



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA



INCLUSIÓN DE HARINA DE LUPINO Y ADICIÓN DE
AMINOÁCIDOS SINTÉTICOS EN LAS DIETAS Y RESPUESTA
PRODUCTIVA EN TRUCHAS (*Oncorhynchus mykiss*) EN EL LAGO
TITICACA

TESIS

PRESENTADA POR:

SANDRA MARIN APAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

PUNO – PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

**INCLUSIÓN DE HARINA DE LUPINO Y ADI
CIÓN DE AMINOÁCIDOS SINTÉTICOS EN
LAS DIETAS Y RESPUESTA PRODUCTI**

AUTOR

SANDRA MARIN APAZA

RECUENTO DE PALABRAS

15969 Words

RECUENTO DE CARACTERES

86017 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

97 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.9MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 9, 2024 7:59 PM EST

FECHA DEL INFORME

Jan 9, 2024 8:00 PM EST

● **13% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos:

- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)



DR. MARCELINO J. ARAMIBAR



Dr. Pedro Ubaldino Coila Afiasco
CMVP:2842



DEDICATORIA

A mis padres Rodolfo Marin Castro y Egidia Apaza Canasa Vda. De Marin quienes me dieron la vida, se esforzaron por darme una buena educación, que con su amor y paciencia me han permitido cumplir hoy un sueño más. A mi hermana Grecia Lizeth Marin por su cariño y apoyo incondicional.

Sandra Marin Apaza



AGRADECIMIENTOS

A Dios, quien guía mi camino, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas sin desfallecer.

A mi asesor de tesis Mg., Dr. Marcelino Jorge Aranibar Aranibar, por su permanente disposición, generosidad y constante guía profesional para la concreción de este trabajo de investigación. Por creer en mi persona por su apoyo y confianza también por haberme brindado las facilidades para poder realizar el presente trabajo de investigación.

A mis jurados D.Sc. Bilo Wenceslao Calsin Calsin, M.Sc. Diannett Benito López y M.Sc. Edwin Ormachea Valdez, por sus sugerencias y correcciones brindadas en favor del desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mis docentes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, sus semillas de conocimientos germino en mi alma y espíritu, gracias por compartir sus saberes de manera invaluable, donde quiera que vaya los llevaré conmigo en mi transitar profesional.

Mi sincero agradecimiento a la Blga. M. Sc. A Orieta Yanina Flores Medina por la confianza depositada en mi persona y haberme brindado la oportunidad de laborar en su equipo de trabajo.

A toda la familia de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, muchas gracias por su apoyo, colaboración y amabilidad.

Sandra Marin Apaza



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.1.1. Objetivo general.....	16
1.1.2. Objetivos específicos	16
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES.....	17
2.2. MARCO TEÓRICO	19
2.2.1. Trucha (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).....	19
2.2.2. Caracterización de la trucha.....	21
2.2.3. Requerimientos de desarrollo de la trucha.....	23
2.2.4. Alimentación alternativa y orgánica de trucha arcoíris	26
2.2.5. Aminoácidos de origen industrial	27



2.2.6. Lupino	31
2.2.7. La harina de lupino en la producción de alimentos para salmónidos	32
2.2.8. Producción de lupino en el mundo.....	32
2.2.9. El lupino como alimento	33
2.2.10. Criterios de calidad de harinas empleadas en la producción de alimentos artificiales para truchas y salmones	33

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES DE ESTUDIO	37
3.1.1. Instalaciones de cultivo	37
3.1.2. Animales	37
3.1.3. Material biológico	38
3.1.4. Materiales para la obtención de datos biométricos	39
3.1.5. Dietas en prueba.....	40
3.2. METODOLOGÍA.....	45
3.2.1. Determinación de la ganancia de peso vivo.....	45
3.2.2. Consumo de alimento.....	45
3.2.3. Índice de conversión alimenticia.....	45
3.2.4. Mortalidad.....	46
3.2.5. Rendimiento canal.....	46
3.2.6. Rendimiento filete.....	46
3.2.7. Pigmentación muscular	47
3.2.8. Gaping	47
3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	48



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RENDIMIENTO PRODUCTIVO.....	49
4.1.1. Peso vivo	49
4.1.2. Ganancia de peso	53
4.1.3. Consumo de alimento.....	55
4.1.4. Conversión alimenticia	56
4.1.5. Mortalidad.....	56
4.2. RENDIMIENTO COMERCIAL.....	57
4.2.1. Rendimiento de canal.....	58
4.2.2. Rendimiento de filete	60
4.2.3. Pigmentación muscular	61
4.2.4. Gaping.....	62
V. CONCLUSIONES.....	65
VI. RECOMENDACIONES	66
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXOS.....	73

Área: Producción animal

Tema: Harina de lupino y aminoácidos sintéticos en dietas de truchas

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 22 de enero de 2024



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación taxonomica de la trucha arcoiris	21
Tabla 2	Parámetros fisicoquímicos del agua adecuadas para el desarrollo de la trucha.	23
Tabla 3	Tamaño de alevines y número por metro cubico, en relación con el tamaño del estanque.....	24
Tabla 4	Caudal mínimo (l/min) necesario para 2000 alevines de distintos tamaños y manejados a diferentes temperaturas del agua.....	25
Tabla 5	Tipos de alimento y tamaño del granulo para diferentes pesos y tamaños de las truchas arcoiris.....	25
Tabla 6	Suministro diario de alimento para las diferentes etapas de desarrollo de las truchas.....	26
Tabla 7	Procedimiento de desarrollo-cocido descascarillado del <i>Lupinus mutabilis</i>	38
Tabla 8	Composición proximal de las materias primas utilizadas en las dietas experimentales (en % MS).....	41
Tabla 9	Composición y contenido de nutrientes de las dietas experimentales para truchas en crecimiento (experimento 1).....	43
Tabla 10	Composición y contenido de micronutrientes de las dietas experimentales para truchas en engorde (experimento 2).....	44
Tabla 11	Peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad de las truchas durante 80 días de crecimiento (experimento 1).	50
Tabla 12	Peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad de las truchas durante 80 días (experimento 2)	51
Tabla 13	Rendimiento de canal, rendimiento de filete, pigmentación y gaping de las truchas a los 80 días (experimento 1)	58
Tabla 14	Rendimiento de canal, rendimiento de filete, pigmentación y gaping de las truchas a los 80 días (experimento 2)	59



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación del lugar donde se desarrolló la investigación.....	36
Figura 2	Crecimiento T25	73
Figura 3	Crecimiento T75	73
Figura 4	Engorde 0.....	73
Figura 5	Engorde T50.....	73
Figura 6	Vista general de la estructura con las 24 bolsas de ensayo.....	74
Figura 7	Suministro de alimento a la jaula de crecimiento	74
Figura 8	Suministro de alimento a la jaula de engorde	74
Figura 9	Inspección diaria de mortalidad	74
Figura 10	Obtención de truchas para el control biométricos.....	75
Figura 11	Primer control biométrico	¡Error! Marcador no definido.
Figura 12	Segundo control biométrico medida de longitud de la trucha	75
Figura 13	Tercer control biométrico pesado de truchas	75



ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Variable dependiente: Análisis de varianza para el peso vivo inicial (PV0).	76
ANEXO 2. Variable dependiente: Análisis de varianza para el PV80	76
ANEXO 3. Variable dependiente: Análisis de varianza incremento de peso vivo IPV80.	77
ANEXO 4. Variable dependiente: Análisis de varianza de consumo total de alimento CTOT80.....	77
ANEXO 5. Variable dependiente: Análisis de varianza de conversión alimenticia ICA80	78
ANEXO 6. Comparación de medias de LSMeans	78
ANEXO 7. Comparaciones de medias PV80.....	79
ANEXO 8. Comparación de incremento de peso vivo IPV80.....	79
ANEXO 9. Comparación de consumo de alimento	80
ANEXO 10. Comparación de conversión alimenticia	80
ANEXO 11. Variable dependiente: Peso vivo	81
ANEXO 12. Variable dependiente: Rendimiento de canal.....	81
ANEXO 13. Variable dependiente: Rendimiento de filete	82
ANEXO 14. Variable dependiente: Pigmentación.....	82
ANEXO 15. Variable dependiente: Gaping.....	83
ANEXO 16. Variable dependiente: Peso vivo 0	83
ANEXO 17. Variable dependiente: PV80.....	84
ANEXO 18. Variable dependiente: IPV80	84
ANEXO 19. Variable dependiente: CTOT80	85
ANEXO 20. Variable dependiente: ICAL80	85



ANEXO 21. Comparación de medias para los parámetros productivos	86
ANEXO 22. Variable dependiente: Peso vivo	88
ANEXO 23. Variable dependiente: Rendimiento de canal	88
ANEXO 24. Variable dependiente: Rendimiento de filete	89
ANEXO 25. Variable dependiente: Pigmentación.....	89
ANEXO 26. Variable dependiente: Gaping	90
ANEXO 27. Comparación de medias para los parámetros comerciales del E2.....	90
ANEXO 28. Prueba de normalidad para el peso vivo 0 en el E1 (las tres pruebas indican que las observaciones se distribuyen normalmente.....	93
ANEXO 29. PV80.....	94
ANEXO 30. PV0 Variable peso vivo al inicio y 80 días para el E2	94
ANEXO 31. PV80.....	95
ANEXO 32. Declaración jurada de autenticidad de tesis	96
ANEXO 33. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional.....	97



ACRÓNIMOS

ANVA	: Análisis de varianza
E1	: Experimento 1
E2	: Experimento 2
EE	: Extracto etéreo
FC	: Fibra cruda
CH	: Carbohidratos
cm	: Centímetro
°C	: Grados centígrados
g	: Gramos
HP	: Harina de pescado
HL	: Harina de lupino
lgn	: Longitud
m	: Metros
m ³	: Metros cúbicos
msnm	: Metros sobre el nivel del mar
MS	: Materia seca
SGR	: Tasa de crecimiento
P	: Probabilidad
PB	: Proteína bruta
PV080	: Peso vivo al día 80
PV0	: Peso vivo inicial
SAS	: Statistical Analysis Systems



RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar el efecto de la inclusión de harina de lupino (HL) desamargado-cocido-descascarillado (*Lupinus mutabilis*) y la adición de aminoácidos sintéticos en reemplazo parcial de la proteína de harina de pescado (HP) sobre el rendimiento productivo y comercial de las truchas (*Oncorhynchus mykiss*) en el lago Titicaca. Se realizaron dos experimentos paralelamente que duraron 80 días (E1: crecimiento y E2; engorde). En el E1 se utilizaron 360 truchas de 121 g \pm 3.38, mientras que en el E2 se tuvo 300 truchas de 212.3 g \pm 2.32 de peso vivo. En ambos experimentos las truchas fueron distribuidas al azar en 4 tratamientos (control = 0%, 25%, 50% y 75% de reemplazo de HP por HL) y 3 réplicas por tratamiento (replica = jaula). En el E1 no hubo diferencias entre el grupo control y los niveles de reemplazo para la ganancia de peso vivo, el consumo de alimento, la conversión alimenticia ni en el rendimiento de canal ($p > 0.05$). Sin embargo, el rendimiento de filete y la pigmentación fue mejor para el nivel 25 ($p < 0.05$), mientras que el gaping fue peor para los niveles 0 y 25 ($p < 0.05$). También en el E2 no se observaron diferencias en la ganancia de peso vivo, en el consumo ni en la conversión alimenticia ($p > 0.05$). Mientras que el rendimiento de canal fue menor ($p < 0.03$) para el nivel 75 (82.8%, 83.3%, 82.4 % y 79.8%), pero no la pigmentación ni el gaping ($p > 0.05$). En ambos experimentos no hubo diferencias en la mortalidad y se mantuvo alrededor del 5% ($p > 0.05$). En conclusión, es posible reemplazar la proteína de la HP hasta en 50% por la HL, sin afectar el rendimiento productivo y comercial de las truchas en las fases de crecimiento y engorde.

Palabras clave: Alimentación, Lupino, Truchas, Proteína vegetal.



ABSTRACT

The objective of this study was to determine the effect of the inclusion of de-bittered-cooked-shelled lupine meal - LMP (*Lupinus mutabilis*) and the addition of synthetic amino acids in partial replacement of fishmeal protein (FMP) on the productive and commercial performance of trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Lake Titicaca. Two parallel experiments were conducted for 80 days (E1: growth and E2: fattening). In E1, 360 trout of 121 g \pm 3.38 were used, while in E2, 300 trout of 212.3 g \pm 2.32 live weight were used. In both experiments the trout were randomly distributed in 4 treatments (control = 0%, 25%, 50% and 75% replacement of FMP by LMP) and 3 replicates per treatment (replicate = cage). In E1 there were no differences between the control group and the replacement levels for live weight gain, feed intake, feed conversion or carcass yield ($p > 0.05$). However, fillet yield and pigmentation were better for level 25 ($p < 0.05$), while gaping was worse for levels 0 and 25 ($p < 0.05$). Also, at E2, no differences were observed in live weight gain, feed intake or feed conversion ($p > 0.05$). While carcass yield was lower ($p < 0.03$) for level 75 (82.8%, 83.3%, 82.4 % and 79.8%), but not pigmentation or gaping ($p > 0.05$). In both experiments there was no difference in mortality and it remained around 5% ($p > 0.05$). In conclusion, it is possible to replace up to 50% of the protein in FMP with LMP, without affecting the productive and commercial performance of trout in the growth and fattening phases.

Key words: Feeding, Lupine, Trout, Vegetable protein.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los salmónidos al ser peces carnívoros requieren proteína de alto valor biológico; históricamente las dietas de salmónidos se han formulado para contener harina de pescado como la fuente más importante de proteína dietética, que comprende entre el 20% y el 50% de los ingredientes totales (Watanabe, 2002). La producción actual de harina de pescado no es suficiente para cubrir la creciente demanda del sector de la acuicultura (Tveteras, 2010). Esto ha llevado a la sustitución parcial de la harina de pescado con fuentes alternativas de proteínas, principalmente de origen vegetal, como legumbres y semillas oleaginosas (Weiss et al., 2020)

El Banco Interamericano de Desarrollo-BID (2019) en un estudio publicado realiza el análisis del *Lupinus mutabilis* e indica que es una especie de hierba comestible que se ha cultivado en los Andes de América del Sur durante siglos, su contenido de proteínas es del 47.7 %. Este contenido de proteína sugiere que el lupino puede ser utilizado como alternativa a la costosa proteína de pescado; asimismo, puede ayudar a reducir costos y mantener el suministro de proteína necesario para los peces.

Puno se tiene producción de lupino que es consumido por la población y que están seguros que si aumentaría la demanda, también incrementaría el interés por aumentar las áreas de sembrío. Por lo tanto, el propósito de este trabajo fue determinar el efecto de la inclusión de harina de lupino desamargado-descascarillado (*Lupinus mutabilis*) y la adición de aminoácidos sintéticos en la dieta en reemplazo parcial de la harina de pescado sobre el rendimiento productivo y comercial de las truchas (*Oncorhynchus mykiss*) en el lago Titicaca.



