levadura *S. cerevisiae* con niveles de inclusión de 0,1%, 0,5% y 1% mostraron que la tasa de supervivencia de la trucha arco iris que fueron sometidos a factores de estrés como la falta de oxígeno y altas temperaturas fueron regulados por las dietas que contenían la levadura, siendo el 0,1% de inclusión el mejor tratamiento (Khodadadi *et al.*, 2021), esto se debe a que la pared celular de la levadura posee compuestos como como β -glucanos y manano-oligosacáridos que son liberados cuando se rompe la pared celular, estos compuestos elevan la actividad respiratoria y de macrófagos, lisozimas y leucocitos que influyen en la resistencia a infecciones y el estrés (Huyben *et al.*, 2017).

En otra investigación que evalúa el desarrollo de truchas juveniles en condiciones de hacinamiento se evaluaron dos densidades de carga (25 y 100 kg/m³), dos formas de selenio

(orgánico e inorgánico) y tres niveles de selenio (0, 0,15 y 0,30 mg/kg) donde se determinó que las altas densidades de carga provocan estrés en los animales induciendo una disminución en la ganancia de peso, el consumo de alimento y el factor de conversión alimenticia, sin embargo, en peces que se administraron alimento con selenio mostraron una mejoría en estos mismo parámetros, siendo el selenio orgánico el que demostró mejores resultados con dosis de 0,30 mg de selenio por kg de alimento, también mejoró el estado antioxidante de los peces causado por el estrés al estar en condiciones de hacinamiento (Küçükbay *et al.*, 2009), pues como se mencionó anteriormente en la literatura citada el selenio es una parte esencial de enzimas antioxidantes como la glutatión peroxidasa, la cual influye en parámetros inmunológicos y hematológicos como el aumento en el número de leucocitos, actividad de lisozima, recuento de glóbulos rojos, hematocrito y recuento de glóbulos blancos (Hoya *et al.*, 2022).

En el presente estudio la tasa de mortalidad fue mayor en los días 70 – 80 en los tratamientos T1 (1 mg/kg de Se orgánico) y en el control, esto se produjo porque al tener una mayor cantidad de biomasa dentro de las unidades experimentales deben tener mayor espacio, además de la manipulación de los alevines para las mediciones de los parámetros, en conjunto se produce un estrés en el animal que llegado a niveles críticos puede producir la muerte, sin embargo, en los demás tratamientos la mortalidad se mantuvo en rangos aceptables, junto con la literatura citada demuestran que los niveles altos de levadura que contienen compuestos inmunitarios (β -glucanos y manano-oligosacáridos) y selenio orgánico que es un elemento esencial de enzimas antioxidantes como la glutatión peroxidasa, promueven el sistema inmunológico al aumentar el porcentaje de hematocrito, conteo de glóbulos rojos, glóbulos blancos y en los porcentajes de linfocitos, neutrófilos y eosinófilos.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Los alevines que fueron alimentados con un nivel de 2,5% de inclusión de levadura obtuvieron los mejores resultados en los parámetros morfométricos, con valores de $P=39,55 \pm 0,46g$; $LT= 15,88 \pm 0,44cm$; $LP= 13,66 \pm 0,50cm$; $A= 3,51 \pm 0,14cm$ en los 100 días que duró la evaluación, seguido del T2 (2mg de Se orgánico) mientras que el tratamiento testigo obtuvo los resultados más bajos para estos parámetros.
- En cuanto a los parámetros productivos los alevines alimentados con 2,5% de levadura tuvieron los mejores resultados, en los parámetros $GP=0,42 \pm 0,22g$; $TCE=2,03 \pm 0,83$; $FCA= 1,46 \pm 0,42$; $\%EA= 73,47 \pm 17,31$; $ICC= 1,14 \pm 0,09$; a comparación del testigo que solamente se suministró alimento balanceado sin aditivos presentó valores bajos $GP=0,20 \pm 0,11g$; $TCE=1,40 \pm 0,19$; $FCA= 2,23 \pm 0,68$; $\%EA= 49,46 \pm 5,82$; $ICC=0,90 \pm 0,03$), sin embargo en la tasa de mortalidad no se evidencio diferencias significativas entre los tratamientos.
- En cambio, en los parámetros inmunológicos los tratamientos T2 y T3 presentaron los mejores resultados en hematocrito con $59,17 \pm 2,23\%$ y $59,33 \pm 2,16\%$ respectivamente, el tratamiento T3 presentó mayor cantidad de eritrocitos ($1,26 \pm 0,10 *10^6$) mientras que el tratamiento T2 presentó una mayor cantidad de leucocitos ($1,67 \pm 0,30 *10^4$). En la identificación de leucocitos el T2 presentó mayor cantidad de linfocitos ($98,64 \pm 0,51$) mientras que el tratamiento T0 presentó mayor cantidad de neutrófilos y eosinófilos con valores de $2,75 \pm 0,07$ y $2,22 \pm 0,25$ respectivamente.

