UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

EFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE LOMBRIZ ROJA *(Eisenia foetida)* EN LA ALIMENTACIÓN SOBRE LOS PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS DE ALEVINES DE TRUCHA ROJA *(Oncorhynchus mykiss).*

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR:

Bach. LESLIE MIRELLY RODRÍGUEZ GÁLVEZ

ASESOR:

Dr. RICARDO ABEL DEL CASTILLO TORRES

COASESOR:

Ms. AUGUSTO ANTONIO MECHATO ANASTASIO

CHOTA – PERÚ

2025

REG.007-25

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación - EPIA de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, **hace constar** que la tesis de la investigación titulada: **EFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE LOMBRIZ ROJA *(Eisenia foetida)* EN LA ALIMENTACIÓN SOBRE LOS PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS DE ALEVINES DE TRUCHA ROJA *(Oncorhynchus mykiss)*,** desarrollada por el Bach. Leslie Mirelly Rodríguez Gálvez, **asesorado** por el **Dr. Ricardo Abel Del Castillo Torres** y coasesorada por el **Dr. Augusto Antonio Mechato Anastasio,** presenta un **ÍNDICE DE SIMILITUD DEL 15%,** sin incluir bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante Resolución de Comisión Organizadora N°120-2022-UNACH.

Se expide la presente, a petición de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Chota, 15 de octubre de 2025.

Atentamente

Dr. Ricardo Abel Del Castillo Torres
Director Unidad de Investigación
EPIA

RADCT/DUI
Interesado
Archivo
YPC/ASIST
Ch.2025

Leslie Mirelly Rodríguez Gálvez

14.10. 2025 INFORME FINAL DE TESIS LESLIE MIRELLY RODRIGUEZ UNACH - T.docx

Constancia de Originalidad

UI-EPIA 2025-I

Universidad Nacional Autonoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3374266735

Fecha de entrega
15 oct 2025, 12:09 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
15 oct 2025, 1:33 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
14.10._2025_INFORME_FINAL_DE_TESIS_LESLIE_MIRELLY_RODRIGUEZ_UNACH_-_T.docx

Tamaño del archivo
4.4 MB

81 páginas

17.030 palabras

91.004 caracteres

15% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía

Fuentes principales

14% Fuentes de Internet
7% Publicaciones
4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

Fuentes principales

14% Fuentes de Internet
7% Publicaciones
4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1 Internet
revistas.ucr.ac.cr 2%

2 Internet
dspace.espoch.edu.ec <1%

3 Internet
repositorio.lamolina.edu.pe <1%

4 Internet
repositorio.unach.edu.pe <1%

5 Internet
www.researchgate.net <1%

6 Internet
www.coursehero.com <1%

7 Internet
repositorio.unac.edu.pe <1%

8 Trabajos del estudiante
Universidad Politécnica del Perú <1%

9 Trabajos del estudiante
Universidad Politécnica Estatal de Carchi <1%

10 Internet
es.scribd.com <1%

11 Trabajos del estudiante
Universidad de Costa Rica <1%

12	Publicación	
Yucra Quispe, Miguel Angel. "Efecto de la alimentación de truchas comerciales O...		<1%
13	Internet	
sian.info.ve		<1%
14	Internet	
ciencialatina.org		<1%
15	Internet	
ecosur.repositorioinstitucional.mx		<1%
16	Internet	
www.scielo.org.pe		<1%
17	Internet	
repositorio.upse.edu.ec		<1%
18	Internet	
www.scribd.com		<1%
19	Internet	
dokumen.pub		<1%
20	Internet	
tel.archives-ouvertes.fr		<1%
21	Internet	
doczz.es		<1%
22	Internet	
repositorio.untumbes.edu.pe		<1%
23	Trabajos del estudiante	
unifranz		<1%
24	Trabajos del estudiante	
usach		<1%
25	Trabajos del estudiante	
Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD		<1%

26 Internet
eprints.uanl.mx <1%

27 Internet
issuu.com <1%

28 Internet
www.monografias.com <1%

29 Publicación
E. Sonntag, A. Vidal, D. Grimm, G. Rahmann, J.W. vanGroenigen, H. vanZanten, A. ... <1%

30 Internet
"Evaluación de varias fuentes de proteína vegetal en dietas para camarón Litope... <1%

31 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga <1%

32 Internet
hdl.handle.net <1%

33 Trabajos del estudiante
Universidad de Guayaquil <1%

34 Internet
aph.aphorticultura.pt <1%

35 Internet
ciad.repositorioinstitucional.mx <1%

36 Internet
www.observatorio-acuicultura.es <1%

37 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion <1%

38 Internet
repositorio.ucv.edu.pe <1%

39 Internet
ruja.ujaen.es <1%

40 Internet
cybertesis.unmsm.edu.pe <1%

41 Internet
colposdigital.colpos.mx:8080 <1%

42 Internet
dspace.utb.edu.ec <1%

43 Internet
repositorio.utn.edu.ec <1%

44 Internet
www.dspace.uce.edu.ec:8080 <1%

45 Trabajos del estudiante
Universidad Cientifica del Sur <1%

46 Internet
doczz.net <1%

47 Internet
repositorio.ucss.edu.pe <1%

48 Internet
repositorio.unjbg.edu.pe <1%

49 Internet
vdocuments.com.br <1%

50 Internet
zaguan.unizar.es <1%

51 Internet
repositorio.upt.edu.pe <1%

52 Internet
revistas.udistrital.edu.co <1%

53 Internet
silo.tips <1%

54 Publicación
María Desamparados Soler Martínez. "Impact of Nuclear Parameters Processing ... <1%

55 Internet
es.slideshare.net <1%

56 Publicación
Ticona Choque, Alejandro. "Método heurístico en el aprendizaje del cálculo difere... <1%

57 Internet
raw.githubusercontent.com <1%

58 Internet
www.coit.org <1%

59 Internet
www.scielo.org.mx <1%

60 Internet
www.tandfonline.com <1%

61 Publicación
"Desarrollo Sostenible y Biodiversidad en Pando: Estudios sobre Euterpe precatór... <1%

62 Publicación
María Isabel Abdo-de la Parra, Luz Estela Rodríguez-Ibarra, Leonardo Ibarra-Castr... <1%

63 Internet
gestor-doc-s3.s3.eu-west-1.amazonaws.com <1%

64 Internet
nuevaweb.senasa.gob.ar <1%

65 Internet
repositorio.uct.edu.pe <1%

66 Internet
repositorio.upeu.edu.pe <1%

67 Internet
repository.unad.edu.co <1%

68 Internet
share.america.gov <1%

69 Internet
www.elsevier.es <1%

70 Publicación
Cristina Castillo. "Effect of teaching practices and literacy knowledge on classroo... <1%

71 Trabajos del estudiante
Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE <1%

72 Trabajos del estudiante
Universidad Autónoma de Tlaxcala <1%

73 Internet
agrociencia-colpos.mx <1%

74 Internet
albertovillalobos1.wordpress.com <1%

75 Internet
distancia.udh.edu.pe <1%

76 Internet
eslizitu.netlify.app <1%

77 Internet
ia801007.us.archive.org <1%

78 Internet
journals.iau.ir <1%

79 Internet
openaccess.uoc.edu <1%

80 Internet
pesquisa.bvsalud.org <1%

81 Internet
repositorio.ujcm.edu.pe <1%

82 Internet
repositorio.uncp.edu.pe <1%

83 Internet
repositorio.unh.edu.pe <1%

84 Internet
repositorioacademico.upc.edu.pe <1%

85 Internet
vfend.drugs.com <1%

86 Internet
www.sidalc.net <1%

87 Publicación
Espinoza Pinedo, Víctor Manuel. "Evaluación de elementos climáticos de la microc... <1%

88 Publicación
Fernando M Guerra-Olvera, María Teresa Viana. "Effect of dietary cholesterol con... <1%

89 Publicación
Francisco Adolfo Gutiérrez León, Nancy Bonifaz. "Mejoraramiento de la eficiencia ... <1%

90 Publicación
Franco GUERRA-GRANDEZ, Fabiola LOZANO-ANCANI, Carmen Rosa GARCÍA-DÁVIL... <1%

91 Publicación
Janaina Sánchez García. "Desarrollo y caracterización de nuevas harinas de lentej... <1%

92 Publicación
M. Gullian Klanian, C. Aramburu Adame. "Performance of Nile tilapia Oreochromi... <1%

93 Publicación
Mario Benítez-Mandujano, Jesús T. Ponce-Palafox. "Effects of different dietary of ... <1%

94 Publicación
Mario Paz A, John Meneses R, Jorge López M. "Digestibility of diets with flour fish ... <1%

95 Publicación
Patricia Batista Grau. "Desarrollo de nanoestructuras de ZnO mediante anodizad... <1%

96 Publicación
Sáez, Ana Isabel Gandarias. "Estilos Educativos Familiares y sus Efectos en el Desa... <1%

97 Internet
apirepositorio.unh.edu.pe <1%

98 Internet
dialnet.unirioja.es <1%

99 Internet
docslib.org <1%

100 Internet
eujournal.org <1%

101 Internet
oa.upm.es <1%

102 Internet
old.oalib.com <1%

103 Internet
qdoc.tips <1%

104 Internet
repositorio.umch.edu.pe <1%

105 Internet
repositorio.undc.edu.pe <1%

106 Internet
repositorio.unj.edu.pe <1%

107 Internet
revistas.unimagdalena.edu.co <1%

108 Internet
www.academicoo.com <1%

109 Internet
www.bioline.org.br <1%

110 Internet
www.dspace.uce.edu.ec <1%

111 Internet
www.iiap.org.pe <1%

112 Internet
www.sefig.org <1%

113 Internet
www.slideshare.net <1%

114 Publicación
"FAO Yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2018/FAO annuaire. Statistiqu... <1%

115 Publicación
Huarachi Cruz, Cesar Efrain. "Diagnostico de patogenos e indicadores microbioló... <1%

116 Publicación
Jiménez Cutipa, Aida. "Degradación de contaminantes orgánicos en lixiviados pro... <1%

117 Publicación
Jorge Castro-Bedriñana, Doris Chirinos-Peinado, Hanz Sosa-Blas. "Digestibility, Di... <1%

118 Publicación
Renzo Pepe-Victoriano, Piera Pepe-Vargas, Moira Yañez-Valenzuela, Héctor Arave... <1%

119 Internet
pdacrsp.oregonstate.edu <1%

Anexo 01:

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

REG. N° 043 -2025-FCA

Siendo las 10:00 horas, del día 25 de setiembre del 2025, los miembros del Jurado de Tesis titulada: "EFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE LOMBRIZ ROJA *(Eisenia foetida)* EN LA ALIMENTACIÓN SOBRE LOS PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS DE ALEVINES DE TRUCHA ROJA *(Oncorhynchus mykiss)*.", integrado por:

1. Mg. Martin Díaz Torres-**Presidente.**
2. Mg. Pedro Wilfredo Gamboa Alarcón-**Secretario.**
3. M.Sc. Virginio Pablo Ponte Loyola-**Vocal**

Sustentada de manera presencial por la bachiller Leslie Mirelly Rodríguez Gálvez, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, se acuerda **Aprobar**, la tesis, calificándola con la nota de: QUINCE (15), se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el correspondiente título profesional

Colpa Huacaris, 25 de setiembre del 2025

.....
Mg. Martin Díaz Torres
Presidente

.....
Mg. Pedro Wilfredo Gamboa Alarcón
Secretario

.....
M.Sc. Virginio Pablo Ponte Loyola
Vocal

Anexo 02:

FICHA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Apellidos y Nombres: Leslie Mirelly Rodríguez Gálvez
Título de la Tesis: "EFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE LOMBRIZ ROJA *(Eisenia foetida)* EN LA ALIMENTACIÓN SOBRE LOS PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS DE ALEVINES DE TRUCHA ROJA *(Oncorhynchus mykiss)*".
Apellidos y Nombres del Jurado Evaluador:
1. Mg. Martin Díaz Torres-**Presidente.**
2. Mg. Pedro Wifredo Gamboa Alarcón-**Secretario.**
3. M.Sc. Virginio Pablo Ponte Loyola-**Vocal**

INDICADORES	EVALUACIÓN		
	Si	No	OBSERVACIONES
1. TÍTULO			
El título es breve y claro, donde evidencian las variables de la investigación, el lugar y el tiempo.	X		
Presenta el índice numerado según contenidos de la tesis	X		
2. INTRODUCCIÓN			
Considera los elementos esencia de la investigación en la introducción.	X		
Describe deductivamente el problema contextualizado a la realidad de las variables de estudio y presenta correctamente la formulación del problema	X		
Se Justifica adecuadamente el desarrollo de la investigación	X		
Se articula el objetivo general y específicos al problema formulado	X		
3. MARCO TEÓRICO			
Describe los antecedentes internacionales, nacionales y locales relacionados a las variables de estudio siguiendo un proceso que se visualice el autor, el año, el título de la tesis, el lugar, el objetivo, la metodología, la muestra, los instrumentos y las conclusiones arribadas	X		
En las bases teóricas se considera contenidos preferentemente de los cinco (05) años recientes que fundamentan que fundamentan a las variables y dimensiones de estudio.		X	
Se utiliza la norma APA de reciente Edición en las citas textuales y paráfrasis.	X		
Presenta el marco conceptual con los contenidos que más se utilizan en el desarrollo de la tesis.	X		
4. MARCO METODOLÓGICO			
Describe la ubicación donde se desarrolló la tesis de manera contextualizada.	X		
Se plantea la hipótesis en concordancia con el problema planteado.	X		
Se fundamenta la población y muestra utilizada en el desarrollo de la tesis.	X		
Precisa los medios, materiales e insumos utilizados en el desarrollo de la tesis.	X		
Fundamenta el proceso metodológico utilizado en el desarrollo de la tesis y precisa los procedimientos que se siguió en el análisis estadístico.		X	

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN			
Se presentan los resultados en función a los objetivos propuestos, así como contrasta la hipótesis utilizando los procedimientos estadísticos adecuados para probarlo o rechazarlo.	X		
Se discuten los resultados con los antecedentes y bases teóricas utilizadas como fundamento de la tesis.		X	
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES			
Se integra los objetivos y resultados en las conclusiones, así como tiene coherencia las recomendaciones con las conclusiones.		X	
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS			
Presenta las referencias bibliográficas según la norma APA reciente.		X	
8. ANEXOS			
Presenta el/los instrumento(s) de recojo de información con la ficha técnica y validación (si el caso los amerita).	X		
TOTAL	15	05	

Observaciones, comentarios y/o sugerencias:

La tesista se comprometen levantar las observaciones hechas en la sustentación para luego ser enviado a Facultad junto con el acta de sustentación, para conferirle el título profesional.

Colpa Huacaris, 25 de setiembre del 2025

.....
Mg. Martin Díaz Torres
Presidente

.....
Mg. Pedro Wifredo Gamboa Alarcón
Secretario

.....
M.Sc. Virginio Pablo Ponte Loyola
Vocal

DEDICATORIA

A Dios, que ha sido mi guía, fortaleza y luz en cada vuelta de este camino. Su inquebrantable amistad y sabiduría han sido la fuente de la fuerza que necesitaba para superar los desafíos que necesitaba y con éxito superar los desafíos y completar con éxito esta etapa de mi vida. Completar esta fase de mi vida. A mi padre, Elver Rodríguez Rodríguez, a mi madre, Rebeca Gálvez Tapia, a mi hija, Zoe Alice Sánchez Rodríguez, y a mi hermano, Elver Ney Rodríguez Gálvez, les agradezco profundamente su amor incondicional, su apoyo constante y la fe que siempre han tenido en mí. Este logro es un fiel reflejo de los valores y enseñanzas que cada uno de ustedes me ha transmitido.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota, expreso mi más sincero agradecimiento por haberme brindado la oportunidad de formarme profesionalmente y por ser el espacio donde crecí académica y personalmente. Esta institución ha sido el pilar fundamental en la construcción de mi conocimiento y en la realización de esta tesis.

Quiero expresar mi profunda gratitud a Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este viaje. Su presencia en mi vida me ha brindado la sabiduría, la paciencia y el valor necesarios para alcanzar este significativo logro.

A mis padres, Elver Rodríguez Rodríguez y Rebeca Gálvez Tapia, gracias por su amor incondicional, su constante apoyo y por inculcarme valores que han sido mi luz e inspiración. A mi hermano, Elver Ney Rodríguez Gálvez, y a mi hija, Zoe Alice Sánchez Rodríguez, les agradezco profundamente su cariño y confianza, que me han impulsado a seguir adelante incluso en los momentos más desafiantes.

Al Dr. Ricardo Abel Del Castillo Torres, mi asesor, le expreso un especial reconocimiento por su valiosa orientación, paciencia y dedicación a lo largo de este proceso. Su experiencia y compromiso han sido esenciales para la culminación exitosa de este trabajo.

Finalmente, agradezco a mis compañeros y amigos, quienes, con su apoyo, ánimo y colaboración, contribuyeron significativamente al desarrollo de este proyecto. Su presencia ha enriquecido esta etapa de mi vida.

RESUMEN

El estudio evaluó el efecto de la adición de harina de lombriz roja (*Eisenia foetida*) en la alimentación de alevines de trucha roja (*Oncorhynchus mykiss*), analizando su impacto en los parámetros zootécnicos. La investigación se realizó del 15 al 30 de octubre de 2024 en el caserío de Tuco-Bambamarca, utilizando dietas con diferentes proporciones de harina de lombriz. Se midieron variables como ganancia de peso total (GTP), incremento de longitud estándar (ISL), tasa de crecimiento específico (TCE), tasa de conversión alimenticia (FCR), tasa de eficiencia proteica (PER) y mortalidad acumulada (Mor). Además, se comparó la composición nutricional de la harina de lombriz con el concentrado comercial Nicovita, evaluando proteína cruda, grasa, fibra, cenizas y humedad. Los resultados indicaron que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en los parámetros zootécnicos. Sin embargo, la harina de lombriz presentó un 60 % de proteína cruda frente al 50 % de Nicovita, lo que sugiere su potencial como alternativa proteica en la alimentación acuícola. Asimismo, se resalta su impacto económico y ambiental, al permitir la producción local de insumos a partir de residuos orgánicos, reduciendo costos y promoviendo la economía circular. Se concluye que, aunque no se observaron mejoras en el crecimiento de los alevines, la harina de lombriz es una opción sostenible y viable. Se recomienda ampliar la investigación con períodos más largos para evaluar su efecto acumulativo en la calidad de la carne y la eficiencia alimenticia.

***Palabras clave*:** Harina de lombriz roja, trucha roja, parámetros zootécnicos, alimentación alternativa, economía circular, eficiencia alimenticia, acuicultura sostenible.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of adding red worm meal (*Eisenia foetida*) to the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry, analyzing its impact on zootechnical parameters. The research was conducted from October 15 to October 30, 2024, in the Tuco-Bambamarca locality, using diets with different proportions of worm meal. Variables such as total weight gain (GTP), standard length increase (ISL), specific growth rate (TCE), feed conversion ratio (FCR), protein efficiency ratio (PER), and accumulated mortality (Mor) were measured. Additionally, the nutritional composition of worm meal was compared with the commercial feed Nicovita, evaluating crude protein, fat, fiber, ash, and moisture content. The results indicated that there were no significant differences in the zootechnical parameters among the treatments. However, worm meal contained 60 % crude protein compared to 50 % in Nicovita, suggesting its potential as a protein alternative for aquaculture. Furthermore, its economic and environmental impact is highlighted, as it enables local production of feed from organic waste, reducing costs and promoting a circular economy model. It is concluded that, although no significant improvements were observed in fry growth, worm meal is a viable and sustainable option. Further research over longer periods is recommended to evaluate its cumulative effects on meat quality and feeding efficiency.