1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1. Objetivo general

Determinar el efecto de inclusión de harina de lupino desamargado-cocido-descascarillado (*Lupinus mutabilis*) y la adición de aminoácidos sintéticos en reemplazo parcial de la harina de pescado sobre el rendimiento productivo y comercial de las truchas (*Oncorhynchus mykiss*) en el lago Titicaca.

1.1.2. Objetivos específicos

Determinar el efecto de la inclusión de harina de lupino desamargado-cocido-descascarillado (*Lupinus mutabilis*) y de la adición de aminoácidos sintéticos en reemplazo parcial de la harina de pescado sobre el rendimiento productivo (ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad) de las truchas en las fases de crecimiento y engorde.

Determinar el efecto de la inclusión de harina de lupino desamargado-cocido-descascarillado (*Lupinus mutabilis*) y de la adición de aminoácidos sintéticos en reemplazo parcial de la harina de pescado sobre el rendimiento comercial (rendimiento de canal, rendimiento de filete, gaping, pigmentación muscular y gaping) de las truchas en las fases de crecimiento y engorde.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Hardy et al. (2018) estudiaron el efecto de sustituir la harina de soja por proteína unicelular en trucha arcoíris juveniles de un peso entre 15 y 16 g. Este estudio examinó los efectos de agregar proteína unicelular producida por *Methylobacterium extorquens* al alimento para truchas. Se produjeron tres dietas isonitrogenadas e isoenergéticas: una dieta de control y dos dietas experimentales que contenía 10% de harina de proteína bacteriana en lugar de harina de soya. Tanto el contenido de energía como el de grasa permanecieron similares en los cuerpos de todos los peces alimentados con la misma dieta. También demostraron un aumento significativo en la supervivencia de los peces en comparación con otras dietas. Este aumento fue estadísticamente significativo y las dietas para peces con *M. extorquens* como proteína alternativa resultaron ser una de las opciones más seguras para la supervivencia de los peces.

Weiss et al. (2020) investigaron la inclusión de harina de lupino (*Lupinus angustifolius*) para el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). Se realizaron experimentos de alimentación en un sistema de recirculación de acuicultura durante ocho semanas. A los camarones juveniles se les proporcionaron dietas formuladas que contenían varios niveles de inclusión de harina de lupino (0, 100, 200 y 300 g kg⁻¹). Que completaban el componente de la harina de pescado y un alimento comercial como referencia general. Se analizaron los parámetros de supervivencia, crecimiento, metabólicos e inmunológicos de los camarones. El presente estudio indica que niveles bajos de inclusión de harina de lupino no causan efectos adversos y parecen estimular el sistema inmunológico de los juveniles.



Jo et al. (2018) realizaron un experimento con el objetivo de reemplazar la harina de pescado en las dietas balanceadas de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), mediante la harina de lupino (*Lupinus mutabilis*) como fuente de proteína de reemplazo. Las tres dietas contenían diferentes porcentajes de sustitución; los números atribuidos a cada dieta son L-0, L-35 y L-45. Después de 13 semanas de experimentación, varios índices como porcentaje de crecimiento (% IP), ganancia de peso productiva (GP), longitud estándar (GLE), coeficiente térmico de crecimiento (CTC), índice de eficiencia proteica (PER) e índice hepatosomático (IHS) se midieron. Esto se demostró al comparar la dieta L-35 con L-45. Sorprendentemente, reemplazar HP con L-45 no tiene un efecto negativo en la eficiencia de producción de Tilapia. Reemplazar HP con L-35 muestra mejoras significativas en la eficiencia de producción, incluso sin afectar los costos.

Mori et al. (2023) desarrollaron el objetivo de analizar la producción de trucha arcoíris en la zona del Amazonas. Las unidades productivas estudiadas se agruparon en tres clusters, y las variables más determinantes se asociaron con la producción anual total. De 33 unidades productivas evaluadas, 14 fueron identificadas como eficientes; Se encontró que los productores de truchas de la región de Amazonas operan con una eficiencia técnica promedio del 83.87 %. Todos los recursos mostraron margen de mejora. Los recursos más subutilizados fueron la tierra (área), el alimento y la semilla (alevines), los cuales podrían reducirse para aumentar la eficiencia técnica. En conclusión, las unidades de cultivo de truchas en el nororiente peruano se diferencian en tres grupos por volumen de producción y operan en un nivel medio de sustentabilidad, con la mayoría en niveles de ineficiencia técnica.

Acar et al. (2018) tuvieron como objetivo determinar los efectos de los niveles de inclusión de harina de lupino (0%, 15%, 30%, 45% y 60%) sobre el rendimiento del crecimiento y el estado de salud de las truchas arcoíris. Las dietas experimentales (LM0,



LM15, LM30, LM45 y LM60). Como resultado, el mejor rendimiento de crecimiento se observó en peces alimentados con dietas LM15 y LM30. No se detectaron diferencias significativas entre los grupos experimentales en términos de composición corporal. Los grupos que incluyeron harina de lupino mostraron una reducción significativa en la proteína total (TPROT), triglicéridos (TROG), colesterol (CHOL), fosfatasa alcalina (ALP) y lactato deshidrogenasa (LDH) en comparación con el grupo control ($p < 0.05$). En conclusión, la harina de lupino podría usarse en dietas de trucha arcoíris hasta en un 30% sin ningún efecto de desnutrición sobre el rendimiento del crecimiento.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Trucha (*Oncorhynchus mykiss*)

Montoya (2019) indica que desde 1874, la trucha arcoíris se ha introducido en todos los continentes con fines de cultivo y recreativos, excepto en la Antártida. En 1950, la producción de truchas aumentó con el desarrollo de alimentos granulados. Hasta el día de hoy, la trucha se cultiva en muchos países tropicales y subtropicales como Asia, África y América del Sur (Venezuela, Bolivia, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador y Perú). A mediados de la década de 1920, los estadounidenses entregaron huevos embrionados a propietarios de criaderos peruanos como parte de un proyecto a gran escala. Esto hizo que la cría peruana ocurriera en los años 1925 a 1927. Después de distribuirse a los ríos, lagunas y río Tishgua en Junín y Pasco.

La Región Puno presenta un enorme potencial de recursos hídricos (354 lagunas, 316 ríos, 7 represas), de los cuales el Lago Titicaca es el más importante para el desarrollo de la acuicultura. La producción anual de trucha el año 2022 fue



34 mil toneladas a nivel regional y la producción anual de trucha el año 2022 fue 52 mil toneladas a nivel nacional (Gobierno Regional Puno, 2022).

El Departamento de Puno es el principal productor de truchas del Perú. Desde 2007, el Valor Agregado Bruto o VAB de la pesca y la acuicultura en la región se ha incrementado en un 150 %. Se informó que este aumento fue de 42.3 millones de soles durante un período de 7 años. Debido a los altos márgenes de ganancia asociados con la industria del cultivo de truchas, muchas personas que viven cerca de lagos y ríos se han interesado en este sector. Actualmente, la industria se encuentra en expansión, lo que obliga a entender cómo operan los criaderos de truchas en la región de Puno. Esto se debe a que es necesario crear programas específicos de desarrollo de la acuicultura (AquaHoy, 2018).

La trucha arcoíris es un pez de agua dulce y agua fría muy popular en los países latinoamericanos. Pertenece a la familia Salmonidae, que también incluye al salmón, y existe desde la antigüedad. Según un estudio, este pez se puede encontrar en el Océano Pacífico de América del Norte: Canadá y Estados Unidos. Como resultado de su popularidad y cultivo a nivel mundial, este pez tiene muchos beneficios, como poder ser mantenido en cautiverio (Szczepański et al., 2022).

