



**FACULTAD DE OCEANOGRAFÍA, PESQUERÍA, CIENCIAS ALIMENTARIAS Y
ACUICULTURA**

Comparación de dos sistemas de cultivo en la etapa de primer alevinaje de
trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la SAIS Túpac Amaru,
Pachacayo, Junín

Línea de investigación:

Competitividad industrial, diversificación productiva y prospectiva

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Pesquero Acuicultor

Autora:

Oblitas Ramos, Anny Mónica

Asesora:

Díaz Cachay, Catalina Beatriz

ORCID: 0000-0003-1981-5616

Jurado:

Álvarez Verde, Claudio Abdón

Mogollón Ávila, Santos Valentín

Figueroa Vargas Machuca, Manuel Eduardo

Lima - Perú

2024



COMPARACIÓN DE DOS SISTEMAS DE CULTIVO EN LA ETAPA DE PRIMER ALEVINAJE DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN LA SAIS TÚPAC AMARU, PACHACAYO, JUNÍN

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	rnia.produce.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	bioseguridad.minam.gob.pe Fuente de Internet	1%
8	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%



**FACULTAD DE OCEANOGRAFÍA, PESQUERÍA, CIENCIAS ALIMENTARIAS Y
ACUICULTURA**

COMPARACIÓN DE DOS SISTEMAS DE CULTIVO EN LA ETAPA DE PRIMER
ALEVINAJE DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN LA SAIS TÚPAC
AMARU, PACHACAYO, JUNÍN

Línea de investigación:

Competitividad industrial, diversificación productiva y prospectiva

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Pesquero Acuicultor

Autora

Oblitas Ramos, Anny Mónica

Asesora

Díaz Cachay, Catalina Beatriz

ORCID: 0000-0003-1981-5616

Jurado:

Álvarez Verde, Claudio Abdón

Mogollón Ávila, Santos Valentín

Figueroa Vargas Machuca, Manuel Eduardo

Lima – Perú

2024

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Elizabeth Ramos y Viviano Oblitas, por todo el apoyo incondicional, para culminar esta etapa profesional con éxito.

A mi hermana Rosario Oblitas, quien me ha apoyado durante todo este recorrido. A mis sobrinos Xiomara y Eydan, por motivarme a ser un ejemplo para ellos.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Elizabeth y Viviano, por su apoyo y motivación diaria para no rendirme en este camino, así culminar con éxito esta etapa de mi carrera profesional.

Agradezco a mi asesora, la Magister Catalina Beatriz Díaz Cachay, quien con sus conocimientos y apoyo me guio a través de cada etapa de este proyecto para alcanzar los resultados que buscaba.

A los ingenieros Percy Bustamante Gonzales y Walter Blas Ramos por su apoyo antes y durante la realización de la presente tesis.

Al Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura, por el financiamiento para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Por último, quiero agradecer a mi familia, tíos, primos y sobrina. por apoyarme aun cuando mis ánimos decaían, brindándome palabras de apoyo y un abrazo reconfortante para renovar energías.

Muchas gracias a todos.

ÍNDICE

Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción y formulación del problema.....	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Objetivos.....	6
1.3.1 Objetivo general.....	6
1.3.2 Objetivos específicos.....	7
1.4. Justificación.....	7
1.5. Hipótesis.....	9
1.5.1. Hipótesis general.....	9
1.5.2. Hipótesis específicas.....	9
II. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	11
2.1.1. Descripción y clasificación taxonómica de la trucha arco iris.....	11
2.1.2. Características externas de la trucha.....	12
2.1.3. Etapas de desarrollo de la trucha.....	12
2.1.4. Distribución de la trucha.....	13
2.1.5. Sistemas de cultivo para la producción de trucha.....	14
2.1.6. Formas de estanques en la producción de truchas.....	15
2.1.7. Aspectos relacionados con el requerimiento de agua.....	16
2.1.8. Aspectos relacionados a la alimentación.....	18
2.1.9. Parámetros productivos.....	20
III. MÉTODO.....	23
3.1. Tipo de investigación.....	23

3.2. Ámbito temporal y espacial.....	23
3.3. Variables	23
3.3.1. Variable dependiente.....	23
3.3.2. Variable independiente.....	23
3.4. Población y muestra.....	23
3.5. Instrumentos.....	24
3.5.1. Materiales.....	24
3.5.2. Equipos.....	24
3.6. Procedimientos	25
3.6.1. Fase experimental.....	25
3.6.2. Acondicionamiento de los estanques de fibra de vidrio y estanques de concreto.	25
3.6.3. Obtención de alevinos	26
3.6.4. Manejo de los alevinos.....	28
3.6.5. Sistema de alimentación.....	28
3.6.6. Limpieza de los estanques.....	29
3.6.7. Evaluación fisicoquímica del agua.....	30
3.7. Análisis de datos	30
IV. RESULTADOS	31
4.1. Parámetros productivos	31
4.1.1. Análisis del peso promedio	31
4.1.2. Análisis de la longitud total.....	34
4.1.3. Análisis de la Tasa de Crecimiento Específico (SGR)	37
4.1.4. Análisis del Factor de Conversión Alimenticia (FCA)	40
4.1.5. Análisis del Factor de Condición (K).....	43
4.1.6. Análisis de sobrevivencia de alevinos de trucha en función al tiempo de cultivo en tanques circulares. 46	
4.1.7. Análisis de sobrevivencia del número de alevinos de trucha en función al tiempo cultivados en estanques rectangulares.....	47

4.1.8. Resumen de los promedios.....	51
4.2. Parámetros fisicoquímicos durante la investigación.....	52
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	54
VI. CONCLUSIONES	57
VII. RECOMENDACIONES.....	58
VIII. REFERENCIAS	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación taxonómica de la trucha arco iris	11
Tabla 2: Comportamiento de trucha en función al nivel de oxígeno del agua.....	16
Tabla 3: Caudal expresado en litros por minuto necesario para mantener a 2 000 alevines	18
Tabla 4: Tamaño de los alevinos y número por metro cubico, en relación con el diseño del estanque.....	18
Tabla 5: Cantidad de veces a alimentar por día, según tamaño de alevino.....	19
Tabla 6: Requerimientos nutricionales de la trucha arco iris.....	20
Tabla 7: Características del alimento inicio granulado	29
Tabla 8: Peso promedio de alevinos de trucha cultivados en los sistemas de cultivo .	31
Tabla 9: Estadísticos descriptivos del peso promedio de alevinos de trucha	33
Tabla 10: Promedios de la longitud total según muestreo	34
Tabla 11: Estadísticos descriptivos de la longitud de alevinos de trucha cultivados...	36
Tabla 12: Promedios de la Tasa de Crecimiento específico (SGR) de los alevinos	37
Tabla 13: Estadísticos descriptivos del SGR de alevinos de trucha cultivados	39
Tabla 14: Promedios del Factor de Conversión Alimenticia (FCA) para alevinos	40
Tabla 15: Estadísticos descriptivos del FCA de los alevinos de trucha.....	42
Tabla 16: Promedios del Factor de Condición K para alevinos de trucha cultivados .	43
Tabla 17: Estadísticos descriptivos del Factor de condición según sistema de cultivo	45
Tabla 18: Supervivencia de alevinos de trucha en función al tiempo cultivados en tanque.....	46
Tabla 19: Estadísticos descriptivos de supervivencia de alevinos de trucha cultivados	47
Tabla 20: Supervivencia de trucha en función al tiempo cultivados en estanques rectangulares	48

Tabla 21: Estadísticos descriptivos de sobrevivencia de alevinos de trucha cultivados	49
Tabla 22: Cuadro resumen de los resultados promedios obtenidos al final de la investigación	52
Tabla 23: Valores promedio de la temperatura del agua, pH, y oxígeno.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estanques circualres de fibra de vidrio	26
Figura 2: Estanques rectangulares de concreto	26
Figura 3: Incubadoras sistema vertical.....	27
Figura 4: Sistema de inyección de oxígeno	28
Figura 5: Tanques circulares	30
Figura 6: Tendencias del peso promedio según el sistema de cultivo y etapa.....	31
Figura 7: Tendencia de la longitud según el sistema de cultivo y etapa	35
Figura 8: Tendencia de los promedios del SGR en ambos sistema de cultivo	38
Figura 9: Tendencia de los promedios del FCA en ambos sistema de cultivo	41
Figura 10: Tendencia de los promedios del Factor de condicion K.....	44
Figura 11: Tendencia de las sobrevivencias de los alevines de trucha en ambos sistemas.....	45

RESUMEN

El objetivo fue evaluar los parámetros productivos en dos sistemas de cultivo durante la primera etapa de alevinaje de la trucha arcoíris. La metodología fue de tipo experimental, se utilizaron dos sistemas de cultivos conformado por cuatro tanques circulares de fibra de vidrio (TC) y cuatro estanques rectangulares (ER), se utilizaron 80 000 alevinos y distribuyeron 10 000 en cada unidad productiva, la experimentación tuvo 60 días de duración. Para los TC el peso inicial promedio fue $0,17\pm 0,006$ g y longitud total promedio $2,5\pm 0,019$ cm, mientras que para los ER fue $0,16\pm 0,028$ g y $2,42\pm 0,056$ cm. La alimentación fue a saciedad. Los resultados a un nivel de significancia del 5% fueron significativos, encontrándose diferencias en el peso promedio, longitud total promedio y tasa de crecimiento específico (SGR). El peso promedio final para los TC fue $1,30\pm 0,00$ g y para los ER $1,55\pm 0,202$ g, la longitud total promedio final para los TC fue $4,75\pm 0,058$ cm y $4,9\pm 0,036$ cm para los ER. La tasa de crecimiento específico (SGR) en los TC fue $3,38\pm 0,058$ (%/día) y $3,69\pm 0,093$ en los ER. No se encontraron diferencias significativas para el factor de condición (K), factor de conversión alimenticia (FCA) y tasa de alimentación. A los 60 días el FCA fue $0,728\pm 0,070$ para TC y $0,765\pm 0,235$ para ER; el valor K para TC fue $1,21\pm 0,044\%$ y $1,69\pm 0,612\%$ para ER. Se concluye que no existe diferencias entre los dos sistemas de cultivo en la primera etapa de alevinaje de trucha arcoíris.

Palabras clave: trucha, parámetros productivos, tanques circulares, estanques rectangulares.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the productive parameters in two culture systems during the first stage of rainbow trout fry. The methodology was experimental, two culture systems were used, consisting of four circular tanks and four rectangular ponds, 80,000 fingerlings were used and 10,000 were distributed in each productive unit. For the circular tanks, fingerlings with an average initial weight of 0.17 ± 0.006 g and average total length of 2.5 ± 0.019 cm were used, and for the rectangular ponds with a weight of 0.16 ± 0.028 g and a length of 2.42 ± 0.056 cm. The feeding was to satiety. The results at a 5% significance level were significant to final average total weight and length, for the rectangular tanks was 1.55 ± 0.202 g and 4.9 ± 0.036 cm respectively, while for the circular tanks 1.30 ± 0.00 g and 4.75 ± 0.058 cm. The specific growth rate (SGR) for circular ponds was 3.38 ± 0.058 and 3.69 ± 0.093 (%/day) for rectangular ponds. The final condition factor (K) was $1.21\pm 0.044\%$ and $1.69\pm 0.612\%$ for circular and rectangular ponds, respectively. The average feed conversion factor (FCA) for the circular tanks was 0.728 ± 0.070 and 0.765 ± 0.235 for the rectangular ones. It is concluded that there are no differences between the two culture systems in the first stage of rainbow trout fry.

Keywords: trout, production parameters, circular tanks, rectangular ponds.

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una actividad productiva en constante desarrollo y crecimiento de vital importancia para la seguridad alimentaria, (Vásquez-Quispesivana, 2022), durante el año 2022, el Perú logró una producción total de 140 931 toneladas, significando en términos económicos 411 millones de dólares de acuerdo con las cifras asociación de exportadores (Vega, 2023). En cuanto a la estructura productiva, la trucha representa el 43,7% de la producción total acuícola, seguido por langostino con una participación del 31,1%, y en tercer lugar por la concha de abanico 18,8% según el Ministerio de la Producción (PRODUCE, 2022).

Esto ha hecho que la acuicultura, específicamente el cultivo de truchas sea una actividad de interés para muchos pobladores a nivel nacional siendo los departamentos más representativos que realizan esta actividad Puno, Huancavelica, Pasco y Junín según el Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES, 2021).

Su posibilidad de cultivo en los distintos ambientes acuáticos ofrece amplísimas alternativas en aguas continentales. Sin embargo, es claro que para ello se requiere la generación o adaptación de tecnologías productivas (en cuanto a la disposición de semilla, alimentos, sistemas de cultivo) y el desarrollo de mercados, buscando técnicas que permitan que la producción de esta especie sea cada vez mayor, por lo que debe ser un hecho constante la innovación en su crianza (Berger, 2020).

La producción de truchas está supeditada entre otros aspectos a la calidad de agua, siendo el oxígeno el parámetro de mayor importancia para los cultivos en estanques de concreto (Fernández, 2016), éstos pueden ser rectangulares, cuadradas, octagonales, ovaladas y circulares. Los más comunes son los rectangulares, ya que son más fáciles de construir, pero tienen problemas con la oxigenación por la acumulación de productos metabólicos en las áreas muertas. Por lo que en el diseño de este tipo de estanques se debe tener cuidado con la relación

entre el largo y ancho, así cuanto mayor es la relación, tendrá menor uniformidad en el flujo y por lo tanto mayor presencia de zonas muertas. En los estanques circulares las velocidades del agua son mayores, lo que hace que los peces recién capturados se adapten mejor, permite una distribución más uniforme de animales y alimento; tiene mayor facilidad de autolimpiarse y requieren de un flujo menor (según la carga de peces); una característica más importante en el funcionamiento de los estanques circulares es la relación entre el diámetro (D) y su profundidad (H). Algunos autores recomiendan relaciones entre D/H 5:1 a 10:16, (García-Criollo y Sánchez-Ortiz, 2015) siendo la proporción máxima de 6:1 (Junge et al., 2020).

1.1. Descripción y formulación del problema

Según el anuario estadístico de pesca y acuicultura del PRODUCE (2022) se cosechó 140 931 TM de productos hidrobiológicos dentro de los cuales se encuentra la trucha arco iris con 61 572,8 TM, que representa aproximadamente el 43,7% de la oferta de productos de la acuicultura de aguas continentales, “siendo la región Junín el cuarto productor de truchas arco iris a nivel nacional, con 213 resoluciones de autorización registradas para el cultivo de truchas, para acuicultura de mayor, menor escala y de subsistencia” (Meza, 2019, p. 2).