***Keywords*:** Red worm meal, rainbow trout, zootechnical parameters, alternative feeding, circular economy, feed efficiency, sustainable aquaculture.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN 11

1.1. Planteamiento del Problema 11

1.2. Formulación del Problema 13

1.3. Justificación 13

1.4. Objetivos 15

1.4.1. Objetivo General 15

1.4.2. Objetivos Específicos 15

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO 17

2.1. Antecedentes 17

2.2. Bases Teóricas-Científicas 19

2.2.1. Lumbricultura 19

2.2.2. Lombriz Roja (Eisenia foetida) 19

2.2.3. Carne de Lombriz 20

2.2.4. Harina de Lombriz 20

2.2.6. Trucha Arcoíris (Oncorhynchus mykiss) 23

2.2.7. Parámetros Zootécnicos en Alevines de Trucha Roja (Oncorhynchus mykiss) 29

2.2.8. Viabilidad Económica y Sostenibilidad del Uso de Harina de Lombriz 30

2.3. Marco Conceptual 32

2.3.1. Alevinaje 32

2.3.2. Alimento 32

2.3.3. Crecimiento 33

2.3.4. Harina de Lombriz 33

2.3.5. Incremento de Peso 33

2.3.6. Lombriz *33*

2.3.7. Trucha Arcoíris *33*

2.4. Hipótesis *34*

2.5. Operacionalización de Variables *34*

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO **36**

3.1. Tipo y Nivel de Investigación *36*

3.1.1. Tipo de Investigación *36*

3.1.2. Nivel de Investigación *36*

3.3. Métodos de Investigación *39*

3.3.1. Manejo de Alevines Oncorhynchus mykiss Durante la Investigación *39*

3.3.2. Los parámetros zootécnicos *39*

3.3.3. Obtención de Lombriz Roja (Eisenia foetida) *41*

3.3.4. Preparación de Harina Lombriz Roja (Eisenia foetida) *41*

3.3.5. Manejo Alimenticio con Diferentes Tratamientos *44*

3.3.6. Control de Calidad de Agua *45*

3.4. Población, Muestra y Muestreo *46*

3.4.1. Población *46*

3.4.2. Muestra *46*

3.4.3. Muestreo *46*

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos *46*

3.5.1. Técnicas de Recolección de Datos *46*

3.5.2. Instrumentos para la Recolección de Datos *47*

3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos *48*

3.7. Aspectos Éticos *50*

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES **51**

4.1 Descripción de Resultados *51*

4.1.1 Prueba Sobre Ganancia de Peso **51**

4.1.2 Prueba Sobre el Incremento de Longitud Estándar (iSL) **56**

4.1.3 Prueba Sobre la Tasa de Conversión Alimenticia (FCR) **62**

4.1.4 Prueba Sobre la Tasa de Eficiencia Proteica (TEP) **65**

4.2 Contrastación de Hipótesis *70*

4.3 Discusión de Resultados *73*

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **77**

5.1 Conclusiones **77**

5.2 Recomendaciones **79**

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS **80**

VII. ANEXOS **86**

7.1. Documentación Visual del Proceso Experimental **86**

7.2. Registro de Datos Primarios **92**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición de la harina de lombriz roja (Eisenia foetida)..... 21
Tabla 2 Contenido de aminoácidos en harina de lombriz roja (Eisenia foetida) 22
Tabla 3 Biología de la trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)..... 23
Tabla 4 Composición de la harina de lombriz roja (Eisenia foetida)..... 27
Tabla 5 Matriz de operacionalización de variables..... 35
Tabla 6 Tratamientos establecidos para la experimentación 39
Tabla 7 Proteína total consumida (PTC)..... 52
Tabla 8 Cantidad de alimento suministrado en la fase experimental..... 53
Tabla 9 Datos para la obtención de ganancia de peso total GTP 54
Tabla 10 Análisis de varianza de ganancia de peso total..... 56
Tabla 11 Datos para la obtención del incremento de la longitud estándar (iSL) 57
Tabla 12 Análisis de varianza de incremento de longitud estándar..... 59
Tabla 13 Logaritmo natural de pesos iniciales y finales..... 60
Tabla 14 Análisis de varianza de tasa de crecimiento específico 62
Tabla 15 Tasa de conversión alimenticia (FCR)..... 63
Tabla 16 Análisis de varianza de tasa de conversión alimenticia..... 64
Tabla 17 Tasa de eficiencia proteica..... 65
Tabla 18 Análisis de varianza de tasa de eficiencia proteica..... 67
Tabla 19 Mortalidad acumulada 68
Tabla 20 Análisis de varianza de mortalidad acumulada..... 70
Tabla 21 Comparación de la harina de lombriz roja vs. alimento comercial para truchas 72
Tabla 22 Contrastación de hipótesis 73
Tabla 23 Contrastación de hipótesis para cada variable 73
Tabla 24 Registro de datos primarios 92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Anatomía interna de la trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) 24
Figura 2 Flujograma experimental..... 38
Figura 3 Flujograma de obtención de harina de Lombriz Roja Californiana 42
Figura 4 Normalidad de los datos de ganancia de peso total..... 55
Figura 5 Prueba de homogeneidad de varianzas de ganancias de peso total 55
Figura 6 Normalidad de los datos de tasa de incremento de longitud estándar..... 58
Figura 7 Prueba de homogeneidad de varianzas de incremento de longitud estándar 58
Figura 8 Normalidad de los datos de tasa de crecimiento específico 61
Figura 9 Prueba de homogeneidad de varianzas de tasa de crecimiento específico..... 61
Figura 10 Normalidad de los datos de tasa de conversión alimenticia 63
Figura 11 Prueba de homogeneidad de varianzas de tasa de conversión alimenticia..... 64
Figura 12 Normalidad de los datos de tasa de eficiencia proteica..... 66
Figura 13 Prueba de homogeneidad de varianzas de tasa de eficiencia proteica..... 66
Figura 14 Normalidad de los datos de mortalidad acumulada..... 69
Figura 15 Prueba de homogeneidad de varianzas de mortalidad acumulada 69
Figura 16 Cultivo de lombriz roja..... 86
Figura 17 Recolección y selección de lombrices..... 87
Figura 18 Preparación de lombrices mediante pesaje, lavado, secado y molienda 87
Figura 19 Alevines de trucha roja de 2 a 4 mm en fase experimental..... 88
Figura 20 Dietas alimenticias utilizadas en el experimento 88
Figura 21 Control diario de temperatura y pH del agua 89
Figura 22 Pesaje para determinar aumento de peso y calcular la conversión alimenticia..... 89
Figura 23 Medición aleatoria de longitud de alevines en cada tratamiento..... 90
Figura 24 Registro de alimentación y mortalidad de alevines por tratamiento 90
Figura 25 Lugar del estudio - Piscigranja “Malicate” en el Caserío Tuco – Bambamarca 91

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

La acuicultura se viene considerando como una de las industrias primarias de mayor desarrollo en las últimas décadas (Zumbado et al., 2022). La obtención global de peces comestibles cultivados ha encontrado un sólido respaldo en la acuicultura continental, que sigue expandiéndose a nivel mundial; de hecho, representó el 44,4 % de la producción anual en 2020. Para 2021, la producción acuícola total alcanzó 130,9 millones de toneladas (incluidas algas), mientras que la producción mundial conjunta de pesca más acuicultura llegó a 223,2 millones de toneladas; la acuicultura de animales aportó 94,4 millones de toneladas y, por primera vez, superó a la captura, con 51 % de la producción de animales acuáticos (Barboza et al., 2022). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2022) refiere que todos los grupos de especies acuícolas han mostrado un aumento en las últimas décadas. Un ejemplo claro es la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), cuya producción anual mundial en 2020 fue de 959 600 mil toneladas.

A nivel de Latinoamérica, específicamente en América del Sur, la producción anual de *O. mykiss* en el año 2022, es mayor en el país de Chile con un total de 68 941 t, seguida de Perú con 61 573 t y Colombia con 32 791 t (Red Nacional de Información Acuícola [RNIA], 2023). El cultivo de esta variedad de especie preferentemente se realiza en zonas altoandinas donde se requiere condiciones óptimas de clima, agua, suelo y manejo, así lo establecen Seminario et al. (2022). En cuanto al manejo del cultivo de esta especie, uno de los aspectos fundamentales a tener en cuenta son los sistemas de producción para obtener alimentos balanceados nutricionalmente superiores adaptados a especies específicas de producción y de bajo costo (Zárate et al., 2018).

En cuanto a condiciones favorables para la crianza de esta especie, el Perú es uno de los países con bastante potencial y riqueza para la crianza de trucha, por lo cual, durante los últimos años la producción ha estado en constante aumento (Barboza et al., 2022). La mayor producción lo lidera la región de Puno con 32 434 t, seguida de Huancavelica con 3 905 t y Junín con 950 t anuales (RNIA, 2020). A pesar de contar con las condiciones y veneficios que la naturaleza nos provee, existe factores limitantes que evitan la producción a mayor escala, una de estas es la limitada capacidad financiera e industrial que tiene nuestro país, además de las fuentes de alimentos, estas son una de las principales causas condicionantes en la producción sostenible de esta especie (FAO, 2017).

La alimentación durante la producción y el coste que requiere han hecho que muchos de los productores de truchas fracasen, debido a que la alimentación es clave para alcanzar altos niveles de producción, por lo tanto, es necesario llevar una dieta alimentaria contralada, que minimice costos pero que no afecte el rendimiento durante la explotación intensiva de engorde (Morales, 2004). La *O. mykiss* es selectiva en cuanto a la preferencia de su alimentación, ya que consumen preferentemente el alimento en polvo proveniente de los alimentos en formato de pelets y otros tipos. Estos deben cumplir con los requerimientos de proteína y aminoácidos necesarios para obtener buenos resultados en el desarrollo de la ganancia de peso (Alcívar et al., 2016).

La región de Cajamarca cuenta con recursos hídricos potenciales para el cultivo de truchas, en el 2018 se ha producido 366 t (Ministerio de la Producción, 202). Sin embargo, los productores tienen problemas para la adquisición de alimento debido a que la mayoría de fábricas y empresas procesadoras de concentrado se encuentran en las regiones de mayor producción como Lima (Barboza et al., 2022), situación que incrementa el precio a cantidades poco accesibles para los productores (Camaño et al., 2021). Dentro de la región, Chota representa el 31 % de la producción

de *O. mykiss* (Agencia Andina, 2023), en la provincia el 92 % de productores de esta especie utiliza alimento comercial con una frecuencia de alimentación de tres veces por día (Barboza et al., 2022), escenario que demanda de altos costos para la producción de la *O. mykiss*.

Ante esta situación surgió la iniciativa de buscar nuevos métodos que ayuden a producir material alimenticio para truchas, buscando utilizar materia prima e insumos locales con la finalidad de obtener un producto de bajo costo y con iguales o mejores características nutricionales en la crianza de *O. mykiss*. Por lo tanto, la investigación tuvo como objetivo general "Evaluar el efecto de la adición de harina de lombriz roja (*Eisenia foetida*) en la alimentación sobre los parámetros zootécnicos de alevines de trucha roja (*Oncorhynchus mykiss*)". Según Campoverde et al. (2020) establecen que la harina de lombriz como producto alimenticio es una de las mejores alternativas que sustituye al alimento convencional, además es eficiente por su contenido proteico y los veneficios tanto para las especies y para el productor que llega a reducir sus gastos en alimentación considerablemente.

1.2. Formulación del Problema

¿Qué efecto tiene la adición de harina de lombriz roja (*Eisenia foetida*) en la alimentación sobre los parámetros zootécnicos de los alevines de trucha roja (*Oncorhynchus mykiss*) en el caserío Tuco-Hualgayoc?

1.3. Justificación

Para la crianza de trucha, la fuente de proteína más usada fue la harina de pescado debido a la calidad sustancial de su proteína y aminoácidos esenciales (Yapunchura et al., 2018). Sin embargo, este insumo no siempre estuvo disponible debido a los costos y la oferta (Camaño et al., 2021), lo que hizo necesario buscar alternativas de otros subproductos para reemplazar estos alimentos poco comercializados en nuestra región, los cuales limitaban el desarrollo de proyectos

acuícolas. En este contexto, el proyecto utilizó harina de lombriz roja (*Eisenia foetida*) como una propuesta para sustituir y mejorar la calidad del alimento proporcionado a los alevines, determinando su efecto sobre los parámetros zootécnicos en los alevines de *O. mykiss*.

El uso de harina de lombriz en la crianza de truchas como sustituto del alimento concentrado contribuyó mejorando las condiciones económicas de un pequeño sector de la población de la comunidad donde se llevó a cabo el presente estudio. Vale decir, a través de la adquisición de sus desechos orgánicos que permite impulsar la sostenibilidad en la crianza de truchas. Estos desechos, permitió llevar a cabo la producción de harina de lombriz, la misma que resultó más rentable cuando comparado a la compra de alimento concentrado comercial de origen no renovable y de mayor costo. Además, esto induce a reducir la contaminación ambiental al disminuir la dependencia de alimentos industriales.

Por lo tanto, con el estudio se está aportando información crucial y relevante en veneficio de la sociedad, especialmente a aquellas personas naturales, jurídicas o asociaciones que se dedican a la crianza y comercialización de esta especie, dejando como alternativa el uso de harina de lombriz roja que ayudará a reducir gastos y obtener mejores ganancias en esta actividad que viene tomando mucha relevancia en los últimos años en nuestra región de Cajamarca.

Finalmente, el presente estudio propone contribuir con la comunidad universitaria local, regional, nacional y comunidad científica en general a través de la generación de datos y resultados útiles para promover nuevas investigaciones o propuestas en este campo, de esta manera, con la investigación se visualiza, motivar y contribuir a la búsqueda de nuevas alternativas más eficientes y económicas siempre con el objetivo y convicción de apoyar a nuestra sociedad.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la adición de harina de lombriz roja *(Eisenia foetida)* en la alimentación sobre los parámetros zootécnicos de alevines de trucha roja *(Oncorhynchus mykiss*) en el caserío Tuco-Hualgayoc, 2024.

1.4.2. Objetivos Específicos

1. Determinar el efecto de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*), sobre la ganancia total de peso (GTP) de la trucha roja *(Oncorhynchus mykiss*), durante el periodo de estudio.
2. Evaluar el impacto de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*), en el incremento de la longitud estándar (iSL) de la trucha roja *(Oncorhynchus mykiss*).
3. Calcular la tasa de crecimiento específico (TCE) de la trucha roja *(Oncorhynchus mykiss*), en los grupos alimentados con harina de lombriz y compararla con el grupo control para establecer diferencias significativas.
4. Analizar la tasa de conversión alimenticia (TCA) de la trucha roja *(Oncorhynchus mykiss*), alimentados con dietas que contienen harina de lombriz, con el fin de determinar su eficiencia en la utilización del alimento.
5. Estimar la tasa de eficiencia proteica (TEP) de las dietas formuladas con harina de lombriz, como indicador de aprovechamiento del contenido proteico.
6. Cuantificar la mortalidad acumulada (Mor) de la trucha roja *(Oncorhynchus mykiss*), en los distintos tratamientos alimenticios, para identificar posibles efectos adversos de la inclusión de harina de lombriz en la dieta.

7. Analizar la factibilidad económica y la sostenibilidad de la producción de harina de lombriz roja (*Eisenia foetida*) en comparación con el alimento comercial para alevines de trucha roja (*Oncorhynchus mykiss*), considerando costos, rendimiento y beneficios ambientales.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Zumbado et al. (2022) analizaron el efecto de la alimentación con lombriz roja (*Eisenia foetida*) en tilapia (*Oreochromis aureus*), con el propósito de evaluar parámetros zootécnicos y determinar la composición tisular de la especie. Para tal fin, implementaron un diseño experimental conformado por cuatro tratamientos y tres repeticiones, que incluyeron sustituciones parciales del alimento convencional en niveles del 25 %, 50 % y 75 %. En consecuencia, los resultados obtenidos evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. De manera particular, se destacó que los grupos T1 (control) y T3 (75 %) lograron los valores más favorables, lo cual sugiere un potencial efecto positivo en la productividad acuícola.

López y Salas (2020) llevaron a cabo un estudio crucial para comprender el impacto de la víscera hidrolizada en el desarrollo de la trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss). Su investigación, diseñada meticulosamente, comparó un alimento comercial (T1) con formulaciones experimentales que incorporaban 10 % (T2), 15 % (T3) y 20 % (T4) de víscera hidrolizada. Los hallazgos revelaron consistentemente que el tratamiento T4 optimizó significativamente el peso, tamaño, biomasa, conversión alimenticia y supervivencia de las truchas, demostrando así el potencial prometedor de la adición de hidrolizados de vísceras para mejorar la eficiencia en la acuicultura.

García (2020) realizó una investigación clave al evaluar el impacto de diversas densidades de población y niveles de alimentación en el factor de conversión alimentaria y el crecimiento de esta especie. Su metodología incluyó tres tratamientos diferenciados: T1 (30 peces con 15 % menos de alimento), T2 (70 peces con 100 % de alimento) y T3 (100 peces con 15 % más de alimento). Los hallazgos revelaron que el tratamiento T1 exhibió un crecimiento ponderal superior

(1,67 g/día), una conversión alimentaria eficiente y una notable tasa de supervivencia del 92,2 %. Estos resultados subrayan la intrincada relación entre la densidad poblacional, la disponibilidad de alimento y las respuestas biológicas en la trucha arcoíris, aportando información valiosa para la formulación de estrategias de manejo más efectivas en la acuicultura.

Romero et al. (2023) en su estudio realizado en Huánuco, analizaron el efecto de los curcuminoides y carotenoides en el crecimiento y la respuesta inmune de alevines de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Para ello establecieron cuatro tratamientos: T1 (80 mg de curcuminoides), T2 (100 mg de curcuminoides), T3 (80 mg de carotenoides) y T4 (100 mg de carotenoides). Los resultados mostraron diferencias significativas en los tratamientos ($P < 0,05$).

Ramos y Rodríguez (2020) realizaron un estudio en Piura, en el cual exploraron el impacto de sustituir parcialmente la harina de pescado por harina de plumas hidrolizada en raciones balanceadas para *Oncorhynchus mykiss* en fase juvenil, criadas en estanques rústicos. Para llevar a cabo su investigación, diseñaron tres tratamientos: T0, que consistía en un 100 % de harina de pescado; T1, que incluyó un 20 % de sustitución; y T2, con un 40 % de sustitución. Los resultados revelaron que el tratamiento T1 presentó el mayor crecimiento en talla, lo que llevó a la conclusión de que sustituir parte de la harina de pescado tiene un efecto positivo en el aumento de peso y mejora el índice de conversión alimenticia.

En su estudio realizado en Puno, Yapuchura et al. (2018) evaluaron las curvas de crecimiento y la eficiencia alimentaria de las truchas arcoíris (Oncorhynchus mykiss) en relación con el costo de producción. Para ello, utilizaron cinco marcas de alimento: T1 (Tomasino), T2 (Ewos), T3 (Nicovita), T4 (Naltech) y T5 (Purina). Los resultados revelaron que la marca T2 obtuvo el mejor rendimiento en ganancia de peso, mientras que la T3 demostró ser la más eficiente,

logrando una rentabilidad del 19,17 %, la más alta registrada en el estudio. Además, se concluyó que el costo de producción representa el 78 % del costo total.

Ticlla (2019) en su investigación sobre el impacto de dos tipos de alimentos comerciales en el rendimiento productivo de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) durante las fases de crecimiento y engorde. Para ello, se implementaron dos tratamientos: el T1, que contenía un 12 % de grasa, y el T2, con un 18 % de grasa. Después de una evaluación de 19 semanas, se concluyó que el tratamiento T2 presentó resultados significativamente superiores, logrando un mayor incremento de peso y una conversión alimenticia más eficiente.

2.2. Bases Teóricas-Científicas

2.2.1. Lumbricultura

El cultivo de lombrices es un recurso valioso que se utiliza con diversos propósitos, siendo la producción de estiércol y la reproducción de las lombrices sus aplicaciones más comunes (Guzman et al., 2019). Esta práctica zootécnica ha ido en aumento, ya que representa una herramienta eficaz para reciclar todo tipo de materia orgánica, incluyendo residuos ganaderos, que sirven como alimento para las lombrices. Esto a su vez genera carne y carbohidratos provenientes de los gusanos, los cuales son ricos en proteínas, vitaminas y aminoácidos (Alcívar et al., 2016).

2.2.2. Lombriz Roja (Eisenia foetida)

Esta especie de lombriz se distingue por su color rubor embrollado. Respira a través de branquias y su tamaño varía entre seis y ocho centímetros de amplitud, con un diámetro que va de tres a cinco milímetros y un peso cercano a 1,4 g (Romero et al., 2018).

Una de las características principales de esta variedad de lombriz es su ligera reproducción, alcanzando aumentar su población del doble y hasta el triple en tiempos récord de 45 a 60 días dependiendo de las condiciones y el espacio de reproducción, el tiempo de vida de esta especie

varía entre los 10 a 16 años, así lo afirman (Romero et al., 2018). Por otro lado, Ramos y Rodríguez (2020) aseguran que la proliferación de esta especie puede manifestarse en cantidades muy considerables, la proporción de estos animales puede variar de un millón hasta 12 millones a la vuelta de un año y de 144 millones a los dos o tres años, establecen también que, durante este periodo de tiempo la carga de materia orgánica que pueden procesar esta cantidad de especies es de 240 mil toneladas (t) de restos orgánicos y sustancias degradables. Con estos datos y características mencionadas es importante aclarar que, la crianza de la lombriz roja tiene varios propósitos, desde la producción como alimento para la crianza de otras especies y la elaboración de abono o compost útiles para la producción agrícola, además este subproducto obtenido es natural y beneficioso que no contamina el ambiente.

2.2.3. Carne de Lombriz

La materia o carne de lombriz es muy peculiar por su color rojizo y tiene una alta concentración de proteínas, de esta se obtiene el albumen que llega a tener una concentración de un 73 % de contenido proteico y una variedad de aminoácidos importantes para la ingesta de otros animales (Ramos y Rodríguez, 2020). En comparación con otros productos industrializados para la ingesta animal, la carne de lombriz es muy característico por su baja mineralización y de menudencia en comparación con otros productos convencionales (Guzman et al., 2019). La harina de gusano posee el potencial de ampliar su aplicación en la formulación de dietas balanceadas, ofreciendo una alternativa versátil y sostenible en la alimentación animal (Alcívar et al., 2016).