Las truchas necesitan alrededor de un 40 % de proteína cuando son jóvenes. La forma más confiable de obtener esta información es a través de la harina de pescado. También pueden obtener energía de las grasas y los carbohidratos. Al alimentarlos, es imperativo que las necesidades nutricionales de las truchas no cumplan con parámetros de calidad específicos, como el sabor. Esto se debe a que principalmente cazan criaturas acuáticas e insectos que flotan en el

agua. Además de estos, ocasionalmente comerán plantas que crecen en el agua (Chillo, 2022).

El nombre "trucha arcoíris" proviene de las rayas iridiscentes de color azul violeta, rosa, cobre y negro en su espalda. El pez tiene un color verde oliva más claro en sus flancos. Este colorido pez refleja la luz de manera similar a un arcoíris. El cuerpo es largo y en forma de torpedo. Tiene dos aletas dorsales colocadas de derecha a izquierda, una aleta caudal colocada más caudalmente, una aleta anal y dos aletas ventral y pectoral (Montoya (2019).

Tabla 1

Clasificación taxonómica de la trucha arcoíris

Reino:	Animalia
Clase:	Osteichthyes
Orden:	Salmoniformes
Familia:	Salmonidae
Género:	Oncorhynchus
Especie:	O. mykiss
Nombre común:	Trucha arcoíris

Fuente: Montoya (2019).

2.2.2. Caracterización de la trucha

Dhamotharan et al. (2018) analiza que la trucha es una especie de pez que vive en aguas tranquilas, migran río arriba para obtener oxígeno y reproducirse. Sin embargo, también se pueden mantener en cautiverio. Cada etapa de su ciclo de vida requiere diferentes ambientes juveniles, de engorde, etc. que son requeridos por todas las especies de salmónidos. Esta especie de pez crece rápidamente y puede adaptarse a una amplia gama de temperaturas, de 5 a 27



grados centígrados. Suelen estar expuestos a 19 grados centígrados, el nivel de pH más apropiado para su desarrollo es 7.

Fečkaninová et al. (2019) enfatiza que la trucha arcoíris crece entre 30 y 50 centímetros de longitud. Durante su etapa final de engorde, pueden crecer entre 6 y 12 meses. Una trucha arcoíris tarda aproximadamente 6 meses en engordar por completo; sin embargo, puede tomar hasta 12 meses. También se menciona que la temperatura oscila entre 5 y 27 grados centígrados para la adaptación; sin embargo, el rango ideal es entre 16 y 19 grados centígrados. La trucha arco iris también se reproduce sexualmente mediante la producción de huevos. Otra consideración al aumentar el número de truchas son las propiedades oscurecedoras del agua. Los altos niveles de turbidez impiden la difusión adecuada de oxígeno en el agua. Esto provoca un crecimiento deformado de los alevines y un desarrollo limitado de los peces. Además, los altos niveles de turbidez pueden resultar de la vida vegetal o los sedimentos en el agua.

Oh et al. (2019) indica que, para asegurar la mejor calidad posible de su pescado, los pescadores utilizan un proceso de clasificación que involucra peso y tamaño. Al hacer esto, pueden asegurarse de que cada pez reciba una dieta adecuada. El canibalismo de peces también es una opción para los pescadores más selectivos. Una forma de evitar el canibalismo es utilizar métodos como redes y cajas para separar los peces según su tamaño. Otra opción es el uso de clasificadores flotantes en los que las máquinas automatizadas pueden clasificar el pescado por peso y tamaño. Alternativamente, los humanos también pueden clasificar los peces por tamaño con herramientas calibradas.

Rahimi et al. (2022) manifiestan que las truchas pueden cazar principalmente organismos acuáticos. Ocasionalmente caza insectos flotantes y vegetación. La trucha requiere un 40 % de proteína cuando se encuentran en las primeras etapas de desarrollo. Para encontrar esto, busque harina de pescado en las dietas para peces. Genera energía suplementaria incorporando grasas y carbohidratos en su dieta.

Chillo (2022). Para minimizar el daño ambiental, la gente está buscando un alimento que ayude a las truchas a reducir su producción de desechos. Esto se debe a que la harina es el principal componente necesario para cumplir con este requisito.

2.2.3. Requerimientos de desarrollo de la trucha

La madurez sexual, el peso y el tamaño afectan los parámetros requeridos de la trucha. Además, el oxígeno y la temperatura deben medirse y rastrearse por separado (AquaHoy, 2018).

La Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) indica que durante la etapa de crecimiento las truchas requieren ciertos parámetros en el agua, los rangos y nivel óptimo se aprecian en la tabla 1.

Tabla 2

Parámetros fisicoquímicos del agua adecuadas para el desarrollo de la trucha.

Parámetro	Rango	Óptimo
Oxígeno (ppm)	7.5 a 12	8.5
Temperatura (°C)	13 a 18	15
pH	6.5 a 8.5	7

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (2014)

La densidad de siembra también es otro factor importante a considerar y dependerá del tamaño de los peces y la forma del estanque, entre más grandes los alevines se colocarán menos por m^3 en el estanque y viceversa (Montoya, 2019).

En la tabla 3 se observa el número máximo de alevines que se deben instalar por m^3 para tres longitudes diferentes de alevines.

Tabla 3

Tamaño de alevines y número por metro cubico, en relación con el tamaño del estanque.

Longitud de alevines, cm	Número máximo por m^3	
	Estanques circulares	Estanques rectangulares
3	7500	-
4	4600	2300
5	3400	1700

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2014)

En relación con el caudal requerido para los estanques de alevines, este varía dependiendo del tamaño de los alevines y la temperatura del agua. Sin embargo, el caudal necesario en litros por minuto para 2000 alevines de distintos tamaños y a diferentes temperaturas se resume en la tabla 4, teniendo en cuenta temperaturas de $5^{\circ}C$ a $18^{\circ}C$. (Watanabe, 2002)

Tabla 4

Caudal mínimo (l/min) necesario para 2000 alevines de distintos tamaños y manejados a diferentes temperaturas del agua.

Longitud de alevines, cm	Temperaturas			
	5°C	10°C	15°C	18°C
3	1	1.4	2.6	3
4	2	4.8	5.6	6
5	3.6	5.2	8	11

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2014)

La trucha arcoíris se alimenta de insectos, crustáceos y peces pequeños. Es una especie abundante en todo el mundo y no tiene un estatus de protección especial, el tipo de alimento considerado es la migaja gruesa y el engorde en diferentes proporciones (Jo et al., 2018)

Tabla 5

Tipos de alimento y tamaño del granulo para diferentes pesos y tamaños de las truchas arcoíris.

Tipo de alimento	Granulometría (mm)	Peso de trucha (g)	Dimensión de la trucha (cm)	Ración por día (kg)
Migaja gruesa	2.0 a 3.0	4.8 a 10.8	6.0 a 10.0	8
Engorde 3/32	2.4	10.8 a 27.7	10.0 a 13.0	6
Engorde 1/8	3.2	27.7 a 62.38	13.0 a 17.0	4
Engorde 5/32	4	62.38 a 168	17.0 a 24.0	4
Engorde 3/16	4.8	168 a 465	24.0 a 30.0	2

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2014)

Los costos de producción más bajos y una nutrición más efectiva llevaron a investigaciones que muestran que la trucha arcoíris necesita fuentes alternativas de alimentos (Watanabe, 2002)

Los suministros diarios de alimentos para truchas son muy importantes para cada etapa de crecimiento, considerando que, para cada etapa, el alimento genera un porcentaje de su peso vivo (Mori et al., 2023)

Tabla 6

Suministro diario de alimento para las diferentes etapas de desarrollo de las truchas.