En la piscigranja SAIS Túpac Amaru se cultivan truchas desde 1970, pero lamentablemente se ve afectada por limitaciones que requieren pronta solución. Entre ellas podemos encontrar: falta de infraestructura adecuada, escaso desarrollo tecnológico, asistencia técnica en manejo acuícola, capacitaciones, investigaciones, y elaboración de estudios de mercado según el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo del Perú (MINCETUR, 2019). El sistema de estanquería que tiene la SAIS actualmente, es de tipo rectangular diseño al cual varios autores le atribuyen problemas, así García-Criollo y Sánchez-Ortiz (2015) indican la formación de puntos muertos en los ángulos formados por los diques, donde la renovación del

agua es casi nula y el oxígeno es bajo debido a que la circulación hace que se acumulen los productos metabólicos y los desechos sólidos.

Por otro lado, la producción de truchas en la SAIS se realiza con ovas que se obtienen de sus propios reproductores, que al no ser renovada la línea genética corren el riesgo de tener bajas producciones que va en desmedro de su competitividad. Lamentablemente por la falta de apoyo financiero, conocimiento y experiencia técnica los dirigentes de la SAIS TUPAC AMARU no han podido realizar una eficiente gestión y control de la producción actual de los alevinos de trucha, careciendo de innovación productiva.

Por lo referido se plantea como problema general ¿Cuál será el efecto de dos sistemas de cultivo en los parámetros productivos en la etapa de primer alevinaje de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la SAIS Túpac Amaru, Pachacayo?

1.2. Antecedentes

La planificación de las instalaciones para producir peces implica la elección adecuada del tipo de estanques que dependerá de la especie a cultivar. Los diseños varían entre los convencionales de forma rectangular o circular y los doble-D o interminables. Los tanques circulares tienen como ventaja la distribución homogénea del agua, baja acumulación de sedimento y capacidad auto limpiante. Otro aspecto por considerar, en la elección de estanques, es la inclinación del fondo, mayor pendiente puede facilitar el drenaje completo (Junge et al., 2020).

Según García-Aragón et al. (2014) en su investigación: Criterios hidrodinámicos para el diseño de sistemas de recirculación en acuicultura indica que el ingreso del agua en estanques circulares debe ser por medio de difusores adheridos a la pared exterior, una adecuada disposición de los difusores permite establecer condiciones idóneas de sedimentación de partículas y seleccionar la velocidad de confort del pez, definir estas condiciones de ingreso y salida del flujo, lograr una distribución homogénea de peces, garantizando el uso óptimo del

volumen de agua. Además, se puede optimar la remoción de sólidos de forma natural (por sedimentación).

Romero y Vílchez (2016) afirman que los estanques circulares tienen varias ventajas, las velocidades del agua son más altas, lo que ocasiona una que los parámetros de calidad de agua como oxígeno, temperatura y pH se mantengan estables en todas partes del estanque sin generar áreas muertas, y tiene mayor facilidad de autolimpiarse, tienden a tener una mejor distribución de comida que los canales de agua, a diferencia de los estanques rectangulares, cuya circulación del agua no ocurre de manera homogénea en todo el área del estanque, generando áreas muertas y cortos circuitos, ocasionando la disminución del oxígeno y la acumulación de los productos metabólicos generando sobreesfuerzo a los peces y en casos extremos la muerte. En su investigación titulada: “Comparación de la producción de alevinos de trucha arco iris en un estanque circular y un estanque rectangular, desarrollada en Miraflores, Huancayo, Junín”, evaluó el incremento de peso y longitud, conversión alimenticia, mortalidad, sanidad y costos de producción; obteniendo mejores resultados en el estanque circular, con un peso promedio final de 3,892 g, longitud promedio final de 9,5 cm y factor de conversión alimenticia 1,35, en un periodo de 3 meses. En cuanto a los parámetros de sanidad, se presentó la enfermedad boca roja tanto para el circular como el rectangular, registrándose una mayor mortalidad en el último (7,22%), concluyendo que el estanque circular es mejor que el rectangular.

Zhang et al. (2022) en el trabajo publicado como “*Hydrodynamics of recirculating aquaculture tanks with different spatial utilization*” hacen referencia a los resultados obtenidos quienes emplean el método ampliamente utilizado de dinámica de fluidos computacional para optimizar la estructura del tanque mediante modelado paramétrico que permite obtener detalles del flujo visualizados el evaluar condiciones hidrodinámicas entre ella velocidad de flujo, índice de uniformidad del flujo la vorticidad y el remolino. Determinaron que, medida que

aumenta la relación diámetro-profundidad (L/H), la intensidad de la turbulencia en el campo de flujo se debilita gradualmente, el área de baja velocidad aumenta y la velocidad de flujo promedio disminuye. Con una relación diámetro-profundidad (L/H) de 3:1 a 5:1, mejoran los coeficientes de uniformidad, eficiencia energética y corrección del fraude, optimizando el flujo en el tanque de acuicultura. En el mismo artículo también hacen referencia a las diferencias sustanciales que existen entre tipos de estanques, así se menciona que los estanques rectangulares son fáciles de construir y tienen bajo costo y alta utilización espacial, pero baja velocidad del agua, poca uniformidad de los parámetros físico-químicos del agua y zonas de muertas dentro del estanque; mientras que los estanques circulares tienen patrones de flujo más estables y velocidades más altas además de utilización espacial más baja.

Respecto a los parámetros productivos, se cuenta con la investigación realizada por Fernández (2016), quien evaluó durante 6 semanas, el efecto de dos diseños de estanques en los parámetros productivos de truchas arco iris, durante la etapa juvenil. Obtuvo los siguientes resultados: el factor de conversión final fue de 1,23 para estanques rectangulares y 1,20 para estanques circulares. La condición animal final fue de 1,28%, para estanques rectangulares y 1,20% para estanques circulares. La mortalidad obtenida fue de 1,03% para estanques circulares y 2,68% para estanques rectangulares. En cuanto al peso final, muestra una gráfica que revela una tendencia ascendente en la ganancia de peso, destacando un rendimiento favorable para los estanques circulares. Concluyendo que el diseño circular es más beneficioso en cuanto a aspectos técnicos y económicos.

Chamorro (2021) en su investigación comparativa de dos sistemas de cultivo estanques rectangulares y circulares, desarrollada en la piscigranja “Los Retoños”, ubicada en la provincia de Jauja, evaluó en un periodo de tres meses los índices productivos y las condiciones para el desarrollo óptimo de alevinos de trucha arco iris, con una población de ocho millares de alevinos de trucha arco iris todos con peso y longitud uniformes, dividida en

dos grupos A (tanques circulares de acero inoxidable) y B (estanques rectangulares), con dos repeticiones: A1, A2 y B1, B2 de 2 000 alevinos, el control biométrico fue semanal, la mortalidad, alimentación y temperatura fue diario, obtuvieron los siguientes resultados: índice de condición corporal de $1,26 \pm 0,0475$ y $1,23 \pm 0,0464$ para A y B respectivamente, tasa específica de crecimiento para A y B $2,90 \pm 0,2561$ y $2,55 \pm 0,3898$ respectivamente, factor de conversión alimenticia de A y B $0,83 \pm 0,0621$ y $0,97 \pm 0,1518$ respectivamente y porcentaje de sobrevivencia de no menor al 99% para todos los tratamientos. Llegando a la conclusión que los índices productivos en los estanques circulares y rectangulares fueron similares y que en ambos las condiciones fisicoquímicas del agua son óptimas para el desarrollo de las truchas.

Machaca (2023) en su investigación de indicadores productivos en un sistema de cultivo cerrado RAS, utilizando estanques circulares en la primera etapa de alevinos de trucha arcoíris, obtuvo los siguientes resultados: la mortalidad acumulada fue de 0,99%, la tasa de crecimiento específica (SGR) de 9,29 durante la primera semana de cultivo y 4,61 previo a la cosecha indicando que estos resultados se deben a que los alevinos pequeños de 0,8 g destinan la energía principalmente al crecimiento, conforme crecen, la energía se destina más al mantenimiento, lo que reduce la tasa de crecimiento gradualmente. Además, identificó una relación lineal entre el SGR y la temperatura en alevinos de trucha, sugiriendo que a 15 °C se alcanza un crecimiento más rápido en un período menor. En cuanto al factor de conversión alimenticia (FCA), se obtuvo un promedio de 0,65.

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar los parámetros productivos en dos sistemas de cultivo en la etapa de primer alevinaje de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* en la SAIS Túpac Amaru, Pachacayo, Junín.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Evaluar el efecto en el crecimiento (peso y longitud) de alevinos de trucha en dos sistemas de cultivo.
- Evaluar las variables técnicas de cultivo: tasa de crecimiento específico (SGR), factor de conversión de alimenticia (FCA), factor de condición de Fulton (K), y sobrevivencia (%).

1.4. Justificación

La acuicultura en la sierra se enfoca en el cultivo de truchas, especialmente la trucha arcoíris, que originalmente se introdujo en entornos acuáticos fríos, ha experimentado un gran aumento de popularidad y ha logrado prosperar en los Andes gracias a las condiciones naturales propicias del entorno. Sin embargo, la limitada infraestructura afecta la producción y etapas posteriores, mientras que los obstáculos en transporte y comunicación presentan desafíos. Es crucial ajustar tecnologías para pequeñas empresas, consolidar volúmenes con estándares de calidad homogéneos, implementar estrategias de mercadeo y fomentar la formalización y asociación entre productores (Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura [PNIPA], 2018).

La ciencia, desarrollo tecnológico e innovación son esenciales en la acuicultura para entender a fondo las especies locales. Los sistemas de cultivo en el país (concha de abanico, langostino y trucha arcoíris) son adaptaciones exitosas de tecnologías importadas, fortaleciendo la competitividad de los productores, mejorando la productividad y contribuyendo al crecimiento económico, seguridad alimentaria y bienestar social en Perú. Este progreso depende en gran medida de la investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación activa (PRODUCE, 2012).

Según Berger (2020) la acuicultura debe desarrollarse de manera sostenible, eficiente y competitiva, aplicando procesos innovadores, poniendo énfasis en el desarrollo de tecnologías

aplicadas. Valorar las perspectivas y oportunidades de la acuicultura es crucial para satisfacer demandas nutricionales futuras con alimentos de calidad y mínimos impactos ambientales.

La trucha es una de las principales especies que se consideran prioritarias de atención contempladas en la política nacional de acuicultura al 2030 (PRODUCE, 2023), su cultivo se concentra en los departamentos de Puno y Junín. En el estudio de Zonificación Ecológica y Económica de la región Junín se menciona que existen 4 cuencas y 42 subcuencas, con un gran potencial hídrico, que no son aprovechados en su totalidad (Gerencia regional de recursos naturales y gestión del medio ambiente del gobierno regional Junín, 2015).

En la región Junín existen pocas empresas acuícolas de importancia, una de ellas es el Consorcio Agua Azul, una asociación conformada por cinco empresas acuícolas pequeñas, enfocadas en elevar los volúmenes anuales de producción de trucha. En esa misma perspectiva, la SAIS Túpac Amaru viene desarrollando acciones que le permitan remontar producciones, acorde a su rol pionero, pues fue una de las primeras en esta región que desarrolló la truchicultura (Responsabilidad Social Empresarial, 2012).

La SAIS utiliza un sistema de cultivo tradicional con estanques rectangulares (PNIPA, 2018); el cuál suele tener ciertas limitaciones, como capacidad de carga reducida, vida útil corta por el efecto erosivo del agua que daña el fondo y los taludes (Erazo y Rosado, 2001), la acumulación de biosólidos (Oca y Masaló, 2009) debido a las deficiencias en la circulación del agua. Por lo que, resulta fundamental innovar en nuevos sistemas de cultivo que puedan superar estas limitaciones (Erazo y Rosado, 2001).

La propuesta forma parte del proyecto presentado por la SAIS Túpac Amaru y la empresa OVASEED para el PNIPA “Producción de alevinos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) de alta rentabilidad, a partir de ovas *premium* para garantizar la sostenibilidad del cultivo en la región Junín (Contrato N° 126-2018-PNIPA SUBPROYECTO)”, buscando a su vez promover centros piloto para el desarrollo de esta especie empleando estanques más

livianos. Por lo que, propusieron, como parte del proyecto, el desarrollo de la presente tesis para comparar el rendimiento de cultivo en la primera etapa de alevinos empleando estanques rectangulares de concreto vs tanques circulares de fibra de vidrio.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Los tanques circulares de fibra de vidrio presentan mejores parámetros productivos que los estanques rectangulares en el primer alevinaje de trucha arcoíris.

1.5.2. Hipótesis específicas

- **Hipótesis 1 (H1):** El peso promedio de los alevinos en los tanques circulares de fibra de vidrio, a los 60 días de cultivo, es diferente al peso promedio de los alevinos en los estanques rectangulares de concreto.

Hipótesis nula 1 (Ho1): El peso promedio de los alevinos en los tanques circulares de fibra de vidrio, a los 60 días de cultivo, es igual al peso promedio de los alevinos en los estanques rectangulares de concreto.

- **Hipótesis 2 (H2):** La longitud promedio de los alevinos a 60 días de cultivo, en ambos sistemas son diferentes.

Hipótesis nula 2 (Ho2): La longitud promedio de los alevinos a 60 días de cultivo, en ambos sistemas son iguales.

- **Hipótesis 3 (H3):** El SGR promedio de los alevinos a 60 días de cultivo, en ambos sistemas son diferentes.

Hipótesis nula 3 (Ho3): El SGR promedio de los alevinos a 60 días de cultivo, en ambos sistemas son iguales.

- **Hipótesis 4 (H4):** El FCA promedio de los alevinos a 60 días de cultivo, en ambos sistemas son diferentes.

Hipótesis nula 4 (Ho4): El FCA promedio de los alevinos a 60 días de cultivo, en ambos sistemas son iguales.

- **Hipótesis 5 (H5):** El Factor de Condición de Fulton (K) promedio de los alevinos a 60 días de cultivo, en ambos sistemas son diferentes.

Hipótesis nula 5 (Ho5): El Factor de Condición K promedio de los alevinos a 60 días de cultivo, en ambos sistemas son iguales.

- **Hipótesis 6 (H6):** La Supervivencia de los alevinos a 60 días de cultivo, es independiente del sistema de cultivo.