2.2.4. Harina de Lombriz

Se trata de una esencia seca de proteína obtenida de la lombriz (*Eisenia foetida*), un beneficio natural que presenta una apariencia en polvo de un color marrón, con una textura y aroma agradables. Trasciende la importancia de este producto debido a que no contiene sustancias

químicas, es natural y con bastantes veneficios nutricionales, esto lo hace una alternativa viable y eficiente que no solo contribuye a reducir costos en producción, sino que también tiene origen natural que desde el punto de vista de la salud es muy beneficioso, no contiene sustancias químicas conservantes que se pueden concentrar y afectar directa o indirecta en la salud de los consumidores (Alcívar et al., 2016). En la Tabla 1 se muestra la composición de la harina de lombriz, la cual es rica en proteínas, con un contenido que varía entre el 60 y el 82 %, y ofrece un perfil completo de aminoácidos esenciales de excelente calidad (Romero et al., 2018).

Tabla 1

Composición de la harina de lombriz roja (Eisenia foetida)

Nutriente	Harina de Lombriz (% o kcal/kg)
Proteína cruda	60,5 – 65,2 %
Grasa cruda	8,5 – 12,3 %
Fibra cruda	2,1 – 3,0 %
Cenizas	10,2 – 12,1 %
Humedad	6,2 – 7,8 %
Carbohidratos	5,4 – 7,6 %

Nota. Cerrud y Borjas (2017).

De la misma forma, en la Tabla 2 se muestra la harina derivada de la lombriz roja, la cual es rica en aminoácidos esenciales presentes en el almidón en proporciones de g/100 g de proteína. La importancia de los aminoácidos yace en la frugalidad de los animales, debido fundamentalmente a que no son sintetizados en cantidades competentes por los animales, por lo que es instintivo agregarlo en la dieta alimenticia (Alcívar et al., 2016).

Tabla 2

Contenido de aminoácidos en harina de lombriz roja (Eisenia foetida)

Aminoácidos	g /100 g proteína
Alanina	4,36
Ácido aspártico	8,34
Cistina	1,51
Ácido glutámico	11,01
Glicina	4,42
Histidina	2,87
Isoleucina	3,67
Leucina	6,02
Lisina	5,21
Metionina	1,47
Fenilamina	1,26
Serina	3,52
Treonina	3,66
Tirosina	0,56
Valina	4,48

Nota. Romero et al. (2018).

2.2.5. Alimento Concentrado (Nicovita)

El alimento concentrado Nicovita es un producto balanceado diseñado para la nutrición de peces en acuicultura intensiva y semi-intensiva, especialmente para trucha roja (*Oncorhynchus mykiss*) y tilapia. Su formulación cuenta con ingredientes provenientes de harinas de origen animal y vegetal, aceites esenciales y aditivos que mejoran la digestibilidad y la salud del pez. En el mercado existen otros alimentos balanceados con características similares, como Acuavita, Purina y Skretting, que también ofrecen formulaciones con alto contenido proteico y una composición equilibrada para el desarrollo de especies acuícolas. Sin embargo, en Perú, Nicovita es el alimento más recomendado y utilizado, debido a su disponibilidad, formulación adaptada a las condiciones locales y su eficiencia comprobada en la acuicultura nacional (Nicovita , 2023).

2.2.6. Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

Las truchas suelen habitar en ríos y lagos con aguas frías y limpias; sus aletas no tienen espinas, y todas las especies poseen una pequeña aleta adiposa en la parte superior de su lomo, cerca de la cola (Perdomo et al., 2013).

Las truchas están cubiertas de espinas en su cuerpo, pero su carne es muy deliciosa. Son conocidas por su intensa resistencia cuando se las pesca con caña, lo que las convierte en un objetivo muy apreciado en la pesca deportiva (Romero et al., 2023). Existen diferentes tipos de especies de truchas, es por eso que, es necesario conocer su biología, vista en la Tabla 3.

Tabla 3

Biología de la trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)

Datos	Descripción
Nombre	Trucha
Nombre de la familia	Salmonidea
Nombre científico	*Oncorhynchus mykiss*
Nombre común	Trucha arco iris
Rango de peso adulto	1000 a los 3000 g
Edad de madures sexual	Hembras (10 a 20 meses), machos (15 a 24 meses)
Número de desoves	Anual
Número de huevos	En buenas condiciones, mayor de 100 huevos hasta un promedio de 1500 dependiendo de la edad
Vida útil de los reproductores	2 a 5 años
Tipo de incubación	Extrema
Tiempo de incubación	De 28 a 32 días a una temperatura de 10 °C
Tipos de cultivo en engorde	En condiciones favorables de 7 a 12 meses, al lograr el peso estándar comercial de 350 a 450 g.

Nota. Romero et al. (2023).

2.2.6.1. Anatomía de Alevines de Trucha (*Oncorhynchus mykiss).* Los alevines son los peces jóvenes, recién nacidos. Son muy pequeños y vulnerables en esta etapa de sus vidas (Espinoza et al., 2020). Los alevines de trucha arcoíris suelen medir alrededor de 2,5 cm de largo

y pesar menos de 1 g. Tienen un cuerpo estilizado, una cabeza grande y una aleta dorsal prominente, su coloración varía según la edad y el entorno, pero suelen ser plateados o verdosos con manchas oscuras (Zhao et al., 2021).

Con la finalidad de conocer la forma corporal y algunas partes internas del pez, a continuación, en la Figura 1 se describe la anatomía de la trucha.

Figura 1

Anatomía interna de la trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)

Nota. Moya (2011).

2.2.6.2. Hábitat. Los alevines prefieren aguas frías y bien oxigenadas con temperaturas entre 10 °C y 18 °C (Oliva et al., 2022). Las temperaturas más altas pueden ser estresantes e incluso letales para los alevines (Rodríguez y Trelles, 2023). La calidad del agua es crucial, siendo ideal un agua limpia, clara y libre de sedimentos y contaminantes, la presencia de vegetación acuática y rocas proporciona refugio y alimento a los alevines (Patricio et al., 2022).

2.2.6.3. Alimentación. En su hábitat natural, los alevines de trucha se alimentan de pequeños insectos acuáticos, larvas, crustáceos y otros organismos presentes en el agua (Claudett

et al., 2022). En contraste, en la piscicultura, se utilizan alimentos balanceados meticulosamente diseñados para satisfacer las necesidades nutricionales específicas de los alevines. Estos alimentos especializados suelen contener una combinación de harinas de pescado y vegetales como fuentes de proteínas, aceites esenciales, vitaminas y minerales cruciales para su desarrollo. Debido a su metabolismo altamente activo, los alevines requieren ser alimentados con frecuencia, idealmente cada 3-4 horas, para asegurar un crecimiento óptimo (Rodríguez y Trelles, 2023).

2.2.6.4. Cantidad de Alimentos. La alimentación de alevines es un factor crucial para su desarrollo. Es fundamental proporcionarles una dieta adecuada en cantidad y frecuencia, adaptada a sus necesidades específicas. En primer lugar, el tamaño del alimento debe ser acorde al tamaño de los alevines (Nahayat et al., 2022). Existen diferentes tamaños de alimento para las distintas etapas de crecimiento, desde alimentos en polvo para los alevines recién nacidos hasta alimentos más grandes para los juveniles. En segundo lugar, la frecuencia de alimentación es clave (Hines et al., 2022). En los primeros días de vida, los alevines deben ser alimentados varias veces al día, idealmente cada 3 o 4 horas. A medida que crecen, se puede reducir la frecuencia a 2 o 3 veces al día. En tercer lugar, la cantidad de alimento debe ser la que los alevines puedan consumir en pocos minutos (5-10 minutos) (Taipale et al., 2022).

2.2.6.5. Frecuencia de Alimentación. Durante la señal de manutención debe ser común, reduciendo la cantidad de períodos a moderación en función a su desarrollo fisiológico y de acuerdo a cómo va progresando (Ramos y Rodríguez, 2020).

- Alimentación diaria de entre ocho y diez días para la etapa de adaptación.
- Alimentación de cuatro veces al día cuando los animales tengan de uno a 20 gramos.

- Y por último cuando ya el peso de los animales esté por sobre los 20 gramos la alimentación se reduce a dos raciones diarias.

2.2.6.6. Cuidados en el Acondicionamiento de los Alimentos. El volumen del alimento concentrado debe ser de un buen espesor que le permita una accesible deglución; si son muy reducidos esta ocasionará el deterioro de los mismos por la licuefacción y si se sobrepasa el límite establecido los peces no se alimentarán de manera adecuada por la consiguiente pérdida de los alimentos (Guzman et al., 2019).

2.2.6.7. Requerimientos Nutritivos. La trucha, al ser un pez carnívoro, demanda una mayor cantidad de proteínas en su alimentación. Las proporciones adecuadas de proteína en los alimentos varían según la etapa de desarrollo: para los alevines se recomienda un 45-55 %, para los juveniles un 40-50 %, y en la fase de engorde, entre un 37-45 % (Camaño et al., 2021). En cuanto a los carbohidratos, la cantidad ideal en los alimentos balanceados para la trucha oscila entre el 9 y el 12 % (Romero et al., 2023).

Además, las grasas son componentes esenciales que proporcionan energía y son la fuente de ácidos grasos indispensables, así como de vitaminas liposolubles. Por otro lado, la importancia de los minerales durante el desarrollo de la trucha es crucial para la formación de huesos, dientes y sangre; sin embargo, la trucha requiere solo una cantidad reducida de estos minerales (Yapuchura et al., 2018).

2.2.6.8. Comparación Nutricional entre Harina de Lombriz Roja y Alimento Concentrado (Nicovita). De acuerdo con la concentración nutricional de la harina de lombriz y el producto industrial concentrado Nicovita, podemos afirmar que esta harina representa una opción viable como suplemento en la alimentación de alevines de trucha roja (*Oncorhynchus*

mykiss), gracias a su alto contenido proteico y su perfil nutricional equilibrado. La proteína es el componente fundamental en la dieta de los peces, ya que influye directamente en su crecimiento, desarrollo muscular y eficiencia alimenticia. En este sentido, la harina de lombriz supera en contenido proteico (60 %) al concentrado Nicovita (50 %), lo que sugiere su potencial como fuente alternativa de proteína en la acuicultura. A continuación, se presenta la Tabla 4, donde se comparan los valores nutricionales de ambos insumos:

Tabla 4

Composición de la harina de lombriz roja (Eisenia foetida)

Nutriente	Harina de Lombriz (% o kcal/kg)	Concentrado Nicovita (Alevines) (% o kcal/kg)
Proteína cruda	60,5 – 65,2 %	52,3 – 55,0 %
Grasa cruda	8,5 – 12,3 %	10,1 – 13,7 %
Fibra cruda	2,1 – 3,0 %	1,0 – 2,2 %
Cenizas	10,2 – 12,1 %	9,3 – 10,8 %
Humedad	6,2 – 7,8 %	Máximo 9,8 %
Carbohidratos	5,4 – 7,6 %	12,5 – 17,3 %

Nota. Adaptado de Guzmán et al. (2019).

2.2.6.9. Alevinaje. Después de la eclosión, la mayoría de las ovas de *Troutlodge* completan este proceso en un período de 2 a 4 días, generalmente iniciando seis a siete días después de su llegada (Camaño et al., 2021). El tiempo exacto de eclosión varía según la temperatura del agua, las condiciones del sitio de crianza y las características del lote de ovas. Tras la eclosión, los alevines alcanzan un tamaño de tres a cinco centímetros, y en un tiempo próximo a los 40 días ya se consideran aptos para el traslado a los espacios de pre-cría nza (Barboza et al., 2022).

2.2.6.9.1. Primera alimentación. Una vez que las ovas han eclosionado, los alevines necesitarán entre 10 y 14 días para absorber completamente su saco vitelino antes de que estos inicien a nadar y aceptar una dieta productiva (Chaves y Vargas, 2016). La manera en que se presenta el alimento y su aceptación por parte de los peces son aspectos fundamentales en el desarrollo del cultivo de truchas. Elementos como el tamaño, la forma, la cantidad y el procedimiento de introducción del alimento, así como la periodicidad de la alimentación, desempeñan un rol crucial en la producción de esta especie que no solo crecen rápidamente, sino que también gozan de buena salud (Guzmán et al., 2019).

2.2.6.9.2. Dedinaje. Esta etapa comienza con alevines que miden 2,0 cm de longitud y pesan menos de 2. 0 g, y se extiende hasta que alcanzan aproximadamente 13 cm de longitud o 40 g de peso. Este desarrollo se logra en un periodo aproximado de 60 días (Romero et al., 2023). Durante esta fase, los alevines se colocan en estanques rectangulares cuya longitud promedio oscila entre 8 y 15 metros, con un ancho de 1,0 a 2,0 metros y una profundidad promedio de 1,0 metro (Guzman et al., 2019).

2.2.6.10. Levante. Esta fase abarca desde los 30 gramos (14 cm) hasta los 60 gramos (18 cm), con un peso y una talla alcanzados en un periodo aproximado de 100 días (Romero et al., 2023).

2.2.6.11. Engorde. Esta fase abarca desde los 60 gramos (18 cm) hasta el peso de comercialización previsto, que puede oscilar entre los 250 y 450 gramos. Este crecimiento se logra en un período de aproximadamente 160 días, comenzando desde los 60 gramos (18 cm) (García et al., 2016).

2.2.7. Parámetros Zootécnicos en Alevines de Trucha Roja (Oncorhynchus mykiss)

2.2.7.1. Ganancia de Peso Total (GTP). Este parámetro se refiere al aumento de peso corporal experimentado por un organismo en un período determinado de tiempo. Esta ganancia de peso está ligado principalmente a la ingesta de alimentos y conversión alimenticia (Villa, 2021). La GTP es importante para evaluar el estado nutricional de un individuo. Según Zumbado et al. (2022) este parámetro se determina según la fórmula:

$$Fórmula\ 1: \qquad GTP = Peso_{Final} - Peso_{Inicial}$$

2.2.7.2. Incremento de Longitud Estándar (*iSL*). El incremento de longitud estándar se refiere al aumento en la longitud de un organismo, generalmente un pez, que se usa como un indicador del crecimiento del individuo. La longitud estándar se mide desde la punta del hocico hasta el extremo del cuerpo, excluyendo la cola (Espinoza et al., 2013). Zumbado et al. (2022) establece que, para determinar este parámetro necesariamente se debe aplicar la formula:

$$Fórmula\ 2: \qquad iSL = SL_{Final} - SL_{Inicial}$$

2.2.7.3. Tasa de Crecimiento Específico (TCE). La tasa de crecimiento específico es una medida que se utiliza en biología para cuantificar la velocidad a la que un organismo se desarrolla en un determinado período de tiempo. Esta tasa se expresa como un aumento porcentual en la biomasa y tamaño en relación con el tiempo, parámetro que está determinado por la calidad en la alimentación de los individuos (Soriano y Hernández, 2002). Para la determinación de la TCE, Zumbado et al. (2022) recomienda utilizar la fórmula:

$$Fórmula\ 3: \qquad TCE = \left(\frac{\ln peso\ final - \ln peso\ inicial}{tiempo}\right)$$

2.2.7.4. Tasa de Conversión Alimenticia (FCR). La FCR es una medida que se utiliza en la producción animal para calcular la eficiencia con la que un animal convierte el alimento consumido en peso corporal (Zafra et al., 2019). Por lo tanto, según Zumbado et al. (2022) para la determinación de la FCR debe utilizarse la ecuación:

$$Fórmula\ 4: \qquad FCR = \frac{Cantidad\ total\ de\ alimento\ consumido\ (g)}{Ganancia\ de\ peso\ total\ (g)}$$

2.2.7.5. Tasa de Eficiencia Proteica (TEP). Según Wrigley (2016, citado en Zumbado et al., 2022) la TEP se refiere a la cantidad de proteína capaz de utilizar para el crecimiento y mantenimiento de un individuo en relación con la cantidad de proteína que consume en su dieta. Una alta tasa de eficiencia proteica indica la capacidad de aprovechar de manera eficiente la proteína ingerida, lo que resulta en un crecimiento óptimo y un uso eficiente de los nutrientes. Así mismo, Zumbado et al. (2022) establece que la TEP se calcula por la ecuación:

$$Fórmula\ 5: \qquad TEP = \frac{kg\ Incremento\ en\ biomasa}{kg\ Proteína\ ofrecida}$$

2.2.7.6. Mortalidad Acumulada (Mor). Según Zumbado et al. (2022) Mor se refiere al número total de individuos que han muerto en un periodo específico de tiempo, generalmente expresado como el total de la población inicial, menos la población final de individuos en un área determinada. Este parámetro se calcula mediante la aplicación de la fórmula:

$$Fórmula\ 6: \qquad Mor = Individuos_{Inicio} - Individuos_{Final}$$

2.2.8. Viabilidad Económica y Sostenibilidad del Uso de Harina de Lombriz

2.2.8.1. Viabilidad Económica de la Producción de Harina de Lombriz. La obtención de harina de lombriz roja comprende etapas secuenciales: preacondicionamiento, desaguado, secado, molienda y tamizado. Entre ellas el secado es la fase más crítica por su demanda de tiempo

y energía. Un análisis fino de variables como temperatura, velocidad y humedad del aire, espesor del lecho y carga inicial de humedad permite estimar la viabilidad técnica y económica del proceso. La literatura reciente compara alternativas de secado y esquemas de molienda con el doble objetivo de reducir el consumo específico de energía y preservar la calidad nutricional y microbiológica de la harina:

2.2.8.1.1. Secado por aire forzado. Este método es ampliamente recomendado debido a su eficiencia en la eliminación de humedad sin degradar los nutrientes de la lombriz. Consiste en el uso de aire caliente a temperaturas moderadas (40-60 °C), evitando la desnaturalización de proteínas esenciales. Se ha demostrado que este proceso mantiene una alta calidad nutricional en la harina obtenida, siendo ideal para su uso en alimentación animal y fertilizantes (Flores-Pacheco et al., 2018).

2.2.8.1.2. Secado solar. Es una opción sostenible y económica, especialmente en regiones con alta radiación solar. Consiste en colocar las lombrices en bandejas expuestas al sol o en invernaderos diseñados para concentrar el calor. Aunque reduce costos energéticos, puede ser más lento y menos eficiente en climas húmedos o con variaciones de temperatura. Se recomienda combinarlo con ventilación controlada para acelerar el proceso y evitar la proliferación de hongos y bacterias (García et al., 2016).

2.2.8.1.3. Liofilización (Secado por congelación). Este método preserva la mayor cantidad de nutrientes, ya que congela la biomasa de lombriz y luego sublima el agua bajo condiciones de vacío. Aunque es ideal para aplicaciones especializadas, como la producción de harinas de alta calidad para suplementos nutricionales, su costo elevado y demanda de equipos sofisticados limitan su uso a industrias con mayor inversión (Rebolledo et al., 2021).

2.2.8.2. Sostenibilidad Ambiental de la Lombricultura. La lumbricultura se destaca por su capacidad para transformar sustancias orgánicas en nuevas formas o productos de mucho valor como el humus (abono orgánico) útil para la agricultura y la harina de lombriz fundamental como alimento alternativo para la crianza de animales especialmente peces. Este proceso contribuye significativamente a la reducción de desechos que, de otro modo, terminarían en vertederos, mitigando así el impacto ambiental. Además, al enriquecer el suelo con nutrientes esenciales, se promueve una agricultura más sostenible y menos dependiente de fertilizantes químicos (García et al., 2016).

2.2.8.3. Beneficios Adicionales de la Lombricultura. Más allá de la producción de harina, la lombricultura ofrece múltiples ventajas. Entre ellas, la mejora de la estructura y fertilidad del suelo, el incremento de la biodiversidad microbiana y la promoción de prácticas agrícolas ecológicas. Estas contribuciones no solo favorecen la salud del ecosistema, sino que también a la economía de los productores, reduciendo costos de producción y produciendo productos libres de químicos beneficioso para los cultivos y la conservación del ambiente (Rebolledo et al., 2021).

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Alevinaje

Es uno de los períodos más críticos, donde se requiere un manejo extremadamente cuidadoso, ya que el éxito o fracaso de un criadero de truchas depende en gran medida de esta etapa (Ramos y Rodríguez, 2020).

2.3.2. Alimento

Es el producto o sustancia que tiene componentes que contribuyen a mantener la funcionalidad del sistema vital de una especie. Es vital principalmente en los primeros días de crecimiento (Camaño et al., 2021).

2.3.3. Crecimiento

El crecimiento viene a ser un indicador del cual organismo experimenta de forma gradual hasta alcanzar su límite o madurez, este indicador está asociado y depende mucho de la alimentación y del entorno en donde se desarrolle (Camaño et al., 2021).

2.3.4. Harina de Lombriz

Es un complemento alimenticio orgánico que ofrece un equilibrado perfil de nutrientes, ideal para una nutrición completa. Su preparación involucra un meticuloso proceso que abarca el sacrificio, lavado, secado y molienda de los ingredientes, resultando en un polvo amarillento que constituye el producto final (García et al., 2016).