Etapa	Alimento con respecto al peso vivo, %	Frecuencia
Cría	7	5 a 7 veces
Pre-engorde	4	3 a 4 veces
Engorde	3 a 4	2 veces
Reproductores	2	1 vez

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2014).

2.2.4. Alimentación alternativa y orgánica de trucha arcoíris

La alimentación semiorgánica consiste en agregar vegetales o productos derivados de vegetales orgánicos a una porción de la dieta balanceada necesaria. Esto ayuda a proporcionar los nutrientes adecuados para cada animal específico, reduce los costos y aumenta la calidad de la carne (Abraham et al., 2019).

Los lupinos se utilizan principalmente como forraje y cultivos alimentarios, y algunas especies también se utilizan como ornamentales. Son tradicionalmente parte de la dieta humana principalmente en la región mediterránea y en las tierras altas andinas de América del Sur, aunque este uso es limitado (solo el 4% de la producción mundial). Sin embargo, informes recientes sobre las propiedades nutricionales de los lupinos han mejorado su uso en una variedad de alimentos funcionales. Además, los lupinos como leguminosas fijan nitrógeno atmosférico, lo que contribuye a mejorar la fertilidad del suelo y también los rendimientos de los cultivos posteriores en los sistemas de rotación.



El valor comercial de los lupinos se basa principalmente en la producción de semillas de lupino como alimento para el ganado rumiante y monogástrico, así como para la acuicultura (Jo et al., 2018)

La tarea principal del cultivo comercial de truchas es el cultivo de peces en el menor tiempo posible con costos mínimos. Uno de los principales factores que afectan el rápido crecimiento de los peces es el mantenimiento de condiciones óptimas de crecimiento y el valor total de la alimentación. La urgencia obvia del problema de la reproducción intensiva de las poblaciones naturales de peces salmónidos provoca la necesidad de mejorar la tecnología de su cría y cultivo con el uso de alimentos compuestos completos y medios técnicos modernos de producción (Rahimi et al., 2022)

La proteína vegetal en comparación con la proteína animal se digiere un poco peor en la trucha, sin embargo, el menor costo del alimento se debe al uso de estas proteínas, en comparación con los alimentos que incluyen proteína animal en su dieta, por lo que el uso de alimentos compuestos con la proteína vegetal de lupino está justificado. El uso de lupino sin cáscara permite sustituir en mayor volumen a los alimentos ricos en proteínas para animales. Permite reducir el costo de los piensos completos, aumentar el beneficio y la rentabilidad de su producción (Gaponov et al., 2022).

2.2.5. Aminoácidos de origen industrial

Los aminoácidos son moléculas simples de bajo peso molecular, constituidas por cadenas hidrocarbonadas con un grupo amino (NH_2) y un grupo ácido (COOH). Todos los aminoácidos, a excepción de la glicina, presentan isomería óptica y, por tanto, pueden presentarse en sus dos formas



estereoisómeras: D y L. En las proteínas de origen animal sólo se presenta la forma L. Sin embargo, en ciertos casos y previa transformación a la forma L correspondiente, el animal dispone de enzimas capaces de utilizar la forma D. Así, para la metionina (Met), ambas formas son igualmente disponibles. Para el triptófano (Trp), la equivalencia es alta (90-100%) en porcino, pero sólo del 55 al 85% en aves. Por contra, los isómeros D de la lisina (Lys) y treonina (Thr) no son biológicamente activos, por lo que no tienen valor nutricional alguno para el animal. Los aminoácidos sus sales y análogos se clasifican dentro de la categoría de los aditivos nutricionales en un grupo funcional independiente (3c) según el Reglamento (CE) 1831/2003. Lys, Met, Thr, Trp, valina (Val), isoleucina (Ile), arginina (Arg) e histidina (His) son los aminoácidos de síntesis actualmente disponibles para la fabricación de piensos (AquaHoy, 2018).

a) Lisina

Aminoácido esencial no sintetizado por el organismo. Principal aminoácido limitante en cerdos y, segundo, en aves. Gránulos de color amarillo claro. 98.5% de L-Lisina HCl min.

La Lys es altamente higroscópica lo que limita su uso en forma pura en fabricación de alimentos. En el mercado está disponible la L-Lys sólida pura (CE 3.2.1) aunque su comercialización es muy limitada en la práctica. La forma monoclóhidrato (CE 3.2.3) es una de las fuentes más utilizada en fabricación de alimentos compuestos. Se obtiene mediante fermentación oxidativa de microorganismos sobre un sustrato hidrocarbonado (azúcar, almidón, melazas, etc) en presencia de una fuente de nitrógeno (sales amónicas, amoníaco, hidrolizados proteicos, etc). El producto comercial tiene una pureza mínima del



98.5 %, con un 78 % de Lys y un 19-20% de Cl. Otras formas disponibles son los concentrados líquidos, tal como la Lys-50, que se obtiene mediante un proceso similar al del clorhidrato. Este producto es fácil de manejar y no aporta Cl. También se encuentra disponible la Lys en forma de sulfato (CE 3.2.5), bien en forma líquida o en forma sólida, que se obtiene mediante procesos de fermentación a partir de *Corynebacterium glutamicum*. Las formas líquidas contienen un 25 % y las sólidas un 50 % de Lys. Al obtenerse por fermentación, ambos productos contienen además de Lys otros nutrientes de interés, entre los que se incluyen cantidades apreciables de aminoácidos indispensables (Rahimi et al., 2022)

b) Metionina

Aminoácido esencial no sintetizado por el organismo que actúa como un antioxidante natural. Principal aminoácido limitante en aves y, segundo, en cerdos. Polvo fino de color blanco a blanco crema. 99% de DL-Metionina mín.

La Met se comercializa actualmente en dos formas: DL-Met (CE 3.1.1) y análogo hidroxilado de la Met (CE 3.1.6) (ácido 2-hidroxi-4-metilmercapto butírico ó HMB ó ácido DL-2-hidroxi-4-metiltiobutanoico ó MHA). A partir del hidroxianálogo de Met se obtiene y comercializa la sal cálcica correspondiente (CE 3.1.7). La DL-Met se obtiene mediante síntesis química a partir de propileno, metiltiol, metano y amoníaco. El producto comercial sólido tiene una riqueza en Met superior al 99 %, y el líquido (sal sódica; CE 3.1.4), menos utilizado por la industria, contiene un 40 % de Met y un 6.2 % de Na (Vergara et al., 2005).



c) **Triptófano**

Aminoácido esencial no sintetizado por el organismo. Precursor de algunos metabólicos importantes que pueden afectar la regulación del consumo de alimentos y comportamiento. Polvo cristalino de color blanco o amarillo. 98 % de L-Triptófano mín.

El L-Trp (CE 3.4.1) se obtiene mediante fermentación a partir de substratos de glucosa y otros hidratos de carbono. La riqueza del producto comercial es del 98 % con un equivalente en proteína bruta del 85 %. La síntesis química se realiza a partir del éster acetaminomalonico y de la fenilhidracina pero esta reacción produce DL-Trp, de menor disponibilidad en monogástricos y por tanto, de escaso uso en alimentación animal (Wang et al., 2012).

d) **Treonina**

Aminoácido esencial no sintetizado por el organismo. Se expende en forma de polvo granular de color blanco y contiene un 98.5 % de L-Treonina como mínimo.