Recomendaciones

- Se recomienda utilizar el Tratamiento 3 (2,5% de levadura *S. cerevisiae*) como complemento alimenticio para mejorar los parámetros productivos e inmunológicos con la finalidad de que los alevines no se encuentren vulnerables frente a situaciones de estrés provocada por la turbidez del agua, especialmente en época de lluvias.
- De igual manera el Tratamiento 2 (2 mg/kg de selenio orgánico) es efectivo para promover el sistema inmunológico frente a situaciones de estrés, por lo que es recomendable su uso en dietas balanceadas para alevines de trucha arco iris.
- Evaluar los niveles de inclusión de levadura y selenio orgánico en etapas de juveniles y engorde para trucha arco iris con el propósito de evaluar su influencia en parámetros productivos e inmunológicos en piscifactorías ya sea de pequeña o mediana escala.
- Realizar una investigación evaluando la metagenómica del microbioma intestinal donde se pueda obtener información sobre el proceso de desarrollo de la levadura en el intestino, además de variables como la digestibilidad de dietas y la tasa de ingesta de alimento.
- Evaluar la levadura y selenio orgánico frente a otros factores de estrés como el aumento de temperatura, disminución de oxígeno e incluso frente a enfermedades causadas por hongos o bacterias que son problemas comunes en las piscifactorías.

Bibliografía

- Abdel, T. M., Abdel, R. A. M., y Ismael, N. E. M. (2008). Evaluation of commercial live bakers' yeast, *Saccharomyces cerevisiae* as a growth and immunity promoter for Fry Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) challenged in situ with *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture*, 280(1), 185–189. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.03.055>
- Adel, M., Lazado, C. C., Safari, R., Yeganeh, S., y Zorriehzahra, M. J. (2017). Aqualase®, a yeast-based in-feed probiotic, modulates intestinal microbiota, immunity and growth of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Research*, 48(4), 1815–1826. <https://doi.org/10.1111/are.13019>
- Amirkolaie, A. K., Karimzadeh, J., y Kenari, A. A. (2014). The effects of organic selenium on performance and oxidative level in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) fed a high-fat diet. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 23(1), 90–96. <https://doi.org/10.22358/jafs/65721/2014>
- Aquino, M. G. (2008). Manual básico para el cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). *Manual de Capacitación Para La Participación Comunitaria*. <https://lebascom.files.wordpress.com/2019/02/manual-basico-del-cultivo-de-la-trucha-arco-iris.pdf>
- Atuncar, J. (2020). *Tecnología de cultivo de la trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)* [Monografía, Universidad Nacional San Luis Gonzaga]. <https://hdl.handle.net/20.500.13028/3832>
- Batallas, C. M. A. (2018). *Evaluar la suplementación con polen en alevines de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) medidos a través del peso y talla* [Trabajo de Grado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15658>
- Castillo, B. L. V. (2016). Probióticos y prebióticos como alimentos funcionales en nutrición animal. *Zoociencia*, 3(2). <https://revistas.udca.edu.co/index.php/zoociencia/article/view/514>