2.3.5. Incremento de Peso

Es un indicador que se manifiesta en un organismo debido al aumento inconsistente de peso, está muy asociado y definido por la alimentación, tanto en cantidad como en calidad, en la crianza de animales está definido también por la competencia, dominio y frecuencia de alimentación (Alcívar et al., 2016).

2.3.6. Lombriz

Es una especie característica por su cuerpo alargado, blando de forma cilíndrica y en la mayoría de colores claros, se adapta mayormente en el subsuelo y el algunos casos en especies arbóreas en donde se le preste condiciones de descomposición de materia orgánica, suelen vivir específicamente en espacios húmedos no muy saturados (Romero et al., 2023).

2.3.7. Trucha Arcoíris

Se trata de un pez adaptable en cuerpos de agua dulce y llegan alcanzar hasta 40 cm de largo. Su color varía entre grisáceo y verdoso, adornado con manchas rojizas o negras en la parte posterior, mientras que su vientre presenta un tono blanquecino. Su cuerpo es ovalado y alargado,

con un hocico obtuso y una boca amplia. Este pez habita en aguas muy oxigenadas y frías, y su carne es comestible. Además, existen diversas especies de él (López y Salas, 2020).

2.3.8. Factibilidad Económica

Se entiende como la capacidad del sistema para operar con costos unitarios competitivos y recuperar la inversión bajo escenarios reales de precios y producción. En este contexto, la factibilidad mejora si la harina de lombriz reduce el costo alimenticio sin afectar el crecimiento.

2.3.9. Sostenibilidad

Es la capacidad del sistema productivo para mantenerse en el tiempo generando beneficios ambientales, sociales y económicos de manera simultánea. En el eje ambiental, implica ecoeficiencia (usar menos energía, agua y materiales por unidad de producto), circularidad (valorizar residuos orgánicos para producir lombriz y harina), y baja carga contaminante (menores emisiones, efluentes controlados). En el eje social, abarca empleo local, capacitación, salud e inocuidad.

2.4. Hipótesis

H1: La adición de harina de lombriz roja (*Eisenia foetida)* en la dieta de los alevines de trucha roja (*Oncorhynchus mykiss)* mejora los parámetros zootécnicos, como la ganancia de peso, la eficiencia alimenticia y la tasa de conversión proteica en el caserío Tuco – Hualgayoc.

H0: La adición de harina de lombriz roja (*Eisenia foetida)* en la dieta de los alevines de trucha roja (*Oncorhynchus mykiss)* no mejora los parámetros zootécnicos, como la ganancia de peso, la eficiencia alimenticia y la tasa de conversión proteica en el caserío Tuco – Hualgayoc.

2.5. Operacionalización de Variables

A continuación, en la Tabla 5, se muestran las variables e indicadores que se utilizaron en la presente investigación, como operacionalización de variables.

Tabla 5

Matriz de operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
VI: Harina de lombriz roja (*Eisenia foetida*)	Composición	Humedad Proteína cruda Fibra cruda Extracto etéreo Cenizas	Revisión documental de literatura científica y análisis previos.	Fichas bibliográficas, bases de datos, artículos científicos.
	Proporciones	T0: 100 % alimento concentrado T1: 35 % harina de lombriz roja y 65 % alimento concentrado T2: 70 % harina de lombriz roja y 30 % alimento concentrado	Diseño experimental (definición de tratamientos)	• Protocolo de experimentación.
VD: Parámetros zootécnicos en alevines de trucha roja (*Oncorhynchus mykiss*)	Medidas zootécnicas	Ganancia de peso total (GTP) Incremento de longitud estándar (iSL) Tasa de crecimiento específico (TCE) Tasa de conversión alimenticia (FCR) Tasa de eficiencia proteica (TEP) Mortalidad acumulada (Mor)	Observación y medición periódica	• Guía de observación • Calibrador vernier • Balanza granataria (±0,1 g)

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y Nivel de Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

Según Hernández et al. (2014), esta investigación fue de tipo aplicada y de enfoque cuantitativo, pues generó conocimientos utilizables en la producción acuícola y midió, con indicadores numéricos, el efecto de insumos alternativos como la harina de lombriz roja *(Eisenia foetida*) en el rendimiento de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss).* El diseño permitió estimar diferencias mediante análisis estadístico y aportar soluciones prácticas para optimizar alimentación y manejo de alevines en el caserío Tuco-Hualgayoc, replicables para mejorar la producción de trucha arcoíris en otras localidades.

3.1.2. Nivel de Investigación

El estudio fue de nivel explicativo (causal-comparativo), porque se manipuló la variable independiente, el porcentaje de harina de lombriz roja en la dieta, para evaluar su efecto sobre las variables dependientes (parámetros zootécnicos). Se aplicó un diseño controlado con grupo testigo y réplicas, lo que permitió comparar tratamientos y estimar diferencias mediante análisis estadístico. Así, se obtuvo una evaluación rigurosa del impacto de la intervención en alevines de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

3.2. Diseño de Investigación

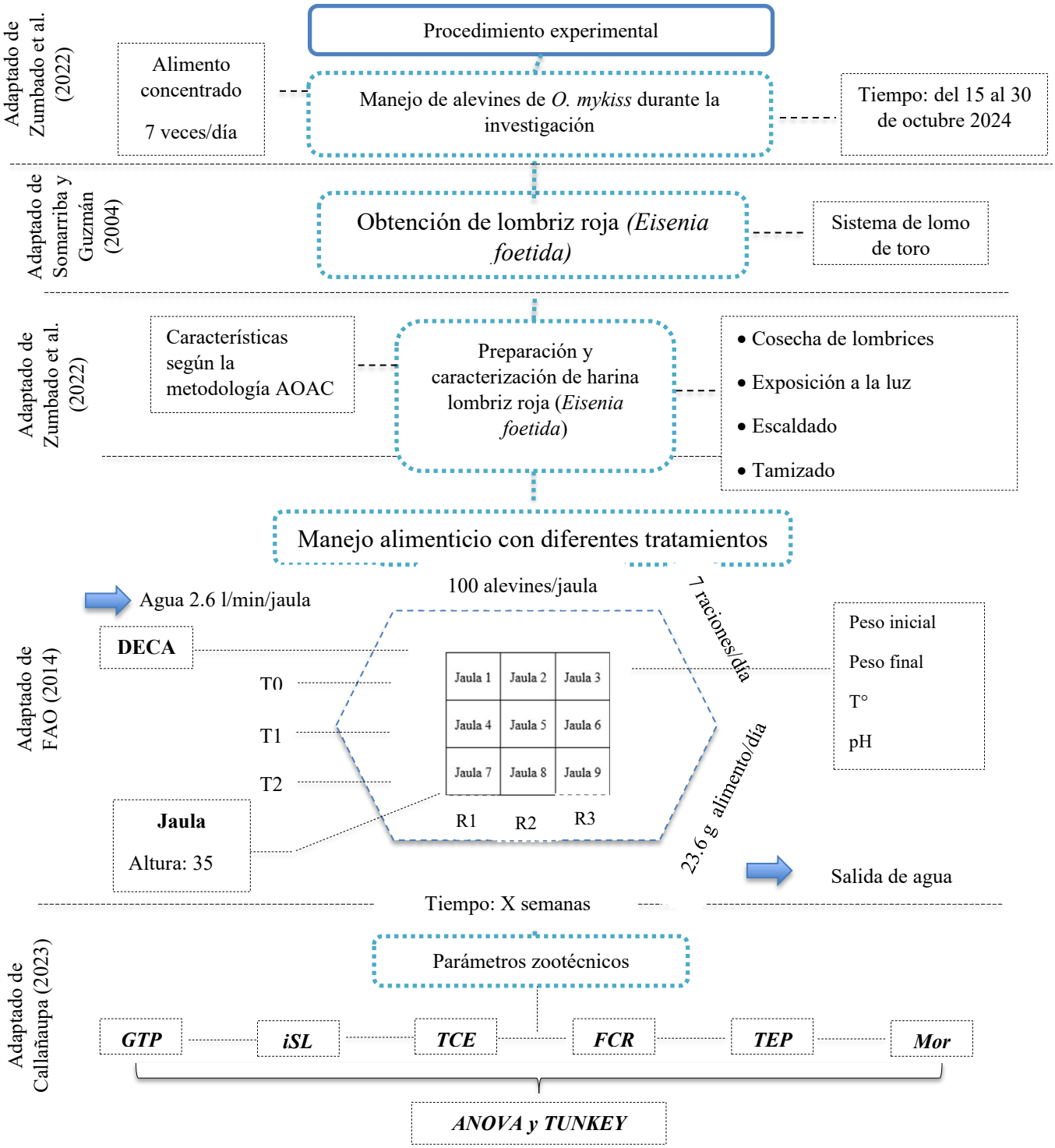
Para el presente estudio, se utilizó un diseño experimental, caracterizado por la manipulación de la variable independiente, que en este caso fue la inclusión de harina de lombriz roja *(Eisenia foetida)* en la dieta de alevines de trucha roja (*Oncorhynchus mykiss).* Se implementaron tres tratamientos con diferentes proporciones de harina de lombriz en la

alimentación, lo que permitió observar y analizar cómo estas variaciones influían en los parámetros zootécnicos de los alevines.

Para el estudio, los alevines fueron asignados al azar, para este caso se utilizó el Diseño de Experimentos Completamente al Azar (DECA) con tres grupos de experimento (T0, T1 y T2). El T0 fue el grupo control donde se utilizó 0 % de harina de lombriz (100 % alimento concentrado) y el T1 y T2 fueron los grupos experimentales, T1 (35 % harina de lombriz y 65 % alimento concentrado) y T2 (70 % harina de lombriz y 30 % alimento concentrado), cuya ilustración se muestra en la Figura 2. Además, del desarrollo del primer grupo experimental ser realizaron dos réplicas usando los mismos tratamientos, lo cual hace un total de tres réplicas de evaluación de los parámetros zootécnicos en los alevines de (*Oncorhynchus mykiss*), los mismos que se visualizan en la Tabla 6.

Figura 2

Flujograma experimental



Nota. inHg: Pulgada de mercurio (unidad de presión) y R1, R2 y R3 (réplicas 1, 2 y 3).

Tabla 6

Tratamientos establecidos para la experimentación

Tratamiento	Nº de alevines	Dietas	Réplicas		
T0	100	0 % HL,100 % AC	Jaula 1	Jaula 2	Jaula 3
T1	100	35 % HL y 65 % AC	Jaula 4	Jaula 5	Jaula 6
T2	100	70 % HL y 30 % AC	Jaula 7	Jaula 8	Jaula 9

Nota. HL: Harina de lombriz y AC: Alimento concentrado.

3.3. Métodos de Investigación

3.3.1. Manejo de Alevines Oncorhynchus mykiss Durante la Investigación

El proceso inicial consistió en seleccionar 900 alevines, los cuales fueron distribuidos en nueve (09) jaulas en cantidades iguales, manteniendo una densidad (0,46 kg/m^3) aproximada a la utilizada por Zumbado et al. (2022) de 0,50 kg/m^3. Los tratamientos (T0, T1 y T2), fueron replicados tres veces. El período experimental se prolongó hasta que los alevines alcanzaron 4 cm de longitud aproximadamente. Durante este tiempo se administraron dosis alimenticias de 7 a 8 veces al día.

3.3.2. Los parámetros zootécnicos

Los parámetros zootécnicos evaluados fueron los siguientes:

3.3.2.1. Ganancia de Peso Total (GPT). Se evaluó pesando en conjunto los 100 alevines de cada jaula al inicio y al final del experimento. La diferencia entre ambos valores permitió determinar el aumento total de peso de cada unidad experimental, proporcionando un indicador del rendimiento general de cada tratamiento alimenticio.

3.3.2.2. Incremento de Longitud Estándar (ILE). Se seleccionaron aleatoriamente tres alevines por jaula (distintos de los utilizados para otras mediciones) y se midió su longitud estándar

al inicio y al final del ensayo. El incremento se calculó por diferencia y se promedió para representar el crecimiento en longitud alcanzado bajo cada tratamiento.

3.3.2.3. Tasa de Crecimiento Específico (TCE). Se calculó utilizando los datos del peso promedio por jaula al inicio y al final del experimento. Este indicador reflejó el crecimiento relativo diario de los alevines, permitiendo comparar la eficacia de cada tratamiento.

3.3.2.4. Tasa de Conversión Alimenticia (TCA). Se determinó considerando la cantidad total de alimento suministrado en cada jaula a lo largo del experimento y el incremento de biomasa grupal. Este parámetro permitió evaluar la eficiencia del alimento en la producción de masa corporal.

3.3.2.5. Tasa de Eficiencia Proteica (TEP). Se calculó a partir del incremento de biomasa total por jaula y la cantidad total de proteína ingerida según la dieta formulada. Con ello se evaluó la eficiencia del uso de la proteína aportada por la harina de lombriz roja californiana.

3.3.2.6. Mortalidad Acumulada (MA). Se registraron diariamente las muertes ocurridas en cada jaula durante el ensayo. Al concluir el periodo experimental, se calculó el porcentaje de mortalidad acumulada por tratamiento para evaluar la posible influencia negativa de la dieta en la supervivencia de los alevines.

3.3.3. Obtención de Lombriz Roja (Eisenia foetida)

Para este proceso, se aplicaron las recomendaciones de Somarriba y Guzman (2004), establecidas en la guía de lumbricultura. El método más asequible utilizado fue el sistema de lomo de toro. Este método consistió en colocar sustrato nuevo sobre el cantero (camas donde las lombrices descomponen la materia orgánica), con una capa de aproximadamente 10 cm. Después de un período de tres a cuatro días, se retiró el sustrato nuevo junto con las lombrices que habían migrado hacia él. Posteriormente, las lombrices fueron separadas y colocadas en depósitos para su manejo y uso futuro.

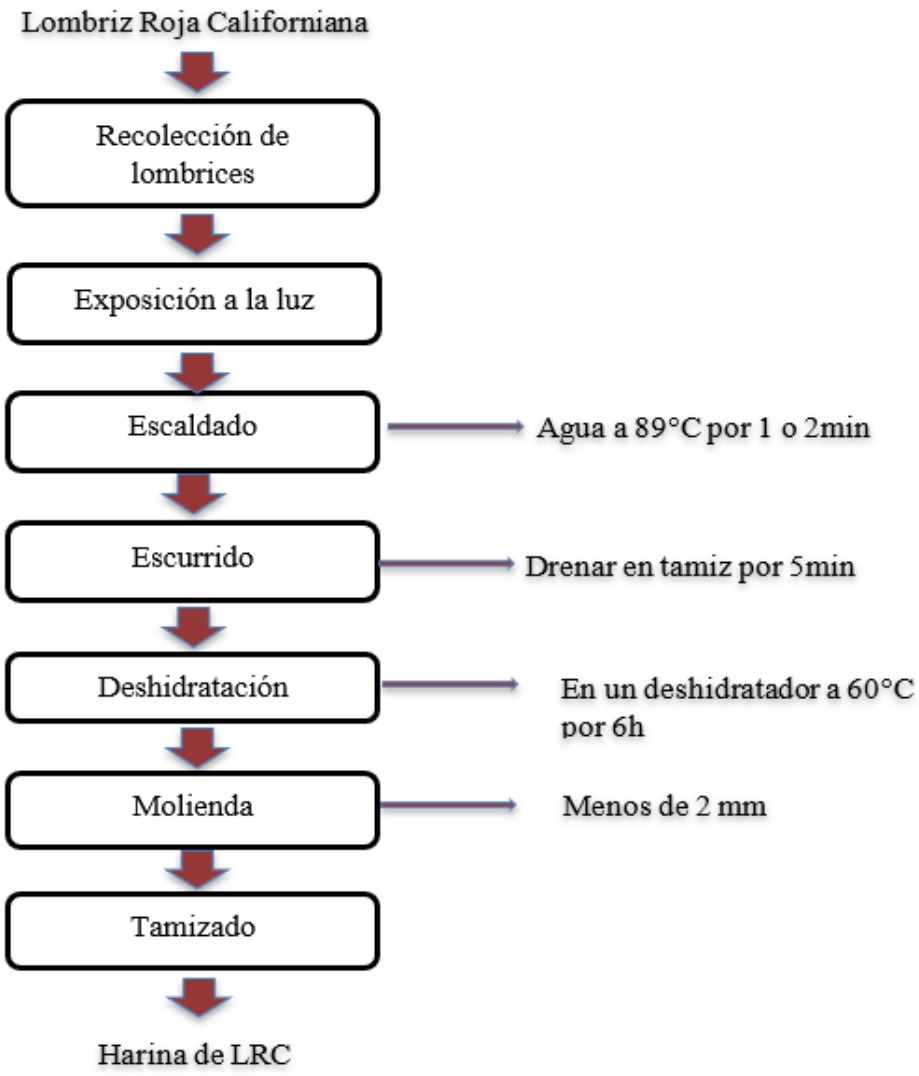
3.3.4. Preparación de Harina Lombriz Roja (Eisenia foetida)

Para este proceso se utilizó lo descrito por Zumbado et al. (2022), que consistió en los siguientes pasos (Figura 3): una vez recolectadas las lombrices en un depósito de superficie amplia, se esparcieron y se expusieron a la luz, debido a su sensibilidad a la misma. Posteriormente, se sometieron a un proceso de escaldado, sumergiéndolas en agua hirviendo durante 1-2 minutos, seguido de un minuto en agua helada con sal, con el objetivo de sacrificarlas rápidamente mediante un cambio brusco de temperatura y eliminar metabolitos no deseados como la lisenina.

Después del escaldado, las lombrices se escurrieron en un tamiz durante aproximadamente cinco minutos y luego se secaron en un deshidratador a 60 °C durante seis horas, para reducir su nivel de humedad a un 20 %. Finalmente, el sustrato deshidratado fue triturado con un cuchillo de cocina y tamizada hasta obtener una granulometría de aproximadamente 2 mm o menos. Posteriormente, se empaquetó en una bolsa plástica y se conservó a -20 °C hasta su uso.

Figura 3

Flujograma de obtención de harina de Lombriz Roja Californiana



Nota. Adaptado de Zumbado et al. (2022).

A continuación, se describen los pasos del proceso de obtención de harina de lombriz roja, considerando la producción de 1 kg de harina. Este procedimiento garantiza la calidad nutricional del producto final y su almacenamiento adecuado.

***Recolección* de lombrices**. Se recolectan aproximadamente 5 kg de lombrices vivas de un depósito amplio.

Exposición a la luz. Se esparcen sobre una superficie y se exponen a la luz para inducir su movilidad y facilitar la separación del sustrato.

Escaldado. Se sumergen en agua hirviendo (89-100 °C durante 1-2 min) y luego en agua helada con sal (1 min) para sacrificarlas rápidamente y eliminar metabolitos no deseados como la lisenina.

Escurrido. Se drenan en un tamiz fino por aproximadamente 5 minutos, eliminando el exceso de agua.

Deshidratación. Se secan en un deshidratador a 60 °C durante 6 horas hasta alcanzar un nivel de humedad del 10 %.

Molienda. Las lombrices deshidratadas se trituran con un molino de cuchillas o licuadora industrial hasta obtener partículas de aproximadamente 2 mm.

Tamizado. Se filtran las partículas más grandes mediante un tamiz de 1-2 mm, asegurando una granulometría uniforme.

Empaquetado y almacenamiento. Se envasan en bolsas plásticas herméticas y se almacenan a -20 °C para su conservación hasta su uso.

3.3.5. Manejo Alimenticio con Diferentes Tratamientos

Se utilizó tres tratamientos, T0= tratamiento control (0 % harina de lombriz y 100 % alimento concentrado), T1 (35 % harina de lombriz y 65 % alimento concentrado) y T2 (70 % harina de lombriz y 30 % alimento concentrado).

Según el *Manual Práctico para el Cultivo de la Trucha Arcoíris*, en un volumen de 1 m^3 se pueden criar hasta 3750 alevines de aproximadamente 3 cm de longitud, asegurando condiciones óptimas para su crecimiento y desarrollo (Ministerio de la Producción, 2010). No obstante, en la Granja de Tuco-Bambamarca, se han utilizado estanques con un volumen de 0,088 m^3, lo que permite la crianza de un máximo de 330 alevines, conforme a la capacidad de carga establecida en el manual.

Este ajuste en la densidad de cultivo responde a la necesidad de mantener condiciones controladas que minimicen el estrés y favorezcan un crecimiento uniforme de los alevines. Según las recomendaciones del manual, la relación entre el volumen de agua y la densidad de peces debe garantizar condiciones óptimas en el medio acuático. Además, la temperatura, que oscila entre 16,0 y 16,5 °C, es ideal para el desarrollo de los alevines. Este rango térmico indica que el caudal de agua debe mantenerse entre 2,6 y 3,0 litros por minuto, lo que permitió prevenir la acumulación de desechos y minimizar la competencia por el alimento, favoreciendo así un crecimiento adecuado (Ministerio de la Producción, 2010).

