

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNISTA, AGRONEGOCIOS
Y BIOTECNOLOGÍA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNISTA

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**SUSTITUCIÓN PARCIAL DE ACEITE DE PESCADO CON
ACEITES DE SEMILLAS NO TRADICIONALES EN LOS
ÍNDICES PRODUCTIVOS DE TRUCHAS ARCOÍRIS**

(Oncorhynchus mykiss)

Autor: Bach. Renzo Presly Hoyos Dueñas

Asesor: Dr. Hugo Frías Torres

Registro N°:

CHACHAPOYAS – PERÚ

2023

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-H

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

1. Datos de autor 1

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): Hoyos Dueñas Renzo Presly
DNI N°: 77230788
Correo electrónico: 7723078871@untrm.edu.pe
Facultad: Ingeniería Zootecnista, Agronegocios y Biotecnología
Escuela Profesional: Ingeniería Zootecnista

Datos de autor 2

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): _____
DNI N°: _____
Correo electrónico: _____
Facultad: _____
Escuela Profesional: _____

2. Título de la tesis para obtener el Título Profesional

Substitución parcial de aceite de pescado con aceites de semillas no tradicionales en los índices productivos de fruchas arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*)

3. Datos de asesor 1

Apellidos y nombres: Friás Torres Hugo (Dr.)
DNI, Pasaporte, C.E.N°: 33960796
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) <https://orcid.org/0000-0003-0224-1935>

Datos de asesor 2

Apellidos y nombres: _____
DNI, Pasaporte, C.E.N°: _____
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>)

4. Campo del conocimiento según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica-Immunología)

https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html
Ciencias agrícolas - Ciencia animal, Ciencia de productos lácteos - Cría

5. Originalidad del Trabajo

Con la presentación de esta ficha, el(la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.

6. Autorización de publicación

El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la *Licencia creative commons* de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chachapoyas, 20 / Noviembre / 2023

Firma del autor 1

Firma del autor 2

Firma del Asesor 1

Firma del Asesor 2

DEDICATORIA

*En primer lugar, a Dios por
brindarme la vida, la salud, la oportunidad
de estudiar, ser mi amigo fiel y apoyarme
en los momentos más difíciles de mi vida.*

*A mis padres Reymundo
Hoyos Murrugarra y Vilma Dueñas
Gerí por su apoyo incondicional,
paciencia, sus consejos e instruirme
en valores.*

*A mis amigos y docentes por
su contribución con sus
conocimientos, experiencias y
motivación para el logro de mis
metas.*

AGRADECIMIENTO

Quiero dar gracias a Dios, por haberme dirigido y permitido estudiar esta carrera profesional, con la cual pude adquirir nuevos conocimientos para contribuir al desarrollo de los pueblos con vocación de servicio. Así mismo todos los amigos, compañeros y docentes con los cuales compartimos amistad, compañerismo, comprensión y la voluntad de enseñar y seguir aprendiendo.

A mi asesor Dr. Hugo Frías Torres, al Ing. Miguel Ángel Arista Ruiz por su dedicación, comprensión, paciencia, consejos y aportes constructivos en el desarrollo del proyecto de tesis e incluso en las actividades en campo.

Al Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura (PNIPA), por el financiamiento del subproyecto 220-2018-PNIPA-SUBPROYECTOS “Requerimientos nutricionales de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) para la formulación de dietas óptimas en la región Amazonas), lo cual hizo posible la ejecución de esta investigación.

Al Instituto de Investigación en Ganadería y Biotecnología (IGBI) y todo su equipo técnico, en especial al Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología (LABNUT) por las facilidades brindadas en todo momento. En especial a la Ing. Flor Lidomira Mejía Risco por su apoyo, sugerencias, paciencia y asesoramiento en el manejo de los equipos y materiales de Laboratorio, para el desarrollo del proyecto de tesis.

A todo el equipo técnico que labora en las instalaciones de la Planta de Producción de Alimentos Balanceados de la UNTRM, por haberme apoyado en la preparación de raciones y el proceso de elaboración de alimento extruido.

Al sr. Geider Portocarrero Villegas por brindarme las instalaciones de su piscigranja “Los Pinos”, el apoyo, conocimiento y asesoramiento en el manejo de las truchas arcoíris.

A todas las personas que han confiado en mí, que me han apoyado con sus palabras y acciones de manera directa e indirecta aportaron a mi desarrollo personal, profesional y el desarrollo de la investigación.

Agradezco a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza – Amazonas por ser mi alma mater quien me ha brindado educación, conocimientos, amigos, experiencias y momentos inolvidables.

Finalmente, agradezco a todos los lectores que lean el presente trabajo de investigación.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**

Ph. Dr. Jorge Luis Maicelo Quintana
RECTOR

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres
VICERRECTOR ACADÉMICO

Dr. María Nelly Luján Espinoza
VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Dr. Héctor Vladimir Vásquez Pérez
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNISTA,
AGRONEGOCIOS Y BIOTECNOLOGÍA

VISTO BUENO DEL ASESOR



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Sustitución parcial de aceite de pescado con aceites de semillas no tradicionales en los índices productivos de Truchas Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*); del egresado Bach. Renzo Presly Hoyos Dueñas de la Facultad de Ingeniería Zootecnista, Agronegocios y Biotecnología Escuela Profesional de Ingeniería Zootecnista de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.



Chachapoyas, 23 de Octubre de 2023

Firma y nombre completo del Asesor

Dr. Hugo Frías Torres

DNI: 33 96 07 96

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



M. Sc. César Augusto Maraví Carmen

Presidente



Dr. Milton Jailer Trigo Yalta

Secretario



Mg. Lenin Yoel Delgado Santillán

Vocal

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-Q

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

Sustitución parcial de aceite de pescado con aceites de semillas no tradicionales
en los índices productivos de truchas arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*)

presentada por el estudiante ()/egresado (X) Renzo Presly Hoyos Dueñas

de la Escuela Profesional de Ingeniería Zootecnista

con correo electrónico institucional 7723098831@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

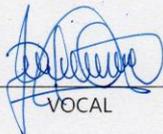
- La citada Tesis tiene 15 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 06 de Noviembre del 2023


SECRETARIO


PRESIDENTE


VOCAL

OBSERVACIONES:

.....
.....

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-5

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 09 de noviembre del año 2023, siendo las 11:00 horas, el aspirante: Renzo Presly Hoyos Dueñas, asesorado por Dr. Hugo Frías Torres defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada: Sustitución Parcial de aceite de Pescado con aceites de semillas no tradicionales en los índices productivos de truchas arcoiris (Oncorhynchus mykiss), para obtener el Título Profesional de Ingeniero Zootecnista, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: M.Sc. César Augusto Maraví Carmen

Secretario: Dr. Milton Jailer Trigoso Yalta

Vocal: Mg. Lenin Joel Delgado Santillán

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.



Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

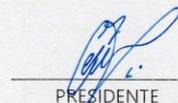
Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría () Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 12:00 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.


SECRETARIO


VOCAL


PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

ÍNDICE

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	v
VISTO BUENO DEL ASESOR.....	vi
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD	viii
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ix
Resumen.....	xv
Abstract.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	17
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	20
2.1. Lugar de estudio.....	20
2.2. Equipos y materiales	21
2.3. Población, muestra y muestreo	22
2.3.1. Población	22
2.3.2. Muestra	22
2.3.3. Muestreo	22
2.4. Variables de estudio	23
2.4.1. Variable independiente	23
2.4.2. Variable dependiente	23
2.5. Diseño experimental.....	23
2.6. Métodos.....	24
2.6.1. Extracción de aceite	24

2.6.1.1.	Selección.....	25
2.6.1.2.	Descascarado	25
2.6.1.3.	Molienda.....	25
2.6.1.4.	Secado.....	25
2.6.1.5.	Extruido	25
2.6.1.6.	Filtrado, decantado y almacenamiento	25
2.6.2.	Instalaciones.....	26
2.6.3.	Animales y unidad experimental	26
2.6.4.	Formulación de dietas experimentales.....	26
2.6.5.	Preparación de dietas experimentales	26
2.6.6.	Elaboración de alimento extruido	29
2.6.6.1.	Molienda.....	29
2.6.6.2.	Mezclado	29
2.6.6.3.	Extrusión.....	30
2.6.6.4.	Enfriado, secado y almacenamiento	30
2.6.7.	Alimentación de truchas arcoíris	30
2.6.8.	Limpieza de estanques	30
2.6.9.	Sanidad.....	31
2.7.	Parámetros evaluados	31
2.7.1.	Ganancia de peso (GP)	31
2.7.2.	Ganancia de talla (GT).....	31
2.7.3.	Biomasa (B)	32
2.7.4.	Ganancia de Biomasa (GB)	32
2.7.5.	Consumo aparente de alimento (CAA).....	32
2.7.6.	Índice de conversión alimenticia (ICA).....	32
2.7.7.	Sobrevivencia (S).....	33
2.7.8.	Eficiencia económica (EQ).....	33

2.7.9. Uniformidad.....	33
2.8. Análisis de datos	33
III. RESULTADOS	34
3.1. Ganancia de peso (GP).....	34
3.2. Ganancia de talla (GT).....	35
3.3. Biomasa (B)	36
3.4. Ganancia de Biomasa (GB).....	37
3.5. Consumo aparente de alimento (CAA)	38
3.6. Índice de conversión alimenticia (ICA)	40
3.7. Supervivencia (S)	40
3.8. Eficiencia económica (EQ)	41
3.9. Uniformidad	42
IV. DISCUSIONES	43
V. CONCLUSIONES	45
VI. RECOMENDACIONES.....	46
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
VIII. ANEXOS	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Insumos, materiales y equipos empleados en la investigación	21
Tabla 2 Distribución de tratamientos con sus respectivas repeticiones	23
Tabla 3 Fórmula nutricional y costo de dietas experimentales	27
Tabla 4 Composición nutricional calculada de las dietas experimentales	28
Tabla 5 Ganancia de peso individual de truchas arcoíris durante la etapa de engorde..	34
Tabla 6 Ganancia de talla de truchas arcoíris durante la etapa de engorde	35
Tabla 7 Control semanal de la biomasa total de truchas arcoíris durante la etapa de engorde.....	36
Tabla 8 Ganancia de biomasa promedio/tratamiento de truchas arcoíris	37
Tabla 9 Consumo promedio/tratamiento de alimento de truchas arcoíris durante la etapa de engorde.....	38
Tabla 10 Consumo individual aparente de alimento de las truchas arcoíris durante la etapa de engorde.....	39
Tabla 11 Índice de conversión alimenticia de truchas arcoíris durante la etapa de engorde	40
Tabla 12 Eficiencia económica de la crianza de truchas arcoíris/tratamiento	41
Tabla 13 Uniformidad de peso y talla de las truchas arcoíris al finalizar la etapa de engorde.....	42
Tabla 14 Tasa de consumo de alimento de truchas arcoíris según el peso corporal, talla y temperatura del agua	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de ubicación de la piscigranja “Los Pinos”	20
Figura 2	Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite por extrusión.....	24
Figura 3	Diagrama de flujo del proceso de elaboración de alimento extruido	29
Figura 4	Ganancia de peso unitario de truchas arcoíris	34
Figura 5	Ganancia de talla de truchas arcoíris	35
Figura 6	Control semanal del incremento de la biomasa total de los tratamientos	36
Figura 7	Ganancia de biomasa promedio/tratamiento de truchas arcoíris.....	37
Figura 8	Consumo aparente promedio/tratamiento de alimento de truchas arcoíris	38
Figura 9	Consumo aparente de alimento durante el periodo/individuo.....	39
Figura 10	Índice de conversión alimenticia	40
Figura 11	Eficiencia económica (relación costo/beneficio)	41
Figura 12	Uniformidad de peso y talla de truchas arcoíris	42
Figura 13	Construcción y limpieza de sub-estanques para la distribución de las unidades experimentales	53
Figura 14	Pesado de micronutrientes para la elaboración de dietas experimentales.....	53
Figura 15	Elaboración del alimento extruido	54
Figura 16	Distribución de las unidades experimentales en los sub-estanques	54
Figura 17	Control de peso del alimento a suministrar a las truchas	55
Figura 18	Suministro de alimento manual a truchas arcoíris	55