Hipótesis nula 6 (Ho6): La Supervivencia de los alevinos a 60 días de cultivo, no es independiente del sistema de cultivo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. Descripción y clasificación taxonómica de la trucha arco iris

La trucha es un grupo de animales vertebrados, cuyas características son cuerpo de forma alargada, fusiforme con 60-66 vértebras, 3-4 espinas dorsales, 10-12 rayos dorsales blandos, 3-4 espinas anales, 8-12 rayos anales blandos, 19 rayos caudales. Aleta adiposa presente, usualmente con borde negro. Coloración azul a verde oliva sobre una banda rosada a lo largo de la línea lateral y plateada por debajo de ella. Lomo, costados, cabeza y aletas cubiertas con pequeños puntos negros (Food and Agriculture Organization [FAO], 2009). Su clasificación taxonómica según el Sistema Nacional de Acuicultura (SINACUI, 2022) se detalla en la tabla 1.

Tabla 1

Clasificación taxonómica de la trucha arco iris

Clasificación	
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinopterygii
Orden	Salmoniformes
Familia	Salmonidae
Subfamilia	Salmonoidei
Género	<i>Oncorhynchus</i>
Especie	<i>Oncorhynchus</i>
	<i>mykiss</i>
Nombre común	Trucha arco iris

2.1.2. Características externas de la trucha

La trucha arcoíris se puede encontrar en las zonas altoandinas. Se distingue por tener el cuerpo de forma fusiforme (forma de huso), cubierto con finas escamas, y dorso azulado, de color marrón o verde oliva, tiene flancos plateados con una franja rojiza e iridiscente, a lo largo del cuerpo y aletas, vientre blanco plateado (SINACUI, 2022). La coloración puede experimentar variaciones según el entorno, las dimensiones y la condición sexual. (FAO, 2009). La alimentación de la trucha arcoíris en la en la fase juvenil es principalmente de zooplancton, lo que facilita la transición a una dieta artificial. En la etapa adulta, adopta hábitos alimenticios carnívoros, consumiendo presas vivas como insectos en fase larvaria, moluscos, crustáceos, gusanos, renacuajos y peces pequeños, ya sean de la misma especie u otras (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2015).

2.1.3. Etapas de desarrollo de la trucha

Según el SINACUI (2022) la trucha tiene cuatro etapas de cultivo incubación, alevinaje, juvenil y engorde. Dentro de ellas se puede establecer cinco etapas de desarrollo biológico: ovas, larvas, alevinos, juveniles y engorde.

Ova. Óvulo fecundado y viable. Se considera ova embrionada desde la formación del ojo en el embrión (fase de ojo) hasta la eclosión (Maíz, et al., 2010).

Larva. Posterior a la eclosión, la duración de esta etapa puede variar de 15 a 30 días, dependiendo de la temperatura del agua. Durante este periodo, es posible observar la presencia del saco vitelino, que proporciona reservas nutritivas para su alimentación hasta que su desarrollo fisiológico permita que pueda ingerir alimento externo. En esta fase, ya están en condiciones de nadar libremente (FONDEPES, 2021).

Alevino. Posterior a la absorción del saco vitelino, hasta el estadio juvenil, esta fase tiene una duración aproximada de 3 meses dependiendo de la temperatura del agua; el pez presenta características de adulto. La administración del alimento balanceado tipo pre-inicio e

inicio debe realizarse de 8-10 veces al día. En esta etapa, las truchas muestran un crecimiento desigual, por lo que se recomienda realizar selecciones de tamaño cada 15-20 días para evitar el estrés en los alevinos (FONDEPES, 2021).

Juvenil. Se considera el que tiene una longitud promedio de 10 cm hasta llegar a 17 cm, con un peso medio de unos 68 g. Esta fase tiene una duración de 2 meses, en condiciones normales de crianza durante este período, se les proporciona alimento balanceado tipo crecimiento, que contienen alrededor de 40% de proteína, administrándoles una cantidad aproximada al 3,5% de su biomasa (FONDEPES, 2021).

Engorde. Se denominan a aquellos que tienen longitud media de 17 cm hasta alcanzar los 26 cm, equivalente a un peso promedio de 250 g. Esta fase tiene una duración aproximada 3 meses. En este periodo, se les proporciona alimento balanceado tipo engorde, con alrededor del 35% de proteína, suministrándoles alrededor del 1,5% de su biomasa en raciones distribuidas entre 2 y 4 veces al día. (FONDEPES, 2021).

2.1.4. Distribución de la trucha

Su distribución natural abarca desde el suroeste de Alaska, específicamente en el río Kuskokwim, hasta el río Presidio en México, con ocasionales avistamientos registrados en las islas del comandante en la península de Kamchatka en Eurasia (Arregui, 2013). En el Perú, la trucha arcoíris se ha adaptado a diversos ambientes de agua dulce en la sierra, como ríos, lagunas y lagos de las zonas altoandinas, dentro de estos entornos prefiere corrientes moderadas y generalmente habita tramos medios de fondos pedregosos con vegetación moderada, y su movilidad constante altera su distribución en los ríos, migrando según la estación del año, el estadio biológico, las horas del día o la disponibilidad de alimento durante las épocas de reproducción. (MINAM, 2015).

2.1.5. Sistemas de cultivo para la producción de trucha

Según Junge et al. (2020), existen cuatro sistemas básicos de acuicultura: estanques de peces, jaulas con redes, sistemas *raceway* o flujo unidireccional y sistemas de recirculación. Las metodologías de acuicultura "abierta", como el empleo de jaulas y sistemas unidireccionales, conllevan la liberación de aguas residuales enriquecidas con nutrientes en el medio ambiente, propiciando posibles problemas como la eutrofización y la hipoxia debido a la disminución de los niveles de oxígeno en las masas de agua. En contrapartida, en los sistemas de acuicultura de recirculación (RAS), se realiza el tratamiento de dichas aguas residuales para su subsiguiente reintegración y reutilización dentro del mismo sistema.

a) Sistema de cultivo en estanques. La entrada de alimento corresponde a la capacidad de auto purificación del volumen del estanque.

b) Sistemas de cultivo en jaulas flotantes. Se establecen en cuerpos de agua como lagos y lagunas, que disponen de una infraestructura terrestre para supervisar y gestionar las jaulas. La construcción puede ser tradicional, utilizando materiales como palos de eucalipto u otras maderas, o bien utilizando piezas industriales de metal. Además, se emplean boyas o cilindros como sistemas de flotación para las jaulas artesanales, mientras que las jaulas industriales cuentan con flotadores especiales (MINAM, 2016).

c) Sistema de cultivo en estanques tipo raceways. Infraestructura acuícola construida con materiales de concreto, mampostería, y tierra; junto a los ríos, riachuelos y manantiales, para captar el flujo de agua para entrar al sistema y regresar a su curso original (MINAM, 2016).

d) Sistema de recirculación. En un sistema de circulación, el agua que contiene residuos fecales se somete a un proceso, se acondiciona, se enriquece con oxígeno y, al final, se reintroduce en el tanque (Junge et al., 2020).

2.1.6. Formas de estanques en la producción de truchas

Existen estanques de diversas dimensiones y materiales de acuerdo con los propósitos de cultivo, diseñados según el tipo tecnología que permita realizar una manipulación adecuada de los peces, así como la eliminación de partículas sólidas y una buena circulación del agua (Junge et al., 2020). Un diseño de estanque adecuado contribuye a la mejora de la calidad de vida de los peces, disminuyendo el estrés y permitiendo un mejor crecimiento (FAO, 2014).

Principalmente, se exhiben estructuras rectangulares (estilo americano o estilo danés); y estructuras circulares. Su distribución puede adoptar formas en rosario, paralela o mixta, siendo esta última una combinación de estanques continuos o paralelos. Las dimensiones están vinculadas entre sí, con el ancho correspondiendo a la décima parte del largo (FONDEPES, 2021).

Según la Norma Técnica Peruana NTP 320.004 las estructuras de crianza deben ajustarse según la topografía del terreno, favoreciendo la distribución del agua por gravedad y siguiendo una secuencia lógica que coincida con las etapas del proceso de crianza (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual [INDECOPI], 2014).

2.1.6.1. Estanque rectangular

2.1.6.2. Tanque circular

Los estanques de forma circular pueden ajustarse en dimensiones de acuerdo con las fases de desarrollo de las truchas y las particularidades del terreno. Se pueden edificar utilizando materiales convencionales como concreto y láminas corrugadas, o empleando fibra de vidrio reforzada. El fondo debe inclinarse del 5% al 10% hacia el centro, donde se instala un desagüe central. La entrada tangencial del agua favorece la autolimpieza y homogeneidad en la distribución de oxígeno en todo el volumen (SINACUI, 2022).

2.1.7. Aspectos relacionados con el requerimiento de agua

El monitoreo de la calidad de agua es muy importante para los cultivos, entre los principales parámetros se consideran los siguientes:

a. Temperatura

Es el parámetro más importante para cultivo con fines comerciales, ya que se podrá condicionar el efecto del crecimiento y desarrollo normal de las truchas. (FONDEPES, 2021). La trucha es una especie que habita en aguas de bajas temperaturas, según el INDECOPI (2014) los rangos considerados en la Norma Técnica Peruana NTP 320.004 de Buenas Prácticas Acuícolas en la producción de truchas arco iris es de 9-12 °C para la reproducción e incubación, de 10 a 12 °C para alevinos y de 10 a 17 °C para crecimiento.

La temperatura ideal del agua para el cultivo de la trucha arcoíris se sitúa por debajo de los 21 °C (FAO, 2024), a medida que se incrementa la temperatura en el cultivo se incrementa gradualmente la tasa de crecimiento hasta llegar a un punto óptimo, más allá del punto óptimo la tasa de crecimiento comienza a declinar (Bravo y Varas, 2023).

b. Oxígeno disuelto (O₂)

Las necesidades de los salmónidos en cuanto a oxígeno aumentan con la alimentación y el incremento de densidades de población, por lo que se recomienda que la cantidad de oxígeno no sea menor a 5,5 miligramos por litro y la saturación de oxígeno sea mayor a 60% (FONDEPES, 2021).

En la tabla 2 se muestra el comportamiento que la trucha presenta en relación con la cantidad de oxígeno presente en el agua, según FONDEPES (2021).

Tabla 2

Comportamiento de trucha en función al nivel de oxígeno del agua

mg/L	0 - 3,0	3,1 - 4,5	4,6 - 5,9	6,0 - 8,5
------	---------	-----------	-----------	-----------

			Poco	
Condición	Muere	Sufre	estrés,	Óptimo
		grave estrés	crecimiento	desarrollo
			lento	

c. Potencial de hidrógeno pH

El pH determina la acidez o alcalinidad del agua, para el cultivo de trucha arco iris se recomienda un pH neutro o ligeramente alcalino, considerando como óptimos valores que fluctúan entre 6,5 a 9 (INDECOPI, 2014).

d. Caudal del agua

La importancia del flujo de agua que alcanza los estanques radica en su conexión con la cantidad de oxígeno disponible para las truchas y la densidad de carga. En cuanto al caudal necesario para los alevinos, este se modifica según las dimensiones de estos y la temperatura del agua (FAO, 2014).

En la tabla 3 se detalla el requerimiento para 2 000 alevinos según FAO (2014).

Tabla 3

Caudal expresado en litros por minuto necesario para mantener a 2 000 alevinos de distintos tamaños y a diferente temperatura.

Longitud d (cm)	Temperatura (°C)			
	5	10	15	18
3	1,0 l/m	1,4 l/m	2,6 l/m	3,0 l/m
4	2,0 l/m	4,8 l/m	5,6 l/m	6,0 l/m
5	3,6 l/m	5,2 l/m	8,0 l/m	11,0 l/m

Nota. L/m: litros por minuto.

e. Densidad de carga

El número de alevinos por metro cúbico está condicionado por factores como su tamaño, el caudal, la temperatura del agua y la configuración del estanque. En la tabla 4 se observa la relación entre el tamaño de los alevinos y la cantidad por metro cúbico, teniendo en cuenta el diseño específico del estanque según FAO (2014).

Tabla 4

Tamaño de los alevinos y número por metro cubico, en relación con el diseño del estanque.

Longitud de los alevinos (cm)	Número máximo por m ³	
	Estanques circulares	Estanques rectangulares
3,0	7 500	-
4,0	4 600	2 300
5,0	3 400	1 700

2.1.8. Aspectos relacionados a la alimentación

Con el transcurso de los años, las composiciones alimenticias diseñadas para la trucha arcoíris han sufrido cambios, y en la actualidad, la técnica de cocción-extrusión de alimentos ha progresado para ofrecer dietas peletizadas densas y nutritivas que abarcan todas las fases de su ciclo de vida. Los enfoques de alimentación difieren según los sistemas de producción, siendo la alimentación manual adecuada para peces de menor tamaño que prefieren alimentos finos (FAO, 2024).

a. Frecuencia de alimentación

El primer alimento debe darse, tras observar que han absorbido aproximadamente el 50% de su saco vitelino, para que la larva se adapte poco a poco al alimento inerte. Se deberá emplear alimento balanceado en polvillo, esparciéndolo lentamente sobre la artesa, con una frecuencia de 10-12 veces por día; cuando el total de los peces haya pasado a la etapa de alevino, se continuará suministrando alimento de tipo preinicio e inicio, con una frecuencia de 8-10 veces por día (FONDEPES, 2021); el alimento debe distribuirse en varios puntos del estanque, posterior a los 5 cm de longitud la frecuencia se irá reduciendo tal como se aprecia en la tabla 5.

Tabla 5

Cantidad de veces a alimentar por día, según tamaño de alevino

Característica	Longitud
	5,1 a 10
Frecuencia	4

Nota. Fuente: FAO (2014)

b. Requerimientos nutricionales

Los requisitos de proteínas pueden oscilar entre el 35% y el 45%, dependiendo de si se trata de una dieta destinada al crecimiento o al mantenimiento. En el caso de los alevinos, se requieren porcentajes más elevados. Asimismo, es importante considerar la digestibilidad y la calidad de las proteínas empleadas (Arregui, 2013).

Los requerimientos nutricionales para una adecuada alimentación en el cultivo de truchas se resumen en la tabla 6.

Tabla 6*Requerimientos nutricionales de la trucha arco iris*

Componente	Bardach y Mclarney, 1986	Blanco, 1995	Drummond, 1988	NRC, 2011
Proteína (%)	35- 40	50	45 – 50	40 - 50
Carbohidratos (%)	30	<12	9	<12
Grasa (%)	8 -10	20	5 - 8	-
Fibra (%)	4	-	-	-
Energía digestible (Mcal/Kg)	-	3,3 – 4,0	-	3,7

Nota. NRC: National Research Council

2.1.9. Parámetros productivos

2.1.9.1. Peso y longitud

El peso y la longitud son parámetros que se emplean comúnmente para evaluar el crecimiento de los peces, para calcular la ganancia total de peso y se aplican formulas recomendadas, como las propuestas por Ponce (2014): G (Ganancia) = $W_t - W_o$; Donde: W_t es el peso final y W_o el peso inicial.