El experimento se desarrolló adaptando los procedimientos establecidos en las metodologías de Vera (2023) y Zumbado et al. (2022). Se instalaron 100 alevines de trucha roja por cada jaba, con tres réplicas por tratamiento, lo que sumó un total de 900 alevines distribuidos en nueve jabas. Antes de iniciar con los tratamientos, se pesaron y midieron 10 alevines al azar de cada jaba para obtener un registro inicial de peso y longitud.

Una vez instaladas las jabas, se aplicaron los tratamientos alimenticios con las jabas debidamente codificadas para asegurar un registro preciso. Los alevines fueron alimentados al menos siete veces al día con periodos intermitentes de aproximadamente 1 hora, y se administraron raciones promedio de 64,3 g de alimento por día.

El experimento tuvo una duración de dos semanas. Al finalizar este período, se evaluaron los parámetros zootécnicos de los alevines. Para ello, se tomaron nuevamente 10 alevines al azar de cada jaba para medir su peso y longitud, y se llevó a cabo un control de la mortalidad de los individuos. Los datos recolectados permitieron evaluar los parámetros zootécnicos establecidos y verificar la posible variación en los resultados en función de los tratamientos alimenticios aplicados.

3.3.6. Control de Calidad de Agua

Durante el experimento, se llevó a cabo un estricto control de la calidad del agua, con especial atención al pH y la temperatura, los cuales fueron monitoreados de manera frecuente. Para ello, se utilizó un pH-metro y un termómetro debidamente calibrado.

3.3.6.1. Medición de pH. El pH-metro se sumergió en el agua hasta que el valor medido se estabilizó, momento en el cual se registró el dato. En los casos donde no se contó con el equipo, se utilizaron tiras de papel especiales para medir el pH. Estas tiras se introdujeron en el agua y, comparando el color resultante con el manual de instrucciones, se determinó el pH del agua. Este parámetro se controló de dos a tres veces al día, lo que permitió calcular un promedio diario.

3.3.6.2. Medición de temperatura. Para medir la temperatura del agua, se utilizó un termómetro de vidrio con una escala de 0 a 30 °C. Se realizaron tres mediciones diarias a intervalos de 6,12 y 18 horas, lo que permitió obtener un promedio más preciso y representativo de la temperatura diaria.

3.4. Población, Muestra y Muestreo

3.4.1. Población

La población estuvo conformada por alevines de la especie (*Oncorhynchus mykiss*), provenientes de España. Estos alevines fueron transportados en avión hasta el aeropuerto de Cajamarca en cajas de 25000 unidades, conservadas con hielo granulado. Posteriormente, eclosionaron y fueron seleccionados para su estudio.

3.4.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por 900 alevines de (*Oncorhynchus mikyss*) que fueron seleccionadas al azar (100 en cada jaula) a quienes se les evaluaron los parámetros zootécnicos.

3.4.3. Muestreo

El muestreo fue aleatorio simple por conveniencia, y los individuos elegidos para la muestra fueron seleccionados por el investigador.

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.5.1. Técnicas de Recolección de Datos

La recolección de datos en esta investigación se realizó siguiendo un enfoque sistemático que permitió capturar información relevante y confiable sobre los parámetros zootécnicos de los alevines de trucha roja (*Oncorhynchus mykiss).* Este proceso incluyó tanto técnicas observacionales, revisión documental y registro de parámetros ambientales, complementadas con instrumentos precisos diseñados para registrar las variables clave del estudio.

3.5.1.1. Técnica de observación estructurada. Se implementó para registrar comportamientos alimenticios y físicos de los alevines. Además, se incluyó la anotación diaria de características como la apariencia general, el consumo de alimento y posibles signos de estrés o enfermedad.

3.5.1.2. Revisión documental. Se llevó a cabo una consulta exhaustiva de literatura científica y técnica, obtenida de bases de datos especializadas, con el objetivo de contextualizar los resultados y garantizar el rigor académico del estudio.

3.5.1.3. Registro de parámetros ambientales. Se midieron, la temperatura y pH del agua para asegurar condiciones óptimas y homogéneas en todas las unidades experimentales.

3.5.2. Instrumentos para la Recolección de Datos

3.5.2.1. Bases de publicaciones científicas. Se consultaron bases como Scopus, ProQuest y Elsevier, entre otras, para obtener antecedentes y referencias relevantes sobre el uso de subproductos proteicos en la acuicultura y otros abordajes del estudio.

3.5.2.2. Cuaderno de campo. Diseñada específicamente para registrar de manera ordenada las variables relacionadas con los parámetros zootécnicos de los alevines. Incluyó secciones para peso, longitud, mortalidad y observaciones cualitativas.

3.5.2.3. Regla Von Bayer. Uutilizada para medir la longitud estándar de los alevines con una precisión de ±0,1 mm, garantizando uniformidad en las mediciones

3.5.2.4. Balanza analítica. Con una precisión de ±0,001 g, para determinar con exactitud la biomasa de los alevines en cada medición.

pH-metro y termómetro digital: Utilizados para medir el pH y la temperatura del agua en cada unidad experimental, asegurando la homogeneidad de las condiciones ambientales.

3.5.2.5. Software estadístico (SAS). Empleado para analizar los datos recopilados, realizando pruebas de hipótesis y análisis de varianza (ANOVA), entre otros procedimientos estadísticos.

3.5.2.6. Cámara fotográfica. Se usó para documentar visualmente el diseño experimental, los procedimientos y los resultados observados en cada etapa del experimento.

3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

El análisis de los datos recolectados fue realizado con un enfoque riguroso, asegurando la fiabilidad y precisión de los resultados obtenidos en el experimento. A continuación, se detallan los procedimientos empleados:

3.6.1. Pruebas de Homogeneidad de Varianza

Los datos fueron sometidos a pruebas de homogeneidad de varianza para cada uno de los parámetros zootécnicos evaluados (ganancia de peso total, incremento de longitud estándar, tasa de crecimiento específico, tasa de conversión alimenticia, tasa de eficiencia proteica y mortalidad acumulada, etc.), utilizando un nivel de confianza del 95 %.

Estas pruebas permitieron verificar que las varianzas entre grupos no presentaban diferencias significativas, lo que asegura que los supuestos de igualdad de varianza se cumplen. Esto garantiza la validez de los análisis estadísticos posteriores, permitiendo realizar comparaciones confiables entre tratamientos sin riesgo de sesgos en la interpretación de los datos

3.6.2. Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se utilizó un Diseño de Experimentos Completamente al Azar (DECA), con tres réplicas por cada uno de los nueve tratamientos experimentales.

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($p > 0,05$) se aplica únicamente cuando se detectan diferencias significativas entre los tratamientos, con el fin de identificar cuáles grupos presentan discrepancias relevantes. Sin embargo, en este caso, dado que no se encontraron diferencias significativas en los análisis previos, no fue necesario realizar dicha prueba.

3.6.3. Software Estadístico:

Para el análisis estadístico de los datos, se utilizó Minitab, enfocándose en ANOVA para comparar tratamientos y detectar diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Se verificó la homogeneidad de varianzas antes de aplicar ANOVA. La elección de Minitab garantizó precisión en los cálculos y fiabilidad en la interpretación de los resultados, asegurando conclusiones estadísticamente válidas.

3.6.4. Digitalización y Cálculo en Excel

Los datos recogidos en presente estudio fueron llevados a la hoja de cálculo de Excel y procesados a través de las siguientes fórmulas:

3.6.4.1. Ganancia de peso total (GTP)

$$GTP = Peso_{Final} - Peso_{Inicial}$$

3.6.4.2. Incremento de longitud estándar (iSL)

$$iSL = SL_{Final} - SL_{Inicial}$$

3.6.4.3. Tasa de crecimiento específico (TCE)

$$TCE = (\frac{\ln peso\ final - \ln peso\ inicial}{tiempo})$$

3.6.4.4. Tasa de conversión alimenticia (FCR)

$$FCR = \frac{Cantidad\ total\ de\ alimento\ consumido\ (g)}{Ganancia\ de\ peso\ total\ (g)}$$

3.6.4.5. Tasa de eficiencia proteica (TEP)

$$TEP = \frac{kg\ Incremento\ en\ biomasa}{kg\ Proteína\ ofrecida}$$

3.6.4.6. Mortalidad Acumulada (Mor)

$$Mor = Individuos_{Inicio} - Individuos_{Final}$$

3.7. Aspectos Éticos

La investigación se llevó a cabo con un compromiso estricto hacia la ética y el rigor científico, asegurando los siguientes principios:

***Objetividad**:* El estudio fue realizado con total independencia, evitando cualquier sesgo que pudiera comprometer la integridad de los resultados. Los datos reflejan fielmente el contexto natural en el que se desarrollaron los experimentos.

***Originalidad**:* La investigación se destacó por su enfoque innovador al evaluar el impacto de la harina de lombriz roja en los parámetros zootécnicos de los alevines de trucha roja *(Oncorhynchus mykiss)* tratando en lo posible adaptar el estudio a las condiciones reales en el manejo de alevines de trucha roja.

Todas las referencias y teorías utilizadas fueron citadas debidamente, cumpliendo con las normas APA (séptima edición).

***Veracidad y transparencia**:* Los resultados fueron analizados y presentados de manera fidedigna, respetando la confidencialidad de los datos hasta su publicación.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En esta sección se exponen los resultados de la investigación de manera objetiva, respaldados por tablas, gráficos y promedios. Se detalla con precisión lo observado para cada objetivo planteado.

4.1 Descripción de Resultados

En la presente investigación se evaluó el efecto del uso de harina de lombriz roja (*Eisenia foetida*) como insumo alternativo en la alimentación de alevines de trucha roja (*Oncorhynchus mykiss*), con el objetivo de analizar su influencia sobre diferentes parámetros zootécnicos. Se establecieron tres tratamientos, cada uno aplicado a un grupo de 100 alevines, distribuidos de la siguiente manera:

- Tratamiento 0 (T0): 100 % alimento comercial (Nicovita).
- Tratamiento 1 (T1): 65 % harina de lombriz + 35 % alimento comercial.
- Tratamiento 2 (T2): 70 % harina de lombriz + 30 % alimento comercial.

Durante el ensayo, se registraron mediciones iniciales y finales de peso en grupos de 100 alevines por jaula, y de longitud estándar en 3 individuos seleccionados aleatoriamente por cada unidad experimental, con el fin de determinar los cambios en las variables analizadas.

Esta evaluación se centró exclusivamente en los parámetros zootécnicos, con base en los siguientes objetivos:

4.1.1 Prueba Sobre Ganancia de Peso

Con el objetivo de determinar el efecto de la harina de lombriz roja en la ganancia de peso total de los alevines de trucha roja, fue necesario cuantificar previamente dos variables fundamentales: la proteína total consumida y la cantidad de alimento suministrado en cada

tratamiento. Estos datos permitieron interpretar correctamente los resultados de crecimiento observados.

La proteína total consumida por los alevines de trucha roja (*Oncorhynchus mykiss*) se calculó a partir de la cantidad de alimento suministrado y el contenido de proteína presente en cada dieta.

La Tabla 7 presenta la proteína total consumida por los alevines en cada tratamiento, calculada a partir del alimento ingerido y su contenido proteico. Estos valores permiten comparar la eficiencia de cada dieta y su impacto en el crecimiento de los alevines.

Tabla 7

Proteína total consumida (PTC)

Tratamiento(T)	Réplica (Jaula) (100 uds./Jaula)	Cantidad total de alimento consumido (g)	Proteína Cruda (%)	Proteína total consumida (g)
T0	1	375,20	0,50	187,60
T0	2	376,60	0,50	188,30
T0	3	379,40	0,50	189,70
T1	4	256,20	0,53	135,79
T1	5	380,80	0,53	201,82
T1	6	257,60	0,53	136,53
T2	7	376,60	0,60	225,96
T2	8	259,00	0,60	155,40
T2	9	256,20	0,60	153,72

La alimentación es un factor determinante en el crecimiento y desarrollo de los alevines de trucha roja. En esta sección se presenta la cantidad de alimento suministrado durante la fase experimental, ajustado a las necesidades nutricionales en función del peso corporal de los peces.

La Tabla 8 muestra el cálculo de alimento suministrado considerando que cada 40 g de peso total de los alevines requerían aproximadamente 17,5 g diarios, con un margen de variación leve. Se ajustó equitativamente la cantidad de alimento administrado en la fase experimental,

manteniendo la duración de 14 días, con un total de 256,20 g a 380,80 g de alimento por tratamiento, dependiendo del peso de los alevines.

Tabla 8

Cantidad de alimento suministrado en la fase experimental

Tto.	Rep.	PTA (g)	AD (g)	ASE (g/día)	DE (días)	TAST (g)
T0	1	60,18	26,2	26,8	14	375,2
T0	2	60,41	26,9	26,9	14	376,6
T0	3	60,72	26,6	27,1	14	379,4
T1	4	40,55	17,8	18,3	14	256,2
T1	5	60,72	26,6	27,2	14	380,8
T1	6	40,87	17,9	18,4	14	257,6
T2	7	60,31	26,5	26,9	14	376,6
T2	8	40,92	17,9	18,5	14	259
T2	9	40,72	17,8	18,3	14	256,2

Nota. Tto. = Tratamiento; Rep. = Réplica (número de jaula); PTA = Peso total de alevines (g); AD = Alimento diario calculado en base a 17,5 g por cada 40 g de peso total; ASE = Alimento suministrado en la experiencia (g/día); DE = Duración del experimento (días); TAST = Total de alimento suministrado por tratamiento (g).

Una vez obtenidos los datos anteriores, se evaluó la ganancia de peso en alevines de trucha roja alimentados con distintas proporciones de harina de lombriz roja y concentrado Nicovita, proporcionando una visión clara sobre la eficiencia y el impacto de estas dietas en la producción acuícola.

La Tabla 9 muestra los resultados obtenidos en la Ganancia Total de Peso (GTP) indican una variabilidad entre los tratamientos y las réplicas, con valores que oscilan entre 129,71 g y 155,62 g. Se observa que los alevines que iniciaron con mayor peso lograron una ganancia de peso más alta en comparación con los de menor peso inicial, aunque no en una proporción estrictamente lineal.

Tabla 9

Datos para la obtención de ganancia de peso total GTP

Tto.	Rep.	PI (g)	PF (g)	GTP (g)	$\bar{x} \pm \sigma$ (GTP)
T0	1	60,18	189,89	129,71	
T0	2	60,31	194,67	134,36	136,9 ± 8,74
T0	3	60,72	207,35	146,63	
T1	4	40,55	178,64	138,09	
T1	5	60,72	198,81	138,09	138,55 ± 0,8
T1	6	40,87	180,34	139,47	
T2	7	60,31	205,42	145,11	
T2	8	40,92	193,75	152,83	
T2	9	40,72	196,34	155,62	151,19 ± 5,44

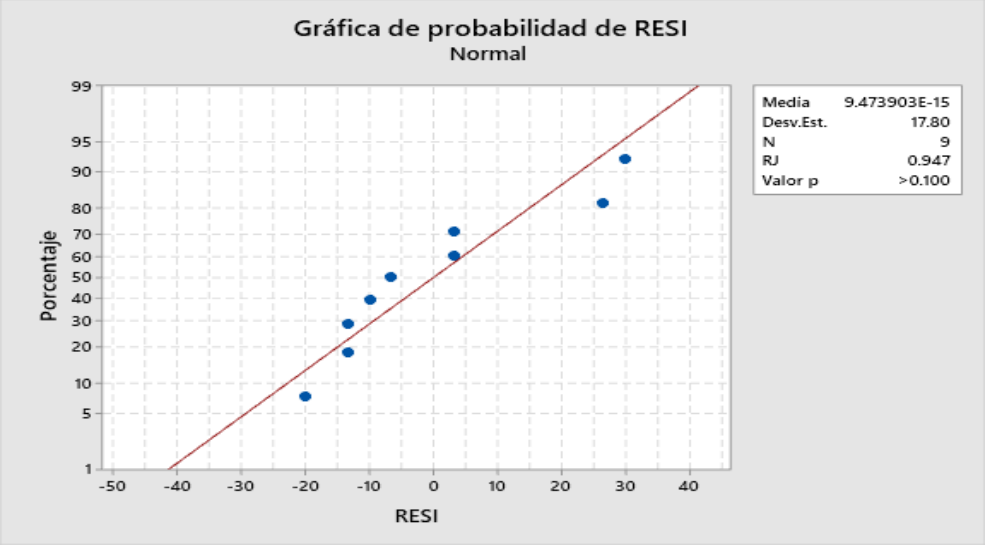
Nota. Tto. = Tratamiento; Rep = Réplica (número de jaula); PI (g) = Peso inicial en gramos; PF (g) = Peso final en gramos; GTP (g) = Ganancia total de peso; $\bar{x} \pm \sigma$ = Promedio más menos desviación estándar.

El estadístico Durbin-Watson obtuvo un valor de 1,52, lo cual supera el intervalo crítico establecido entre 0,824 y 1,320. Este resultado es crucial, ya que nos lleva a no rechazar la hipótesis nula (H_0). La implicación directa de esta determinación es que los datos analizados exhiben independencia y carecen de una autocorrelación significativa. Es importante recordar que la H_0 postula que la harina de lombriz roja no genera mejoras en los parámetros zootécnicos; en este sentido, la confirmación de la ausencia de autocorrelación sugiere que cualquier variación observada en los datos no es atribuible a distorsiones inherentes a los mismos, fortaleciendo así la validez de los resultados.

Los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) sugieren que no hay evidencia estadísticamente significativa para rechazar la hipótesis de normalidad de los datos. Por lo tanto, podemos concluir que los datos provienen de una población con una distribución aproximadamente normal, tal como se ilustra en la Figura 4.

Figura 4

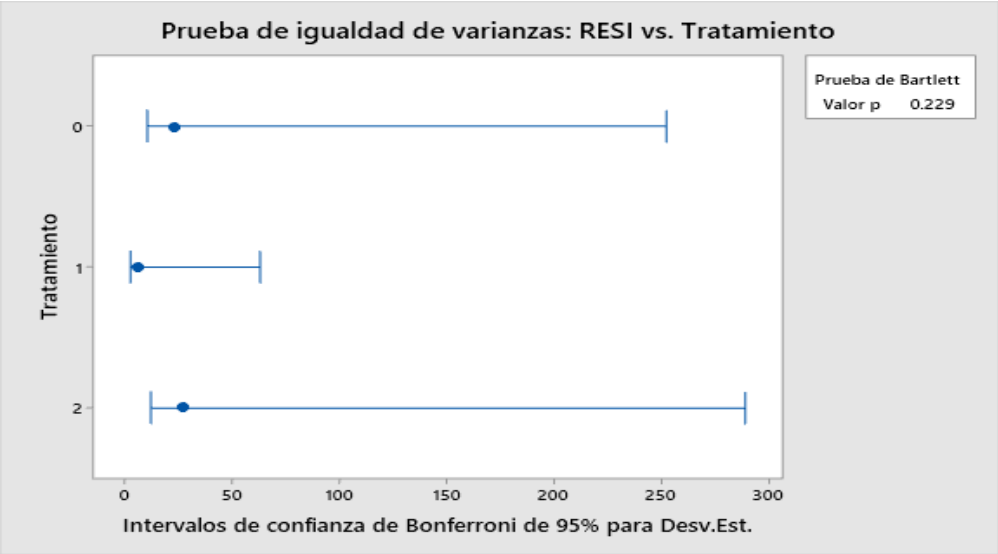
Normalidad de los datos de ganancia de peso total



Dado que el p-valor es mayor al 5 %, según el estadístico Bartlett, nos expresas que las varianzas son iguales, existe homogeneidad de varianzas (Figura 5).

Figura 5

Prueba de homogeneidad de varianzas de ganancias de peso total



En la Tabla 10 se muestran los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la ganancia de peso total no revelaron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos alimentarios evaluados. Esto indica que, en las condiciones del estudio, la adición de harina de lombriz a la dieta no produjo un aumento significativo, en ganancia de peso.

Tabla 10

Análisis de varianza de ganancia de peso total

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	466,7	233,3	0,55	0,602
Error	6	2533,3	422,2		
Total	8	3000,0			

4.1.2 Prueba Sobre el Incremento de Longitud Estándar (iSL)

En este estudio, se evaluó el incremento de longitud estándar (iSL) durante el periodo experimental, partiendo de la medición de la talla promedio inicial y final de los alevines en cada tratamiento. Este análisis permite determinar si las dietas que incluyen harina de lombriz roja *(Eisenia foetida)* influyen en el crecimiento lineal de los peces. Los datos se obtuvieron al aplicar la fórmula 2.

En la Tabla 11 se muestra que los alevines de trucha roja (*Oncorhynchus mykiss*) mostraron un incremento de longitud estándar (iSL) promedio de 2,37 a 2,33 cm durante el periodo experimental, con valores que oscilaron entre 2,2 cm y 2,5 cm según los tratamientos. Estos resultados reflejan un crecimiento uniforme entre los grupos, sugiriendo que las dietas utilizadas, incluidas aquellas con harina de lombriz roja, cubrieron adecuadamente los requerimientos nutricionales básicos para el desarrollo lineal de los peces.