Resumen

Este trabajo de investigación se realizó para evaluar los efectos sobre los índices productivos del uso de aceites de semillas no tradicionales, sustituyendo parcialmente al aceite de pescado en la formulación de raciones para trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), con 50% aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), 50% aceite de maní (*Arachis hypogaea*) y 50% aceite de chía (*Salvia hispanica*) respectivamente; como muestra se utilizaron 420 truchas, con un peso vivo promedio de 285.08 ± 2.12 g, para la investigación se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con 4 tratamientos, incluido el control, cada tratamiento con 3 repeticiones y cada repetición con 35 unidades experimentales. Los resultados respecto a la ganancia de peso, ganancia de biomasa e ICA muestran que si existe diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$), obteniendo mejores resultados el T0, T1, T3 y con un menor valor el T2; en lo relacionado a la ganancia de talla, no hay diferencias significativas ($p > 0.05$); en cuanto a consumo aparente de alimento, estadísticamente no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos; finalmente, en lo relacionado a la eficiencia económica; es decir relación beneficio/costo, existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos; logrando la mejor relación beneficio/costo el T1 a continuación el T0, T2 y T3 respectivamente. En conclusión, las dietas experimentales si afectaron los parámetros e índices productivos evaluados, en la cual destacó positivamente la dieta experimental con aceite de sachá inchi.

Palabras claves: trucha arcoíris, índices productivos, aceite de pescado, aceite de sachá inchi, aceite de maní, aceite de chía.

Abstract

This research work was carried out to evaluate the effects on the productive indices of the use of non-traditional seed oils, partially replacing fish oil in the formulation of rations for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), with 50% Sacha inchi oil (*Plukenetia volubilis* L.), 50% Peanut oil (*Arachis hypogaea*) and 50% Chia oil (*Salvia hispanica*) respectively; As a sample, 420 trout were used, with an average live weight of 285.08 ± 2.12 g. For the research, a completely randomized design (DCA) was used, with 4 treatments, including the control, each treatment with 3 repetitions and each repetition with 35 experimental units. The results regarding weight gain, biomass gain and ICA show that there are significant differences between the treatments ($p < 0.05$), with better results obtained in T0, T1, T3 and with a lower value in T2; Regarding height gain, there are no significant differences ($p > 0.05$); Regarding apparent food consumption, there are no statistically significant differences ($p > 0.05$) between treatments; finally, in relation to economic efficiency; That is, benefit/cost ratio, there is a significant difference ($p < 0.05$) between the treatments; achieving the best benefit/cost ratio in T1 then T0, T2 and T3 respectively. In conclusion, the experimental diets will affect the parameters and productive indices evaluated, in which the experimental diet with Sacha inchi oil stood out positively.

Keywords: Rainbow trout, productive indices, fish oil, Sacha Inchi oil, Peanut oil, Chia oil.

I. INTRODUCCIÓN

La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) es una especie de pez originaria de Norteamérica, adaptado a aguas frías, perteneciente a la familia Salmonidae, que habita en las cuencas hidrográficas que drenan al océano pacífico; no obstante, se distribuye de forma natural desde el suroeste de Alaska hasta el río Presidio en México e incluso en la península de Kamchatka de Eurasia; y ha sido introducido en los países de América del sur, está presente en Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Ecuador, Perú y Venezuela (MINAM, 2021; Woynarovich *et al.*, 2011).

En los últimos años en el Perú, se está incrementando la actividad piscícola enfocada a la crianza de trucha arcoíris de forma semi-intensiva e intensiva, la cual se desarrolla principalmente en las regiones de la sierra que posean aguas frías y cristalinas. El desarrollo de la actividad piscícola es promovido por varios factores, se encuentran el crecimiento económico, la estabilidad política del país, el buen desempeño del sector empresarial acuícola, productor y exportador y el apoyo a la acuicultura por las instituciones públicas (PRODUCE, 2010).

Según el anuario estadístico y acuícola del Perú del año 2021, a nivel nacional se logró producir 51,649.0 Tm; de las cuales 39,263.9 Tm es en fresco, 12,372.7 Tm es congelado y 12.3 toneladas en otras presentaciones. La región Amazonas produce y comercializa principalmente truchas en fresco y alcanzó las 230.9 Tm, sin embargo, este valor indica una caída aproximada del 34.04 % respecto a la producción del año anterior por efecto de la pandemia del Covid-19 (Quispe *et al.*, 2022).

En la actualidad la actividad piscícola se ha convertido en una nueva fuente de proteína animal a nivel regional, nacional e internacional, además, genera nuevos puestos de trabajo e ingresos económicos a los que se dedican a esta actividad; asimismo, pueden mejorar sus condiciones de vida. No obstante, los precios de los insumos empleados en la alimentación animal se han incrementado; en consecuencia, se eleva los costos de alimentación, y reduce el margen de utilidad de los productores; por lo tanto, se busca fuentes alternativas capaces de sustituir parcial o totalmente los productos tradicionales.

En la elaboración de raciones para truchas, tradicionalmente se emplea el aceite de pescado como fuente energética; sin embargo, existen otras fuentes de grasa no tradicionales, que poseen buen aporte energético; por lo que se podría emplear en la elaboración de raciones y sustituir al aceite de pescado (Escalante, 2010). Además, son

productos que se producen a nivel regional, para su utilización se realizaría la extracción del aceite de las semillas mediante el extruido; los productos que se plantea utilizar es el aceite de sacha inchi, aceite de maní y aceite de chía sustituyendo parcialmente al aceite de pescado, y comparar cuál de ellos tiene mejor o peor efecto en los índices productivos de la trucha arcoíris.

El uso de grasas en la dieta facilita el transporte y asimilación de las vitaminas liposolubles (A,D, E, K), además reduce la presencia de polvo en la dieta (Silva, 2018); Según Noel (2003), el nivel óptimo de grasa en el alimento concentrado para trucha puede ser entre 15% a 20%; no obstante, el uso de altos niveles de grasa en la ración, puede afectar el proceso de elaboración de pellets, enranciamiento de la ración cuando es almacenada por periodos prolongados (Vásquez, 2004).

Los primeros estudios de sustitución de aceite de pescado por aceites vegetales en las dietas para peces, lo realizó Yildirim *et al.* (2013), en el cual sustituyeron parcial o total el aceite de pescado por aceite de maní sin refinar en las raciones para juveniles de Carpa Común (*Cyprinus carpio*) durante 60 días, emplearon un diseño experimental de 3 tratamientos con 3 repeticiones , sustituyendo al aceite de pescado en las proporciones de 0.0%, 50% y 100%; según sus resultados, la sobrevivencia fue del 100% para todos los tratamientos, la conversión alimenticia fue de 1.76 ± 0.11 , 2.01 ± 0.07 y 1.88 ± 0.03 respectivamente, concluyeron que la sustitución del aceite de pescado por aceite de maní no afecta el crecimiento y la conversión alimenticia. En cambio Acar & Türker (2017), realizaron la primera investigación en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles por un periodo de 60 días, empleando un diseño experimental de 5 tratamientos con 3 repeticiones, remplazando el aceite de pescado por aceite no refinado de maní en las raciones en una proporción de 0.0%, 25%, 50%, 75% y 100% respectivamente; en sus resultados obtuvieron el mejor rendimiento de crecimiento en los peces alimentados con la dieta con 0.0%, 25 % y 50% de sustitución alcanzando un peso final de 100.53 g, 101.70 g y 100.73 g respectivamente; la mayor ganancia de peso y mejor conversión alimenticia (0.99) en el tratamiento con sustitución del 25%, y concluyeron que la incorporación del aceite de maní no tuvo efectos adversos en la tasa de crecimiento representa un importante avance hacia el desarrollo de dietas más sostenibles.

Por su parte Marotta *et al.* (2019), remplazaron al aceite de pescado con diferentes niveles de aceite de sacha inchi (SI) en un 100%, 60%, 40% y 0% de inclusión en la

alimentación de juveniles de trucha arcoíris durante 90 días, emplearon un diseño experimental de 4 tratamientos y 2 repeticiones, sus resultados demostraron que la inclusión de aceite de sachá inchi no ocasionó mortalidad en los tratamientos ni alteró las tasas de crecimiento independientemente del nivel de inclusión; sin embargo, si hay diferencia cuantitativa, el tratamiento con 40% de inclusión de aceite de SI fue el que alcanzó la mayor ganancia de peso seguido por el tratamiento con 0%, 100% y 60% con ganancias de peso de 163.15 g, 159.22 g, 159.18 g y 156.4 g respectivamente, concluyendo que la concentración de SI no afectó el rendimiento del crecimiento y otros parámetros productivos.

Ofori-Mensah *et al.* (2020), evaluaron raciones para juveniles de peces Dorada (*Sparus aurata*), sustituyendo al aceite de pescado y emplearon un diseño experimental de 5 tratamientos con 3 repeticiones; T1: 100% aceite de pescado, T2: 100% aceite de semilla de camelina, T3: 100% aceite de chía, T4: 60% por aceite de semilla de camelina + 40% aceite de pescado, T5: 60% aceite de chía + 40% aceite de pescado y se evaluó durante 90 días, siendo mejor los resultados del tratamiento T1, seguido del T5 con ganancias de peso de 89.5 g y 87.4 g respectivamente, la conversión alimenticia fue 1.2 para el T1 y para los demás tratamientos fue de 1.1; por lo que concluyeron que la sustitución del aceite de pescado por aceite de semilla de camelina o aceite de chía no afectaron negativamente el crecimiento de los juveniles de dorada en el presente estudio.