- Condori, G. (2019). *Evaluación del crecimiento y levante de larvas a alevinos de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss), con diferentes niveles de alimentación y diferentes densidades en la comunidad de Llaullini, municipio de La Paz* [Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/23726>
- Coroian, C. O., Miresan, V., Raducu, C., Costea, C., Constantinescu, R., Coroian, A., Bentea, M. I., Simeanu, D., Radu-Rusu, C. G., Latiu, C., y Cocan, D. (2019). Oxidative Stress and Haematological Response in Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*) Fed With Brewer Yeast (*Saccharomyces Cerevisiae*) as Nutritional Supplement. *Revista de Chimie*, 70(10), 3727–3733. <https://doi.org/10.37358/RC.19.10.7634>
- Del Valle, A. O. (2014). *Manual de Cultivo de Trucha En Ambientes Convencionales*. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2496894/Manual-de-Cultivo-de-Trucha.pdf>
- El Boshy, M. E., El Ashram, A. M., AbdelHamid, F. M., y Gadalla, H. A. (2010). Immunomodulatory effect of dietary *Saccharomyces cerevisiae*, β -glucan and laminaran in mercuric chloride treated Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and experimentally infected with *Aeromonas hydrophila*. *Fish y Shellfish Immunology*, 28(5–6), 802–808.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2010.01.017>
- Farzad, R., Kuhn, D. D., Smith, S. A., O’Keefe, S. F., Hines, I. S., Bushman, T. J., Galagarza, O. A., y Stevens, A. M. (2021). Effects of selenium-enriched prebiotic on the growth performance, innate immune response, oxidative enzyme activity and microbiome of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 531, 735980.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735980>
- Fontagné, D. S., Godin, S., Liu, H., Prabhu, P. A. J., Bouyssière, B., Bueno, M., Tacon, P., Médale, F., y Kaushik, S. J. (2015). Influence of the forms and levels of dietary selenium on antioxidant status and oxidative stress-related parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus*

mykiss) fry. *British Journal of Nutrition*, 113(12), 1876–1887.

<https://doi.org/10.1017/S0007114515001300>

Furné, M. (2008). *Diferentes Aspectos Fisiológicos en el Esturión Acipenser naccarii. Estudio comparado con la trucha Oncorhynchus mykiss*. [Tesis Doctoral, Universidad de Granada].

chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/1896/17491769.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gharekhani, A., Azari Takami, G., Tukmechi, A., Afsharnasab, M., y Agh, N. (2015). Effect of dietary supplementation with zinc enriched yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on immunity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Iranian Journal of Veterinary Research*, 16(3), 278–282. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4782698/>

Gonçalves, A. T., y Gallardo, E. C. (2017). Microbiome dynamic modulation through functional diets based on pre- and probiotics (mannan-oligosaccharides and *Saccharomyces cerevisiae*) in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Applied Microbiology*, 122(5), 1333–1347. <https://doi.org/10.1111/jam.13437>

Google Maps. (2020). Mapa Satelital de IASA I (Carrera Agropecuaria Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE). IASA I· JH7M+PCX, Sangolquí. In IASA · JH7M+PCX, Sangolquí. https://www.google.com/maps/place/IASA/@-0.4229716,-78.4128095,269m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x91d5bbbd8644851b:0xc6c8b2bb6c026969!8m2!3d-0.3856423!4d-78.4164022!16s%2Fg%2F11xpb5x_8

Gutiérrez Castro, L., y Güechá Castillo, A. Y. (2016). Uso de probióticos en alimentación animal. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 7(2), 43–55.

<https://doi.org/10.22579/22484817.687>

Gutiérrez, L., y Gómez, A. (2008). Determinación de proteína total de *Candida utilis* y *Sacharomyces cerevisiae* en bagazo de caña. *Revista Lasallista de Investigación*, 5(1),

61–64. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttextypid=S1794-44492008000100009#tab2