Tabla 11

Datos para la obtención del incremento de la longitud estándar (iSL)

T	Rep.	Ti (cm)	Tf (cm)	iSL (cm)	iSL Prom ± SD (cm)
T0	1	2,2	4,4	2,2	
T0	2	2,1	4,5	2,4	2,37 ± 0,15
T0	3	2,2	4,7	2,5	
T1	1	2	4,4	2,4	
T1	2	2,2	4,4	2,2	2,33 ± 0,12
T1	3	2,2	4,6	2,4	
T2	1	2,3	4,5	2,2	
T2	2	2,1	4,4	2,3	2,33 ± 0,15
T2	3	2,1	4,6	2,5	

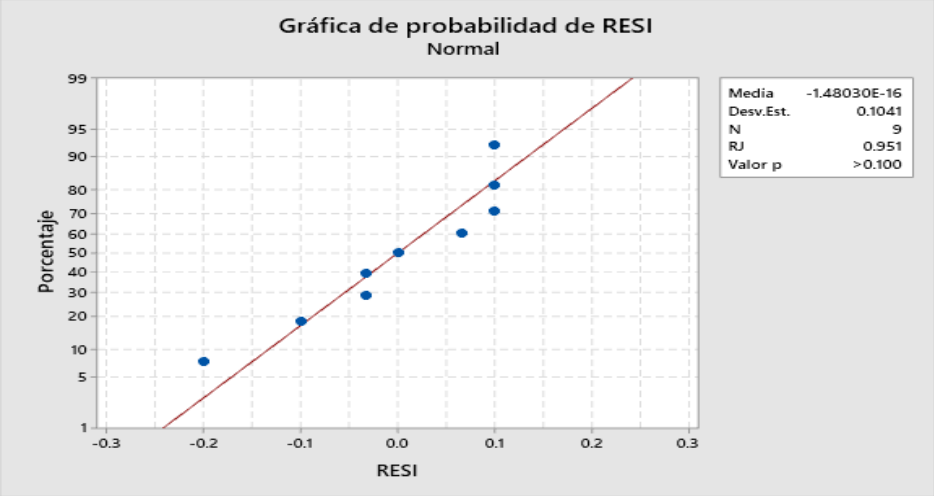
Nota. Tto. = Tratamiento, Rep. = Réplica, Ti = Talla inicial, Tf = Talla final, iSL = Incremento de longitud estándar, SD = Desviación estándar. La columna "iSL $\bar{x} \pm \sigma$ (cm)" representa el promedio y la desviación estándar del incremento de longitud estándar por tratamiento.

El análisis del incremento de longitud estándar (iSL) arrojó un estadístico Durbin-Watson de 3,44, un valor superior al intervalo crítico de 0,824 a 1,320. Esto indica que no se rechaza la hipótesis nula, lo que sugiere que los datos son independientes (no están influenciadas por patrones sistemáticos en la recolección de datos ni por sesgos en la medición) y no presentan autocorrelación significativa.

Los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) sugieren que los datos se ajustan a una distribución normal, como se observa en la Figura 6.

Figura 6

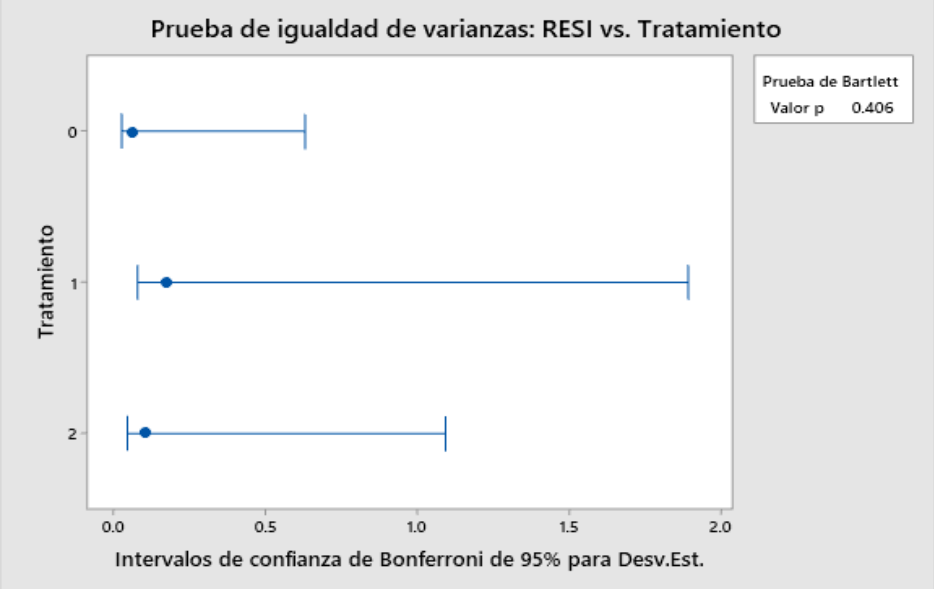
Normalidad de los datos de tasa de incremento de longitud estándar



Dado que el p-valor es mayor al 5 %, según el estadístico Bartlett, nos expresas que las varianzas son iguales, existe homogeneidad de varianzas, como se observa en la Figura7.

Figura 7

Prueba de homogeneidad de varianzas de incremento de longitud estándar



De acuerdo con el ANOVA de la Tabla 12, la inclusión de harina de lombriz roja (*Eisenia foetida*) en la dieta de alevines de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) no generó diferencias significativas en la longitud estándar respecto a los alimentados con concentrado comercial Nicovita. Esto sugiere que ambas dietas resultan igualmente efectivas para el crecimiento de los peces bajo las condiciones evaluadas.

Tabla 12

Análisis de varianza de incremento de longitud estándar

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	0,002222	0,001111	0,08	0,927
Error	6	0,086667	0,014444		
Total	8	0,088889			

4.1.3 Prueba de Tasa de Crecimiento Específico (TCE)

La TCE se calcula utilizando el logaritmo natural del peso inicial y final, dividido entre el tiempo transcurrido (14 días), permitiendo evaluar la eficiencia de crecimiento bajo diferentes condiciones ambientales, dietas o tratamientos. Su aplicación es fundamental en acuicultura, ya que facilita la optimización de recursos y la mejora en la producción sostenible, contribuyendo al desarrollo de sistemas más eficientes.

La Tabla 13 indica que, bajo las condiciones de la réplica 9, los organismos tuvieron el mejor desempeño en términos de crecimiento específico.

Tabla 13

Logaritmo natural de pesos iniciales y finales

‘	Rep.	PI (g)	Ln PI	PF (g)	Ln PF	TCE	TCE ($\bar{x} \pm \sigma$)
T0	1	60,18	4,097	189,89	5,246	0,082	
T0	2	60,31	4,099	194,67	5,271	0,084	0,085 ± 0,003
T0	3	60,72	4,106	207,35	5,334	0,088	
T1	4	40,55	3,703	178,64	5,185	0,106	
T1	5	60,72	4,106	198,81	5,292	0,085	0,099 ± 0,012
T1	6	40,87	3,71	180,34	5,195	0,106	
T2	7	60,31	4,099	205,42	5,325	0,088	
T2	8	40,92	3,712	193,75	5,267	0,111	0,104 ± 0,014
T2	9	40,72	3,707	196,34	5,28	0,112	

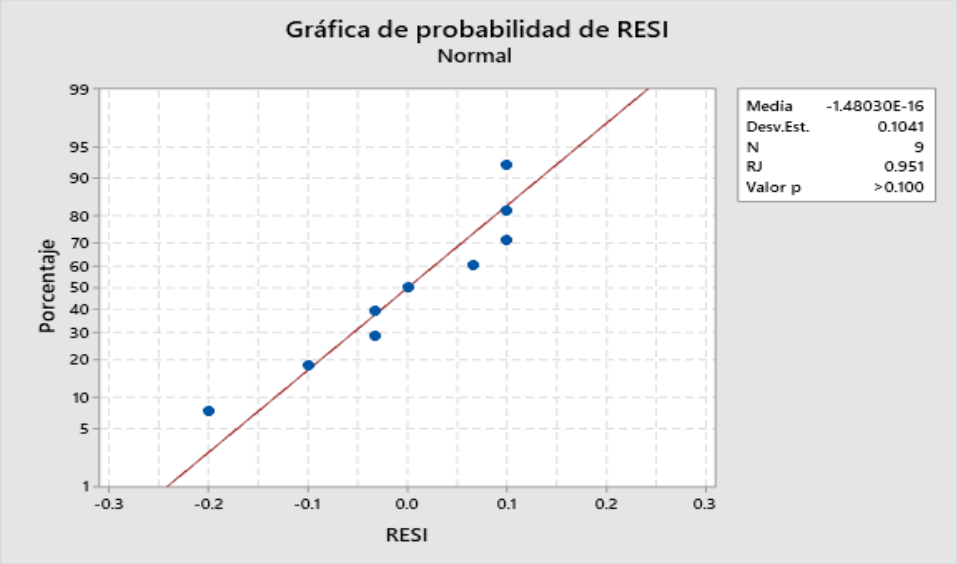
Nota. Tto. = Tratamiento; Rep. = Réplica; PI (g) = Peso inicial en gramos; PFT(g) = Peso final en gramos; Ln PI = Logaritmo natural del peso inicial; Ln PF = Logaritmo natural del peso final; TCE = Tasa de crecimiento específico; $\bar{x} \pm \sigma$ = Promedio más menos desviación estándar.

El análisis de los resultados del estadístico Durbin-Watson, con un valor de 3,44, superior al rango crítico de 0,824 a 1,320, respalda la aceptación de la hipótesis nula. Esto implica que los datos empleados son independientes y carecen de autocorrelación significativa. Dicha independencia es fundamental al evaluar la tasa de crecimiento específico en alevines, ya que asegura que las variaciones observadas entre los diferentes tratamientos son un reflejo preciso de los efectos experimentales y no están influenciadas por correlaciones espurias entre las mediciones.

La Figura 8 muestra que el p-valor es mayor al 5 %, según el estadístico Shapiro Wilk, nos expresas que los datos provienen de una distribución normal.

Figura 8

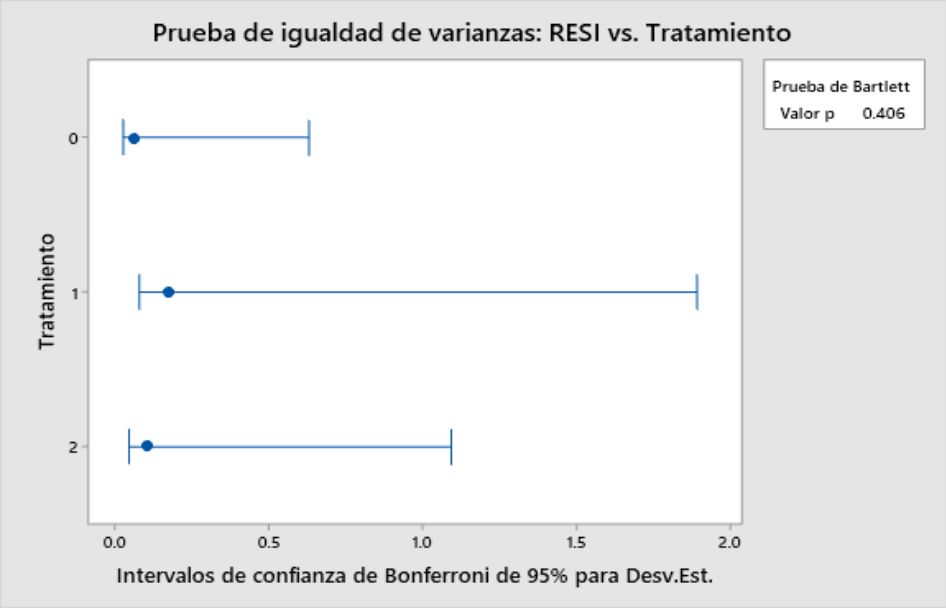
Normalidad de los datos de tasa de crecimiento específico



La Figura 9 muestra que el p-valor es mayor al 5 %, según el estadístico Bartlett, nos expresas que las varianzas son iguales, existe homogeneidad de varianzas.

Figura 9

Prueba de homogeneidad de varianzas de tasa de crecimiento específico



En la Tabla 14 se muestra el análisis de varianza (ANOVA), el p-valor obtenido fue superior a 0,05, lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas en la tasa de crecimiento específico entre los tratamientos evaluados. Es decir, la adición de harina de lombriz roja (*Eisenia foetida*) a la dieta de alevines de trucha roja (*Oncorhynchus mykiss*), no produjo un efecto significativo en este parámetro de crecimiento.

Tabla 14

Análisis de varianza de tasa de crecimiento específico

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	0,002222	0,001111	0,08	0,927
Error	6	0,086667	0,014444		
Total	8	0,088889			

4.1.4 Prueba Sobre la Tasa de Conversión Alimenticia (FCR)

Este indicador es ampliamente utilizado en la acuicultura para optimizar la alimentación y reducir costos, siendo un reflejo directo del rendimiento de los sistemas de producción. Para encontrar la tasa de conversión alimenticia se utilizó la fórmula 4.

En la Tabla 15 se muestra que el valor más bajo de FCR (1,65) indica la mejor eficiencia de conversión, lograda con una GTP de 155,62 g, mientras que los valores más altos (2,89) corresponden a réplicas con menor ganancia de peso (129,71 g). Esto evidencia cómo una mayor ganancia de peso mejora la eficiencia alimenticia.

Tabla 15

Tasa de conversión alimenticia (FCR)

Tto.	Rep.	CTA (g)	GTP (g)	FCR	FCR ($\bar{x} \pm \sigma$)
T0	1	375,2	129,71	2,89	
T0	2	376,6	134,36	2,8	2,76 ± 0,15
T0	3	379,4	146,63	2,59	
T1	4	256,2	138,09	1,86	
T1	5	380,8	138,09	2,76	2,16 ± 0,52
T1	6	257,6	139,47	1,85	
T2	7	376,6	145,11	2,6	
T2	8	259	152,83	1,69	1,98 ± 0,54
T2	9	256,2	155,62	1,65	

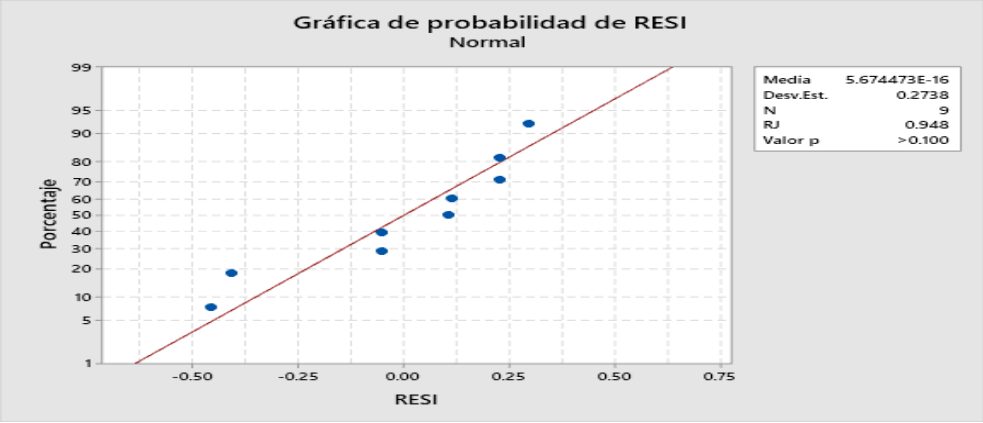
Nota. Tto. = Tratamiento; Rep. = Réplica; CTC = Cantidad Total de Alimento Consumido; GTP = Ganancia Total de Peso; FCR = Tasa de Conversión Alimenticia; FCR $\bar{x} \pm \sigma$ = Promedio ± desviación estándar del FCR por tratamiento.

El análisis estadístico Durbin-Watson reveló que, dado que el valor obtenido para los datos de tasa de conversión alimenticia superó el intervalo de 0,824 a 1,53, no se rechazó la hipótesis nula, lo que indica una independencia significativa entre los datos.

La Figura 10 muestra que el p-valor obtenido mediante el estadístico Shapiro-Wilk es superior al 5 %, lo que indica que los datos siguen una distribución normal. Este resultado sugiere que la variabilidad observada en los datos se ajusta a un comportamiento estadísticamente esperado, validando así su idoneidad para análisis paramétricos.

Figura 10

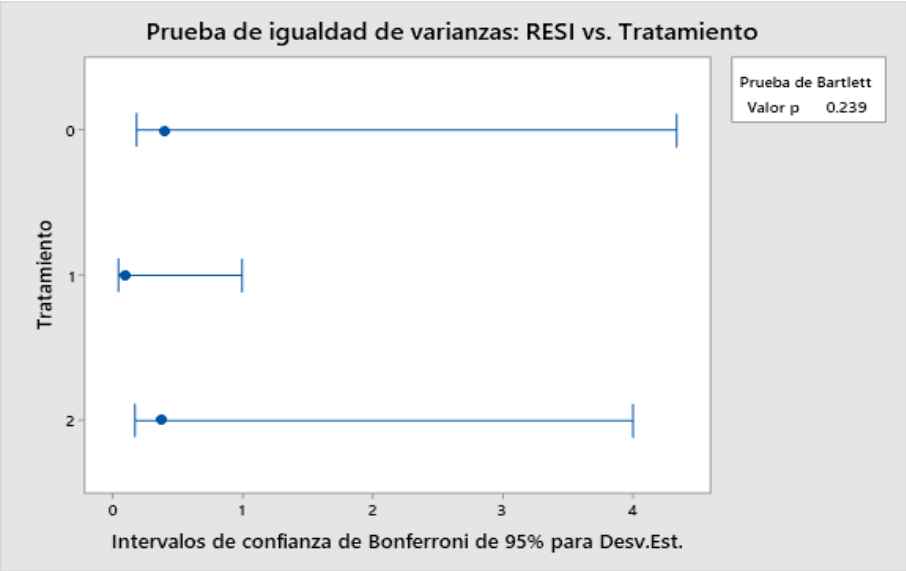
Normalidad de los datos de tasa de conversión alimenticia



La Figura 11 muestra que el p-valor es mayor al 5 %, según el estadístico Bartlett, nos expresas que las varianzas son iguales, existe homogeneidad de varianzas.

Figura 11

Prueba de homogeneidad de varianzas de tasa de conversión alimenticia



Análisis de varianza de tasa de conversión alimenticia Tabla 16 muestra que el p-valor es mayor al 5 %, según el ANOVA, nos expresa que no existe diferencia significativa entre los tratamientos en la variable tasa de conversión alimenticia, es decir, la adición de harina de lombriz roja (*Eisenia foetida)* en la dieta de los alevines de trucha roja (*Oncorhynchus mykiss)* no mejora significativamente la tasa de conversión alimenticia en la trucha roja.

Tabla 16

Análisis de varianza de tasa de conversión alimenticia

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	0,1494	0,07468	0,75	0,513
Error	6	0,5997	0,09995		
Total	8	0,7491			

4.1.5 Prueba Sobre la Tasa de Eficiencia Proteica (TEP)

Este parámetro se calcula como la relación entre la ganancia de peso total y la cantidad de proteína total consumida durante un periodo determinado. Un TEP alto refleja un uso eficiente de la proteína, mientras que un TEP bajo indica un posible desperdicio o una menor conversión en masa corporal. Para obtener los datos en este parámetro se usó la fórmula 5.

La mayor eficiencia proteica (TEP = 1,022) se logra con una ganancia de peso de 139,47 g y un consumo de 136,53 g de proteína, lo que indica una excelente conversión proteica en crecimiento, según se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17

Tasa de eficiencia proteica

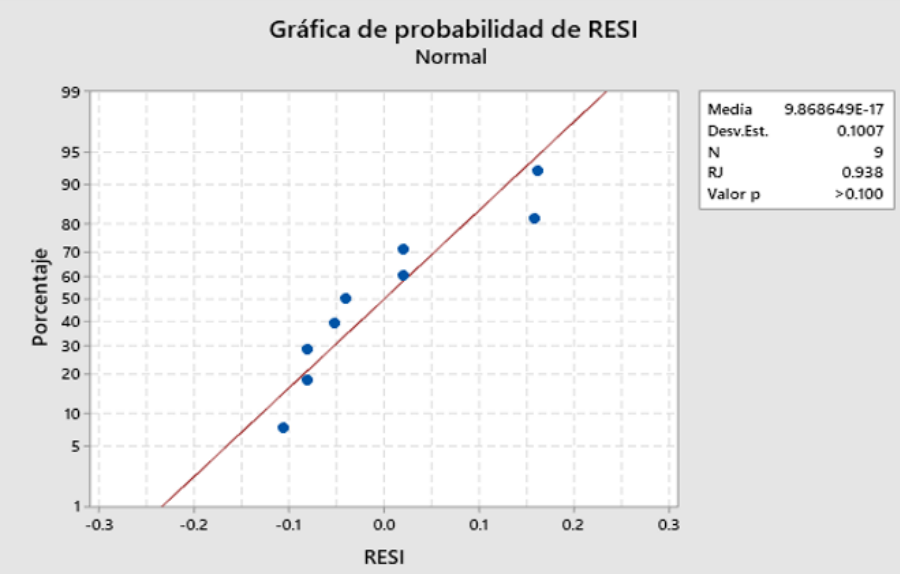
Tto.	Rep.	GTP (g)	PTC (g)	TEP	TEP $\bar{x} \pm \sigma$
T0	1	129,71	187,6	0,691	
T0	2	134,36	188,3	0,714	0,726 ± 0,042
T0	3	146,63	189,7	0,773	
T1	4	138,09	135,79	1,017	
T1	5	138,09	201,82	0,684	0,908 ± 0,194
T1	6	139,47	136,53	1,022	
T2	7	145,11	225,96	0,642	
T2	8	152,83	155,4	0,983	0,879 ± 0,206
T2	9	155,62	153,72	1,012	

Nota. Tto. = Tratamiento, Rep. = Réplica, GTP (g) = Ganancia total de peso en gramos, PTC (g) = Proteína total consumida en gramos, TEP = Tasa de eficiencia proteica. Los valores "TEP $\bar{x} \pm \sigma$" representan la media ± desviación estándar de cada tratamiento.