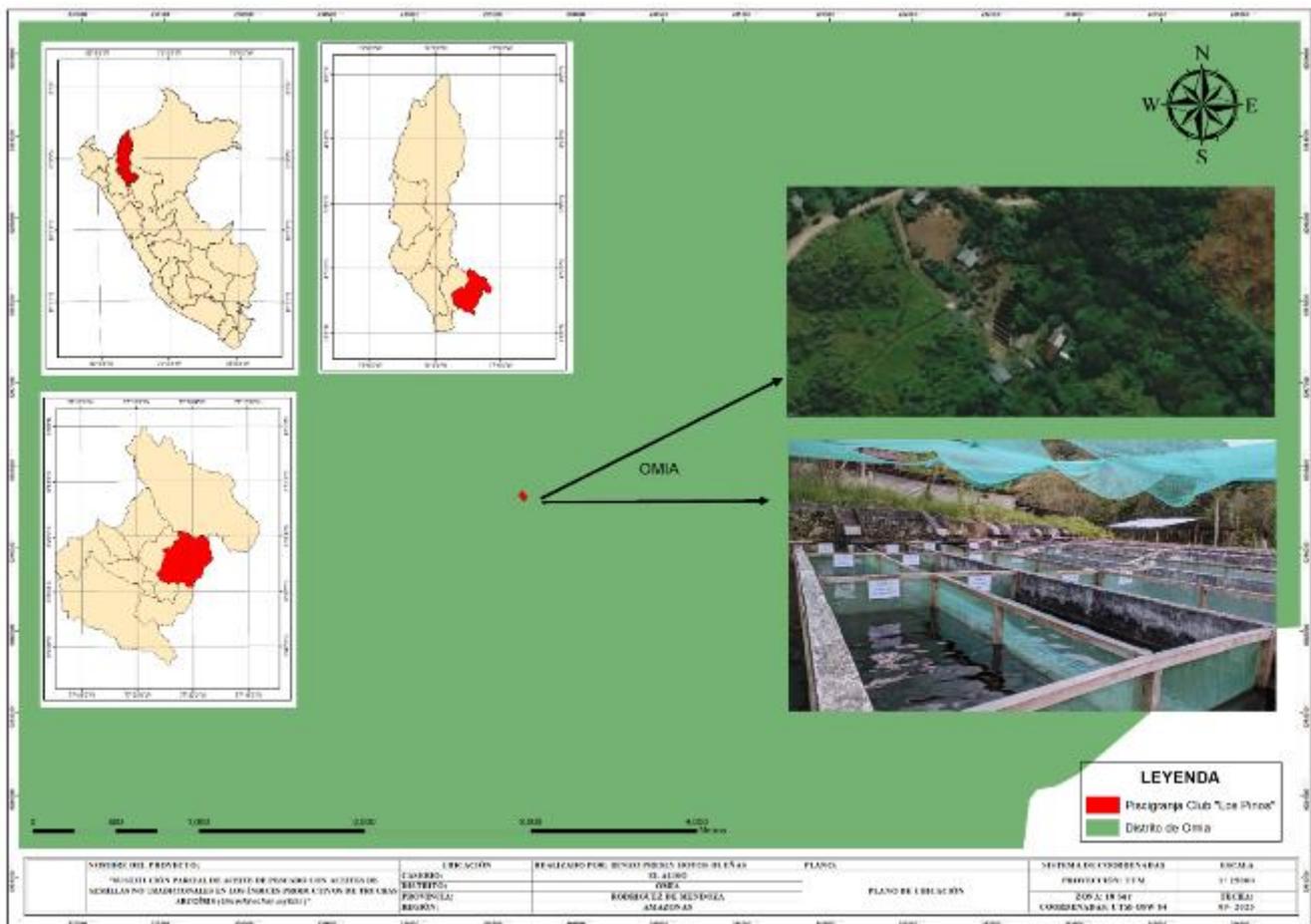
II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Lugar de estudio

La fase experimental se desarrolló en las instalaciones de la piscigranja “Los pinos” en el anexo El Aliso, distrito de Omia, provincia de Rodríguez de Mendoza, región Amazonas, al norte del Perú; a una altitud de 1495 msnm, presenta un clima tropical que alcanza una temperatura promedio de 22 °C, con humedad relativa de 65% y una precipitación promedio anual de 850 mm.

Figura 1

Mapa de ubicación de la piscigranja “Los Pinos”



2.2. Equipos y materiales

Los insumos, materiales y equipos empleados en esta investigación se describen a continuación en la **Tabla 1**.

Tabla 1

Insumos, materiales y equipos empleados en la investigación

Insumos, materiales y equipos
Semillas de Sacha Inchi
Semillas de maní
Semillas de chía
Harina de pescado
Harina de trigo
Polvillo de arroz
Harina integral de soya
Torta de soya 45%
Afrecho de trigo
Aceite de pescado
Premezcla de vitaminas y minerales
Emulsificante (Liposorb)
Vitamina C
Antioxidante
Inhibidor de hongos
Secuestrante de micotoxinas
Estufa
Equipo extrusor de aceite
Balanza electrónica de plataforma capacidad de 100 kg
Balanza electrónica de capacidad 20 kg
Mezcladora vertical con capacidad para 500 kg
Extrusora para alimento balanceado
Costales de polipropileno
Cortadora radial para madera
Taladro
Wincha

Martillo
Clavos
Malla de pesca
Madera
Balde
Carcal
Mesa de madera
Cinta métrica
Escobas
Cuaderno de apuntes
Lapiceros
Laptop
Cámara fotográfica

2.3. Población, muestra y muestreo

2.3.1. Población

La población estuvo constituida por toda la población (9000) de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de la piscigranja “Los pinos” en el anexo El Aliso.

2.3.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por 420 truchas arcoíris en etapa de engorde, con un peso promedio de 285.08 ± 2.12 g y una talla promedio de 27.8 ± 0.44 cm, las cuales fueron seleccionadas al azar según criterio del investigador.

2.3.3. Muestreo

La toma de la muestra se realizó en forma aleatoria, capturando al azar a las truchas en etapa de engorde hasta completar 420 truchas, posteriormente fueron distribuidos al azar en 12 sub-estanques, cada uno con 35 individuos; en la que se evaluó 4 tratamientos incluido el testigo y cada uno con tres repeticiones respectivamente.

2.4. Variables de estudio

2.4.1. Variable independiente

Fuentes de sustitución de aceite:

- Aceite de Sacha Inchi
- Aceite de Maní
- Aceite de Chía

Dieta control (Alimento comercial Nicovita classic truchas)

2.4.2. Variable dependiente

- Índices productivos: Ganancia de peso (GP), ganancia de talla (GT), Biomasa (B), ganancia de biomasa (GB), consumo aparente de alimento (CAA), índice de conversión alimenticia (ICA), la sobrevivencia (S) y eficiencia económica (EQ).
- Uniformidad de peso y talla.

2.5. Diseño experimental

Durante la etapa experimental se utilizó 4 tratamientos incluido el testigo, 3 repeticiones por tratamiento y cada repetición estuvo conformado por 35 truchas, haciendo un total de 420 truchas arcoíris. Los aceites de semillas no tradicionales sustituyeron parcialmente al aceite de pescado como se muestra a continuación y en la **Tabla 2**:

- Testigo (T0): Dieta control o testigo (Nicovita classic truchas)
- Tratamiento 1 (T1): 50% de aceite de sacha inchi + 50 % aceite de pescado
- Tratamiento 2 (T2): 50% de aceite de maní + 50 % aceite de pescado
- Tratamiento 3 (T3): 50% de aceite de chía + 50 % aceite de pescado

Tabla 2

Distribución de tratamientos con sus respectivas repeticiones

Tratamientos	Repeticiones			Total
	R1	R2	R3	
T0	35	35	35	105
T1	35	35	35	105
T2	35	35	35	105
T3	35	35	35	105
Total				420

2.6. Métodos

2.6.1. Extracción de aceite

El proceso de extracción de aceite se realizó en el Laboratorio de Nutrición y Bromatología de los alimentos de la UNTRM, según la metodología descrita por Ramos (2014), la cual se muestra en la **Figura 2** y se describe a continuación:

Figura 2

Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite por extrusión



2.6.1.1. Selección

Después de haber adquirido las semillas de sacha inchi, maní y chía, se procedió a separar las materias extrañas, semillas deterioradas y desperdicios; para finalmente obtener semillas libres de impurezas.

2.6.1.2. Descascarado

El proceso de descascarado se realizó manualmente con la ayuda de un mortero con la finalidad de retirar la cubierta de las semillas de sacha inchi, en las demás no fue necesario debido a que no presentan un endocarpio rígido.

2.6.1.3. Molienda

La molienda se realizó, únicamente en las semillas de sacha inchi; y consistió en realizar una fractura parcial de las semillas, con la finalidad de facilitar el proceso de extracción del aceite.

2.6.1.4. Secado

Todas las semillas fueron sometidas a un proceso de secado a una temperatura de 55 °C por 48 horas con el objetivo de reducir a mínimos la humedad y conseguir una mayor liberación del aceite.

2.6.1.5. Extruido

Se realizó en un equipo extrusor de aceite, la cual funciona mediante un tornillo sin fin que comprime las semillas y al extremo dispone de una resistencia con temperatura graduable la cual se programó a 120 °C cuya función era calentar las semillas comprimidas para finalmente lograr la separación del aceite y la torta de las semillas, el aceite se recogió en un recipiente inoxidable.

2.6.1.6. Filtrado, decantado y almacenamiento

El filtrado se realizó con la ayuda de un colador de acero inoxidable, para separar las impurezas del aceite y se procedió a almacenar en envases de vidrio oscuro bajo refrigeración. El decantado consistió en mantener en reposo los envases con aceite durante 7 días, tiempo en el cual se sedimentó los sólidos presentes en el aceite, posteriormente se procedió a separar el aceite y almacenarlos en botellas de vidrio oscuro y finalmente se almacenó bajo refrigeración para conservar las propiedades del aceite y evitar la oxidación o enranciamiento.

2.6.2. Instalaciones

La investigación se desarrolló en la piscigranja “Los Pinos”, la cual dispone de 9 estanques de concreto armado (9 m de largo x 2.5 m de ancho x 0.9 m de altura respectivamente), de las cuales solo se empleó 2 estanques y cada estanque se dividió en 6 sub-estanques (3 m x 1.25 m x 0.9 m), para hacer las divisiones se utilizó listones de madera y malla de pesca con la finalidad de que el agua circule con normalidad por el estanque.

2.6.3. Animales y unidad experimental

En la investigación se empleó un diseño completamente al azar (DCA), con 4 tratamientos (tipos de aceites de sustitución para el aceite de pescado), en el cual se midió el efecto de la sustitución del aceite de pescado por aceites de semillas de sachá inchi, maní y chía, en los índices productivos de truchas arcoíris (ganancia de peso, ganancia de talla, ganancia de biomasa, consumo de alimento, conversión alimenticia, sobrevivencia y eficiencia económica) y uniformidad. Se utilizaron 3 repeticiones por cada tratamiento, 35 truchas por cada repetición correspondiente a cada sub-estanque; así mismo la investigación tuvo 35 días de duración.

2.6.4. Formulación de dietas experimentales

La formulación de las dietas experimentales se realizó mediante el uso del programa Solver, el cual es un complemento de Microsoft Excel, el cual permite formular dietas a mínimo costo, en el cual se formuló 3 dietas incluyendo aceite de sachá inchi, maní y chía, para la etapa de engorde.

2.6.5. Preparación de dietas experimentales

Después de haber realizado la formulación de las dietas, se procedió a la elaboración en las instalaciones de la planta de alimento balanceado de la Estación Experimental Chachapoyas de la UNTRM-A, primero se pesó en una balanza electrónica los insumos y luego se utilizó la mezcladora de tipo vertical para el mezclado de los insumos de las dietas y su máxima homogenización; la fórmula nutricional, el contenido nutricional y el costo se muestran a continuación en la **Tabla 3** y **Tabla 4**.