- Hansen, J. Ø., Lagos, L., Lei, P., Reveco-Urzuá, F. E., Morales-Lange, B., Hansen, L. D., Schiavone, M., Mydland, L. T., Arntzen, M. Ø., Mercado, L., Benicio, R. T., y Øverland, M. (2021). Down-stream processing of baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) – Effect on nutrient digestibility and immune response in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 530, 735707. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735707>
- Hoya, F. J., Estrada, P. A., y Yepes, B. J. A. (2022). Uso del selenio en organismo acuáticos. Una revisión. *Intropica*, 17(1), 97–113. <https://doi.org/10.21676/23897864.4546>
- Huyben, D., Vidakovic, A., Nyman, A., Langeland, M., Lundh, T., y Kiessling, A. (2017). Effects of dietary yeast inclusion and acute stress on post-prandial whole blood profiles of dorsal aorta-cannulated rainbow trout. *Fish Physiology and Biochemistry*, 43(2), 421–434. <https://doi.org/10.1007/s10695-016-0297-0>
- Iwashita, M. K. P., Nakandakare, I. B., Terhune, J. S., Wood, T., y Ranzani-Paiva, M. J. T. (2015). Dietary supplementation with *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae* enhance immunity and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* and *Streptococcus iniae* infection in juvenile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Fish y Shellfish Immunology*, 43(1), 60–66. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.12.008>
- Khodadadi, A., Malekinejad, H., y Hosseini, M. S. (2021). Research Article: Effects of diet supplementation with different level of Celmanax® (*Saccharomyces cerevisiae* cell wall with Mannan-Oligosaccharides) on health, environmental stress and Yersiniosis in *Oncorhynchus mykiss*. *Sustainable Aquaculture and Health Management Journal*, 7(2), 44–60. <https://doi.org/10.52547/ijaah.7.2.44>
- Kohshahi, A. J., Sourinejad, I., Sarkheil, M., y Johari, S. A. (2019). Dietary cosupplementation with curcumin and different selenium sources (nanoparticulate, organic, and inorganic selenium): influence on growth performance, body composition, immune responses, and

- glutathione peroxidase activity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 45(2), 793–804. <https://doi.org/10.1007/s10695-018-0585-y>
- Küçükbay, F. z., Yazlak, H., Karaca, I., Sahin, N., Tuzcu, M., Cakmak, M. n., y Sahin, K. (2009). The effects of dietary organic or inorganic selenium in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under crowding conditions. *Aquaculture Nutrition*, 15(6), 569–576. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2008.00624.x>
- Lujano, R. V. (2021). *Evaluación de las condiciones de cultivo de alevinos *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris” en estanques de concreto en los distritos de San Antón y Crucero* [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Altiplano]. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3218005>
- Macedo, P. A. (2015). *Nivel de energía y proteína en la dieta sobre la formación de residuos en cultivos de truchas Arco Iris* [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Altiplano]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_be8c7e52254efc4c72b7ec86195c1fa3/Description#tabnav
- Mansour, A. T.-E., Goda, A. A., Omar, E. A., Khalil, H. S., y Esteban, M. Á. (2017). Dietary supplementation of organic selenium improves growth, survival, antioxidant and immune status of meagre, *Argyrosomus regius*, juveniles. *Fish y Shellfish Immunology*, 68, 516–524. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.07.060>
- Marquez, C. (2019). *Las truchas, la nueva opción de los agricultores*. Líderes. <http://www.revistalideres.ec/lideres/trucha-piscicultura-chimborazo-comunidades-produccion.html>
- Marval, J. R. (2015). *Valoración del contenido de selenio total y disponible en especies pesqueras de consumo habitual en España* [Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba]. <http://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/13173>
- Méndez, Y., Reyes, J. J., Morales Torres, M. J., Cárdenas Zea, M. P., Escobar Terán, H. E., y Rivas Salas, S. (2021). Estudio de la demanda de la maestría en acuicultura en la

universidad técnica estatal de Quevedo, Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(6), 506–513. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstractypid=S2218-36202021000600506yInq=esynrm=isoytInq=es

Mérida, S. N., Cabezas, M. A. G., Velazco Vargas, J., y Sánchez Lozano, N. B. (2018). El empleo de un probiótico *Saccharomyces cerevisiae* para reducir la mortalidad en alevines de *Oncorhynchus mykiss*. *Ciencias Agropecuarias*, 4(2), 38–40.

<https://doi.org/10.36436/24223484.243>

Misra, S., Peak, D., Chen, N., Hamilton, C., y Niyogi, S. (2012). Tissue-specific accumulation and speciation of selenium in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to elevated dietary selenomethionine. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology y Pharmacology*, 155(4), 560–565. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2012.01.005>

Molina, A. (2019). Probióticos y su mecanismo de acción en alimentación animal. *Agronomía Mesoamericana*, 601–611. <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.34432>

Montaña, C. A. (2009). *Crecimiento y sobrevivencia en el levante de alevinos de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en sistemas cerrados de recirculación de agua* [Proyecto de Tesis, Universidad Militar Nueva Granada]. <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/397>

Morillo, G. N. A. (2019). *Diseño de un plan de negocios para la producción y comercialización de trucha, ubicado en la provincia de Napo, cantón Quijos, sector Las Palmas* [Trabajo de Titulación, Universidad Internacional del Ecuador].