El incremento de longitud es determinado por la diferencia entre la longitud corporal final (L_f) y la longitud corporal inicial (L_i).

$$L \text{ (Longitud)} = L_f - L_i$$

2.1.9.2. Tasa de crecimiento específico (SGR)

El SGR por sus siglas en inglés *Specific Growth Rate*, es un coeficiente que mide la rapidez con que crecen los peces, expresada en peso ganado por unidad de biomasa por unidad del tiempo (día) (Timmons et al., 2002).

La tasa de crecimiento específico se calcula según la siguiente fórmula (Novio et al., 2019):

$$\text{SGR} = [\ln(B) - \ln(A)] / [tB - tA] \times 100.$$

Donde A y B representan el peso, inicial y final respectivamente, y $tB - tA$ el intervalo de tiempo transcurrido.

2.1.9.3. Factor de condición

El factor de condición se considera un índice para evaluar la presencia de estrés en un cultivo de peces (Arturo, 2012). Este índice se define como la relación entre la longitud (L) y el peso (W) del pez. En términos prácticos, el valor de K actúa como un indicador de la calidad de los peces; un valor superior a uno sugiere peces de mayor tamaño y menor peso, mientras que valores menores a uno indica lo opuesto (Bravo y Varas, 2023).

El estado de condición por individuo según Ricker (1975), se estima mediante el índice de Fulton (K):

$$K=100 (W/L^3)$$

Donde: W es el peso (g) y L la longitud (cm)

2.1.9.4. Tasa de alimentación

Se refiere a la proporción de alimento presente en un sistema, expresada como un porcentaje del peso total o biomasa en la unidad de cultivo. Esta proporción está influenciada por la temperatura del agua y el tamaño medio de los peces. Existen varios métodos para calcular la cantidad diaria de alimento, seleccionando aquel que mejor se adapte al sistema en cuestión. Es esencial tener conocimiento de la temperatura media del agua, ya que influye en la alimentación, así como contar con información sobre los tamaños individuales de los peces en cada recinto de cultivo para determinar la cantidad diaria requerida. (FONDEPES, 2021).

2.1.9.5. Factor de Conversión alimenticia (FCA)

El SINACUI (2022), describe al FCA como la cantidad de alimento, medida en kilogramos, suministrada durante un periodo específico para producir 1 kg de carne de trucha. Dado que los peces reciben alimentación diaria, es esencial mantener un registro para evaluar el crecimiento y la eficiencia de conversión en intervalos quincenales o mensuales. Un rendimiento deseable se alcanza con una conversión alimenticia cercana a uno, y se aconseja el uso de alimentos extruidos en estas situaciones. El concepto se expresa mediante el Factor de Conversión Alimenticia (FCA), calculado mediante la correspondiente fórmula.

$$FCA = \frac{\text{Cantidad de alimento suministrado en el periodo (kg)}}{\text{Ganancia de peso de la población en el periodo (kg)}}$$

2.1.9.6. Sobrevivencia

Se obtiene a través de porcentajes, refleja la proporción de peces vivos al concluir la evaluación, con relación al número inicial de peces. Según Gonzales et al. (2009) la sobrevivencia se determina empleando la fórmula:

$$S = \frac{\text{Número de peces vivos al final}}{\text{Número inicial de peces vivos}} * 100$$

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo experimental, en la cual se evaluó los parámetros productivos en el cultivo de trucha *Oncorhynchus mykiss*, durante la etapa del primer alevinaje.

3.2. Ámbito temporal y espacial

El trabajo tuvo una duración de 60 días efectivos y se llevó a cabo en el Centro de Producción Vinchos, ubicado en el distrito de Chancayllo, a 9 km del Centro de Producción de la Sociedad Agrícola "SAIS Túpac Amaru", situado en el centro poblado de Pachacayo, a 200 km de la ciudad de Lima, provincia de Jauja, departamento de Junín.

3.3. Variables

3.3.1. Variable dependiente

- Parámetros de producción: Peso, talla, tasa de crecimiento específico (SGR), factor de conversión alimenticia (FCA), factor de condición (K), porcentaje de sobrevivencia.

3.3.2. Variable independiente

- Sistemas de cultivo: tanques circulares y estanques rectangulares

3.4. Población y muestra

La población de cada unidad experimental fue de 10 000 alevinos de trucha de arco iris. Para determinar el tamaño de muestra se utilizó la fórmula propuesta por Torres et al. (2006).

$$n = \frac{N * Z^2 * p * (1 - p)}{(N - 1) * e^2 + Z^2 * p * (1 - p)}$$

Donde:

N=10 000

q= 0,5

Z=1,96

e= 0,1

p= 0,5

Obteniendo un tamaño de muestra (n) de 95. En la presente investigación se trabajó con 100 alevinos.

3.5. Instrumentos

3.5.1. Materiales

- Baldes de 20 litros
- Baldes de 5 litros
- Ocho escobillones
- Ocho esponjas
- Ocho redes
- Ocho baldes alimentadores de 1 litro
- Un calcal
- Un seleccionador manual para peces de 5 cm
- Una libreta de apuntes
- Un lápiz

3.5.2. Equipos

- Cuatro tanques circulares de fibra de vidrio
- Cuatro estanques rectangulares de concreto
- Una balanza analítica de sensibilidad marca ETI 0,001 mg y 0,01 mg
- Un multiparámetro HANNA HI98194 pH/EC/ DO
- Un termómetro digital
- Un ictiómetro de madera de 12 cm
- Un laptop personal marca Lenovo

3.6. Procedimientos

3.6.1. Fase experimental

La fase experimental tuvo una duración de dos meses, para evaluar el crecimiento de los peces se utilizó un diseño completamente al azar. El mismo consistió en dividir aleatoriamente ocho grupos experimentales de 10 000 individuos cada uno, provenientes del núcleo de un lote de 100 000 individuos. A cada grupo se le asignó en forma aleatoria una unidad productiva ya sea un estanque rectangular o un tanque circular.

Durante la etapa experimental se realizaron cinco controles biométricos, capturando los peces desde la etapa de inicial de alevinaje hasta el control biométrico final de los alevinos.

3.6.2. Acondicionamiento de los estanques de fibra de vidrio y estanques de concreto.

Se utilizó cuatro estanques rectangulares de concreto de la sala de alevinaje de 2 m de largo, 0,6 m de alto y 1 m de ancho, con 1 200 litros de capacidad y flujo de 2,5 litros por segundo. La empresa OVASEED S.A.C. instaló, con el financiamiento del PNIPA, cuatro tanques circulares de fibra de vidrio de 0,99 m de radio y 0,7 m de altura, con 2 150 litros de capacidad, con un flujo promedio de 2,5 litros de agua por segundo. En ambos sistemas se realizó la limpieza y desinfección; cada unidad experimental contó con redes, esponjas de limpieza y baldes de 5 y 20 litros debidamente rotulados. En las figuras 1 y 2 se muestran las características de los sistemas empleados en la investigación. El agua utilizada fue la proveniente del manantial denominado “Elena de Puquio”.

Figura 1*Tanques circulares de fibra de vidrio*

Nota. Distribución y conexión de los tanques circulares utilizados.

Figura 2*Estanques rectangulares de concreto*

Nota. Distribución de los estanques rectangulares utilizados.

3.6.3. Obtención de alevinos

Los alevinos se obtuvieron de ovas procedentes de los Estados Unidos que fueron transportadas vía aérea por la empresa OVASEED S.A.C. En la piscigranja, se llevó a cabo la aclimatación que tuvo una duración de 4 horas. Posteriormente se realizó la desinfección y el

acondicionamiento en las bandejas de incubadoras de tipo vertical la cual se presenta en la figura 3. El agua fue inyectada con oxígeno para garantizar la concentración óptima (figura 4).

Al alcanzar la etapa de alevinos, se seleccionaron 80 000 peces de peso y longitud homogénea. Para los tanques circulares se utilizaron aquellos con $0,17\pm 0,006$ g y $2,5\pm 0,019$ cm mientras que para los estanques rectangulares $0,16\pm 0,028$ g y $2,42\pm 0,056$ cm.

En cada unidad productiva, se dispusieron 10 000 alevinos, todos seleccionados con meticulosidad para garantizar un desarrollo uniforme y saludable.

Figura 3

Incubadoras sistema vertical

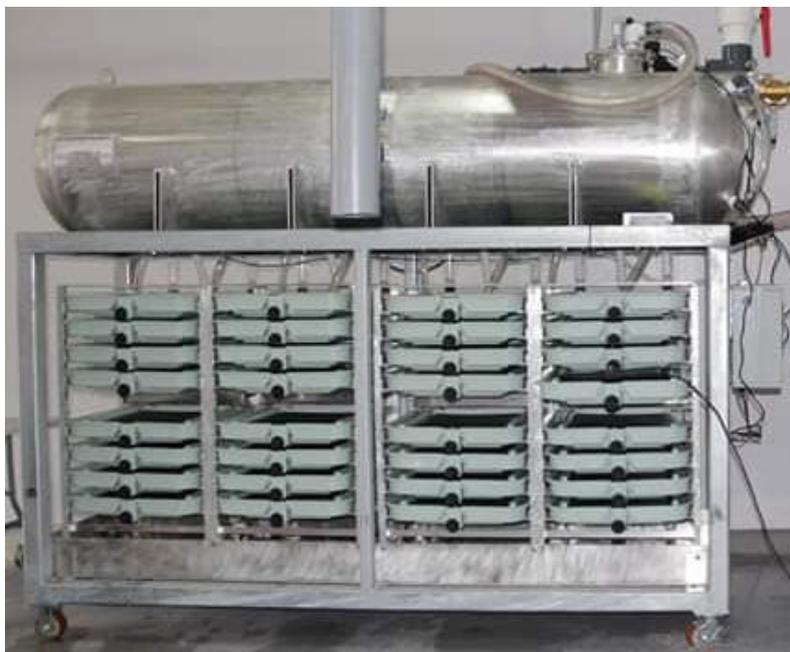


Figura 4*Sistema de inyección de oxígeno*

Nota. Instalación del balón de oxígeno.

3.6.4. Manejo de los alevinos

El día previo al muestreo, se suspendió la alimentación de los peces. Cada 15 días se realizó el control biométrico de los peces, se extrajeron 100 individuos de forma aleatoria de cada unidad experimental, se colocaron en un balde de 5 litros, se fueron extrayendo uno a uno para medir el largo total, utilizando un ictiómetro de madera de 12 cm y determinando el peso vivo en una balanza analítica ETI. Diariamente se extrajeron los peces muertos con un calcal, contaron y anotaron en el formato correspondiente.

3.6.5. Sistema de alimentación

La alimentación se llevó a cabo de forma manual, empleando alimento peletizado suministrado por la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Se empleó un inicio granulado cuya composición nutricional está detallada en la tabla 7. La cantidad de alimento referencial requerido se determinó considerando el tamaño de los peces, además de la temperatura promedio del agua. Se utilizaron baldes de un litro como contenedores para

distribuir el alimento y el sistema de alimentación se realizó hasta que los peces estuvieran saciados. Este proceso se llevó a cabo a diario, con la excepción de los días destinados al muestreo.

Tabla 7

Características del alimento inicio granulado

P	Carbo	F	A	F	D
roteína	hidrato %	GN-3	GN-6	alcio	ósforo
%	máx	%	%	%	%
m	min	r	m	máx	min
in	in*	in**	in	in	in
4	24	1	1		1
5				,5	- 1,5

Nota. Energía digestible: 3,5 Mcal/kg. *Ácidos Grasos Omega 3, **Ácidos Grasos Omega 6, tomado de “Programa de investigación y proyección social en alimentos”. Fuente: Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM, 2023).

3.6.6. Limpieza de los estanques

Diariamente se realizó el recambio del 30% de agua de las unidades experimentales, limpió las rejillas, retiró los restos de alimento y desechos acumulados en el fondo, utilizando esponjas y escobillones. Para los estanques de concreto fue necesario previamente reducir el nivel del agua. En caso de los estanques de fibra de vidrio, su diseño facilita la autolimpieza, cuentan con una salida central elevada con rejillas conectadas al exterior en forma de L, la parte externa posee dos tubos, uno para nivelar el agua y el otro para el desagüe (figura 5).

Figura 5

Tanques circulares



Nota. Instalación de las salidas de cada estanque circular.

3.6.7. Evaluación fisicoquímica del agua

- **Temperatura.** Se midió directamente del estanque, tres veces al día utilizando un termómetro digital. Los datos se registraron en el formato correspondiente.
- **Oxígeno disuelto.** Se midió en todas las unidades experimentales utilizando un equipo multiparámetro de marca HANNA HI98194 pH/EC/ DO, el cual puede mostrar la lectura digital de manera directa.
- **pH.** Se realizó la medición cada 15 días utilizó el equipo multiparámetro HANNA HI98194 pH/EC/ DO en intervalos de, hasta un horizonte total de 60 días.

3.7. Análisis de datos

A los parámetros productivos obtenidos de peso, talla, tasa específica de crecimiento (SGR), factor de conversión del alimento (FCA) y factor de condición corporal (K), se les aplicó la prueba de comparación de hipótesis a los promedios obtenidos en los muestreos. Para evaluar la sobrevivencia, se aplicó la prueba de chi cuadrado.

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico SPSS 20, con un nivel de confianza del 95%.