Tabla 3*Fórmula nutricional y costo de dietas experimentales*

Insumos	Precio/ Kg (S/)	Unidad	T0	Dietas experimentales		
				T1	T2	T3
Harina de pescado 60%	5.00	Kg	---	43.870	43.870	43.870
Harina de trigo	5.00	Kg	---	20.000	20.000	20.000
Polvillo de arroz	1.17	Kg	---	2.340	2.340	2.340
Harina integral de soya	2.64	Kg	---	15.000	15.000	15.000
Torta de soya 45%	3.17	Kg	---	10.000	10.000	10.000
Afrecho de trigo	1.75	Kg	---	1.500	1.500	1.500
Aceite de pescado	23.80	Kg	---	3.460	3.460	3.460
Aceite de Sacha inchi	44.85	Kg	---	3.460	0.000	0.000
Aceite de Maní	62.10	Kg	---	0.000	3.460	0.000
Aceite de Chía	75.60	Kg	---	0.000	0.000	3.460
Premezcla de vitaminas ¹	100.00	Kg	---	0.200	0.200	0.200
Liposorb (Emulsificante) ²	160.00	Kg	---	0.025	0.025	0.025
Vitamina C ³	120.00	Kg	---	0.075	0.075	0.075
Antioxidante ⁴	350.00	Kg	---	0.030	0.030	0.030
Inhibidor de hongos ⁵	80.00	Kg	---	0.020	0.020	0.020
Secuestrante de micotoxinas ⁶	20.00	Kg	---	0.020	0.020	0.020
Cantidad Total		Kg	---	100.00	100.00	100.00
Costo de alimento formulado/kg		S/.	7.20	6.79	7.39	7.85
Costo de producción/Kg		S/.	---	0.18	0.18	0.18
Costo transporte/kg		S/.	0.40	0.20	0.20	0.20
Costo Total/Kg		S/.	7.60	7.17	7.77	8.23

¹Premezcla de vitaminas: Vitamina A 9.334 x 10⁶ UI, Vitamina D3 1.866 x 10⁶ UI, Vitamina E 0.093 x 10⁶ UI, Vitamina K3 5.33 g, Tiamina (B1) 12.00 g, Riboflavina (B2) 13.32 g, Piridoxina (B6) 10.00 g, Vitamina B12 0.02 g, Ácido Ascórbico 210.00 g, Niacina 100.00 g, Ácido pantoténico 33.32 g, Ácido fólico 2.67 g, Biotina 0.53 g, Cobre 1.00 g, Hierro 13.33 g, Manganeso 26.66 g, Cobalto 0.10 g, Yodo 1.00 g, Zinc 13.33 g, Selenio 0.20 g, Antioxidantes 26.60 g (DSM, 2023).

²Liposorb: fosfatidilcolina, lisofosfatidilcolina y ricinoleato de polietilenglicol (ICC Brazil, 2023).

³Vitamina C: Ácido ascórbico

⁴Antioxidante: Etoxiquina, butil hidroxiquinona, ácido fosfórico, ácido cítrico, propilen glicol y glicerol (Phartec, 2023a).

⁵Inhibidor de Hongos: Ácido Acético 0.5 %, Ácido Propiónico 8.5 %, Ácido Fórmico 0.5 %, Ácido Sórbito 0.1 %, Propionato de Calcio 2.0 %, 4-Hidroxibenzoato de Etilo 0.1 %, 4-Hidroxibenzoato de Propilo 0.1 % (ProPremix, 2023).

⁶Secuestrante de micotoxinas: Celulosa, proteasa, amilasa, lipasa, xilanasa, fitasa, pectinasa, estreptococos, faecium, lactasa, aluminio silicato de sodio y calcio (Phartec, 2023b)

Nota. Se desconoce las proporciones de los insumos empleados en la elaboración de la dieta comercial; no obstante NICOVITA (2020), menciona que la dieta está compuesto por “harina de semillas oleaginosas, trigo y subproductos de trigo, harina de pescado y otros de origen marino, harina de subproductos de aves, afrecho, aceite de pescado y/o vegetal, concentrado proteico de maíz, lecitina de

soya, premezcla de vitaminas y minerales, cloruro de sodio, carbonato de calcio, aminoácidos sintéticos (metionina, lisina), fosfato de sodio o potasio, preservante (ácido propiónico)”.

Tabla 4

Composición nutricional calculada de las dietas experimentales

Nutrientes	Unidad	T0	Dietas experimentales		
			T1	T2	T3
Materia seca	%	90	90.37	90.37	90.37
Proteína cruda	%	40	41.36	41.36	41.36
Lípidos	%	15	16.19	16.19	16.19
Fibra Cruda	%	3	1.90	1.90	1.90
Carbohidratos totales	%	20	20.01	20.01	20.01
Energía Dig.	Kcal/kg	-	3998.12	3956.13	3985.77
Arginina Dig.	%	-	2.34	2.34	2.34
Histidina Dig.	%	-	1.01	1.01	1.01
Isoleucina Dig.	%	-	1.66	1.66	1.66
Leucina Dig.	%	-	2.79	2.79	2.79
Lisina Dig.	%	-	2.73	2.73	2.73
Metionina Dig.	%	-	0.87	0.87	0.87
Fenilalanina Dig.	%	-	1.66	1.66	1.66
Treonina Dig.	%	-	1.55	1.55	1.55
Triptófano Dig.	%	-	0.43	0.43	0.43
Valina Dig.	%	-	1.86	1.86	1.86
Cisteína Dig.	%	-	0.51	0.51	0.51
(Metionina+ Cisteína) Dig.	%	-	1.38	1.38	1.38
Tirosina Dig.	%	-	1.25	1.25	1.25
Calcio	%	-	2.12	2.12	2.12
Fósforo	%	-	1.62	1.62	1.62
Linoleico 18:2 n-6	%	-	1.79	3.15	1.79
Linolénico 18:3 n-3	%	-	0.31	0.31	0.31
EPA 20:5 n-3	%	-	1.04	1.04	1.04
DHA 22:6 n-3	%	-	0.56	0.56	0.56
EPA+DHA	%	-	1.60	1.60	1.60
Precio/kg	S/.	7.60	7,17	7,77	8.23

Nota. La dieta comercial no menciona el aporte nutricional completo. Así mismo el aporte nutricional de las dietas experimentales se calculó según la base de datos de composición nutricional de ingredientes para pienso para peces recopilada por International Aquaculture Feed Formulation Database (IAFFD, 2023).

2.6.6. Elaboración de alimento extruido

El alimento extruido se elaboró en la planta de alimento balanceado de la Estación Experimental Chachapoyas de la UNTRM-A, para lo cual se empleó la harina de pescado, torta de soya, afrecho de trigo, maíz molido, antioxidantes, y los aceites de sachá inchi, maní y chíá que sustituyeron parcialmente al aceite de pescado; y la preparación se realizó según la metodología empleada por Sinty (2017), la cual se indica en la **Figura 3** y se describen a continuación:

Figura 3

Diagrama de flujo del proceso de elaboración de alimento extruido



2.6.6.1. Molienda

La molienda se realizó con un molino a martillos, con la finalidad de reducir el tamaño de los granos de cereales y otros insumos a una granulometría apropiada para obtener una mezcla homogénea, debido a que el grado de molienda está relacionado con la capacidad de compactación, gelatinización, aumenta la eficiencia de la extrusión, digestibilidad y calidad del producto final (Salas, 2003).

2.6.6.2. Mezclado

El mezclado se realizó en una mezcladora de alimento balanceado de tipo vertical; en este proceso se mezcló todos los insumos que indicaba la fórmula en las proporciones establecidas; se realizará la agitación de los insumos por un tiempo entre 8 minutos hasta alcanzar la homogeneidad, con la finalidad de preservar la calidad nutricional del alimento.

2.6.6.3. Extrusión

El proceso de extrusión, se realizó en una máquina extrusora; dicho proceso consistió en hacer pasar la mezcla de insumos a través de troqueles formados para producir formas y longitudes específicas, con un proceso ininterrumpido hasta lograr un flujo de producto compacto y altas tasas de rendimiento; es en este proceso se añadió un pequeño caudal de agua, que sometido a alta presión dentro de la extrusora conjuntamente con la mezcla alcanzó una temperatura de 120 °C aproximadamente; esto lo permitió la cocción de los almidones y obtener un grado de gelatinización y proporcionando al extruido solidez y flotabilidad en el agua que favoreció la alimentación de los peces.

2.6.6.4. Enfriado, secado y almacenamiento

Al concluir con el proceso de extrusión, el alimento extruido salió a alta temperatura y con alto contenido de humedad alrededor por lo que se realizó el enfriamiento y secado para remover el exceso de humedad hasta alcanzar una humedad final menor al 10% con el objetivo de inhibir la proliferación de microorganismos y hongos. Esto se realizó con un secador con flujo constante de aire forzado caliente y seco; los pellets permanecieron en el secador 4 horas aproximadamente para reducir al mínimo el nivel de humedad, posteriormente se realizó el envasado y almacenamiento en sacos de polietileno (Salas, 2003).

2.6.7. Alimentación de truchas arcoíris

La alimentación de las truchas se realizó con alimento extruido, según las raciones correspondientes a cada tratamiento; así mismo la cantidad de alimento suministrado se realizó teniendo en consideración la biomasa promedio de cada sub-estanque; no obstante el horario de distribución fue similar en todos los tratamientos, según las recomendaciones técnicas para la etapa de engorde se debe realizar tres veces al día, razón por la cual, la distribución de alimento se realizó a las 6:30 am, 12:00 pm y 5:30 pm todos los días.

2.6.8. Limpieza de estanques

Previo al inicio de la investigación se realizó el lavado de los sub-estanques (fondo y paredes), con la finalidad de brindar a las truchas un espacio apropiado; así mismo durante la ejecución del experimento, se realizó la limpieza diaria de los sub-estanques que consistía con ayuda de una escoba remover los residuos (sedimentos y heces) del

fondo y las paredes para su posterior evacuación, en seguida se procedía a abrir las compuertas del estanque para drenar el agua y evacuar los residuos, acto seguido se realizaba nuevamente el cierre de compuertas y llenado del estanque. Se realizaba la limpieza diaria con el objetivo de reducir la presencia de enfermedades y brindar agua de mejor calidad a las truchas.

2.6.9. Sanidad

Al inicio de la investigación debido a la alta densidad de truchas que se manejaba en los estanques previo al muestreo, las truchas presentaban infecciones fúngicas; razón por la cual después del muestreo y distribución de la muestra en los sub-estanques, se realizó el respectivo tratamiento que consistía en sumergir a las truchas por 10 segundos en una solución salina (20 Litros de agua/ 4kg de sal) y luego se regresaba al estanque; este tratamiento se realizó por única vez en la segunda semana de la investigación.