La L-Thr (CE 3.3.1) se obtiene generalmente mediante procesos de fermentación, aunque también se puede obtener por aislamiento a partir de hidrolizados proteicos para uso farmacéutico. El producto comercial para alimentos tiene una riqueza mínima del 98.5 % y un equivalente en proteína bruta en torno al 73-74 % (Dhamotharan, 2018)



e) Valina

Es el más reciente aminoácido industrial utilizado en nutrición animal. Mejora la conversión alimenticia. Se presenta en forma de polvo cristalino de color blanco y contiene un 98 % de L-Valina como mínimo.

La L-Val (CE 3.7.1; $C_5H_{11}NO_2$) se obtiene mediante proceso de fermentación aerobio a partir de una cepa no patógena de *Escherichia coli* genéticamente modificada (K-12 AG314 FERM ABP-10640). Se expende con una pureza mínima del 98 % y un equivalente proteico del 73.3 % (Imanpour et al., 2013).

2.2.6. Lupino

El lupino, corresponde a un conjunto de plantas del género *Lupinus* de la familia Leguminosae, subfamilia Papinoloideae. Los primeros lupinos introducidos al país fueron *Lupinus angustifolius*, de flor azul, amargos y dehiscentes que son utilizados como abono verde en las viñas a partir de los inicios del siglo pasado. En 1949 se da comienzo a la introducción de Lupino blanco de flor blanca (*Lupinus albus*), introducido como forraje animal y de flor amarilla (*Lupinus luteus*), ambas especies dulces o de bajo contenido de alcaloides (componente que le confiere el característico sabor amargo). Para fines forrajeros. Los mayores potenciales se observan en torno a la industria salmonera (Andina, 2021).

El género lupino se caracteriza por poseer normalmente crecimiento indeterminado, es decir, poseen escalonamiento en floración y producción de vainas, pudiendo tener al mismo tiempo vainas formadas, inflorescencias en plena floración y botones florales. Esto dificulta los diversos manejos culturales,



principalmente una cosecha homogénea y pareja. Gracias a las hibridaciones con mutantes determinadas, últimamente se han logrado variedades de crecimiento determinado y madurez pareja (Gulisano et al., 2019).

2.2.7. La harina de lupino en la producción de alimentos para salmónidos

La harina de lupino dulce (*Lupinus albus*) es una excelente alternativa como complemento nutritivo, ha sido empleada con éxito en alimentación humana y también en la acuicultura en países como Australia, Rusia y Alemania. No obstante, en el ámbito de la acuicultura nacional, existe limitada información disponible sobre experiencias desarrolladas en el país (Weiss et al., 2021).

2.2.8. Producción de lupino en el mundo

La superficie en producción es de aproximadamente en 1.4 a 1.5 millones de hectáreas a nivel mundial, de las cuales Australia concentra un 90 %. El 10 % restante se reparte en más de 20 países. de los cuales sólo tres superan el 1 % de la superficie mundial: Polonia (1.9 a 3.3%), Chile (1.1 a 1.2 %) y España (1.0 a 1.2 %) (Chillo, 2022).

El potencial de mercado del lupino dulce se aprecia interesante y fundamentalmente dependiente del grado en que sea capaz de sustituir a la soya como fuente proteica. Las proyecciones indican una oferta estabilizada de las principales fuentes de proteína animal y ha sido la soya y sus derivados los que lo han ido sustituyendo crecientemente, quedando el lupino como una opción presente (Gaponov, 2021).



2.2.9. El lupino como alimento

El contenido de proteína de lupino es equivalente al de la soja en términos de aminoácidos, aparte de los contenidos más bajos de lisina y metionina. Esto se debe a la ausencia de fitoestrógenos inhibidores del crecimiento que se encuentran en el salvado de soja y los inhibidores anti nutricionales de la tripsina. También tiene una mayor proporción de ácidos grasos que la soja, lo que contribuye a su versatilidad como suplemento. Su alto contenido proteico y sus beneficios económicos han llevado a su uso en dietas para cerdos, pollos de engorde y otros monogástricos. Esto también es cierto para los rumiantes; los lupinos son buenos suplementos para vacas que producen altos volúmenes de leche. Otros animales, como el novillo, también pueden beneficiarse del lupino como suplemento (Jo et al., 2018).

Cinco empresas controlan la industria de piensos de lupino, que mueve más de 600.000 toneladas de pienso cada año. Se ha demostrado al menos experimentalmente que el lupino es una fuente de proteína. Como resultado de esta incursión en la industria del salmón, las personas pueden esperar un futuro más prometedor para esta materia prima (Singla et al., 2021).

2.2.10. Criterios de calidad de harinas empleadas en la producción de alimentos artificiales para truchas y salmones

Cada empresa que fabrica alimentos para peces tiene criterios específicos para seleccionar sus ingredientes. Estos criterios varían según las características físicas deseadas del producto terminado y su mercado previsto (Fadaeifard et al., 2013). Independientemente de su procedencia, cualquier especie destinada a la acuicultura debe incluir los siguientes criterios a la hora de formar su alimentación



- El valor nutricional de las harinas se mide por el nivel de proteínas, carbohidratos, lípidos y humedad de las cenizas. También se mide por la cantidad de fibras en la harina. Además, se mide y muestra la composición o el perfil de aminoácidos de las harinas. Por último, se calcula y se muestra la ingesta de energía de la harina.
- Las proteínas necesitan ácidos grasos y aminoácidos específicos para ser consideradas de alta calidad. Estos dos factores dictan cuánto de cada uno está contenido en una proteína.
- No hay microorganismos presentes.
- La disponibilidad de material en el mercado, la cantidad y la consistencia de la oferta son importantes.

Precio.

La harina de pescado es una fuente clave de proteínas. Pero se puede reemplazar con otras harinas relacionadas con animales y vegetales, hasta un 15 % de cada una. Algunas harinas vegetales populares son la harina de soja o el salvado de trigo. Otra harina popular relacionada con vegetales es el gluten de maíz. Los peces necesitan proporciones específicas de aminoácidos en la proteína que comen. Las fuentes comestibles de origen animal o vegetal deben tener estos aminoácidos esenciales, como los que se obtienen a partir de la harina de trigo y harina de lupino (Baer et al., 2017).

La producción de harina de pescado viene determinada por el nivel de recursos disponibles, concentrándose en la explotación de un pequeño número de especies, por consiguiente, es dependiente de su comportamiento. Este tipo de



producción trae consigo un tipo de mercado muy inestable, con unas disponibilidades y precios fluctuantes entre un año y otro (Rahimi et al., 2022)

CAPÍTULO III

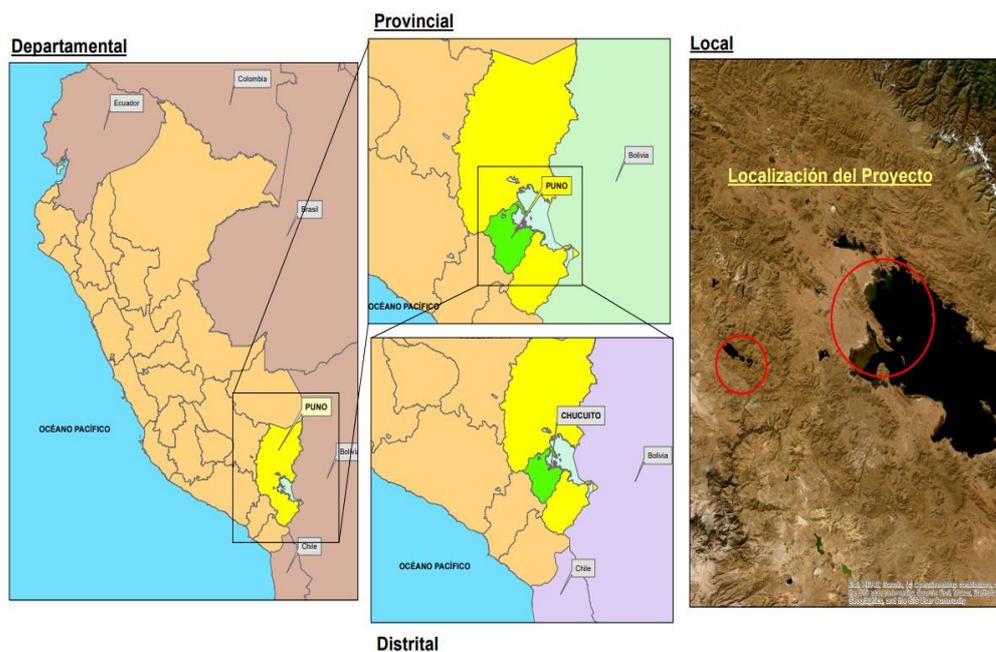
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE ESTUDIO