IV. RESULTADOS

4.1. Parámetros productivos

4.1.1. Análisis del peso promedio

En tabla 8 se presentan los pesos promedios de alevinos de trucha al inicio de la experiencia y los valores obtenidos en cada muestreo de los cuatro estanques rectangulares y

Tabla 8

Peso promedio de alevinos de trucha cultivados en los sistemas de cultivo

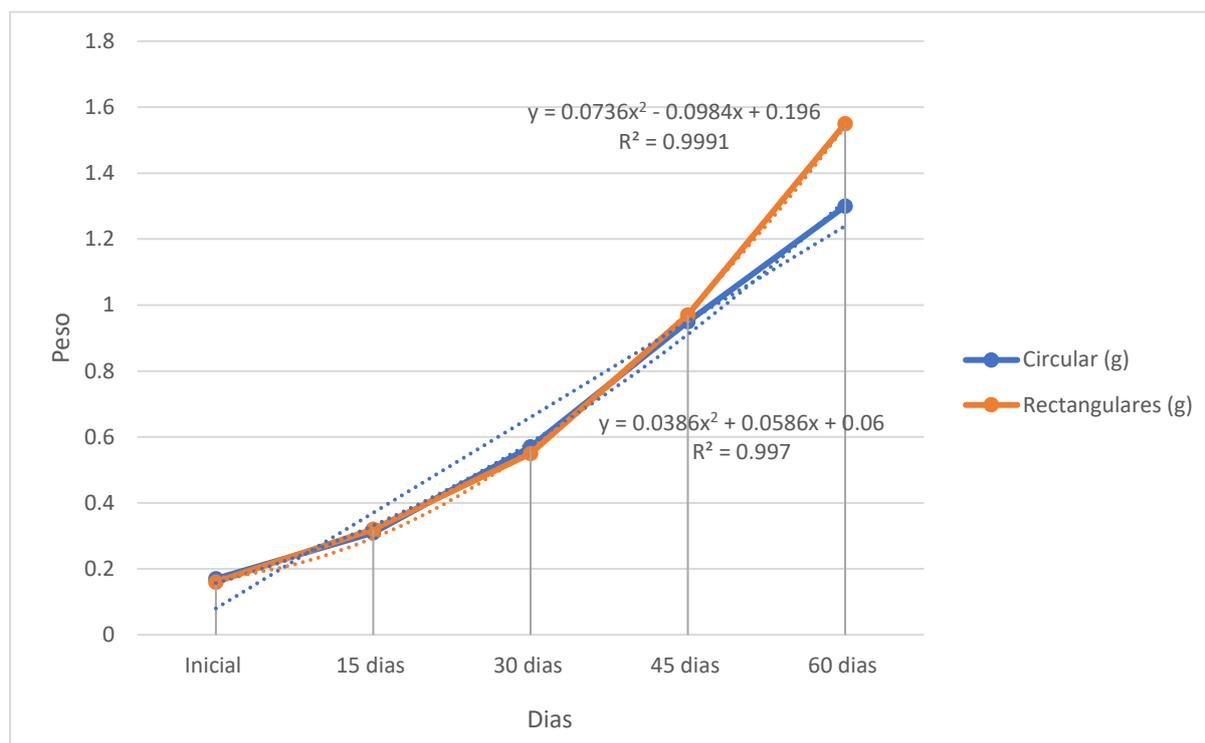
Biometría	Sistema de cultivo	
	Circular (g)	Rectangular (g)
Inicial	0,17 ± 0,005 ^a	0,16 ± 0,027 ^a
15 días	0,31 ± 0,012 ^a	0,32 ± 0,063 ^a
30 días	0,57 ± 0,040 ^a	0,55 ± 0,074 ^a
45 días	0,95 ± 0,083 ^a	0,97 ± 0,15 ^a
60 días	1,30 ± 0,00 ^a	1,55 ± 0,20 ^b

Nota. ^{a,b} Letras diferentes en la misma fila indican que son estadísticamente diferentes ($\alpha=0,05$).

En la figura 6 se muestra que la tendencia de ganancia de peso de los peces, en relación con los sistemas de cultivo, es creciente durante toda la investigación. Aunque hasta los 45 días ambas curvas son similares, hay un cambio notable entre los 45-60 días para los alevinos cultivados en los estanques rectangulares.

Figura 6

Tendencias del peso promedio según el sistema de cultivo y etapa.



En la tabla 9 se presenta los principales estadísticos descriptivos del peso de alevinos de trucha al inicio de la investigación y a los 15, 30, 45 y 60 días. Los valores del Coeficiente de Variación nos indican que los datos son relativamente homogéneos, las medianas, al tener valores muy próximos o iguales al promedio indican que los datos de las muestras tienen una aproximación normal, y representa el valor central de los datos donde el 50% están por debajo y el restante 50% por encima de su valor.

Tabla 9*Estadísticos descriptivos del peso promedio de alevinos de trucha durante la investigación*

Biometría	Sistema de cultivo					
	Circulares			Rectangulares		
	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mediana	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mediana
Inicial	0,0058	3,4991	0,165	0,0277	17,0454	0,16
15 días	0,0127	4,0345	0,314	0,0634	19,9820	0,32
30 días	0,0404	7,1530	0,555	0,0743	13,6240	0,53
45 días	0,0835	8,8324	0,905	0,1578	16,3521	0,93
60 días	0,0000	0,0000	1,300	0,2021	13,0791	1,55

4.1.1.1. Análisis inferencial del peso promedio de los alevinos de trucha

La prueba de hipótesis se realizó al peso promedio obtenido de los alevinos al finalizar la experiencia.

Hipótesis 1 (H1): El peso promedio de ambos sistemas a 60 días de cultivo son diferentes.

Hipótesis nula 1 (Ho1): El peso promedio de ambos sistemas a 60 días de cultivo son iguales.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Análisis de probabilidad bilateral

Valor P Crítico = 0,015

Decisión: $P \text{ Crítico} = 0,015 < \alpha = 0,05$ entonces se rechaza Ho

Conclusión: A un nivel de significancia del 5% se rechaza la hipótesis nula. Por tanto, se puede afirmar que, a los 60 días de cultivo, el peso promedio de los alevinos de trucha

cultivados en tanques circulares difiere al de los alevinos cultivados en estanques rectangulares, siendo la prueba significativa.

4.1.2. Análisis de la longitud total

En la tabla 10 se presenta los resultados obtenidos de los valores promedio de las longitudes de los alevinos al inicio de la experiencia y según muestreo.

Tabla 10

Promedios de la longitud total según muestreo

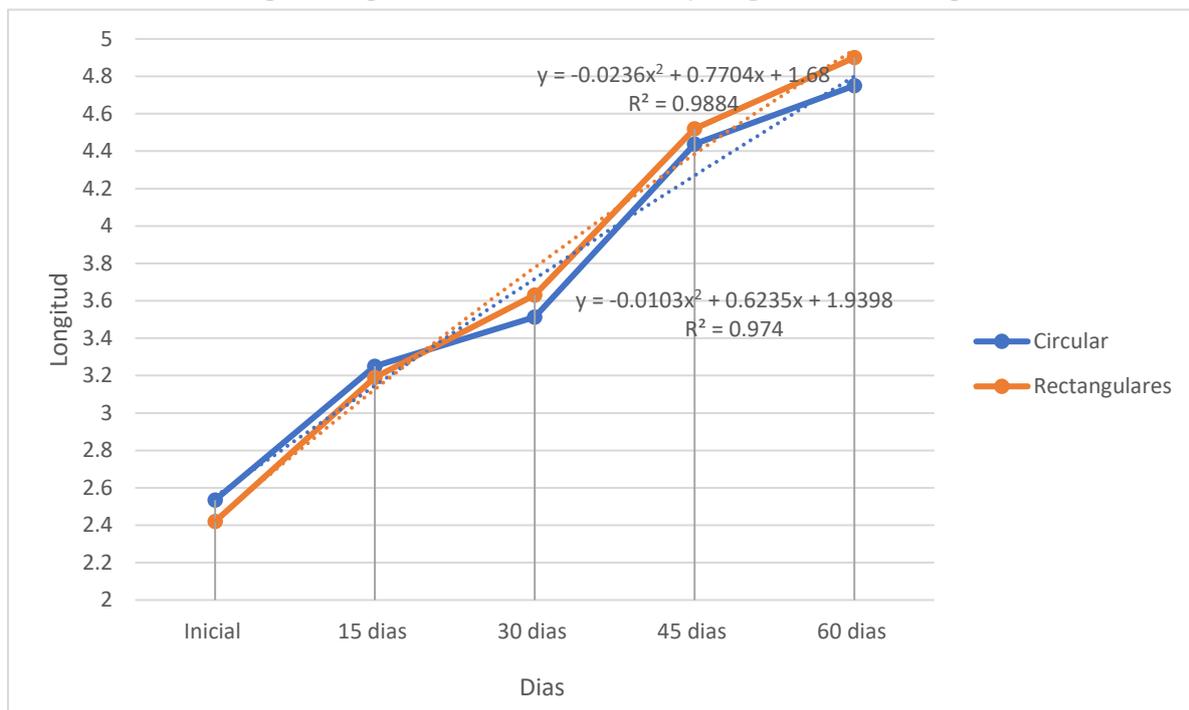
Biometría	Sistema de cultivo	
	Circular (cm)	Rectangular (cm)
Inicial	2,535 ± 0,019 ^a	2,42 ± 0,055 ^b
15 días	3,250 ± 0,097 ^a	3,19 ± 0,057 ^a
30 días	3,513 ± 0,083 ^a	3,63 ± 0,130 ^a
45 días	4,438 ± 0,076 ^a	4,52 ± 0,227 ^a
60 días	4,750 ± 0,057 ^a	4,90 ± 0,036 ^b

Nota. ^{a,b} Letras diferentes en la misma fila indican que son estadísticamente diferentes ($\alpha=0,05$).

En la figura 7 se muestra que la tendencia de aumento de longitud de los peces, con relación a los sistemas de cultivo, es creciente durante toda la investigación. Comparativamente, hasta aproximadamente los 15 primeros días los alevinos cultivados en los tanques circulares muestran un mejor crecimiento, a partir de los 30 días en adelante los peces cultivados en los estanques rectangulares tienen mejor desarrollo.

Figura 7

Tendencia de la longitud según el sistema de cultivo y etapa de la investigación



En la tabla 11 se presenta los principales estadísticos descriptivos de longitud total de los alevinos de trucha cultivados en los dos sistemas y los muestreos realizados. Los valores del coeficiente de variación nos indican que los datos son relativamente homogéneos. Las medianas, al tener valores muy próximos o iguales al promedio, indican que los datos de las muestras tienen una aproximación normal, asimismo representan el valor central de cada muestra, donde el 50% de los datos está por debajo de su valor y el 50% de los datos está por encima de su valor.

Tabla 11

Estadísticos descriptivos de la longitud de alevinos de trucha cultivados en cuatro tanques circulares y cuatro estanques rectangulares

Biometría	Sistema de cultivo					
	Circulares			Rectangulares		
	Desviación estándar	Coficiente de variación	Mediana	Desviación estándar	Coficiente de variación	Mediana
Inicial	0,019	0,755	2,53	0,055	2,31	2,41
15 días	0,097	3,0004	3,275	0,057	1,80	3,19
30 días	0,08	2,386	3,53	0,130	3,60	3,59
45 días	0,076	1,729	4,445	0,227	5,03	4,55
60 días	0,057	1,215	4,75	0,036	0,75	4,90

4.1.2.1. Análisis inferencial de la longitud total de los alevinos de trucha

Se realizó la prueba de hipótesis a la longitud total promedio obtenido de los alevinos al finalizar la experiencia.

Hipótesis 2 (H2): La longitud promedio de ambos sistemas a 60 días de cultivo son diferentes.

Hipótesis nula 2 (Ho2): La longitud promedio de ambos sistemas a 60 días de cultivo son iguales.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Análisis de probabilidad bilateral

Valor P Crítico = 0,0000008

Decisión: P Crítico = 0,0000008 < $\alpha = 0,05$ entonces se rechaza Ho

Conclusión: A un nivel de significancia del 5% se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se puede afirmar que, a los 60 días de cultivo, la longitud promedio de los alevinos de

trucha cultivados en tanques circulares es diferente a la de los estanques rectangulares, siendo la prueba significativa.

4.1.3. *Análisis de la Tasa de Crecimiento Específico (SGR)*

En la tabla 12 se presenta los valores de SGR de los alevinos de trucha cultivados en los sistemas de cultivo, obtenidos a los 15, 30, 45 y 60 días de la experiencia.

Tabla 12

Promedios de la Tasa de Crecimiento específico (SGR) de los alevinos de trucha según sistema de cultivo y tiempo de muestreo

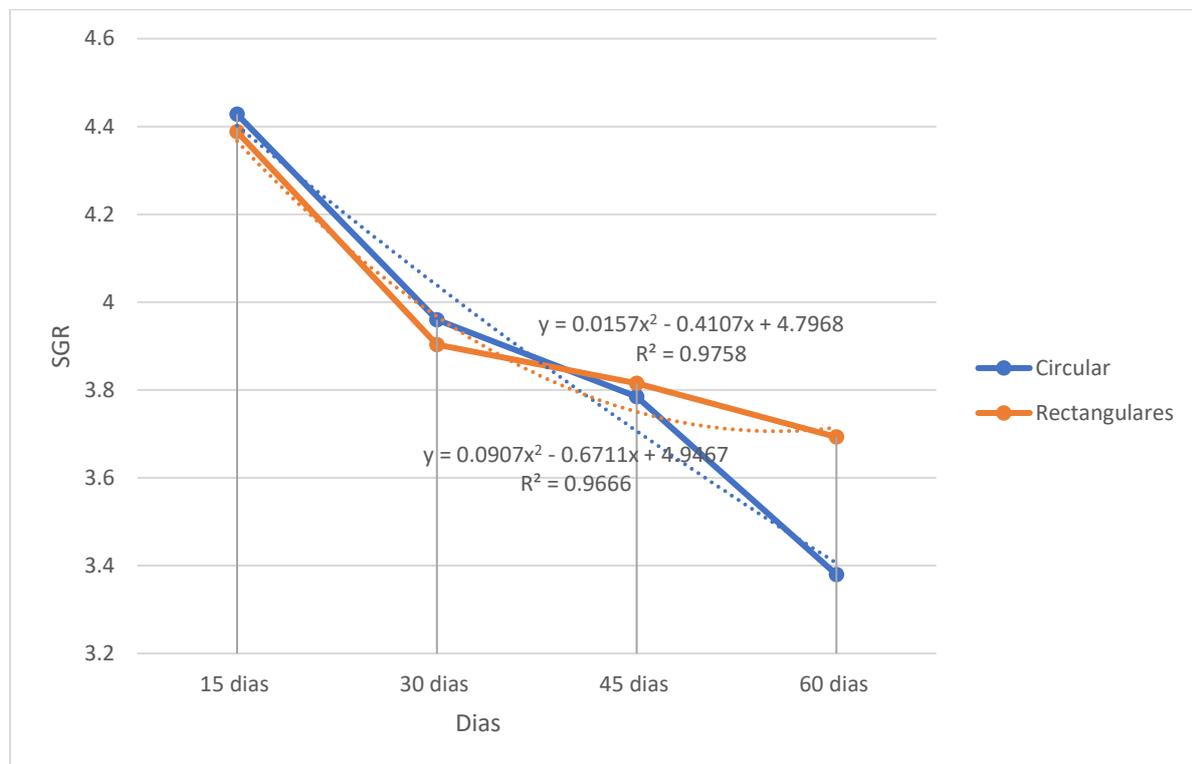
Biometría	Sistema de cultivo	
	Circular	Rectangular
15 días	4,428 ± 0,808 ^a	4,388 ± 0,486 ^a
30 días	3,960 ± 0,226 ^a	3,903 ± 0,399 ^a
45 días	3,785 ± 0,241 ^a	3,815 ± 0,345 ^a
60 días	3,380 ± 0,058 ^a	3,693 ± 0,093 ^b

Nota. ^{a,b} Letras diferentes en la misma fila indican que son estadísticamente diferentes ($\alpha=0,05$).