El análisis de la Tasa de Eficiencia Proteica (TEP) reveló un estadístico Durbin-Watson de 1,54. Dado que este valor supera el intervalo crítico de 0,824 a 1,320, no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que los datos son independientes y no exhiben autocorrelación significativa. La Figura 12 muestra que el p-valor es mayor al 5 %, según el estadístico Shapiro Wilk, lo que representa que los datos provienen de una distribución normal.

Figura 12

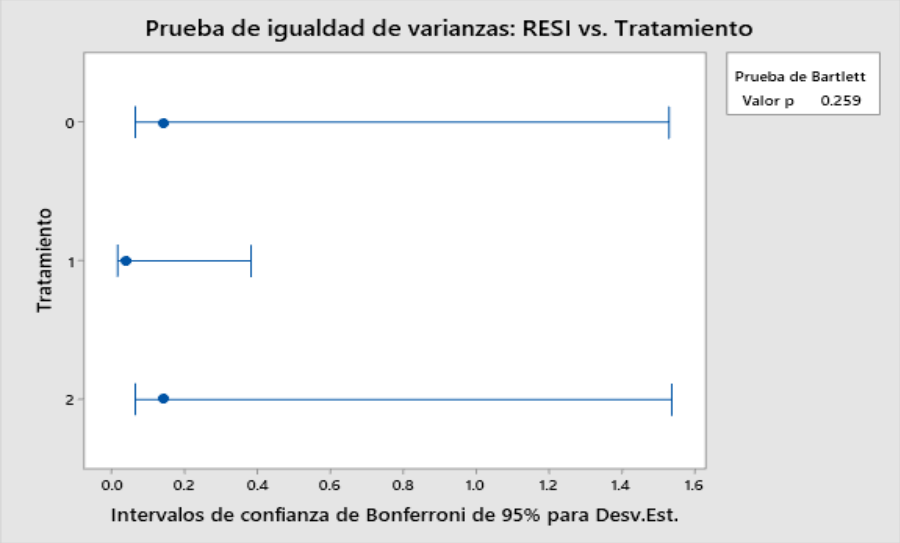
Normalidad de los datos de tasa de eficiencia proteica



La Figura 13 muestra que el p-valor es mayor al 5 %, según el estadístico Bartlett, nos expresas que las varianzas son iguales, existe homogeneidad de varianzas.

Figura 13

Prueba de homogeneidad de varianzas de tasa de eficiencia proteica



En la Tabla 18 muestra que el p-valor es mayor al 5 %, según el ANOVA, nos expresa que no existe diferencia significativa entre los tratamientos en la variable tasa de eficiencia proteica, es decir, la adición de harina de lombriz roja (*Eisenia foetida)* en la dieta de los alevines de trucha roja (*Oncorhynchus mykiss)* no mejora la tasa de eficiencia proteica en la trucha roja, existen resultados semejantes en tasa de eficiencia proteica.

Tabla 18

Análisis de varianza de tasa de eficiencia proteica

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	0,01500	0,007502	0,55	0,601
Error	6	0,08120	0,013533		
Total	8	0,09620			

4.1.6 Mortalidad Acumulada (Mor)

Este indicador es esencial, la mortalidad acumulada baja sugiere condiciones favorables, mientras que valores elevados indican posibles problemas que deben ser abordados para garantizar la sostenibilidad y rentabilidad del sistema.

En cada réplica se inició con 100 individuos, proporcionando una base uniforme para el análisis. La Mortalidad acumulada varía entre 0 y 5, reflejando diferencias en las condiciones o factores que afectaron la supervivencia (Tabla 19). La Mortalidad más baja, lo encontramos en la réplica 5. Lo que sugiere que en dicha réplica se logró mantener un equilibrio adecuado en parámetros como la calidad del agua, la densidad de siembra y la aceptación del alimento, factores que son determinantes para garantizar la supervivencia de los alevines.

Tabla 19

Mortalidad acumulada

Tto.	Rep.	IIni	IFin	Mor	Mor $\bar{x} \pm \sigma$
T0	1	100	95	5	3,5 ± 2,12
T0	2	100	98	2	3,5 ± 2,12
T0	3	100	99	1	1,67 ± 2,08
T1	4	100	96	4	1,67 ± 2,08
T1	5	100	100	0	1,67 ± 2,08
T1	6	100	98	2	2,0 ± 1,0
T2	7	100	97	3	2,0 ± 1,0
T2	8	100	98	2	2,0 ± 1,0
T2	9	100	99	1	2,0 ± 1,0

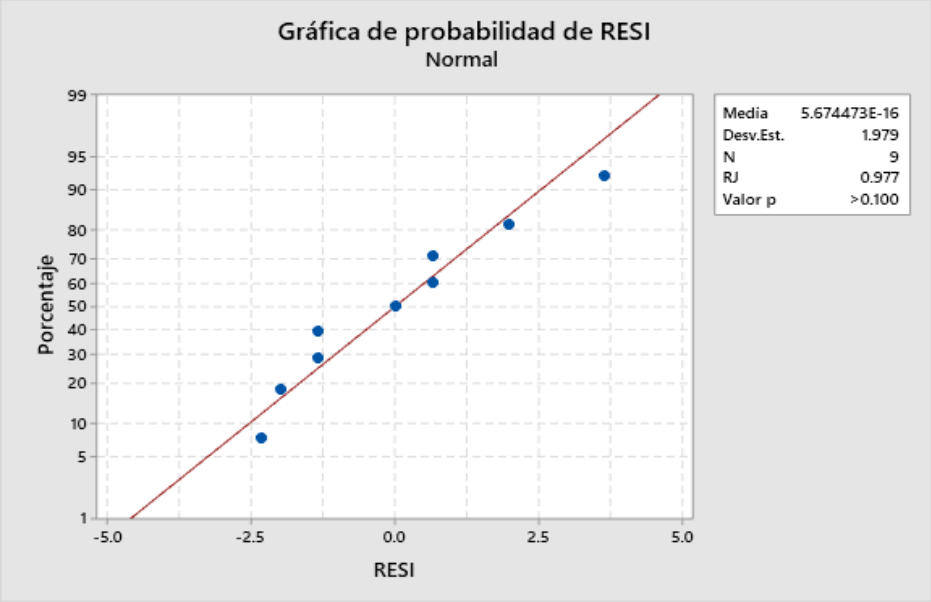
Nota. Tto. = Tratamiento; Rep. = Réplica (Jaula); IIni = Individuos al inicio; IFin = Individuos al final; Mor = Mortalidad acumulada; $\bar{x} \pm \sigma$ = Promedio ± desviación estándar.

El análisis del estadístico Durbin-Watson para los datos de tasa de eficiencia proteica arrojó un valor de 1,326. Este resultado es crucial, ya que al ser superior al rango crítico establecido entre 0,824 y 1,320, nos permite no rechazar la hipótesis nula. Esta conclusión valida la independencia de los datos y la ausencia de autocorrelación significativa, aspectos fundamentales para asegurar la robustez de cualquier análisis estadístico. De manera análoga, al aplicar este estadístico a los datos de mortalidad acumulada, se refuerza la fiabilidad de las tendencias observadas, confirmando que las variaciones no son producto de dependencias espaciales o temporales entre las mediciones (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). En síntesis, la consistencia de estos hallazgos subraya la solidez de los patrones identificados en ambos conjuntos de datos.

Dado que el p-valor es mayor al 5 %, según el estadístico Shapiro Wilk, nos expresas que los datos provienen de una distribución normal, según muestra la Figura 14.

Figura 14

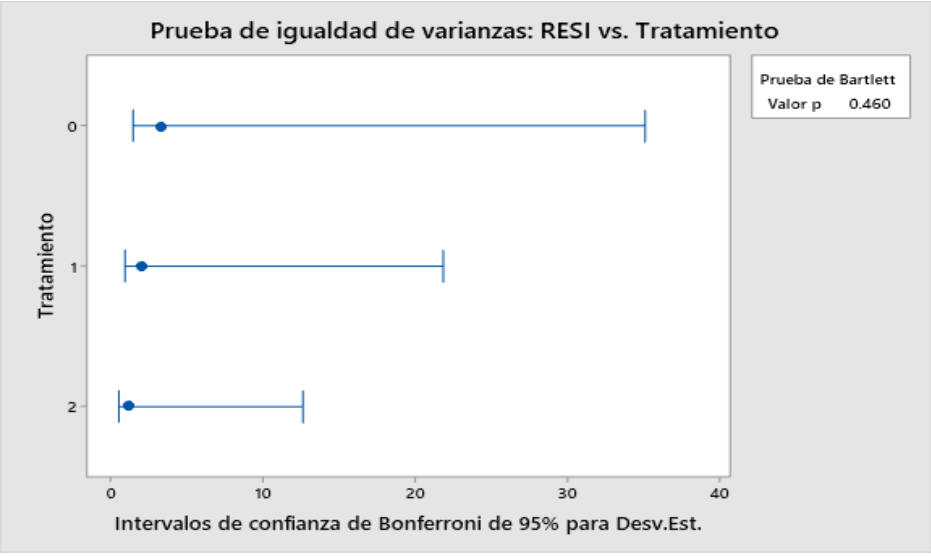
Normalidad de los datos de mortalidad acumulada



Dado que el p-valor es mayor al 5 %, según el estadístico Bartlett, nos expresas que las varianzas son iguales, existe homogeneidad de varianzas, según la Figura 15.

Figura 15

Prueba de homogeneidad de varianzas de mortalidad acumulada



Dado que el p-valor es mayor al 5 %, según el ANOVA, nos expresa que no existe diferencia significativa entre los tratamientos en la variable mortalidad acumulada, es decir, la adición de harina de lombriz roja (*Eisenia foetida)* en la dieta de los alevines de trucha roja (*Oncorhynchus mykiss)* no mejora la mortalidad acumulada en la trucha roja (tal como se muestra en la Tabla 20 del Análisis de varianza), se tienen resultados semejantes en mortalidad acumulada.

Tabla 20

Análisis de varianza de mortalidad acumulada

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	*3,*556	1,778	0,34	0,724
Error	6	31,333	5,222		
Total	8	34,889			

4.1.7 Factibilidad económica y la sostenibilidad de la producción de harina de lombriz roja)

La Tabla 21 sintetiza la comparación entre la harina de lombriz roja *(Eisenia foetida)* producida en la propia unidad piscícola y el alimento comercial para alevines de trucha, integrando criterios económicos y de sostenibilidad. Se contrastan costos directos, disponibilidad y dependencia logística, requisitos tecnológicos, aporte nutricional e impactos ambientales, bajo las condiciones del presente estudio. Dado que el desempeño zootécnico no mostró diferencias significativas, el análisis pone el foco en el costo por kilogramo de insumo y en los beneficios de circularidad (valorización de residuos, menor huella por transporte).

Tabla 21

Comparación de la harina de lombriz roja vs. alimento comercial para truchas

Criterio	Harina de lombriz roja californiana	Alimento comercial para trucha
Costo de adquisición (por kg)	Aproximadamente S/1,00–S/3,00 si se produce localmente	S/22,00–S/28,00 por kilo
Disponibilidad	Fácil de producir localmente, adaptable a escala comunitaria	Dependencia de proveedores externos
Fuente de insumos	Alimentada con residuos orgánicos locales y excretas de trucha	Requiere insumos industriales y transporte
Tecnología requerida	Baja tecnología: secado al sol, triturado manual o con molino básico	Alta tecnología en fabricación, almacenamiento y transporte
Requiere transporte desde proveedor	No, se puede producir en la misma piscigranja	Sí, depende de rutas de abastecimiento
Aporte nutricional	Alto contenido proteico (50 %–60 %), comparable al alimento comercial	Balanceado y estandarizado, pero más costoso
Impacto ambiental	Reducción de residuos, economía circular	Genera mayor huella de carbono por transporte e industrialización
Sostenibilidad a largo plazo	Alta, por su replicabilidad y bajo costo operativo	Media, debido a costos crecientes del mercado
Evidencia experimental	No se encontraron diferencias significativas en parámetros zootécnicos con respecto al control	N/A

Nota. La Tabla 21 revela una evidente ventaja económica y ambiental al emplear la harina de lombriz roja californiana como un aditivo en la dieta de las truchas, en comparación con los piensos comerciales. La producción local de esta harina, que utiliza residuos orgánicos y excrementos de los mismos peces, no solo reduce drásticamente los costos (S/1,00 - S/3,00/kg frente a S/22,00 - S/28,00/kg de los alimentos comerciales).

4.2 Contrastación de Hipótesis

El proceso de adición de harina de lombriz roja (*Eisenia foetida)* en la dieta de los alevines de trucha roja conduce a la siguiente contrastación de hipótesis apoyada con la Tabla 22.

Tabla 22

Contrastación de hipótesis

Fuente	GL	Ganancia de peso total		Tasa de crecimiento específico		Tasa de conversión alimenticia		Tasa de eficiencia proteica		Mortalidad acumulada	
		Valor F	Valor p	Valor F	Valor p	Valor F	Valor p	Valor F	Valor p	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	0,55	0,602	0,08	0,927	0,75	0,513	0,55	0,601	0,34	0,724
Error	6										
Total	8										

H0: La adición de harina de lombriz roja (*Eisenia foetida)* en la dieta de los alevines de trucha roja (*Oncorhynchus mykiss)* no mejora los parámetros zootécnicos, como la ganancia de peso, la eficiencia alimenticia y la tasa de conversión proteica en el caserío Tuco –Hualgayoc, 2024.

H1: La adición de harina de lombriz roja (*Eisenia foetida)* en la dieta de los alevines de trucha roja (*Oncorhynchus mykiss)* mejora los parámetros zootécnicos, como la ganancia de peso, la eficiencia alimenticia y la tasa de conversión proteica en el caserío Tuco –Hualgayoc, 2024.

En forma de tratamientos:

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \cdots = \tau_k$$
$$H_1: \tau_i \neq \tau_j \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

Criterio de decisión:

1. Si **p > 0,05**, no se rechaza la hipótesis nula (H_0).
2. Si **p ≤ 0,05**, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1).

La contrastación de hipótesis evaluada para cada una de las variables estudiadas durante el proceso de adición de harina de lombriz roja (*Eisenia foetida)* en la dieta de los alevines de trucha roja, está soportada junto a Tabla 23.

Tabla 23

Contrastación de hipótesis para cada variable

Variable	Valor F	Valor p	Interpretación
Ganancia de peso total	0,55	0,602	p > 0,05: No se rechaza H_0. El tratamiento no tiene un efecto significativo.
Tasa de crecimiento específico	0,08	0,927	p > 0,05: No se rechaza H_0. El tratamiento no tiene un efecto significativo.
Tasa de conversión alimenticia	0,75	0,513	p > 0,05: No se rechaza H_0. El tratamiento no tiene un efecto significativo.
Tasa de eficiencia proteica	0,55	0,601	p > 0,05: No se rechaza H_0. El tratamiento no tiene un efecto significativo.
Mortalidad acumulada	0,34	0,724	p > 0,05: No se rechaza H_0. El tratamiento no tiene un efecto significativo.

4.3 Discusión de Resultados

4.3.1 Ganancia de Peso Total de la Trucha Roja

Nuestros resultados indican que la ganancia de peso total (GTP) de los alevines de trucha roja no varió significativamente entre los tratamientos (p = 0,602), incluyendo aquellos con harina de lombriz. Si bien se observó una variabilidad natural entre las réplicas, la dieta con harina de lombriz no impulsó un incremento de peso superior al concentrado comercial. Esta observación se alinea parcialmente con el estudio de Zumbado et al. (2022), quienes, aunque enfocados en tilapia, encontraron que ciertas sustituciones parciales de alimento no siempre generaban diferencias significativas en los parámetros zootécnicos más allá del grupo control. No obstante, contrasta con los hallazgos de López y Salas (2020), quienes sí reportaron un efecto positivo y significativo en

el crecimiento de la trucha arcoíris al incorporar hidrolizado de vísceras en la dieta, un tipo de aditivo proteico.

4.3.2 Incremento de la Longitud Estándar de la Trucha Roja

El incremento de longitud estándar (iSL) de los alevines fue uniforme entre los tratamientos, con un promedio de 2,34 cm y sin diferencias estadísticamente significativas (p = 0,927). Esto sugiere que todas las dietas, incluida la enriquecida con harina de lombriz, proporcionaron los nutrientes necesarios para el desarrollo lineal de los peces. Este resultado se compara con el estudio de García (2020), quien destacó la importancia de la alimentación en la longitud de la cabeza y la altura corporal en truchas, aunque nuestro estudio se centró en la longitud estándar.

4.3.3 Tasa de Crecimiento Específico de la Trucha Roja

La tasa de crecimiento específico (TCE) también reflejó esta tendencia, sin mostrar diferencias significativas (p = 0,927) entre los grupos, lo que sugiere que, bajo las condiciones de nuestro experimento, la harina de lombriz no aceleró el ritmo de crecimiento de los alevines de trucha de manera notable. Esta similitud en la TCE entre tratamientos podría indicar que el concentrado comercial ya satisface óptimamente las necesidades nutricionales básicas para un crecimiento sostenido, tal como lo sugieren Yapuchura et al. (2018), quienes identificaron diferencias de rendimiento entre marcas de alimento comercial en truchas.

4.3.4 Tasa de Conversión Alimenticia de la Trucha Roja

En cuanto a la tasa de conversión alimenticia (FCR), nuestros análisis revelaron que no hubo diferencias significativas (p = 0,513) entre los tratamientos, lo que implica que la adición de harina de lombriz roja no mejoró significativamente la eficiencia con la que los alevines convirtieron el alimento en biomasa. Si bien se observó que una mayor ganancia de peso se

correlacionó con una mejor FCR, esta relación se mantuvo constante entre las dietas. Este resultado difiere de las conclusiones de Ramos y Rodríguez (2020), quienes en su estudio con trucha juvenil observaron que la sustitución parcial de harina de pescado por harina de plumas hidrolizada sí mejoró el índice de conversión alimenticia. La disparidad podría atribuirse a la naturaleza de los aditivos y a las fases de desarrollo de los peces. De manera similar, la tasa de eficiencia proteica (TEP) tampoco mostró diferencias significativas ($p = 0,601$) entre los grupos. Esto sugiere que la harina de lombriz roja, en las proporciones utilizadas, no optimizó la conversión de proteína dietética en masa corporal de forma superior al concentrado comercial. Este resultado coincide con la ausencia de mejoras significativas en la ganancia de peso, con lo que se establece que la fuente proteica adicional, en este caso la harina de lombriz roja, pudo no haber sido utilizada en las proporciones más adecuadas o no representó una opción óptima en términos de digestibilidad y aprovechamiento nutricional por parte de los alevines.

4.3.5 Tasa de Eficiencia Proteica (TEP).

La evidencia sugiere que los reemplazos parciales de la fuente proteica no garantizan mejoras en el aprovechamiento de la proteína dietaria. En trucha arcoíris, el uso de ensilado de vísceras no produjo cambios significativos en la ganancia de peso, el consumo ni la conversión alimenticia frente a un alimento comercial, lo que indica un rendimiento proteico comparable (Villa, 2021). De manera concordante, reemplazar hasta 6 % de harina de pescado por harina de cangrejo de río rojo (*Procambarus clarkii)* en dietas para alevines resultó viable sin perjuicio de los indicadores productivos, manteniéndose estable la TEP (Rosado et al., 2023). En contraste, en alevines de salmón coho (*Oncorhynchus kisutch),* ajustar el fósforo dietario a un rango de 0,95–1,11 % se asoció con mejoras en crecimiento, composición corporal y actividad enzimática, lo que resalta que la TEP depende no solo de la calidad/digestibilidad de la proteína, sino también del

balance mineral 0,95 % y 1,11 %, con mejoras significativas en el rendimiento del crecimiento, la composición corporal y las actividades enzimáticas observadas en estos niveles (Xu et al., 2021).