<https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/3978>

Mortazavi, S. J., Barzeghar, A., Farzampour, S., Mirzaii, H., y Safarmashaei, S. (2012). Study of the effect of prebiotic (*Saccharomyces cerevisiae*) and acidifier on growth parameters in grower's rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Annals of Biological Research*, 2012, 3(5), 3, 2053–2057.

https://www.researchgate.net/publication/231677166_Study_of_the_effect_of_prebiotic_Sa

ccharomyces_cerevisiae_and_acidifier_on_growth_parameters_in_grower%27s_rainbow_t
rout_Oncorhynchus_mykiss

Muyulema, N. (2022). *La producción de trucha arco iris en el desarrollo de microempresas en la provincia de Chimborazo* [Tesis de Posgrado, Universidad Nacional de Chimborazo].

<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9002>

Naderi, M., Keyvanshokoo, S., Salati, A. P., y Ghaedi, A. (2017). Proteomic analysis of liver tissue from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under high rearing density after administration of dietary vitamin E and selenium nanoparticles. *Comparative Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics*, 22, 10–19.

<https://doi.org/10.1016/j.cbd.2017.02.001>

Naiel, M. A. E., Negm, S. S., Abd El-hameed, S. A. A., y Abdel-Latif, H. M. R. (2021). Dietary organic selenium improves growth, serum biochemical indices, immune responses, antioxidative capacity, and modulates transcription of stress-related genes in Nile tilapia reared under sub-optimal temperature. *Journal of Thermal Biology*, 99, 102999.

<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102999>

Nazari, K., Shamsaie, M., Eila, N., Kamali, A., y Sharifpour, I. (2017). The effects of different dietary levels of organic and inorganic selenium on some growth performance and proximate composition of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 16(1), 238–251. <http://jifro.ir/article-1-2594-fa.html>

Orna, E. (2010). Manual de alimento balanceado para truchas. *Dirección Regional de La Producción de Puno*, 1–30.

http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/1/jer/PROPESCA_OTRO/difusion-publicaciones/pepa-puno/ALIMENTO%20BALANCEADO.pdf

Ortiz, J. (2014). *Producción dulce acuícola en el Ecuador*.

<https://sites.google.com/site/acuaculturajuanortiz/manuales>

- Pacitti, D., Lawan, M. M., Feldmann, J., Sweetman, J., Wang, T., Martin, S. A. M., y Secombes, C. J. (2016). Impact of selenium supplementation on fish antiviral responses: A whole transcriptomic analysis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed supranutritional levels of Sel-Plex®. *BMC Genomics*, 17(1), 116. <https://doi.org/10.1186/s12864-016-2418-7>
- Pooramini, M., Kamali, A., Hajimoradloo, A., Alizadeh, M., y Ghorbani, R. (2009). Effect of using yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as probiotic on growth parameters, survival and carcass quality in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* fry. *International Aquatic Research*, 1(1), 39–44. https://intelaquares.tonekabon.iau.ir/article_673238.html
- Quevedo, D., Ochoa, J., Corredor, J., y Pulecio, S. (2020). Efectos de la adición de probiótico *Saccharomyces cerevisiae* sobre histomorfología intestinal en pollos de engorde. *Rev Med Vet Zoot*, 67(3), 239–252.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-29522020000300239
- Recalde, D. (2014). Manual práctico para el cultivo de trucha arco iris. *La Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura*, 44.
<https://www.fao.org/3/bc354s/bc354s.pdf>
- Rider, S. A., Davies, S. J., Jha, A. N., Fisher, A. A., Knight, J., y Sweetman, J. W. (2009). Supra-nutritional dietary intake of selenite and selenium yeast in normal and stressed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Implications on selenium status and health responses. *Aquaculture*, 295(3), 282–291.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.07.003>
- Rodríguez, C. A., Ceroni, M., Villegas, E. F., y Cárdenas, T. D. (2019). SELENIO TOTAL Y VIABILIDAD CELULAR EN LA OBTENCIÓN DE SELENIO-LEVADURA. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(4), 518–526. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i4.264>
- Rodríguez, H., y Rojas, S. (2014). Efecto de dietas enriquecidas con vitamina e y selenio orgánico en el comportamiento productivo y calidad funcional del filete de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 25(2), 213–225.