2.7. Parámetros evaluados

2.7.1. Ganancia de peso (GP)

El control de peso se realizó semanalmente (cada 7 días), utilizando una muestra al azar de 12 truchas por repetición y la ganancia de peso se calculó por diferencia entre el peso promedio final de las truchas de cada sub-estanque y el peso inicial de la fase experimental; según Loarte & Luna, (2017), mediante la siguiente ecuación (1):

$$GP = Pf - Pi \quad (1)$$

Donde:

- Pi: Peso promedio inicial
- Pf: Peso promedio final

2.7.2. Ganancia de talla (GT)

El control y registro de la talla se realizó semanalmente, empleando una muestra de 12 truchas capturadas al azar por cada repetición; la medida fue efectuada desde la boca hasta el final de la aleta caudal. La ganancia de talla se obtuvo, calculando la diferencia de la talla promedio final de las truchas de cada sub-estanque y la talla promedio inicial, Según Herbas (2017), mediante la siguiente ecuación (2):

$$GT = Tf - Ti \quad (2)$$

Donde:

- T_i : Talla inicial de los peces (cm)
- T_f : Talla final de los peces (cm)

2.7.3. Biomasa (B)

Según Sinty (2017), la biomasa es la cantidad total de carne existente en un estanque en un momento determinado; este parámetro se calculó al inicio de la investigación y posteriormente cada 7 días y se empleó la siguiente ecuación (3):

$$Biomasa = \frac{\text{Peso unitario promedio (g)} \times \text{Número de peces}}{1000} \quad (3)$$

2.7.4. Ganancia de Biomasa (GB)

La biomasa total es la sumatoria de los pesos unitarios de las truchas de cada sub-estanque; la biomasa se evaluó semanalmente y la ganancia de biomasa (GB) se estimó por diferencia de la biomasa final de cada sub-estanque entre la inicial de la fase experimental. Según Herbas (2017), mediante la siguiente ecuación (4):

$$GB = W_f - W_i \quad (4)$$

Donde:

- W_i : Biomasa inicial
- W_f : Biomasa final

2.7.5. Consumo aparente de alimento (CAA)

El consumo aparente de alimento es la sumatoria total de la cantidad de alimento ofrecido, esto se recopiló diariamente durante el periodo experimental; y se estimó mediante la siguiente ecuación (5):

$$\text{Consumo aparente de A.} = \text{Alimento ofrecido} \quad (5)$$

2.7.6. Índice de conversión alimenticia (ICA)

El índice de conversión alimenticia se calculó mediante la relación entre la cantidad total de alimento consumido sobre la ganancia de peso durante el periodo experimental; según Sinty (2017), mediante la siguiente ecuación (6):

$$ICA = \frac{\text{Peso de alimento suministrado (kg)}}{\text{Biomasa final (Kg)} - \text{Biomasa inicial (Kg)}} \quad (6)$$

2.7.7. Sobrevivencia (S)

La sobrevivencia se determinó a partir de la diferencia entre el número final e inicial de peces de cada sub-estanque. Según Herbas (2017), mediante la siguiente ecuación (7):

$$S (\%) = (NPf / NPi) \times 100 \quad (7)$$

Donde:

- S: Sobrevivencia
- NPi: Número de peces inicial
- NPf: Numero de peces final

2.7.8. Eficiencia económica (EQ)

La eficiencia económica se calculó dividiendo el valor bruto de ganancia de peso vivo entre el costo del alimento suministrado durante el tiempo en que se ejecutó el experimento; esto determinó el costo de alimentación para producir un kg de truchas. Según Yapuchura *et al.* (2018), mediante la siguiente ecuación (8):

$$EQ = \frac{\text{Valor bruto de la ganancia de peso vivo (S/.)}}{\text{Costo del alimento suministrado (S/.)}} \quad (8)$$

2.7.9. Uniformidad

Se realizó según la metodología mencionada por Miranda (2015) la uniformidad de peso y talla, se determinó recopilando el peso y talla individual de los peces, a partir del cual se calculó el peso y talla promedio, posteriormente se estableció el rango mínimo y máximo de $\pm 10\%$ respecto al promedio, el número de peces que se encuentren entre ambos rangos representarán el porcentaje de uniformidad.

2.8. Análisis de datos

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con 3 tratamientos y un grupo testigo, cada uno con 3 repeticiones; los tratamientos corresponden a los tipos de aceites que sustituyeron parcialmente al aceite de pescado en las dietas experimentales y el testigo es una dieta comercial para truchas arcoíris. Los resultados de los índices productivos se evaluaron con un análisis de varianza ANVA al 5% de significancia, se empleó la prueba de comparación múltiples de promedios de Tukey para comparar todos los tratamientos y el testigo, ambos al 5% de significancia. Los datos fueron analizados mediante el software estadístico IBM SPSS Versión 27.

III. RESULTADOS

3.1. Ganancia de peso (GP)

En la **Tabla 5**, se muestra que si existen diferencias significativas ($p < 0.05$) respecto a la ganancia de peso, siendo el T0 y T1 con mayores valores de ganancia de peso, seguido por el T3 y finalmente el T2. No obstante, al comparar el T0 con el T1 no hay diferencia significativa, pero si hay diferencia altamente significativa al comparar el T0 con el T2 y T3.

Tabla 5

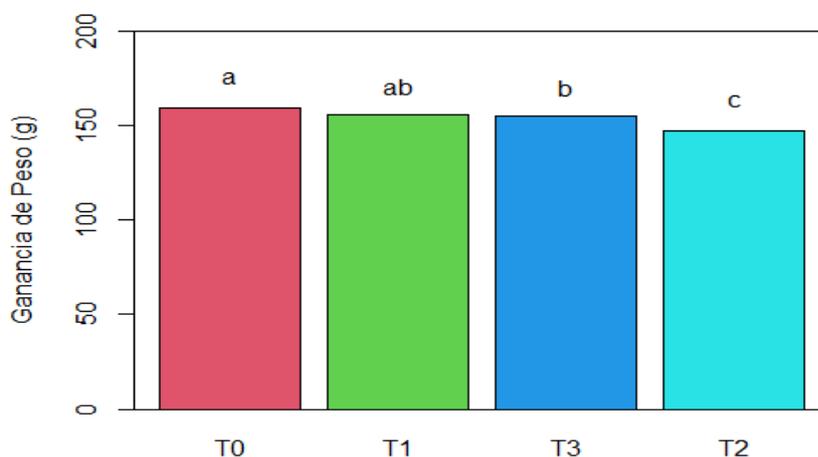
Ganancia de peso individual de truchas arcoíris durante la etapa de engorde

Tratamientos	Unidad	Peso inicial	Peso final	Ganancia de peso
T0	g	283.86±2.97	443.64±8.09	159.77 ^a ±5.69
T1	g	285.08±1.91	440.67±5.41	155.58 ^{ab} ±7.55
T2	g	284.72±1.75	432.42±4.56	147.69 ^c ±6.69
T3	g	286.64±1.79	441.56±6.07	154.91 ^b ±8.82
P				0.0467

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 4

Ganancia de peso unitario de truchas arcoíris



3.2. Ganancia de talla (GT)

En la **Tabla 6**, se muestra que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) con relación a la ganancia de talla, presenta valores desde 2.87 cm hasta 3.55 cm. Siendo el T1 con la mayor ganancia de talla seguido del T2, T3 y T0.

Tabla 6

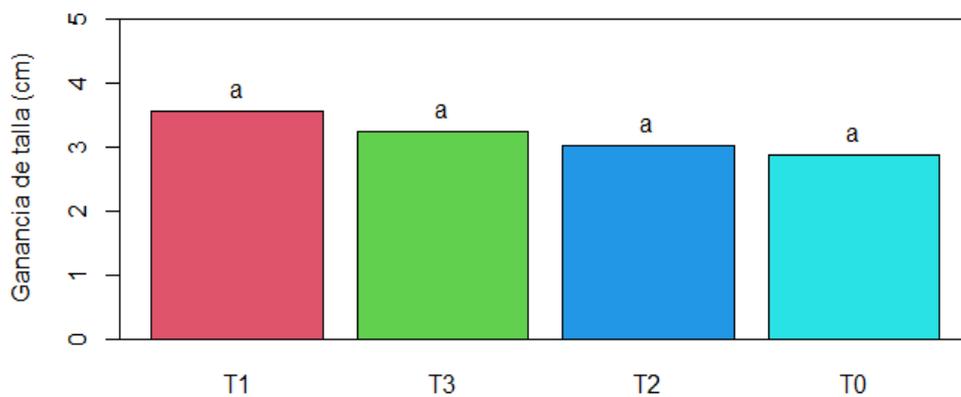
Ganancia de talla de truchas arcoíris durante la etapa de engorde

Tratamientos	Unidad	Talla inicial	Talla final	Ganancia de talla
T0	cm	28.18±0.48	31.05±0.09	2.87 ^a ±2.41
T1	cm	27.22±0.39	30.78±0.15	3.55 ^a ±1.99
T2	cm	27.86±0.55	30.88±0.14	3.02 ^a ±2.29
T3	cm	27.93±0.21	31.16±0.07	3.23 ^a ±1.94
<i>P</i>				0.417

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 5

Ganancia de talla de truchas arcoíris



3.3. Biomasa (B)

En la **Tabla 7**, se muestra el control y crecimiento progresivo de la biomasa de truchas arcoíris, los valores son la sumatoria total de las unidades experimentales de cada tratamiento (105 unidades experimentales), evaluados en un periodo de 5 semanas.

Tabla 7

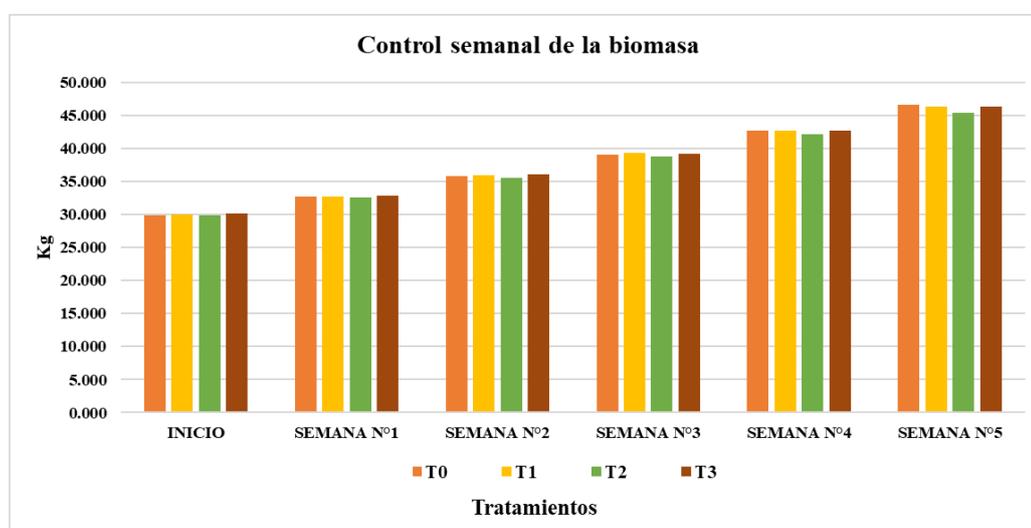
Control semanal de la biomasa total de truchas arcoíris durante la etapa de engorde

Tiempo	Unidad	Tratamientos			
		T0	T1	T2	T3
Inicio	kg	29,805	29,934	29,896	30,097
Semana N°1	Kg	32,640	32,740	32,608	32,845
Semana N°2	Kg	35,776	35,881	35,583	36,018
Semana N°3	Kg	39,086	39,226	38,725	39,203
Semana N°4	Kg	42,703	42,653	42,064	42,645
Semana N°5	kg	46,582	46,270	45,404	46,363

Nota. La tabla muestra el crecimiento gradual de la biomasa total de la sumatoria por cada tratamiento a lo largo de las 5 semanas de duración de la fase experimental.

Figura 6

Control semanal del incremento de la biomasa total de los tratamientos



3.4. Ganancia de Biomasa (GB)

En la **Tabla 8**, se muestra la ganancia de biomasa promedio por tratamiento, es decir el promedio de la sumatoria de las tres repeticiones. En la cual indica que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) respecto a la ganancia de biomasa, siendo el T0 y T1 con mayores valores de ganancia de biomasa, seguido por el T3 y finalmente el T2. No obstante, al comparar el T0 con el T1 y T3 no hay diferencia significativa, sin embargo, si hay diferencia significativa al comparar el T0 con el T2.