El experimento se realizó en el Centro de investigación y Producción de Chucuito de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano, ubicado en la zona Barco de la bahía de Chucuito, ubicado en el Departamento de Puno, en la vertiente oriental de la cordillera de los andes, con su Capital Chucuito que se ubica entre la coordenada 14°04'07'' de latitud sur y 70°25'53'' longitud oeste, teniendo entre sus puntos esenciales al Lago Titicaca, ubicándose entre la zona compartida por Perú y Bolivia a 3812 m de altitud. La zona tiene una profundidad entre 34 a 36 m conforme sus coordenadas geográficas referidas en DATUM WGS 84.

Figura 1

Ubicación del lugar donde se desarrolló la investigación.



Fuente: Google Maps (2022)



3.1. MATERIALES DE ESTUDIO

3.1.1. Instalaciones de cultivo

El experimento se realizó en un sistema de jaulas flotantes de confinamiento semisumergidas. Se utilizó dos estructuras cuadradas rígidas de 5 m por 5 m. de longitud las cuales estaban sostenidas en los extremos con flotadores en las 8 esquinas. Se acondicionaron y colocaron 24 mini jaulas de cultivo de truchas en jaulas flotadores.

Para el cultivo de truchas, las bolsas pequeñas miden 1.20 x 1.20 x 1.60 m. Sostienen jaulas flotantes para peces de 1.20 metros de alto y 1.60 metros de largo que contienen cuerda de $\frac{3}{4}$ de pulgada y malla de alambre 210 alquitranada, la cual se instaló en las estructuras rígidas de 5x5 m, para posteriormente sembrar las truchas juveniles.

3.1.2. Animales

Las truchas utilizadas para el experimento fueron provenientes de un criadero comercial de la zona Barco. Los criterios de inclusión fueron de peces aparentemente sanos y con buena conformación corporal que requiere el experimento, criterios de exclusión fueron peces con algún tipo de malformación y deficiencia de peso vivo.

Para el experimento 1 se utilizaron 360 truchas con 121 ± 3.38 g de peso vivo, 22.5 ± 0.35 cm de longitud total y 1.06 ± 0.03 de índice de condición corporal. Mientras que para el experimento 2 se tuvieron 300 truchas con 212.3 ± 2.32 g de peso vivo, 27.1 ± 0.23 cm de longitud total y 1.07 ± 0.02 de índice de condición corporal. Ambos experimentos se realizaron paralelamente durante los 80 días.

3.1.3. Material biológico

Alimentos experimentales

En la elaboración de los alimentos se utilizaron materias primas adquiridas del mercado local. Todas ellas son de uso común en la alimentación de truchas. Sin embargo, para el reemplazo de la proteína de la harina de pescado se utilizó harina de lupino desamargado, cocido y descascarillado.

Tabla 7

*Procedimiento de desarrollo-cocido descascarillado del *Lupinus mutabilis**

Paso	Actividad	Descripción
1	Cocción	2 L de agua salina 0.5% kg de grano hidratado y cocción a 85-90 °C durante 90 min (elimina 75-80% alcaloides y un pH de 4.5)
2	Lavado	Colocar el tarwi cocido (bolsas de algodón) en tinas con agua salina 0.5% (cambiar el agua salina 3 veces/ día y durante 2 días y continuar con el lavado de agua sola 3 veces/ día y durante 2 días más)
3	Descascarillado	Eliminar la cáscara grano de forma manual
4	Secado	60 °C durante 10 hrs.
5	Molienda	Molino de martillos, obtención de harina
6	Análisis proximal	Análisis de MS, PB, EE, CH, FC y cenizas
7	Formulación de raciones	Análisis del nivel de reemplazo de la harina de pescado

MS (materia seca), PB (proteína bruta), EE (Extracto etéreo), CH (carbohidratos) y FC (fibra cruda)

Fuente: Carvajal et al (2013), modificado por Marín S. y Aranibar MJ (2022)



3.1.4. Materiales para la obtención de datos biométricos

- **Materiales**

Durante la realización de la biometría, las truchas fueron manipuladas bajo los efectos de la anestesia en solución (Eugenol[®]) en un depósito de agua y todo el trabajo se realizó sobre un bote.

- Bolsas herméticas ziploc de 1 kg: Bolsa usada como recipiente de pesaje para las raciones diarias para las truchas, estas bolsas fueron debidamente rotuladas previa a su utilización.
- Cuaderno de apuntes para poder anotar los datos obtenidos durante las biometrías programadas.
- Marcadores (plumón de tinta indeleble) para la rotulación de las muestras.
- 3 baldes grandes de 20 litros para recolección de agua.
- 2 lavadores grandes de 50 litros para la sedación de las truchas arco iris.
- Vernier para la medición de gaping. Instrumento para medir longitudes que permite lecturas en milímetros y en fracciones de pulgada, a través de una escala llamada Nonio o Vernier. Está compuesto por una regla fija que es donde están graduadas las escalas de medición ya sea en milímetros, en pulgadas o mixtas.
- Regla SalmoFan[™] Lineal mide el grado de pigmentación de los filetes deben colocarse sobre la carne del salmón y observarse verticalmente.
- Cámara fotográfica para el registro de imagen en cada tratamiento.



- **Equipos**
 - Se utilizó un ictiometro para determinar la longitud de las truchas, graduado de 30 cm con divisiones de 0.5 cm.
 - Balanza mecánica x 20 kg Boeco®. Sirvió para pesar el agua al igual que las truchas.
 - Balanza digital x 1000g/1g, Boeco® fue utilizada para determinar las cantidades de alimento a distribuir a las truchas.
 - Refrigerador fue utilizado para congelar el filete de trucha para posteriormente medir gaping.

3.1.5. Dietas en prueba

Antes de realizar la formulación de las raciones las principales materias primas que iban a ser incluidas en las raciones experimentales, fueron analizadas para determinar su composición proximal en un laboratorio acreditado (Laboratorios Bhios Lab). En la tabla 8 se puede apreciar la composición proximal de las materias primas utilizadas en las dietas experimentales.