En la figura 8, se presentan las tendencias de la variable SGR, en relación con los sistemas de cultivo, aunque en ambos casos la tendencia es decreciente se observa que, desde los 37 días, el SGR disminuye notablemente en los alevinos de los tanques circulares.

Figura 8

Tendencia de los promedios del SGR en ambos sistemas de cultivo y etapas de la investigación



En la tabla 11 se presenta los estadísticos descriptivos del SGR en tanques circulares y rectangulares, los promedios muestran una disminución en función al tiempo. Respecto a la dispersión de los datos en cada período de medición, los valores del coeficiente de variación nos indican que los datos tienen poca variabilidad es decir son homogéneos. Las medias al ser muy cercanas a las medianas son buenos estimadores de centralización.

Tabla 13

Estadísticos descriptivos del SGR de alevinos de trucha cultivados en tanques circulares y estanques rectangulares

Biometría	Sistema de cultivo					
	Circulares			Rectangulares		
	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mediana	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mediana
15 días	0,808	18,240	4,180	0,486	11,078	4,460
30 días	0,226	5,695	4,005	0,399	10,212	3,885
45 días	0,241	6,357	3,695	0,345	9,041	3,865
60 días	0,058	1,708	3,380	0,093	2,15	3,720

Nota. Autoría propia.

4.1.3.1. Análisis inferencial de la tasa de crecimiento específico

Se realizó la prueba de hipótesis del promedio de la SGR, obtenido de los alevinos de los dos sistemas de cultivo, al finalizar la experiencia.

Hipótesis 3 (H3): La SGR promedio de ambos sistemas a 60 días de cultivo son diferentes.

Hipótesis nula 3 (Ho3): La SGR promedio de ambos sistemas a 60 días de cultivo son iguales.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Análisis de probabilidad bilateral

P-valor (Crítico) = 0,0012

Decisión: P-valor /Crítico) = 0,0012 < $\alpha = 0,05$ entonces se rechaza Ho

4.1.4. Análisis del Factor de Conversión Alimenticia (FCA)

En la tabla 13 se presentan los valores promedio de los FCA de los alevinos de trucha cultivados en los dos sistemas de cultivo, según los muestreos realizados. Como se observa, aunque los promedios muestran un ligero incremento según el tiempo, todos son inferiores a uno.

Tabla 14

Promedios del Factor de Conversión Alimenticia (FCA) para alevinos de trucha cultivados en los sistemas de cultivo

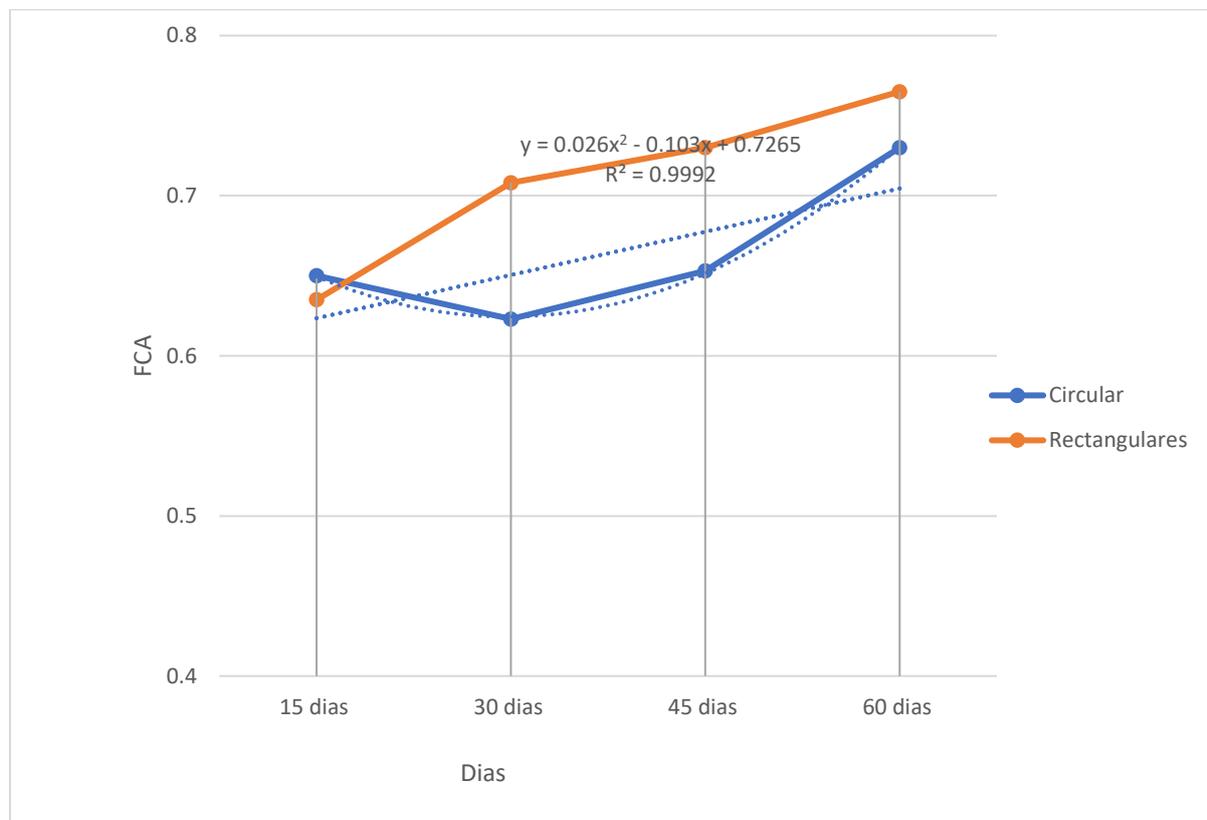
Biometría	Sistema de cultivo	
	Circular	Rectangular
15 días	0,650± 0,057 ^a	0,635 ± 0,151 ^a
30 días	0,623 ± 0,073 ^a	0,708 ± 0,125 ^a
45 días	0,653 ± 0,022 ^a	0,730 ± 0,135 ^a
60 días	0,730± 0,070 ^a	0,765 ± 0,235 ^a

Nota. ^{a,b} Letras diferentes en la misma fila indican que son estadísticamente diferentes ($\alpha=0,05$).

En la figura 9 se aprecia la tendencia del Factor de Conversión alimenticia (FCA) para ambos sistemas de cultivo, si bien en ambos a partir de los 30 días es creciente, los valores son superiores para los peces cultivados en los estanques rectangulares.

Figura 9

Tendencia de los promedios del FCA en ambos sistemas de cultivo y etapas de la investigación



En la tabla 14 se presenta los principales estadísticos descriptivos del FCA de los alevinos de trucha en función al tiempo, cultivados en los dos sistemas de cultivo. Los valores del coeficiente de variación indican que los datos tienen baja variabilidad, casi homogéneos.

Las medianas, al tener valores muy próximos al promedio nos indica que los datos de las muestras tienen una aproximación normal.

Tabla 15

Estadísticos descriptivos del FCA de los alevinos de trucha en los sistemas de cultivo

Biometría	Sistema de cultivo					
	Tanques Circulares			Estanques Rectangulares		
	Desviación estándar	Coficiente de variación	Mediana	Desviación estándar	Coficiente de variación	Mediana
15 días	0,057	8,703	0,630	0,151	23,762	0,650
30 días	0,073	11,686	0,635	0,125	17,705	0,685
45 días	0,022	3,398	0,650	0,135	18,480	0,705
60 días	0,070	9,614	0,715	0,235	30,758	0,705

4.1.4.1. Análisis inferencial del Factor de Conversión Alimenticia (FCA)

La prueba de hipótesis se realizó al FCA promedio obtenido de los alevinos al finalizar la experiencia.

Hipótesis 4 (H4): El FCA promedio de ambos sistemas a 60 días de cultivo son diferentes.

Hipótesis nula 4 (Ho4): El FCA promedio de ambos sistemas a 60 días de cultivo son iguales.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Análisis de probabilidad bilateral

Valor P Crítico = 0,76

Decisión: P Crítico = 0,76 > $\alpha = 0,05$ entonces se acepta Ho

Conclusión: A un nivel de significancia del 5% se acepta la hipótesis nula. Por lo tanto, se puede afirmar que, a los 60 días de cultivo, el FCA promedio de los alevinos de trucha cultivados en tanques circulares es igual al FCA promedio de los alevinos de trucha cultivados en estanques rectangulares, siendo la prueba no significativa.

4.1.5. Análisis del Factor de Condición (K)

En la tabla 15 se presenta los valores del factor K de alevinos de trucha cultivados en cuatro tanques circulares y rectangulares calculados cada 15 días hasta finalizar al término de los 60 días.

Tabla 16

Promedios del Factor de Condición K para alevinos de trucha cultivados en tanques circulares y rectangulares

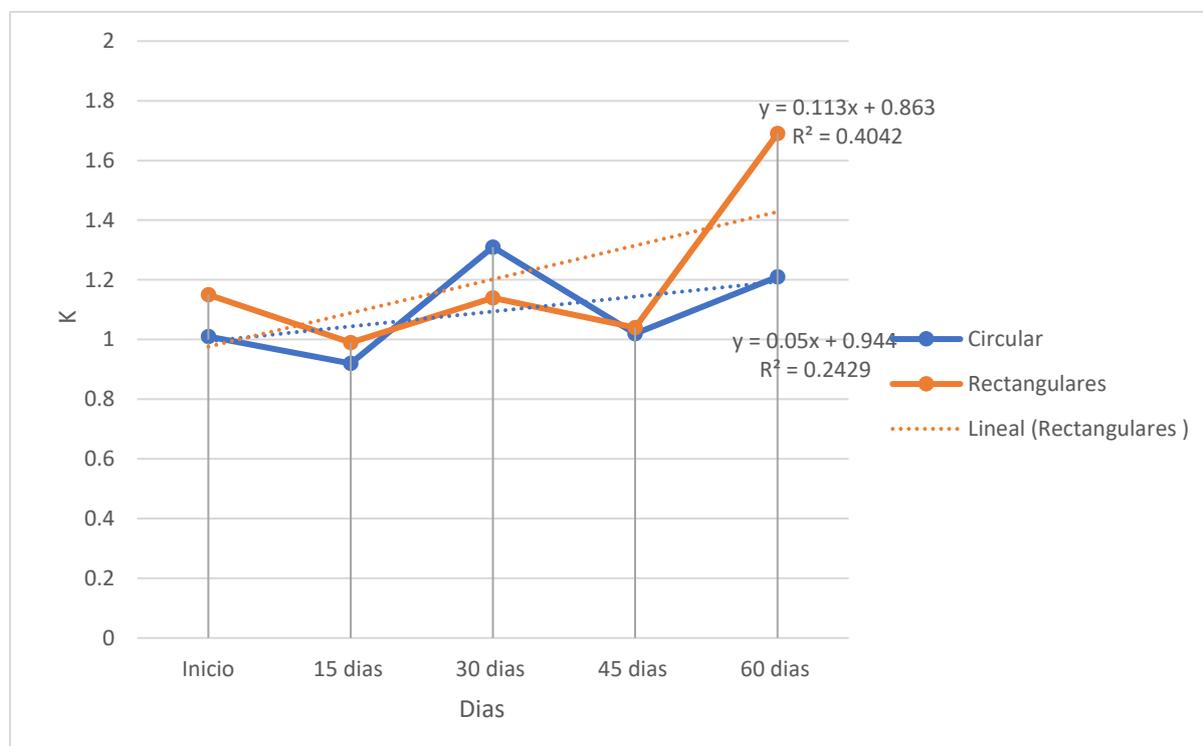
Biometría	Sistema de cultivo	
	Circular	Rectangular
Inicial	1,01 ± 0,047 ^a	1,15 ± 0,225 ^a
15 días	0,92 ± 0,089 ^a	0,99 ± 0,243 ^a
30 días	1,31 ± 0,160 ^a	1,14 ± 0,065 ^b
45 días	1,02 ± 0,066 ^a	1,04 ± 0,141 ^a
60 días	1,21 ± 0,044 ^a	1,69 ± 0,612 ^a

Nota. ^{a,b} Letras diferentes en la misma fila indican que son estadísticamente diferentes ($\alpha=0,05$).

En la figura 10, se aprecia la evolución de la variable K en función de los sistemas de cultivo. Durante los primeros 15 días, se registra una tendencia decreciente, seguida de fluctuaciones en los valores durante el resto del periodo de cultivo.

Figura 10

Tendencia de los promedios del Factor de condición K, en ambos sistemas de cultivo y etapas de la investigación



En la tabla 16 se presentan los estadísticos descriptivos del Factor de Condición de los alevinos que corresponden a los cuatro tanques circulares y cuatro estanques rectangulares, obtenidos durante los muestreos (tabla 15). Valores superiores a uno indican peces de mayor tamaño y peso; Los valores del Coeficiente de Variación indican que los datos tienen poca variabilidad, son casi homogéneos. Las medianas, al tener valores iguales y muy próximos al promedio indican que son buenos indicadores.

Tabla 17*Estadísticos descriptivos del Factor de condición según sistema de cultivo*

Biometría	Sistema de cultivo					
	Circulares			Rectangulares		
	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mediana	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mediana
Inicial	0,047	4,67	1,019	0,225	19,49	1,140
15 días	0,089	9,69	0,90	0,243	24,62	0,990
30 días	0,160	12,23	1,31	0,065	5,71	1,156
45 días	0,066	6,47	1,01	0,141	13,54	1,088
60 días	0,044	3,65	1,21	0,612	36,13	1,695

4.1.5.1. Análisis inferencial de Factor de Condición “K”

A continuación, se presenta la prueba de hipótesis que compara el promedio del Factor de Condición “K” de ambos sistemas al finalizar la experiencia.

Hipótesis 5 (H5): El Factor de Condición K promedio de ambos sistemas a 60 días de cultivo son diferentes

Hipótesis nula 5 (Ho5): El Factor de Condición K promedio de ambos sistemas a 60 días de cultivo son iguales

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Análisis de probabilidad bilateral

Valor P Crítico = 0,11

Decisión: P Crítico = 0,11 > $\alpha = 0,05$ entonces se acepta Ho

Conclusión: A un nivel de significancia del 5% se acepta la hipótesis nula. Por lo tanto, se puede afirmar que, a los 60 días de cultivo, el Factor de Condición “K” promedio de los

alevinos de trucha cultivados en tanques circulares es igual al Factor de Condición “K” promedio de los alevinos de trucha cultivados en estanques rectangulares.