Tabla 8

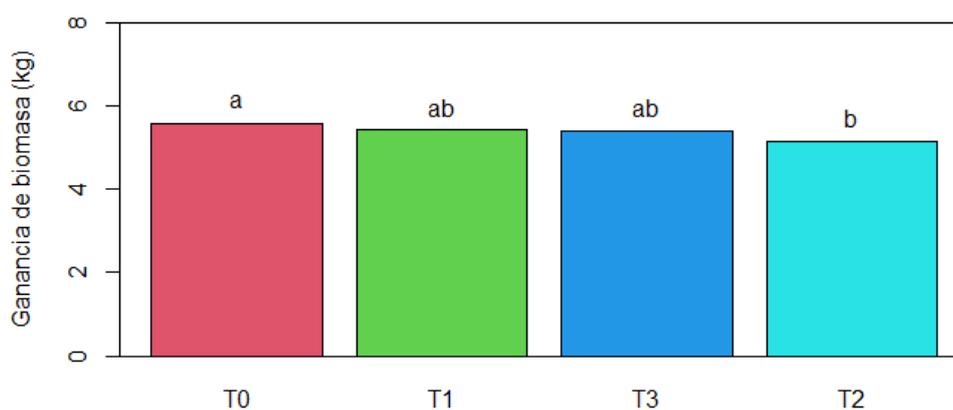
Ganancia de biomasa promedio/tratamiento de truchas arcoíris

Tratamiento	Unidad	Biomasa inicial promedio	Biomasa final promedio	Ganancia de biomasa promedio
T0	kg	9.935±0.104	15.527±0.283	5.592 ^a ±0.180
T1	kg	9.978±0.067	15.423±0.189	5.445 ^{ab} ±0.129
T2	kg	9.965±0.061	15.135±0.159	5.169 ^b ±0.130
T3	kg	10.032±0.063	15.454±0.212	5.422 ^{ab} ±0.150
<i>P</i>				0.047

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); la tabla indica los valores promedios de cada tratamiento mas no el valor total/tratamiento.

Figura 7

Ganancia de biomasa promedio/tratamiento de truchas arcoíris



3.5. Consumo aparente de alimento (CAA)

En la **Tabla 9**, se muestra el consumo aparente de alimento promedio por tratamiento, es decir el promedio de la sumatoria de las tres repeticiones. En la cual indica que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$); no obstante, el mayor consumo de alimento se registra en el T1 y T3 con un valor similar de 6.195 kg, seguido del T0 con 6.160 kg y finalmente con el valor más bajo el T2 con 5.985 kg.

Tabla 9

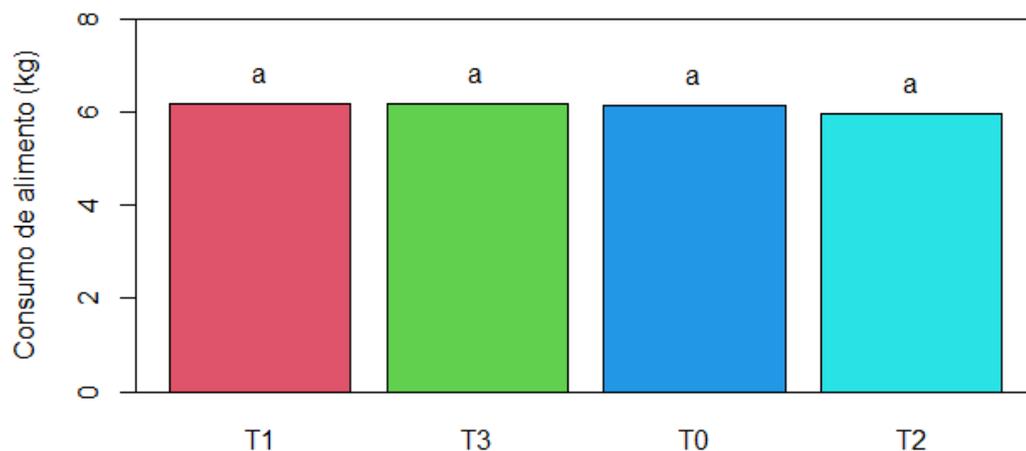
Consumo promedio/tratamiento de alimento de truchas arcoíris durante la etapa de engorde

Tratamiento	Unidad	Consumo promedio de alimento
T0	kg	6.160 ^a ±0.160
T1	kg	6.195 ^a ±0.105
T2	kg	5.985 ^a ±0.181
T3	kg	6.195 ^a ±0.105
P		0.287

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); la tabla indica los valores promedios de cada tratamiento mas no el valor total/tratamiento.

Figura 8

Consumo aparente promedio/tratamiento de alimento de truchas arcoíris



En la **Tabla 10**, se muestra el consumo promedio individual de alimento, en la que observa que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos; sin embargo, existe un mayor consumo de alimento en el T1 y T3 con un valor similar de 177 g., seguido del T0 con 176 g y finalmente con el valor más bajo el T2 con 171 g.

Tabla 10

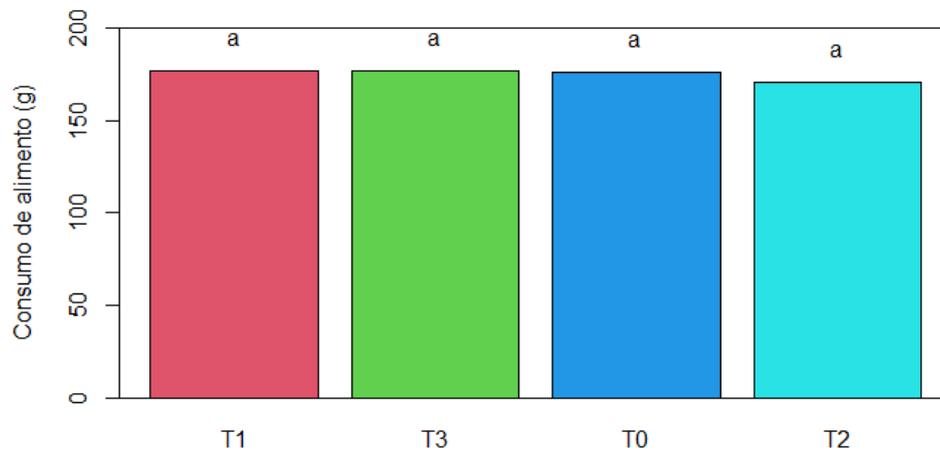
Consumo individual aparente de alimento de las truchas arcoíris durante la etapa de engorde

Tratamiento	Unidad	Consumo de alimento
T0	g	176 ^a ±4.58
T1	g	177 ^a ±3.00
T2	g	171 ^a ±5.19
T3	g	177 ^a ±3.00
P		0.287

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 9

Consumo aparente de alimento durante el periodo/individuo



3.6. Índice de conversión alimenticia (ICA)

En la **Tabla 11**, se muestra que si existen diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos; la mejor conversión alimenticia alcanzó el T0 con 1.102, seguido del T1 con un valor de 1.138, posteriormente el T3 con 1.143 y finalmente el T2 con un valor de 1.158 siendo el valor más elevado.

Tabla 11

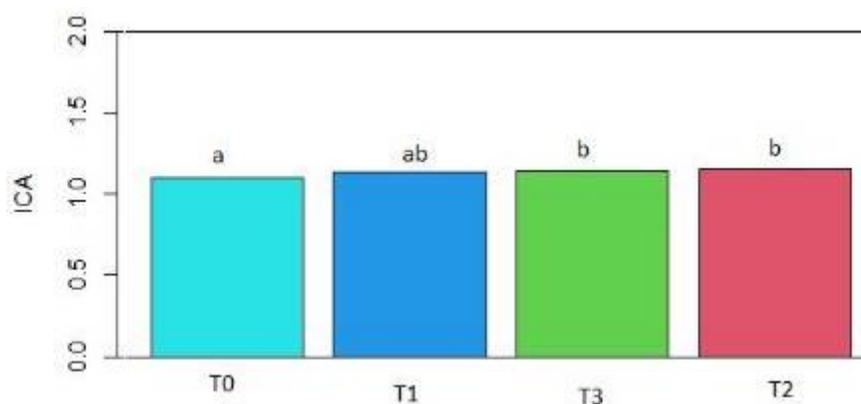
Índice de conversión alimenticia de truchas arcoíris durante la etapa de engorde

Tratamiento	Unidad	Consumo de alimento individual	Ganancia de peso individual	Índice de conversión alimenticia
T0	g	176	159.77	1.102 ^a ±0.007
T1	g	177	155.58	1.138 ^{ab} ±0.021
T2	g	171	147.69	1.158 ^b ±0.010
T3	g	177	154.91	1.143 ^b ±0.014
P				0.007

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 10

Índice de conversión alimenticia



3.7. Supervivencia (S)

Durante la fase experimental, no se registró mortalidad en ninguno de los tratamientos, lo que indica una tasa de supervivencia del 100% para todos los tratamientos.

3.8. Eficiencia económica (EQ)

En la **Tabla 12**, se observa que si existen diferencias altamente significativas ($p < 0.05$); el mayor valor de eficiencia económica, es decir, la mejor relación costo/beneficio lo alcanzó el T1 con 1.71, seguido del T0 con un valor de 1.67 en los cuales no hay diferencias significativas; no obstante, en relación con el T2 con un valor de 1.55 y el T3 con un valor de 1.48 si existe diferencias significativas respecto a los demás tratamientos.

Tabla 12

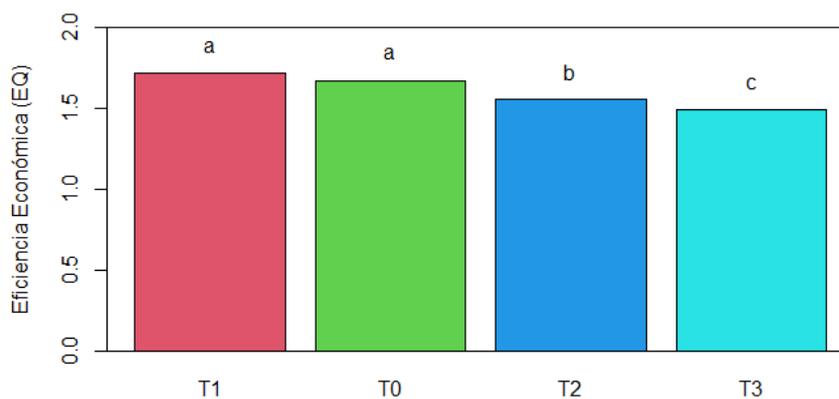
Eficiencia económica de la crianza de truchas arcoíris/tratamiento

Tratamiento	Precio por kg (S/.)	Costo total del alimento suministrado (S/.)	Valor bruto de la ganancia de peso (S/.)	Eficiencia económica
T0	7.60	140.44	234.87	1.67 ^a ±0.011
T1	7.17	133.25	228.70	1.71 ^a ±0.028
T2	7.77	139.51	217.11	1.55 ^b ±0.011
T3	8.23	152.95	227.72	1.48 ^c ±0.017
P				< 0.001

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 11

Eficiencia económica (relación costo/beneficio)



3.9. Uniformidad

En la **Tabla 13** se muestra que no existen diferencias significativas ($p>0.05$) respecto a la uniformidad de peso y talla final de las truchas arcoíris; en cual se muestra que la uniformidad de peso es del 100% para todos los tratamientos. Sin embargo, la uniformidad de talla es del 100% solo para el T0, T2 y T3, y 94.44% para el T1.