4.3.6 Mortalidad Acumulada de la Trucha Roja

Finalmente, la mortalidad acumulada (Mor) no presentó diferencias significativas (p = 0,724) entre los tratamientos, con valores que oscilaron entre 0 y 5 individuos. Esta baja mortalidad general en todos los grupos es un indicador positivo de las condiciones de cultivo y el manejo experimental, lo que sugiere que ninguna de las dietas tuvo un efecto adverso en la supervivencia de los alevines. Romero et al. (2023) y Ticlla (2019) también abordaron la supervivencia en sus respectivos estudios, destacando la influencia de los componentes dietéticos en la salud de los peces, aunque sus hallazgos son más variados en términos de impacto significativo en los parámetros.

4.3.7 Factibilidad económica y sostenibilidad de la producción de harina de lombriz roja)

Finalmente, la mortalidad acumulada (Mor) no presentó diferencias significativas (p = 0,724) entre los tratamientos Los resultados sostienen la factibilidad económica de incorporar harina de lombriz (HL) en dietas para alevines, la diferencial de precios: HL local S/1–3/kg frente a concentrado S/22–28/kg— reduce directamente el costo por kilogramo de ganancia, sin comprometer el desempeño productivo.

Esta evidencia se relaciona con Zumbado et al. (2022), quienes, al evaluar sustituciones parciales del alimento, reportaron rendimientos favorables en niveles altos, lo que sugiere que reemplazos sustanciales pueden ser técnicamente viables sin deterioro general del crecimiento.

En conjunto, el ahorro unitario y la estabilidad del rendimiento apoyan la superioridad costo-efectiva de la alternativa con harina de, comprobada aquí.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El estudio mostró que la harina de lombriz roja *(Eisenia foetida*) se presenta como una alternativa prometedora en la alimentación de alevines de trucha roja, debido a su elevado contenido proteico en comparación con el concentrado comercial Nicovita. A pesar de que no se registraron diferencias significativas en la ganancia de peso, la investigación sugiere que la inclusión de esta harina no limita el desarrollo ponderal de los peces bajo el diseño del estudio (*n* = 100 alevines/jaula; 3 réplicas; 14 días), la inclusión de harina de lombriz roja al 65 % (T1) y 70 % (T2) mostró desempeño zootécnico comparable al control Nicovita, en todas las variables no se rechaza H_0

El análisis de la longitud estándar evidenció un crecimiento similar entre los grupos experimentales y el control. El crecimiento fue similar entre tratamientos (iSL= 2,33–2,37 cm; p=0,927). El promedio de incremento fue constante entre tratamientos, lo cual indica que la harina de lombriz puede ser utilizada sin comprometer el crecimiento morfométrico de los alevines.

La evaluación de la TCE no reveló diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p > 0,05$). No obstante, se mantuvo dentro de rangos considerados adecuados para el desarrollo de la especie, lo que permite afirmar que la harina de lombriz resulta funcional como fuente parcial de proteína en las dietas.

La eficiencia en la conversión alimenticia TCA fue comparable (p=0,513), con los tratamientos; el mejor valor puntual fue 1,65 (T2, réplica 9), evidenciando que la sustitución no deteriora la eficiencia alimenticia. Confirmando que la utilización de harina de lombriz no altera negativamente la capacidad de los peces para transformar el alimento en biomasa. Este hallazgo refuerza su potencial como ingrediente alternativo en acuicultura.

Los datos obtenidos reflejan que las dietas con harina de lombriz presentan niveles de aprovechamiento proteico. La tasa de eficiencia proteica (TEP) no difirió entre tratamientos (p=0,601), el mejor valor fue 1,022 (T1, réplica 6), sugiriendo aprovechamiento proteico similar al control, lo que sugiere una adecuada digestibilidad y absorción de los nutrientes aportados por este insumo.

La tasa de mortalidad fue baja (0–5 individuos) y sin diferencias (p=0,724), lo que indica que la harina de lombriz no incrementa el riesgo sanitario y es segura para alevines de Oncorhynchus mykiss, este resultado permite afirmar que la inclusión de harina de lombriz en las dietas no representa un factor de riesgo para la salud o supervivencia de los alevines.

Los análisis estadísticos indicaron que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$). Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula (H_0) en ninguno de los casos, lo que sugiere que la harina de lombriz roja puede ser utilizada como una alternativa alimenticia sin afectar negativamente los parámetros zootécnicos de los alevines de trucha roja. Este resultado demuestra que la inclusión de esta harina en la dieta no compromete el desarrollo de los peces y abre la posibilidad de futuras optimizaciones en las formulaciones del alimento.

La harina de lombriz roja californiana representa una alternativa económica y sostenible frente al alimento comercial para trucha, como se muestra en el Anexo 7.2., Tabla 21. Su producción local, bajo costo (S/1,00-S/3,00 por kg) y fácil procesamiento permiten reducir significativamente los gastos en alimentación sin afectar el rendimiento zootécnico. Además, su elaboración a partir de residuos orgánicos fomenta la economía circular, la autosuficiencia productiva y la sostenibilidad ambiental, sin generar diferencias significativas frente al alimento balanceado tradicional.

5.2 Recomendaciones

A futuras investigaciones realizar estudios a más largo plazo para identificar posibles efectos acumulativos y evaluar el impacto de la harina de lombriz en etapas avanzadas del desarrollo de los alevines.

Probar combinaciones de harina de lombriz con otros ingredientes alternativos para optimizar los resultados zootécnicos.

Estudios complementarios sobre calidad de carne: Analizar aspectos como el perfil nutricional, textura y sabor de la carne de los peces alimentados con harina de lombriz para identificar su potencial en mercados específicos.

Transferencia de tecnología y formación: Diseñar programas de capacitación para productores locales que deseen implementar dietas basadas en harina de lombriz, fomentando el uso de recursos locales.

Monitoreo de impactos ambientales: Evaluar el efecto del uso de harina de lombriz en la calidad del agua y otros parámetros ambientales para garantizar que esta práctica sea ecológicamente viable.

Explorar la formulación de dietas mixtas que combinen harina de lombriz roja (*Eisenia foetida*) con otros insumos proteicos de origen vegetal y animal, como harina de soya, harina de pescado o subproductos agroindustriales. Esta estrategia permitiría optimizar el perfil nutricional del alimento, garantizando una adecuada proporción de aminoácidos esenciales, lípidos y minerales, al tiempo que se reduce el costo de producción en comparación con el uso exclusivo de harina de lombriz.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Peruana de Noticias. Andina. (30 de junio de 2023). *Cajamarca produjo 47,000 toneladas de especies acuícolas en el primer semestre.* https://andina.pe/agencia/noticia-cajamarca-produjo-47000-toneladas-especies-acuicolas-el-primer-semestre-945773.aspx

Alcívar, U., Dueñas-Rivadeneira, A., Sacon-Vera, E., Bravo-Sánchez, L., & Villanueva-Ramos, G. (2016). Influencia de los tipos de secado para la obtención de harina de Lombriz Roja californiana (eisenia foetida) a escala piloto. *Tecnología Química*, *36*(2), 187-196. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2224-61852016000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Barboza, M. J., Mírez Rubio, Y., & Vásquez Vitón, N. L. (2022). Diagnóstico situacional de la crianza de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) en la provincia de Chota, Región Cajamarca, Perú. *Revista EIA*, *19*(38), 31. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8552394

Camaño, J. A., Montes, J. R., & Zapata, J. E. (2021b). Calidad microbiológica en función del tiempo en dietas para trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) elaboradas con ensilado de vísceras de tilapia roja (Oreochromis spp.). *Información tecnológica*, *32*(2), 29-40. https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000200029

Claudett, K. L. A., Orben, J. J. J., Cevallos, G. C. T., Noboa, A. R. T., & Parra-Ríofrio, G. (2022). *Eficiencia de la harina Lens culinaris en el crecimiento de tilapia*. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=722479694005

Espinoza, N. A., Cruz, R. H. D. L., & Chaupe, N. S. (2020). Identificación de Flavobacterium psychrophilum en alevines de «trucha arco iris» (Oncorhynchus mykiss). Distrito de

Huanta. Ayacucho 2019. *Investigación*, *28*(1), 166-171. https://doi.org/10.51440/unsch.revistainvestigacion.28.1.2020.369

García, D., Gallego-Alarcón, I., Espinoza-Ortega, A., García-Martínez, A., & Arriaga-Jordán, C. M. (2016). Desarrollo de la producción de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) en el Centro de México. *Revista AquaTIC*, *38*, Article 38. http://revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/98

García, R. (2020). Determinación del factor de conversión alimentaria y crecimiento de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) bajo diferentes densidades y niveles de alimentación en estanques artificiales en Llaullini, La Paz. *Apthapi*, *6*(1), 1820-1838. https://doi.org/10.53287/urjb2087f30u

Guzman, E. F. V., Giunta, S. A., Zutara, M. S., Alcázar, N. D. R., & Otero, N. M. P. (2019). Evaluación de sustratos en la producción de eisenia foetida y su uso como alimento de odontesthes bonariensis. *Difusiones*, *17*(17), Article 17. http://revistas.ucse.edu.ar/ojsucse/index.php/difusiones/article/view/92

Hines, I. S., Santiago-Morales, K. D., Ferguson, C. S., Clarington, J., Thompson, M., Rauschenbach, M., Levine, U., Drahos, D., Aylward, F. O., Smith, S. A., Kuhn, D. D., & Stevens, A. M. (2022). Steelhead trout (Oncorhynchus mykiss) fed probiotic during the earliest developmental stages have enhanced growth rates and intestinal microbiome bacterial diversity. *Frontiers in Marine Science*, *9*. https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1021647

López, J. N., & Salas, J. (2021). Efecto de harina de hidrolizado de vísceras en el crecimiento de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss). *Revista MVZ Córdoba*, *26*(1), e1989-e1989. https://doi.org/10.21897/rmvz.1989

Ministerio de la Producción. (2021, febrero 8). *Acuicultura muestra constante crecimiento de participación en el pbi pesquero y acuícola – RNIA*. https://rnia.produce.gob.pe/acuicultura-muestra-constante-crecimiento-de-participacion-en-el-pbi-pesquero-y-acuicola/

Ministerio de la Producción – OGEIEE. (2024, abril 24). *2024 febrero: Boletín del sector pesquero*. https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oee-documentos-publicaciones/boletines-pesca/item/1188-2024-pesca-boletin-del-sector-pesquero

Nahayat, M., Zakeri, M., Salati, A. P., & Qasemi, S. A. (2022). Changes in the Neuropeptide Y mRNA Expression in Oncorhynchus mykiss at Different Feeding Frequencies. *Aquaculture Nutrition*, *2022*(1), 2080639. https://doi.org/10.1155/2022/2080639

Oliva, M., Avis, R., Mori, R., Yuji, R., & Fernández, V. (2022). Producción de alevinos de trucha dorada (Oncorhynchus aguabonita) bajo control de temperatura en la etapa de eclosión de ovas embrionadas en la estación acuícola terranova. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, *6*(1), Article 1. https://doi.org/10.25127/aps.20221.853

Patricio, N.-T. O., Cristina, P.-S. J., Rodrigo, A.-R. J., & Sebastián, M.-E. M. (2022). *Use of crude extract of garlic (Allium sativum) as an alternative in the prevention of saprolegniosis in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) Aprovechamiento del extracto crudo de ajo (Allium sativum) como alternativa en la prevención de saprolegniosis en trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)*. *9*(1). https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2022.0901000033

Perdomo, D. A., Castellanos, K. J., & González-Estopiñán, M. (2013). *PRODUCTIVO DE LA TRUCHA ARCO IRIS (Oncorhynchus mykiss)*. https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/15814

Ramos, E. L., & Rodríguez, A. J. (2020). *Efecto de la sustitución parcial de harina de pescado por harina de plumas hidrolizada en la ración balanceada para "trucha arcoíris" Oncorhynchus mykiss en fase juvenil criadas en estanques rústicos. Lanchepampa-Morropón-Piura, 2018*.

RodrÍguez, F. M. S., & Trelles, A. M. Z. (2023). Crecimiento y supervivencia en etapa de alevinaje de *Oncorhynchus mykiss* en el centro piscícola de motil. *Rebiol*, *43*(1), Article 1. https://doi.org/10.17268/rebiol.2023.43.01.09

Romero, C. O., Ocampo Mendoza, J., Sandoval Castro, E., Tobar Reyes, J. R., Romero Romano, C. O., Ocampo Mendoza, J., Sandoval Castro, E., & Tobar Reyes, J. R. (2018). Evaluación de sustratos para la producción de lombriz de tierra (Eisenia foetida). *Centro Agrícola*, *45*(4), 68-74. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0253-57852018000400068&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Rosado, R., Landines, M. Á., Rodríguez, D. A., González, Y. D. L. Á., Pimiento, M. G., González, I., & Herrera, Y. (2023). Inclusión de harina de cangrejo rojo americano (Procambarus clarkii) en alimentación de alevinos de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, *14*(2), 131-151. https://doi.org/10.22490/21456453.6154

Taipale, S. J., Pulkkinen, K., Keva, O., Kainz, M. J., & Nykänen, H. (2022). Lowered nutritional quality of prey decrease the growth and biomolecule content of rainbow trout fry. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, *262*, 110767. https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2022.110767

Talavera, A. M. R., Alvarez, M. R. M., Tacza, A. A., & Torre, K. E. Q. (2023). Efecto de curcuminoides y carotenoides en el crecimiento y respuesta inmune de alevines de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *7*(2), Article 2. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.6139

Ticlla, K. N. (2019). Efecto de dos alimentos comerciales sobre el desempeño productivo de la trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en etapas de crecimiento y acabado en el distrito de Chota. *Universidad Nacional de Cajamarca*. http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4485

Villa, R. (2021). Alimentación de trucha Arco Iris (Oncorhynchus mykiss) mediante ensilado químico de viceras de trucha en la fase de ceba. *Revista EIA*, *18*(35). https://doi.org/10.24050/reia.v18i35.1468

Zárate, I., Sánchez P, C., Palomino C, H., & Smith D, C. (2018). Caracterización de la crianza de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) en la provincia de Chincheros, Apurímac, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, *29*(4), 1310-1314. https://doi.org/10.15381/rivep.v29i4.15196

Zhao, W., Liu, Z.-L., & Niu, J. (2021). El rendimiento del crecimiento, la histomorfología intestinal, la composición corporal y los parámetros hematológicos y antioxidantes de *Oncorhynchus mykiss* no se vieron afectados negativamente por el reemplazo de harina de pescado con proteína de semilla de algodón desfenolizada concentrada. *Aquaculture Reports*, *19*, 100557. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100557

Zumbado, A., Chacón-Villalobos, A., & Herrera-Muñoz, J. I. (2022). Efecto sobre parámetros zootécnicos y composición tisular de tilapia aurea (Oreochromis aureus) alimentada con

lombriz roja (Eisenia foetida). *Nutrición Animal Tropical*, *16*(2), Article 2. https://doi.org/10.15517/nat.v16i2.52231

VII. ANEXOS

7.1. Documentación Visual del Proceso Experimental

La presente sección reúne la documentación visual correspondiente al proceso experimental desarrollado. A través de las figuras se ilustran de manera secuencial la infraestructura de lumbricultura utilizada (Figura 16), el proceso de recolección manual (Figura 17) y preparación de las lombrices, que incluye su selección, lavado, secado y molienda (Figuras 18) para obtener harina, así como las diferentes fases de manejo de los alevines de trucha roja (Figura 19). Se muestran también los depósitos con las dietas experimentales (Figura 20), los procedimientos de alimentación controlada (Figura 21), el pesaje (Figura 22) y medición (Figura 23) de alevines, además del registro manual de la mortalidad y de la frecuencia de suministro de alimento (Figura 24). Finalmente, se presenta la piscigranja "Malicate", ubicada en el Caserío Tuco – Bambamarca, donde se desarrolló la parte experimental del estudio (Figura 25).

Figura 16

Cultivo de lombriz roja

Figura 17

Recolección y selección de lombrices

Figura 18

Preparación de lombrices mediante pesaje, lavado, secado y molienda

Figura 19

Alevines de trucha roja de 2 a 4 mm en fase experimental

Figura 20

Dietas alimenticias utilizadas en el experimento

Figura 21

Control diario de temperatura y pH del agua

Figura 22

Pesaje para determinar aumento de peso y calcular la conversión alimenticia

Figura 23

Medición aleatoria de longitud de alevines en cada tratamiento

Figura 24

Registro de alimentación y mortalidad de alevines por tratamiento

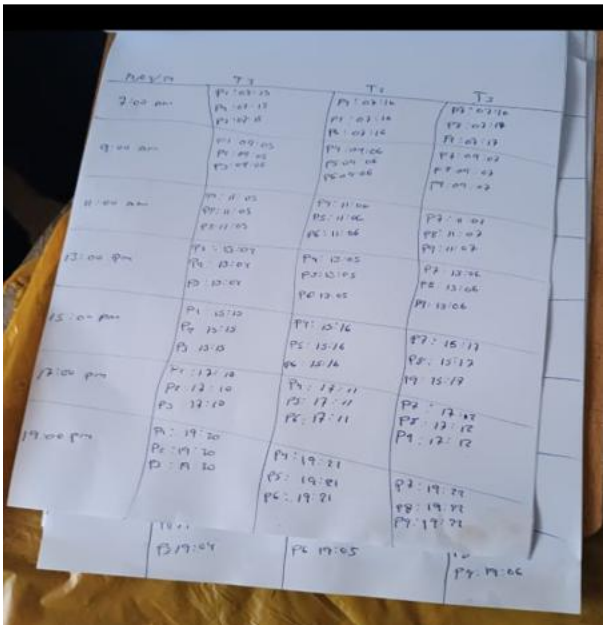


Figura 25

Lugar del estudio - Piscigranja "Malicate" en el Caserío Tuco – Bambamarca

7.2. Registro de Datos Primarios

En la Tabla 24 se muestra los datos del crecimiento, alimentación y supervivencia de alevines de trucha roja.

Tabla 24

Registro de datos primarios

Duración del Experimento (días)	Tratamiento (T)	Réplica (Jaula) (100 Und/Jaula)	Temperatura (°C)	pH	Alimento Diario (g) (17,5 g por cada 40 g con margen de variación)	Alimento Suministrado en la Experiencia (g/día)	Total de Alimento Suministrado por Tratamiento (g)	Proteina Cruda (%)	Peso inicial (g) 14/10/2024	Peso final (g) 28/10/2024	ln (peso inicial)	ln (peso final)	Ganancia de peso total (GTP)	Talla promedio inicial (cm)	Talla promedio final (cm)	Tasa de crecimiento específico (TCE)	Incremento de longitud estándar (iSL)	Tasa de conversión alimenticia (FCR)	Proteína total consumida (g)	Tasa de Eficiencia Proteica (TEP)	Mortalidad acumulada (Mor)
14,00	0,00	1,00	16,10	8,00	26,20	26,80	375,20	0,50	60,18	189,89	4,10	5,25	129,71	2,20	4,40	0,082	2,20	2,89	187,60	0,69	5,00
14,00	0,00	2,00	16,10	8,00	26,90	26,90	376,60	0,50	60,31	194,67	4,10	5,27	134,36	2,10	4,50	0,084	2,40	2,80	188,30	0,71	2,00
14,00	0,00	3,00	16,10	8,00	26,60	27,10	379,40	0,50	60,72	207,35	4,11	5,33	146,63	2,20	4,70	0,088	2,50	2,59	189,70	0,77	1,00
14,00	1,00	4,00	16,10	8,00	17,80	18,30	256,20	0,53	40,55	178,64	3,70	5,19	138,09	2,00	4,40	0,106	2,40	1,86	135,79	1,02	4,00
14,00	1,00	5,00	16,10	8,00	26,60	27,20	380,80	0,53	60,72	198,81	4,11	5,29	138,09	2,20	4,40	0,085	2,20	2,76	201,82	0,68	0,00
14,00	1,00	6,00	16,10	8,00	17,90	18,40	257,60	0,53	40,87	180,34	3,71	5,19	139,47	2,20	4,60	0,106	2,40	1,85	136,53	1,02	2,00
14,00	2,00	7,00	16,10	8,00	26,50	26,90	376,60	0,60	60,31	205,42	4,10	5,33	145,11	2,30	4,50	0,088	2,20	2,60	225,96	0,64	3,00
14,00	2,00	8,00	16,10	8,00	17,90	18,50	259,00	0,60	40,92	193,75	3,71	5,27	152,83	2,10	4,40	0,111	2,30	1,69	155,40	0,98	2,00
14,00	2,00	9,00	16,10	8,00	17,80	18,30	256,20	0,60	40,72	196,34	3,71	5,28	155,62	2,10	4,60	0,112	2,50	1,65	153,72	1,01	1,00

Nota. Los datos demuestran una clara correlación entre el tratamiento aplicado y los parámetros de crecimiento y eficiencia. Es particularmente relevante el desempeño del Tratamiento 1, cuyos individuos mostraron un crecimiento más acelerado y una mejor asimilación de nutrientes, lo que se evidencia en un FCR de 1,85 y una TEP de 1,02, ambos valores superiores a los de los otros tratamientos. Por el contrario, los resultados para el Tratamiento 0 (T0) indican un desempeño inferior en la mayoría de los indicadores, lo que podría estar relacionado con la composición nutricional del alimento suministrado o la cantidad de proteína cruda (0,50 %).