4.1.6. Análisis de sobrevivencia de alevinos de trucha en función al tiempo de cultivo en tanques circulares.

En la Tabla 18 se detalla la evolución del número de alevinos de trucha a lo largo del ciclo de cultivo, desde el primer día hasta culminar la investigación. Esta tabla refleja la disminución gradual en la cantidad de alevinos a medida que progresa el tiempo de cultivo.

Tabla 18

Sobrevivencia de alevinos de trucha en función al tiempo cultivados en tanques circulares

Tanques circulares	Cantidad de alevinos/tiempo				
	Inicio	15 días	30 días	45 días	60 días
R1A	10010	9492	9381	9348	9302
R1B	10000	9800	9765	9650	9600
R1C	10005	9601	9493	9442	9372
R1D	10000	9500	9405	9310	9200

Nota. Autoría propia.

La Tabla 19 presenta los principales estadísticos descriptivos del número de alevinos de trucha, los cuales disminuyen a medida que avanza tiempo. La reducción en el número de alevinos se interpreta como la tasa de mortalidad, que en promedio es 6,35%, lo que corresponde a una sobrevivencia del 93,65%.

Tabla 19

Estadísticos descriptivos de sobrevivencia de alevinos de trucha cultivados en tanques circulares

Estadísticos descriptivos	Número de alevinos de trucha				
	Día 1	A 15 días	A 30 días	A 45 días	A 60 días
Promedio	10003	9598	9511	9437	9368
Desviación Estándar	4.787	143.35	176.045	152.144	169.724
Coefficiente de Variación (%)	0.05	1.49	1.85	1.61	1.81
Mediana	1002.5	9550.5	9449	9395	9337

Nota. Autoría propia.

4.1.7. Análisis de sobrevivencia del número de alevinos de trucha en función al tiempo cultivados en estanques rectangulares.

La Tabla 20 muestra el conteo del número de alevinos de trucha cultivados en cuatro estanques rectangulares, cuya cantidad disminuye a medida que transcurre el tiempo. El promedio estimado fue 5,7% que corresponde a de sobrevivencia del 94,30%.

Tabla 20*Sobrevivencia de trucha en función al tiempo cultivados en estanques rectangulares*

Estanques	Número de alevinos de trucha					
	rectangulares	Día 1	A 15 días	A 30 días	A 45 días	A 60 días
R2A		10050	9816	9732	9671	9502
R2B		10014	9589	9481	9418	9315
R2C		9999	9745	9625	9563	9500
R2D		10000	9783	9675	9615	9464

Nota. Autoría propia.

En la tabla 21 se presenta los principales estadísticos descriptivos de sobrevivencia de alevinos de trucha cultivados en los dos sistemas y los muestreos realizados. Los valores del Coeficiente de Variación indican que los datos tienen una variabilidad media, no homogénea. Los valores de la mediana nos indican el valor central que divide a cada muestra en dos partes iguales.

Tabla 21

Estadísticos descriptivos de sobrevivencia de alevinos de trucha cultivados en estanques rectangulares

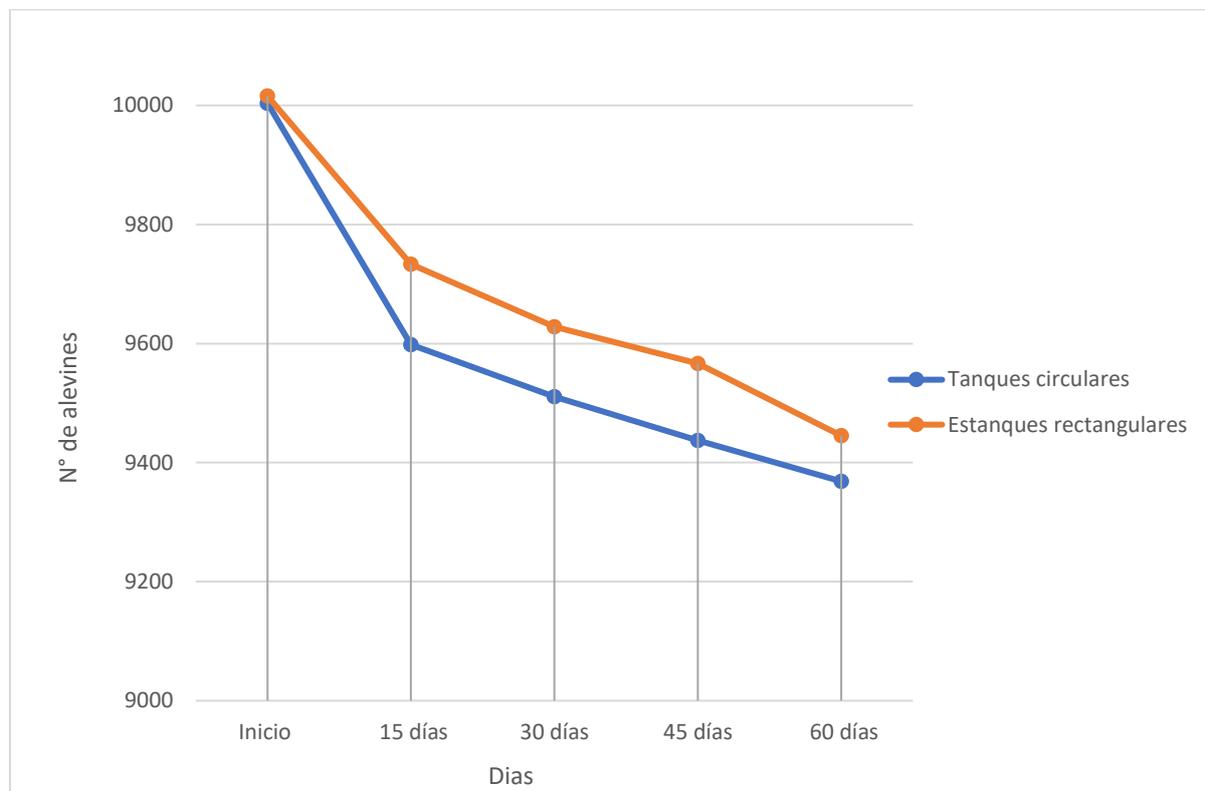
Estadísticos descriptivos	Número de alevinos de trucha				
	Día 1	A 15 días	A 30 días	A 45 días	A 60 días
Promedio	10015	9733	9628	9566	9445
Desviación Estándar	23.83	100.447	107.460	108.531	88.572
Coefficiente de Variación (%)	0.24	1.03	1.12	1.13	0.94
Mediana	10007	9764	9650	9589	9482

Nota. Autoría propia.

La Figura 11 muestra las tendencias en el número de alevinos en los tanques circulares en comparación con los estanques rectangulares, evidenciando una disminución constante a lo largo del proceso de cultivo.

Figura 11

Tendencia de la sobrevivencia de los alevinos de trucha en ambos sistemas



4.1.7.1. Análisis inferencial de sobrevivencia de alevinos de trucha en función al tiempo de cultivo y sistemas de cultivo

A continuación, se presenta el análisis inferencial para conocer la sobrevivencia de alevinos de trucha en función al tiempo es independiente del sistema de cultivo en tanques circulares y estanques rectangulares, utilizando para ello la prueba Chi Cuadrado.

Variables en estudio:

- Número de alevinos de trucha en función al tiempo de cultivo (cinco categorías)
- Sistema de cultivo (dos categorías)

Hipótesis nula (H_0): La sobrevivencia de trucha en función al tiempo de cultivo es independiente del sistema de cultivo

Hipótesis alterna (H_a): La sobrevivencia de alevinos de trucha en función al tiempo de cultivo no es independiente del sistema de cultivo.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Valor $X^2_c = 0,185$

Valor X^2 tabla (0,95 y 4 GL) = 9,49

Decisión: $X^2_c = 0,185 < X^2$ tabla = 9,49 entonces se acepta H_0

Conclusión: A un nivel de significancia del 5% se acepta la hipótesis nula. Por lo tanto, se puede afirmar que la sobrevivencia de alevinos de trucha en función al tiempo es independiente del sistema de cultivo sea en tanques circulares o estanques rectangulares.

4.1.8. Resumen de los promedios

En la tabla 21, se presenta un resumen comparativo de los resultados de cada parámetro productivo analizado, clasificados según el sistema de cultivo.

Tabla 22

Cuadro resumen de los resultados promedios obtenidos al final de la investigación según el sistema de cultivo

Parámetros	Sistemas de cultivo		Nivel de significancia
	Tanques circulares	Estanques rectangulares	
Peso promedio (g)	1,30 ± 0,00 ^a	1,55 ± 0,200 ^b	*
Longitud promedio (cm)	4,75 ± 0,057 ^a	4,90 ± 0,036 ^b	*
SGR (%/día)	3,38 ± 0,058 ^a	3,69 ± 0,093 ^b	*
FCA	0,73 ± 0,070 ^a	0,76 ± 0,235 ^a	ns
K	1,21 ± 0,044 ^a	1,69 ± 0,612 ^a	ns
Sobrevivencia	93,40 % ± 2,06 ^a	94,26% ± 0,86 ^a	ns

Nota. a y b: Valores dentro de la misma fila con letras iguales no son estadísticamente diferentes, ns: no significativo, * significativo (P< 0,05). Autoría Propia.

4.2. Parámetros fisicoquímicos durante la investigación

Las condiciones ambientales del agua, incluyendo el oxígeno, pH y temperatura, durante el desarrollo de la investigación se detallan en la tabla 22. En ella se observa que el sistema de tanques circulares presenta una mayor concentración de oxígeno, con un valor de 5,52, en comparación con el sistema de estanque rectangular. Además, la temperatura del agua y el pH se mantienen constantes y similares en ambos tratamientos.

Tabla 23

Valores promedio de la temperatura del agua, pH, y oxígeno durante la investigación

Variable		Unidades Productivas	
		Tanques circulares	Estanques rectangulares
Temperatura del agua (°C)	Prom.	12,33±0,045	12,31±0,038
	Min	12,25	12,33
	Max	12,45	12,40
Oxígeno (mg/L)		5,52±0,25	4,00±0,356
pH		7,40±0,038	7,41±0,052

Nota. Autoría Propia.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En ambos sistemas de cultivo, se aseguró la confiabilidad iniciando con pesos unitarios promedio estadísticamente similares. La alimentación para ambos sistemas se realizó a saciedad, y la biometría se llevó a cabo cada 15 días. Cabe destacar que un día antes de la biometría, los peces pasaron por un período de ayuno.

En los tanques circulares, la media inicial fue de $0,17 \pm 0,05$ g, alcanzando finalmente 1,3 g, lo que representó un incremento de 1,13 g y en estanques rectangulares se registró una medida inicial de $0,16 \pm 0,027$ g, culminando con un peso de 1,55 g evidenciando un aumento de 1,39 g, notablemente se observa que el mayor incremento de peso se dio en los estanque de diseño rectangular, estos resultados discrepan con los obtenidos por Romero y Vilchez (2016) quienes llevaron a cabo una evaluación en la etapa de alevinaje, obteniendo un mayor peso en los individuos cultivados en tanques circulares, una tendencia que coincide con la registrada por Fernández (2016) en etapa juvenil; En este último caso, también se obtuvo un mayor peso promedio en los individuos cultivados en tanques circulares; ambos autores concluyen que los diseños circulares son más beneficiosos, en aspectos técnicos y económicos.

El resultado para la variable longitud en tanques circulares fue $4,75 \pm 0,057$ cm, y en estanques rectangulares $4,90 \pm 0,036$ cm, a favor del diseño rectangular, este incremento en ambos sistemas guarda relación con el aumento del peso, observándose una relación positiva. Estos difieren de los obtenidos por Romero y Vilchez (2016), así como los de Fernández (2016), quienes llevaron a cabo investigaciones en las fases de alevinos y juveniles, respectivamente. En sus estudios, se observó un crecimiento superior en los alevinos cultivados en tanques circulares.

Los resultados obtenidos de peso y longitud revelan que existe una relación directa del aumento progresivo entre ellos, sin embargo, las diferencias significativas de estos valores

indican que las características particulares de cada sistema pueden afectar en la eficiencia del crecimiento.

Referente a la tasa de crecimiento específico (SGR), los resultados al final del cultivo fueron de $3,380 \% \pm 0,058$ en tanques circulares, y $3,693 \% \pm 0,093$ en estanques rectangulares, cuyos resultados si presentan diferencias significativas, muy distintos a los obtenidos por Chamorro (2021) quien obtuvo resultados muy similares en ambos sistemas de cultivo, para tanques circulares $2,90 \%$ y en estanques rectangulares $2,55 \%$, indicando que ambos sistemas son óptimos para el desarrollo. Asimismo, es relevante señalar las discrepancias con los hallazgos de Machaca (2023) en un diseño RAS utilizando tanques circulares ya que, en su investigación, logró resultados notoriamente más elevados que los nuestros, con valor de $4,61 \%$ al finalizar el periodo de cultivo y alcanzando $9,29 \%$ durante la primera semana. Este último se atribuye a la temperatura del agua que fluctuó entre 15 y $15,5^{\circ}\text{C}$, en línea con lo expuesto por Bravo y Varas (2023), se observa que a medida que la temperatura aumenta, la tasa de crecimiento también experimenta un aumento progresivo.

El Factor de Conversión Alimenticia (FCA) al final del cultivo fue $0,73 \pm 0,070$ para tanques circulares y $0,765 \pm 0,235$ para estanques rectangulares. Si bien no se detectaron diferencias significativas entre ambos diseños, es necesario analizar los resultados en valores absolutos para relevar su importancia de ahorro entre los sistemas, así para producir una tonelada de trucha se necesitaría 730 kg de alimento para el sistema de tanques circulares comparado con los 765 kg de los rectangulares lo que implicaría una diferencia de 35 kg. lo cual concuerda con los hallazgos de Chamorro (2021), quien concluyó que ambos sistemas son óptimos para el desarrollo de alevinos de trucha. En contraste, nuestros resultados demostraron un rendimiento inferior en comparación con los reportados por Fernández (2016) y Romero y Vilchez (2016) ambos estudios obtuvieron valores superiores a uno, sin observarse diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,005$). Nuestros resultados, respaldan las observaciones

de Machaca (2023), quien señala que los valores más bajos de Factor de Conversión Alimenticia (FCA) se encuentran en la fase de alevinos debido a un metabolismo más elevado, alcanzando valores de 0,5 a 0,8. Además advierte sobre la importancia de no superar el valor de uno, ya que esto indicaría una pérdida de alimento sin su conversión efectiva en masa corporal.