Tabla 13

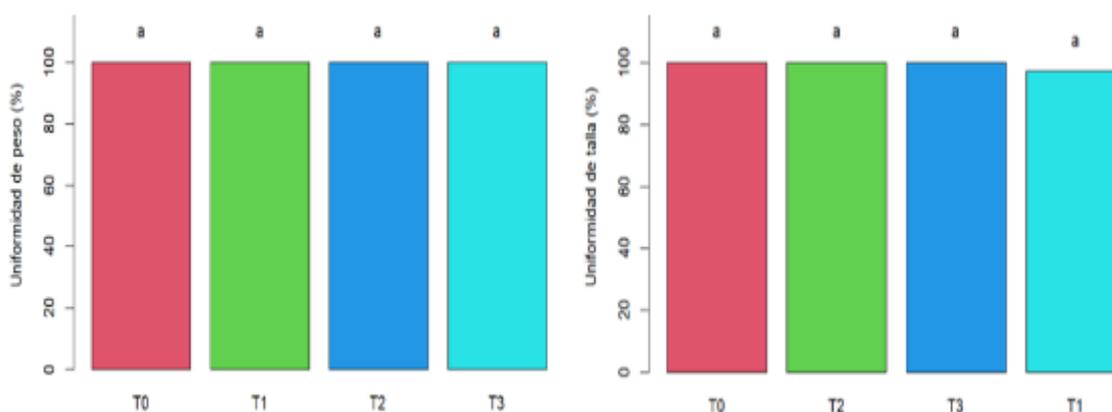
Uniformidad de peso y talla de las truchas arcoíris al finalizar la etapa de engorde

Tratamiento	Unidad	Uniformidad de peso	Uniformidad de talla
T0	%	100.00 ^a ±0.0	100.00 ^a ±0.0
T1	%	100.00 ^a ±0.0	94.44 ^a ±4.79
T2	%	100.00 ^a ±0.0	100.00 ^a ±0.0
T3	%	100.00 ^a ±0.0	100.00 ^a ±0.0
P		0.441	0.441

Nota. La uniformidad se calculó estableciendo un límite superior e inferior del 10% respecto al promedio.

Figura 12

Uniformidad de peso y talla de truchas arcoíris



IV. DISCUSIONES

La sustitución parcial o total del aceite de pescado en la elaboración de dietas para truchas arcoíris y otras especies de peces, busca encontrar fuentes de lipídicas alternativas amigables con el medio ambiente; y el objetivo de esta investigación en el fondo pretende reducir la dependencia del uso exclusivo de este insumo muy ampliamente utilizado en la actividad acuícola, esta investigación realizada y antecedentes de otros autores demuestran que es posible utilizar fuentes lipídicas alternativas.

En la presente investigación al evaluar la ganancia de peso en truchas arcoíris en etapa de engorde por un periodo de 35 días, se obtuvieron resultados en el T0 (dieta comercial), T1 (sustitución 50% aceite de SI) y T3 (sustitución 50% aceite de chía) con valores de 159.77g, 155.58g y 154.91g la ganancia de peso fue significativamente ($P < 0.05$) menor en el T2. No obstante, difiere ligeramente de los resultados de Marotta et al. (2019), cuando empleo 40% aceite de SI en sustitución al aceite de pescado en la dieta, obtuvo el mejor resultado de ganancia de peso de 135.46g, seguido de una dieta experimental donde utilizó 100% aceite de SI logrando 131.64 g, pero esta esta evaluación lo realizó en juveniles en una fase experimental de 90 días; así mismo Ofori-Mensah et al. (2020), cuando utilizó aceite de chía en un 60% para sustituir el aceite de pescado en la dietas para peces dorada, obtuvo los mejores resultados en esta proporción respecto a otros aceites de origen vegetal.

Analizando los resultados de la ganancia de talla se obtuvieron mejores resultados en el T1 (3.55 cm) y T3 (3.23 cm) respectivamente, en los demás tratamientos T0 y T2 fueron inferior, no obstante, no hay diferencia significativa ($P > 0.05$) entre los tratamientos; sin embargo los valores alcanzados en esta investigación son similares a los logrados por Echevarría (2014), en estudio que duró tan solo 4 semanas y logró una ganancia de talla mayor a 3.42 cm.

El consumo de alimento no presenta diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos. El suministro del alimento se realizó manualmente, debido a que este es uno de los procedimientos más comunes y utilizados en los centros piscícolas (Romero, 2021); lo que permitió distribuir el alimento en varias raciones y además controlar la frecuencia de alimentación, la cual se hizo tres veces todos los días. Las truchas mostraron buena aceptación del alimento comercial y de las dietas experimentales,

razón por la cual respecto al consumo de alimento mantuvieron un comportamiento homogéneo. Así mismo, semanalmente se midió el peso y talla para realizar el cálculo de la tasa de alimentación necesaria.

En lo relacionado a la conversión alimenticia, indica que se obtuvieron los mejores resultados en el T0 (1.102), seguido del T1 (1.138), T3 (1.143) y T2 (1.158) respectivamente y existe diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$); estos resultados mantienen cierta similitud con lo reportado por (Echevarría, 2014) alcanzó un ICA entre 1.13 a 1.18 con dietas experimentales; también Paredes & Ticlla (2020), al usar 18% de grasa en las dietas experimentales para truchas en etapa de engorde y acabado alcanzaron una conversión alimenticia de 1.1. Así mismo, Yapuchura et al. (2018), evaluó la conversión alimenticia de diferentes marcas de alimentos comerciales, el alimento comercial de Nicovita alcanzó un valor de conversión de 1.13. Por lo tanto, la comparación entre las dietas experimentales y el alimento comercial tienen un comportamiento relativamente similar, con algunas excepciones. Sin embargo, Enaro (2019), al comparar dos dietas comerciales logró mucho mejor conversiones de 0.84 y 1.05; no obstante Yucra (2022), elaboró dietas experimentales con ensilados biológicos de trucha como sustituto de harina y aceite de pescado, uso también harina de soya, harina de trigo en otros, y obtuvo un índice de conversión alimenticia mucho más elevado de 2.13 en comparación los alcanzados en esta investigación.

La sobrevivencia durante la fase experimental fue de 100% para todos los tratamientos, debido a que no se presentó muertes en ninguna de las unidades experimentales; lo cual podría atribuirse al corto tiempo de duración de la fase experimental, así mismo al bajo nivel de densidad de carga/m³; según los estudios realizados por Paredes & Ticlla (2020) al mantener una densidad de carga de 5 kg/m³, logró el porcentaje de sobrevivencia del 96.6 %, no obstante este valores es inferior a lo alcanzado en esta investigación.

Los resultados relacionados con la eficiencia económica muestran que hay diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos; obteniendo una relación beneficio/costo el T1 (1.71) y T2 (1.67) seguidamente el T2 (1.55) y T3 (1.48) respectivamente. Yapuchura et al. (2018), reportó una eficiencia económica de 1.64 cuando empleo alimento comercial Nicovita en truchas en etapa de engorde, lo que indica valores similares a los alcanzados en esta investigación.

V. CONCLUSIONES

La sustitución parcial del aceite de pescado por aceite de sachá inchi, maní y chíá en la elaboración de dietas experimentales para la alimentación de truchas en comparación con un alimento comercial, estadísticamente si afectaron la ganancia de peso. No obstante, la dieta que empleó aceite de sachá inchi demostró un comportamiento similar al alimento comercial, en cambio las dietas con aceite de chíá y maní mostraron una ganancia de peso inferior a los demás.

La alimentación con dietas experimentales empleando aceite de sachá inchi, maní y chíá, juntamente con la dieta comercial, estadísticamente no afectaron la ganancia de talla, debido a que todos tuvieron un comportamiento similar. La dieta que empleó aceite de sachá inchi logró una mayor ganancia de talla, seguido de la dieta con aceite de chíá, maní y en un nivel más bajo la dieta comercial.

Las dietas experimentales para truchas empleando aceite de sachá inchi, maní y chíá, juntamente con la dieta comercial, estadísticamente si influyeron en la ganancia de biomasa; la dieta comercial, las dietas con aceite de sachá inchi y chíá tuvieron un efecto similar. Sin embargo, la dieta que empleó aceite de maní logró la menor ganancia de biomasa.

El consumo de alimento de alimento entre todas las dietas evaluadas mostró un comportamiento similar, y estadísticamente se demostró que el tipo de dieta no afectó el consumo. Así, mismo el uso de aceite de sachá inchi, maní y chíá en las dietas no afectaron la conversión alimenticia; al compararles con la dieta comercial se evidenciaron diferencias a excepción de la dieta que empleó aceite de sachá inchi, la cual estadísticamente tuvo un comportamiento similar.

La eficiencia económica (relación beneficio/costo) es un indicador que se emplea para evaluar la relación/beneficio, debido a que todo productor sea del sector acuícola u otro, busca generar la mayor rentabilidad posible en la actividad que se desempeñe; en la investigación se demostró que la dieta con aceite de sachá inchi obtuvo la mejor eficiencia económica de 1.71 seguido con un comportamiento similar la dieta comercial y con diferencias estadísticas respecto a la dieta con aceite de maní y chíá.

En la uniformidad de peso y talla, no hubo diferencias significativas; no obstante, el T1 manifestó un valor inferior respecto a los demás tratamientos.

En conclusión, la dieta experimental con aceite de sachá inchi tuvo un comportamiento similar a la dieta comercial en todos los parámetros o índices productivos evaluados y además fue la mejor en eficiencia económica, por lo que se consideró como la mejor dieta de la investigación, seguido de la dieta comercial, la dieta con aceite de chía y finalmente la dieta con aceite de maní.

VI. RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos, es recomendable el uso de fuentes lipídicas alternativas en la alimentación de truchas en la etapa de engorde para reducir los costos del alimento, además quedó demostrado del impacto positivo del uso de aceite de sachá inchi en las dietas; además, es justamente en esta etapa donde los peces demandan los mayores niveles de grasa, debido al alto requerimiento energético

Hacer uso del aceite de sachá inchi, para reducir la dependencia del aceite de pescado en la elaboración de dietas para peces; además respecto al aporte energético es mínima la diferencia a favor del aceite de pescado.

Realizar investigaciones relacionadas al uso de diferentes tipos de aceites de origen vegetal en diferentes niveles de sustitución en dietas para peces, debido a que en la actualidad existe escasa investigación al respecto. Sabiendo además la importancia de los lípidos en la alimentación de truchas en los estadios finales de la producción.