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstractypid=S1609-91172014000200009yInq=esynrm=isoytInq=pt

Rodríguez; Wilson. (2014). *Efecto de inclusión de la levadura de cerveza (Saccharomyces cerevisiae) en el alimento, sobre la respuesta biológica de la gamitana (Colossoma macropomun, Cuvier 1816) en la fase de crecimiento, en Rioja*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].

<https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/820>

Sánchez, M. M. J. (2014). *Biotransformación de selenio en procesos de fermentación y desarrollo de alimentos enriquecidos en selenio, estudios de biodisponibilidad con ensayos in vivo* [Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid].

<https://hdl.handle.net/20.500.14352/25820>

Santos, B. P. G. (2019). *Red inalámbrica de sensores (WSN) de monitoreo de la calidad del agua para estanques de truchas* [Proyecto de Investigación, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29894>

Sheikhzadeh, N., Heidarieh, M., Karimi Pashaki, A., Nofouzi, K., Ahrab Farshbafi, M., y Akbari, M. (2012). Hilyses®, fermented *Saccharomyces cerevisiae*, enhances the growth performance and skin non-specific immune parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish y Shellfish Immunology*, 32(6), 1083–1087.

<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2012.03.003>

Suárez, M. C., Garrido, C. N. A., y Guevara, R. C. A. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 50(1), 20–28. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223148420004>

Takahashi, L. S., Biller-Takahashi, J. D., Mansano, C. F. M., Urbinati, E. C., Gimbo, R. Y., y Saita, M. V. (2017). Long-term organic selenium supplementation overcomes the trade-off between immune and antioxidant systems in pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Fish y Shellfish Immunology*, 60, 311–317. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.11.060>

- Torres, J. A., y Mogollón, A. V. (2017). *Evaluación del crecimiento de alevinos de bocachico (Prochilodus Magdalenae) alimentados con Saccharomyces Cerevisiae como potencial probiótico* [Trabajo de Grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].
<http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/12678>
- Tukmechi, A., y Bandboni, M. (2014). Effects of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on immune response, hematological parameters, body composition and disease resistance in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). *Journal of Applied Ichthyology*, 30(1), 55–61. <https://doi.org/10.1111/jai.12314>
- Tukmechi, A., Rahmati Andani, H. R., Manaffar, R., y Sheikhzadeh, N. (2011). Dietary administration of beta-mercapto-ethanol treated *Saccharomyces cerevisiae* enhanced the growth, innate immune response and disease resistance of the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Fish y Shellfish Immunology*, 30(3), 923–928.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2011.01.016>
- Vazirzadeh, A., Roosta, H., Masoumi, H., Farhadi, A., y Jeffs, A. (2020). Long-term effects of three probiotics, singular or combined, on serum innate immune parameters and expressions of cytokine genes in rainbow trout during grow-out. *Fish y Shellfish Immunology*, 98, 748–757. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.11.023>
- Vidakovic, A., Huyben, D., Sundh, H., Nyman, A., Vielma, J., Passoth, V., Kiessling, A., y Lundh, T. (2020). Growth performance, nutrient digestibility and intestinal morphology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed graded levels of the yeasts *Saccharomyces cerevisiae* and *Wickerhamomyces anomalus*. *Aquaculture Nutrition*, 26(2), 275–286.
<https://doi.org/10.1111/anu.12988>
- Wang, L., Zhang, X., Wu, L., Liu, Q., Zhang, D., y Yin, J. (2018). Expression of selenoprotein genes in muscle is crucial for the growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets supplemented with selenium yeast. *Aquaculture*, 492, 82–90.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.03.054>

Yucra, E. E. (2016). *Efecto de un probiótico comercial sobre el crecimiento, conversión alimenticia y sobrevivencia de alevinos de Oncorhynchus mykiss, Ayacucho 2015*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].

<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2343>