El Factor de Condición de Fulton (K), refleja las condiciones del cultivo del pez: altos valores implican peces más grandes y pesados, mientras que un "K" bajo indica lo contrario (Bravo y Varas, 2023). Los resultados de la presente investigación no revelan diferencias significativas ($p < 0.05$) obteniendo un "K" igual a 1,69, para estanques rectangulares y 1,21 para tanques circulares, estos resultados son superiores a los reportados por Fernández (2016) que obtuvo un factor de condición de 1,20 en el sistema circular no encontrando diferencias significativas entre sistemas.

El sistema de cultivo de estanques rectangulares logró una tasa de sobrevivencia del 94,26% superando ligeramente al sistema de tanques circulares que alcanzó un 93,4% de sobrevivencia. Estos resultados contrastan con los obtenidos por Fernández (2016) y Romero y Vilchez (2016), quienes evaluaron las tasas de mortalidad y observaron rendimientos superiores para los tanques circulares, con porcentajes de 1,03% y 2,06%, respectivamente.

En cuanto a la calidad del agua, se registró un pH promedio de $7,40 \pm 0,038$ para tanques circulares y de 7,41 para estanques rectangulares, cumpliendo así con lo establecido en la Norma Técnica Peruana NTP 320.004 de Buenas Prácticas Acuícolas (INDECOPI, 2014), el resultado del Oxígeno promedio obtenido fue de 5,52 mg/L en tanques circulares y 4,00 mg/L para rectangulares. Estos valores, según FONDEPES (2021), se encuentran por debajo del nivel óptimo, lo que puede generar un crecimiento lento y poco favorable. Con relación a la temperatura promedio para tanques circulares fue de $12,33 \pm 0,045$ °C y $12,31 \pm 0,038$ °C para estanques rectangulares.

VI. CONCLUSIONES

- Se obtuvo mejores resultados en el crecimiento de los alevinos de truchas empleando el sistema de estanques rectangulares.
- La tasa de crecimiento específica (SGR) hasta los 45 días fueron similares y al finalizar la experiencia los alevinos de los estanques rectangulares tuvieron una mejor tasa.
- Los resultados obtenidos del FCA, en ambos sistemas fue menor a uno, no existiendo diferencias significativas. Sin embargo, en valores absolutos se observa que en los tanques circulares existe una ligera ventaja en cuanto a la conversión, que trasladado a otra base de comparación reflejaría un ahorro importante por concepto de alimento.
- El Factores de Condición (K) para ambos sistemas se encuentran por debajo de uno, si bien no se encontraron diferencias significativas en el sistema circular el valor promedio es inferior al obtenidos en los tanques circulares. El último control biométrico sugiere una mayor concentración de grasa en el músculo y vísceras de los alevinos cultivados en los estanques rectangulares.
- La sobrevivencia promedio final en ambos sistemas de cultivo no fueron significativas, obtenido resultados muy similares, durante todo el periodo de cultivo.
- Por lo tanto, a la luz de los resultados obtenidos se puede establecer como conclusión general que no existe un efecto significativo en los parámetros productivos de los dos sistemas de cultivo evaluados en la primera etapa de alevinaje de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss*, bajo las condiciones experimentales de la presente tesis.

VII.RECOMENDACIONES

- Efectuar estudios más detallados en diferentes épocas del año, verano e invierno, a fin de comparar las variables de producción.
- Realizar otras investigaciones tendientes a evaluar caudal de ingreso y densidades, para buscar optimizar los recursos.
- Se recomienda para el factor de conversión alimenticia utilizar más etapas de producción y un periodo mayor, para determinar si existen diferencias.
- Se recomienda en los tanques circulares implementar filtros a los efluentes finales para reutilizar el agua, convirtiéndolo en un sistema RAS.
- Desarrollar estudios económicos completos, con el fin de determinar la rentabilidad de los dos tipos de infraestructura, que permitan a los productores de trucha tomar mejores decisiones en cuanto el diseño de sus unidades productivas.

VIII. REFERENCIAS

- Arregui, L. (2013). El cultivo de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).
https://www.observatorio-acuicultura.es/sites/default/files/images/adjuntos/libros/cuaderno_trucha_digital_web.pdf
- Arturo, C. H. (2012). El estrés en Peces de Granja. *Revista Investigación Pecuaria*, 1 (1), 47-52. <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/revip/article/view/386/400>
- Bardach, R y Mclarney (1986). *Acuicultura, Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce*. AGT Editor S.A.
- Berger, C. (2020). La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú. *South Sustainability*, 1 (1), 2-5. <https://www.mendeley.com/catalogue/a680b822-8943-3c25-922b-78c66cd08fd7/>
- Blanco, M (1995). *La trucha, cría industrial*. (2ª ed.). Ediciones Mundi Prensa Madrid España.
- Bravo W. y Varas Y. (2023). *Incubación y alevinaje de truchas*. (1ª ed.). Safe Track.
- Chamorro, P. (2021). Comparación productiva de dos sistemas de cultivo, estanques rectangulares y circulares, en alevinos de trucha arco iris en la piscigranja “Los Retoños”-Jauja. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú].
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7942/T010_47270095_T%281%29.pdf?sequence=
- Drummond, S. (1988). *Cría de la trucha*. Editorial Acribia. Zaragoza -España. 110p.
- Erazo A., y Rosado R. (2001). *Aspectos básicos para el cultivo de la trucha arcoiris*.
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/19714/65034_27478.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fernández, D. N. (2016). *Efecto de dos diseños de estanque en la conversión alimenticia y condición animal de truchas “Arco iris” (Oncorhynchus mykiss) en etapa juvenil*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio.

<https://repositorio.unh.edu.pe/items/c49886e3-3534-49d9-b5b3-c9ce4b876e83>

Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (2021). *Manual de Crianza de trucha en ambientes convencionales*.

https://www.fondepes.gob.pe/src/manuales/MANUAL_TRUCHA.pdf

Food and Agriculture Organization (2009). *Cultured aquatic species fact sheets*. http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/aquaculture/I1129m/file/es/es_rainbowtrout.htm

Food and Agriculture Organization (2014). *Manual práctico para el cultivo de truchas arcoiris*. <https://www.fao.org/3/bc354s/bc354s.pdf>

Food and Agriculture Organization (2024). *Programa de información de especies acuáticas. Texto de Cowx, IG. División de Pesca y Acuicultura* [en línea]. Roma.

[Citado jueves 22 de febrero de 2024].

https://www.fao.org/fishery/es/culturedspecies/oncorhynchus_mykiss_es/es

García-Aragón, J. A., Salinas-Tapia, H., Díaz-Palomarez, V., López-Rebollar, B.M., Moreno-Guevara, J. y Flores-Gutiérrez, L. M. (2014). Criterios hidrodinámicos para el diseño de sistemas de recirculación en acuicultura. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 5(5), 63-76.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222014000500004&script=sci_arttext

García-Criollo, R. y Sánchez-Ortiz, I. (2015). Biología en el sector. *Agropecuaria y Agroindustrial*, 13 (2), 30-39. <https://1library.co/document/y87x21rz-evaluaci%C3%B3n-diferentes-drenajes-tanques-circulares-cultivo-sistemas-recirculaci%C3%B3n.html>

- Gerencia regional de recursos naturales y gestión del medio ambiente del gobierno regional Junín. (2015). *Memoria descriptiva. Zonificación ecológica y económica del departamento de Junín a nivel meso y escala 1:100 000*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/memoria-descriptiva-zonificacion-ecologica-economica-departamento>
- Gonzales, J., Alcántara, F., Del Águila, M., Cubasguerra, R., Mori-Pinedo, L. y Chu-Koo, F. (2009). Paco *Piaractus brachyomus* y gamitana *Colossoma macropomum* criados en policultivo con el *Bujurqui-Tucunaré*, *Chaetobranchus semifasciatus* (Cichlidae). Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Folia Amazónica, 18(1-2), 97-104. <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/PUBL563.pdf>
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (2014) *Norma Técnica Peruana NTP 320.004. Buenas Prácticas Acuícolas en la producción de truchas arco iris*.
- Junge, R., Antenen, N., Villarroel, M., Griessler Bulc, T., Ovca, A., y Milliken, S. (Eds.) (2020). *Acuaponía: Libro de Texto para la Enseñanza Superior*. Zenodo. https://aquateach.files.wordpress.com/2020/07/aquateach_o4_textbook_es-1.pdf
- Machaca, P. P. (2023). *Evaluación y manejo de la calidad del agua e indicadores productivos del RAS de alevinos de trucha arcoiris (Oncorhynchus mykiss)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5967/machaca-pampa-patricia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Maíz, A., Lacruz, L., y Piñero, D. (2010). Elementos prácticos para la cría de truchas en Venezuela. *Mundo Pecuario*, 1(2). 159-160. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/137-truchas.pdf

- Meza, D. K. (2019). *Evaluación del desempeño Ambiental en empresas Piscícolas de la Región Junín*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villareal]. Repositorio. <http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2712/MEZA%20DUMAN%20KAREN%20-%20MAESTRIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio del Ambiente (2015). *Informe Técnico Final de Servicio de Exploración de la distribución de la Trucha Naturalizada en zonas priorizadas de Junín y Huánuco*: <http://genesperu.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/Trucha1-Exploracion-de-ladistribucion-de-la-truca-naturalizada-en-zonas-priorizadas-de-Junin-y-Huanuco.pdf>
- Ministerio del Ambiente (2016). *Informe Técnico Final de Servicio de consultoría para la prospección, distribución y análisis socioeconómico de la trucha en las regiones de Arequipa, Puno, Tacna y Moquegua*. https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/02/trucha_16_bioaqual.pdf
- Ministerio del Ambiente (2021). *Línea de base de la trucha arcoíris con fines de bioseguridad en el Perú*. https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2021/07/libro_ldb_trucha.pdf
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo del Perú (2019). *PERX Plan Regional Exportador Junín*. <https://www.gob.pe/institucion/mincetur/informes-publicaciones/290766-plan-regional-exportador-perx-junin>
- Ministerio de la Producción (2012). *Programa Nacional de Ciencia, Desarrollo Tecnológico e Innovación en Acuicultura 2013 -2021*. <https://rnia.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2020/01/PROGRAMA-NACIONAL-DE-CIENCIA-DESARROLLO-TECNOL%3%93GICO-E-INNOVACI%3%93N-EN-ACUICULTURA-CDTi-2013-2021.pdf>
- Ministerio de la Producción (2022). *Anuario Estadístico, Pesquero y acuícola 2022* [archivo Excel]. <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oee-documentos->

[publicaciones/publicaciones-anuales/item/1116-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2022](#)

Ministerio de la Producción (2023). *Política Nacional de Acuicultura al 2030*.

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4070009/POLITICA%20NACIONAL%20DE%20ACUICULTURA.pdf.pdf?v=1674743467>

National Research Council (2011). *Conmte on animal nutrition board on agriculture. Nutrient Requeriments of fish*. National Academy Press, Washington DC.

Novio, M. F., Soula, M., Abelleira, L. R., Paz, D. M., González, V., Costas, C., y de Sousa, J.

M. V. B. (2019). Estudio de ingredientes naturales como alternativa sostenible a los biocidas utilizados en acuicultura continental. *Investigación: cultura, ciencia y tecnología*, 11 (21), 53-66. <http://www.institutociencia.es/sites/default/files/21-revista.pdf>

Oca J. y Masaló I. (2009). Diseño de tanques en acuicultura intensiva. *ipac Acuicultura* 64, 14-15.

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/114534/ingrid.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ponce, M. (2014). *Evaluación de un promotor multifuncional en la dieta sobre el comportamiento productivo de juveniles de trucha (Oncorhynchus mykiss)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio.

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2388/M12-P65-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Programa nacional de pesca y acuicultura (2018). *Sistema nacional de innovación en pesca y acuicultura, fundamentos y propuesta 2017-2022*. <https://webpnipa.pnipa.gob.pe/wp-content/uploads/2019/02/PESCA-Y-ACUICULTURA-3-1.pdf>

- Responsabilidad Social Empresarial en el país (29 de noviembre de 2012). *Se inauguró en Concepción (Junín) la primera planta procesadora de truchas de la Región Junín.*
<https://noticias.rse.pe/con-primera-planta-procesadora-de-truchas-junin-eleva-su-produccion-truchera-a-8000-toneladas-anuales/>
- Ricker, W. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin Fisheries Research*. 1 (1), 191: 382.
- Romero, P. y Vílchez, R. (2016). *Comparación de la producción de alevinos de trucha arco iris en un estanque circular y un estanque rectangular piscigranja la cabaña S.A.C - Miraflores.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio. <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1852/Tesis%20Romero%20-%20V%C3%ADlchez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sistema Nacional de Acuicultura (2022). Manual para una acuicultura sostenible cultivo de trucha. Ministerio de la producción. <https://rnia.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2022/08/Manual-de-Trucha.pdf>
- Timmons, M., Ebeling, J., Wheaton, F., Summerfelt, S. y Vinci, B. (2002). *Sistemas de recirculación para la acuicultura.* Fundación Chile.
- Torres, M., Paz, K., & Salazar, F. (2006). Tamaño de una muestra para una investigación de mercado. *Boletín electrónico*, 2, 1-13. https://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin02/URL_02_BAS02.pdf
- Universidad Nacional Agraria la Molina (2023). *Programa de investigación y proyección social en alimentos.* [Folleto].
- Vásquez-Quispesivana, W., Inga, M., y Betalleluz-Pallardel, I. (2022). Inteligencia artificial en acuicultura: fundamentos, aplicaciones y perspectivas futuras. *Scientia Agropecuaria*, 13(1), 79-96. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Trujillo

DOI: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>SCIENTIA
AGROPECUARIA

Vega, M. (28 de febrero del 2023). Productos con mayor demanda de la Acuicultura. *El Peruano*. <https://www.elperuano.pe/noticia/206545-productos-con-mayor-demanda-de-la>

acuicultura#:~:text=La%20acuicultura%20peruana%20quiere%20seguir,Asociaci%C3%B3n%20de%20Exportadores%20(Adex)

Zhang, J., Jia, G., Wang, M., Cao, Sh. y Mkumbuzi, SG. (2022). Hydrodynamics of recirculating aquaculture tanks with different spatial utilization. *Aquacultural Engineering*. 96,

Volume 96,102217. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2021.102217>