Realizar investigaciones respecto a las características organolépticas y perfil de ácidos grasos (omegas) de la carne de truchas alimentadas con dietas a base de aceites vegetales.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acar, Ü., & Türker, A. (2017). Response of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to unrefined peanut oil diets : Effect on growth performance , fish health and fillet fatty acid composition. *Aquaculture Nutrition*, January, 1-8. <https://doi.org/10.1111/anu.12559>
- DSM. (2023). *Ficha técnica DSM Acuicultura*. <https://pro-premix.pe/wp-content/uploads/2020/11/FICHA-TECNICA-DSM-ACUACULTURA.pdf>
- Echevarría, M. (2014). *Determinación de la formulación más adecuada de dieta para trucha arco iris (oncorhynchus mykiss) en sus diferentes etapas de desarrollo* [Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional de Trujillo]. http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4430/ECHEVARRÍA_RUIZ_MARLON_YORDANO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Enaro, E. (2019). *Evaluación del desempeño productivo y grado de pigmentación de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda* [Tesis para optar el título profesional de ingeniero pesquero, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna]. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3642>
- Escalante, M. (2010). *Efecto de la inclusión de aceite de canola en el alimento sobre el crecimiento y composición de ácidos grasos omega-3 del músculo de pargo lunarejo (Lutjanus guttatus)* [Tesis de maestría, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.]. https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/205/1/Escalante_Rojas_2010_MC.pdf
- Herbas, S. (2017). *Reemplazo del aceite crudo de soya por aceite acidulado de soya en dietas para alevines de trucha (Oncorhynchus mykiss)* [Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3427>
- IAFFD. (2023). *Feed Ingredient Composition Database (FICD)*. <https://app.iaffd.com/ficd>
- ICC Brazil. (2023). *Ficha técnica Liposorb®*. <https://www.iccbrazil.com/es/productos/liposorb/>

- Loarte, C., & Luna, Y. (2017). *Sustitución parcial de harina de pescado por harina de hoja de yuca (Manihot esculenta) como insumo en la dieta, en el crecimiento y supervivencia de Colossoma macropomum "gamitana" en laboratorio* [Tesis para optar el título de Biólogo acuicultor, Universidad Nacional de Santa]. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3161>
- Marotta, B., Sumico, N., Aiko, Y., Shohei, R., da Silva, C., & Guimarães, R. (2019). Balanced omega-3 and -6 vegetable oil of Amazonian sacha inchi act as LC- PUFA precursors in rainbow trout juveniles : Effects on growth and fatty acid biosynthesis. *Aquaculture*, 509, 236-245. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.05.004>
- MINAM. (2021). *Línea de base de la trucha arcoíris con fines de bioseguridad en el Perú*. Ministerio del Ambiente. <https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/02/INFORME-FINAL-MINAM-Trucha-2015.pdf>
- Miranda, S. (2015). *Uniformidad en gallinas reproductoras pesadas*. Engormix. <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/uniformidad-gallinas-reproductoras-pesadas-t32254.htm>
- NICOVITA. (2020). *Nicovita classic truchas*. <https://nicovita.com/wp-content/uploads/2020/07/FT-Nicovita-Classic-Truchas.pdf>
- Noel, W. (2003). *Formulación y elaboración de dietas para peces y crustáceos*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. https://www.academia.edu/7223505/Universidad_Nacional_Jorge_Basadre_Grohmann_Facultad_de_Ingeniería_Pesquera_FORMULACIÓN_Y_ELABORACIÓN_DE_DIETAS_PARA_PECES_Y_CRUSTÁCEOS
- Ofori-Mensah, S., Yıldız, M., Arslan, M., & Eldem, V. (2020). Fish oil replacement with different vegetable oils in gilthead seabream, Sparus aurata diets: Effects on fatty acid metabolism based on whole-body fatty acid balance method and genes expression. *Aquaculture*, 529, 1-46. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735609>
- Paredes, M., & Tiella, K. (2020). Efecto del contenido lipídico dietario y densidad de cultivo sobre el desempeño en crecimiento, canal y calidad de carne de la trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss). *Manglar*, 17(1), 55-60. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.009>

- Phartec. (2023a). *Ficha técnica Bionox*.
<https://www.phartecperu.com/product/bionox/>
- Phartec. (2023b). *Ficha técnica de Toxibond Pro*.
<https://www.phartecperu.com/product/toxibond-pro/>
- PRODUCE. (2010). *Plan nacional de desarrollo acuícola*. Ministerio de la Producción.
<https://www.produce.gob.pe/documentos/acuicultura/ds001-2010-produce.pdf>
- ProPremix. (2023). *Ficha técnica Micofung*. <https://pro-premix.pe/wp-content/uploads/2020/11/FICHA-TECNICA-MICOFUNG.pdf>
- Quispe, J., Julca, L., Montoya, K., Gómez, H., Chacomorro, H., Juarez, E., De Los Santos, R., & Aponte, A. (2022). Anuario estadístico pesquero y acuícola 2021. En *Ministerio de la Producción*.
<https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oe-documentos-publicaciones/publicaciones-anales/item/1001-anuario-estadisticoo-pesquero-y-acuicola-2020>
- Ramos, D. (2014). *Caracterización y trazabilidad del aceite de Sacha Inchi (Plukenetia volubilis Linneo)* [Tesis doctoral, Universidad de Sevilla].
https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/58887/I_T-PROV37.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Romero, L. (2021). *Evaluación de dos alimentos extruidos en la etapa de segundo alevinaje de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en Pachacayo-Junín* [Tesis para optar el título de ingeniero zootecnista, UNALM].
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4630>
- Silva, N. (2018). *Efecto del aceite de sachá inchi (Plukenetia volubilis) sobre el nivel de omega-3 en huevos y respuesta bioeconómica en gallinas ponedoras* [Tesis para optar el título de Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4118>
- Sinty, E. (2017). *Elaboración, evaluación y comparación de alimento balanceado para truchas arco iris (Oncorhynchus mykiss) en base a harina de pota (dosidicus gigas) y harina de cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen)* [Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional del Altiplano].
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15753>

- Vásquez, W. (2004). *Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces*. Juan XXIII Ltda. <https://es.scribd.com/document/316768125/Principios-de-Nutricion-Aplicada-Al-Cultivo-de-Peces>
- Woynarovich, A., Hoitsy, G., & Moth-Poulsen, T. (2011). *Small-scale rainbow trout farming* (561.^a ed.). FAO Fisheries and Aquaculture Technical. <https://www.fao.org/3/i2125e/i2125e.pdf>
- Yapuchura, C., Mamani, S., Pari, D., & Mamani, E. (2018). Curvas de crecimiento y eficiencia en la alimentación de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en el costo de producción. *Comunicación*, 9(1), 68-77. <http://www.scielo.org.pe/pdf/comunica/v9n1/a07v9n1.pdf>
- Yildirim, Ö., Acar, Ü., Türker, A., Can, M., & Yilmaz, S. (2013). Effects of partial or total replacement of fish oil by unrefined peanut oil on growth and Chemical Composition of Common Carp (*Cyprinus carpio*). *The Israeli Journal of Aquaculture*, 4(19.62), 19-53. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1054.915&rep=rep1&type=pdf>
- Yucra, M. (2022). Alimentación de truchas *Oncorhynchus mykiss* con dietas de ensilados biológicos de vísceras de truchas. *Revista de Investigaciones*, 11(2), 94-107. <https://doi.org/10.26788/ri.v11i2.3131>

VIII. ANEXOS

Tabla 14

Tasa de consumo de alimento de truchas arcoíris según el peso corporal, talla y temperatura del agua

PESO UNITARIO g.	TALLA cm	Unidad	Temperatura del agua (C°)												
			7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0.3	3	%	4.27	5.33	6.39	7.46	8.53	9.62	10.71	11.81	12.91	12.24	11.57	10.91	10.25
1	4	%	3.19	3.98	4.77	5.57	6.36	7.16	7.97	8.78	9.58	9.09	8.61	8.11	7.63
1.4	5	%	2.55	3.17	3.81	4.43	5.07	5.71	6.34	6.98	7.63	7.23	6.85	6.45	6.07
3	6	%	2.12	2.64	3.16	3.69	4.21	4.74	5.26	5.80	6.33	6.01	5.69	5.36	5.04
4	7	%	1.36	2.32	2.81	3.24	3.71	4.16	4.63	5.09	5.56	5.27	4.99	4.72	4.43
5.4	8	%	1.63	2.03	2.43	2.83	3.23	3.64	4.04	4.44	4.85	4.61	4.36	4.11	3.87
11.5	9	%	1.44	1.80	2.16	2.51	2.87	3.23	3.59	3.95	4.30	4.09	3.87	3.66	3.43
12.2	10	%	1.31	1.63	1.95	2.28	2.61	2.92	3.25	3.57	3.90	3.71	3.50	3.31	3.12
19	11	%	1.19	1.49	1.78	2.07	2.36	2.66	2.95	3.25	3.54	3.36	3.19	3.00	2.83
22	12	%	1.09	1.36	1.63	1.89	2.17	2.43	2.70	2.97	3.25	3.26	2.91	2.75	2.59
29	13	%	1.07	1.32	1.62	1.85	2.12	2.37	2.64	2.90	3.17	3.00	2.84	2.68	2.52
35	14	%	1.04	1.29	1.55	1.80	2.06	2.31	2.57	2.82	3.07	2.92	2.77	2.61	2.45
43	15	%	0.97	1.20	1.45	1.68	1.91	2.16	2.39	2.93	2.87	2.73	2.58	2.43	2.29
50	16	%	0.91	1.13	1.35	1.57	1.79	2.02	2.24	2.46	2.69	2.56	2.41	2.28	2.15
62	17	%	0.86	1.06	1.27	1.48	1.69	1.89	2.11	2.32	2.52	2.40	2.27	2.15	2.02
72	18	%	0.80	0.94	1.20	1.39	1.59	1.78	1.98	2.18	2.37	2.26	2.14	2.02	1.89
92	19	%	0.76	0.90	1.13	1.32	1.50	1.69	1.87	2.07	2.25	2.14	2.03	1.90	1.79
100	20	%	0.72	0.89	1.07	1.25	1.43	1.60	1.78	1.96	2.14	2.03	1.92	1.81	1.70
124	21	%	0.69	0.85	1.02	1.19	1.36	1.53	1.69	1.86	2.04	1.93	1.82	1.72	1.62
143	22	%	0.66	0.81	0.97	1.13	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94	1.84	1.74	1.65	1.55
158	23	%	0.63	0.78	0.93	1.08	1.24	1.40	1.55	1.70	1.85	1.76	1.67	1.57	1.48

172	24	%	0.60	0.75	0.89	1.04	1.19	1.34	1.48	1.63	1.77	1.69	1.60	1.51	1.42
200	25	%	0.58	0.72	0.86	1.00	1.13	1.28	1.42	1.56	1.70	1.62	1.53	1.45	1.36
231	26	%	0.56	0.69	0.82	0.96	1.09	1.24	1.37	1.50	1.64	1.56	1.48	1.39	1.31
261	27	%	0.53	0.66	0.79	0.92	1.05	1.19	1.32	1.45	1.58	1.50	1.42	1.34	1.26
307	28	%	0.52	0.64	0.76	0.89	1.01	1.15	1.27	1.40	1.52	1.45	1.37	1.30	1.22
333	29	%	0.50	0.62	0.74	0.86	0.98	1.10	1.23	1.35	1.47	1.40	1.32	1.25	1.18
355	30	%	0.48	0.60	0.71	0.83	0.95	1.06	1.19	1.30	1.42	1.35	1.28	1.21	1.13
382	31	%	0.47	0.58	0.69	0.80	0.92	1.03	1.14	1.26	1.38	1.31	1.24	1.16	1.09
417	31	%	0.45	0.56	0.67	0.78	0.89	1.00	1.10	1.22	1.33	1.27	1.20	1.12	1.06

Fuente: NICOVITA (2020)

Panel fotográfico

Figura 13

Construcción y limpieza de sub-estanques para la distribución de las unidades experimentales



Figura 14

Pesado de micronutrientes para la elaboración de dietas experimentales



Figura 15

Elaboración del alimento extruido



Figura 16

Distribución de las unidades experimentales en los sub-estanques



Figura 17

Control de peso del alimento a suministrar a las truchas



Figura 18

Suministro de alimento manual a truchas arcoíris