Tabla 8

Composición proximal de las materias primas utilizadas en las dietas experimentales (en % MS)

Contenido	Harina de pescado estándar	Harina de soya	Harina de Lupino descascari llado	Harina de trigo	Afrechillo de trigo
Humedad, %	7.73	12.0	6.97	14.1	11.51
Proteína cruda, %	63.01	46.25	50.46	12.42	17.23
Grasa bruta, %	7.33	1.60	29.57	0.94	4.5
Carbohidratos, %	2.01	33.56	11.22	71.97	62.73
Fibra cruda, %	2.02	3.56	2.35	0.55	6.67
Cenizas, %	19.92	6.59	1.65	0.57	4.03
Energía kcal/100 g	326.05	333.64	514.02	346.02	360.34

Laboratorios Bhios Lab (2022). <https://bhioslabs.com/>

El contenido de proteína de la harina de pescado estándar fue de 63.01% comparado al 50.46% de proteína de la harina de lupino cocido y descascarillado. Respecto a la energía bruta, la harina de pescado tuvo menos energía que la harina de lupino (326.05 y 514.02 Kcal/100 g, respectivamente), debido al menor contenido de grasa bruta de la harina de pescado (7.33 y 29.57 %, respectivamente).

Seguidamente y para cumplir el objetivo del estudio; se formuló las raciones con apoyo del software AEZO FD-II (PUC Chile). En el programa se ingresó el requerimiento nutricional de Energía Digestible, Proteína bruta, Extracto Etéreo, Carbohidratos, Fibra cruda, Calcio, Fosforo total, Lisina, Metionina, Triptófano, Treonina y Valina. Para las etapas de crecimiento y engorde de acuerdo a las referencias bibliográficas y estudios anteriores, y teniendo en cuenta la norma técnica peruana NTP 209, 255-2009.



La proteína de harina de pescado fue reemplazada parcialmente por proteína de harina de lupino descascarillado en niveles de 0 %, 25 %, 50 % y 75 %. A las raciones con niveles altos de lupino se adicionó aminoácidos sintéticos para corregir las deficiencias en aminoácidos. Tanto la composición como el contenido de nutrientes para las dietas para los experimentos 1 y 2 se encuentran en las tablas 9 y 10, respectivamente.

Las raciones de crecimiento fueron formuladas para contener 4200 kcal de ED por kg, 39 % de proteína bruta y 2.7% de lisina. Mientras que las raciones de engorde tenían 4300 kcal de ED por kg, 38 % de proteína bruta y 2.5% de lisina.

La extrusión de las dietas se realizó a 3 mm para crecimiento y a 5 mm de diámetro para engorde. Todas las dietas experimentales contenían Carophyll Pink de DSM a una dosis 0.1%. Después de la extrusión, las dietas experimentales fueron secadas y conservadas hasta su utilización durante el experimento.

Tabla 9

Composición y contenido de nutrientes de las dietas experimentales para truchas en crecimiento (experimento 1)

Ingredientes	Nivel de inclusión de harina de lupino %			
	0	25	50	75
Harina de pescado	46.70	35.00	23.40	11.70
Harina de soya	15.00	19.00	24.00	28.00
Harina de lupino	0.00	11.70	23.40	35.00
Harina trigo	14.75	11.30	7.02	4.08
Afrechillo trigo	9.00	8.07	6.00	3.00
Aceite de pescado	7.00	7.00	7.00	7.10
Aceite de soya	7.00	7.00	7.00	7.10
Carophyll pink DSM	0.10	0.10	0.10	0.10
Fosbic	0.00	0.00	0.75	2.10
Lisina	0.00	0.10	0.30	0.50
Metionina	0.15	0.30	0.45	0.60
Triptófano	0.00	0.05	0.08	0.10
Treonina	0.00	0.05	0.10	0.15
Valina	0.00	0.03	0.10	0.17
Premezcla vit+min ¹	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Costo: soles /kg	5.62	6.00	6.42	6.88
<i>Nutrientes calculados</i>				
Energía Digestible, Kcal/kg	4198	4201	4204	4195
Proteína bruta, %	39.8	39.5	39.6	39.0
Extracto Etéreo, %	19.1	21.4	23.7	26.1
Carbohidratos, %	22.3	21.7	20.0	18.4
Fibra cruda, %	2.16	2.42	2.63	2.75
Calcio, %	1.81	1.42	1.23	1.18
Fosforo total, %	1.35	1.13	1.04	1.05
Lisina, %	2.75	2.66	2.69	2.68
Metionina, %	1.07	1.09	1.11	1.12
Triptófano, %	0.42	0.45	0.46	0.46
Treonina, %	1.60	1.60	1.62	1.61
Valina, %	1.94	1.90	1.91	1.90

¹DSM Acuacultura Premezcla. Cada kg de alimento contenía vitaminas A = 14,000 UI, D3 = 2800 UI, E = 140 UI, K3 = 8 mg, B1 (tiamina) = 18 mg, B2 (riboflavina) = 20 mg, Nicotinamida = 150 mg, ácido pantoténico = 50 mg, B6 (piridoxina) = 15 mg, biotina = 0.8 mg, ácido fólico = 4 mg, C (ácido ascórbico) = 600 mg, B12 (cianocobalamina) = 0.03 mg, colina = 600 mg, y Minerales: manganeso = 40 mg, hierro = 20 mg, zinc = 20 mg, cobre 1.5 mg, iodo = 1.5 mg, selenio = 0.3 mg, cobalto = 0.15mg, BHT (butyl hydroxytolueno) = 120 mg.

Tabla 10

Composición y contenido de micronutrientes de las dietas experimentales para truchas en engorde (experimento 2)

Ingredientes	Nivel de inclusión de harina de lupino %			
	0	25	50	75
Harina de pescado	42.50	31.90	21.30	10.60
Harina de soya	17.00	21.00	26.00	30.00
Harina de lupino	0.00	10.60	21.30	31.90
Harina trigo	13.00	10.00	6.90	3.00
Afrechillo trigo	9.82	8.55	5.3	3.67
Aceite de pescado	8.50	8.50	8.50	8.50
Aceite de soya	8.50	8.50	8.50	8.50
Carophyll pink DSM	0.10	0.10	0.10	0.10
Fosbic	0.00	0.00	0.75	2.10
Lisina	0.05	0.10	0.25	0.40
Metionina	0.20	0.35	0.45	0.60
Triptófano	0.03	0.05	0.08	0.10
Treonina	0.10	0.15	0.20	0.25
Valina	0.00	0.00	0.04	0.08
Premezcla vit+min ¹	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Costo: soles /kg	5.59	5.70	5.85	6.01
Nutrientes calculados				
Energía Digestible, Kcal/kg	4333	4344	4357	4335
Proteína bruta, %	37.9	37.9	38.0	37.7
Extracto Etéreo, %	21.7	23.8	25.9	27.9
Carbohidratos, %	22.1	21.4	19.9	18.3
Fibra cruda, %	2.19	2.41	2.54	2.72
Calcio, %	1.66	1.31	1.15	1.14
Fosforo total, %	1.26	1.06	0.98	1.02
Lisina, %	2.65	2.54	2.54	2.52
Metionina, %	1.07	1.09	1.08	1.10
Triptófano, %	0.43	0.44	0.45	0.46
Treonina, %	1.62	1.64	1.66	1.67
Valina, %	1.85	1.79	1.79	1.76

¹DSM Acuicultura Premezcla. Cada kg de alimento contenía vitaminas A = 14,000 UI, D3 = 2800 UI, E = 140 UI, K3 = 8 mg, B1 (tiamina) = 18 mg, B2 (riboflavina) = 20 mg, Nicotinamida = 150 mg, ácido pantoténico = 50 mg, B6 (piridoxina) = 15 mg, biotina = 0.8 mg, ácido fólico = 4 mg, C (ácido ascórbico) = 600 mg, B12 (cianocobalamina) = 0.03 mg, colina = 600 mg; y Minerales: manganeso = 40 mg, hierro = 20 mg, zinc = 20 mg, cobre 1.5 mg, iodo = 1.5 mg, selenio = 0.3 mg, cobalto = 0.15mg, BHT (butyl hydroxytolueno) = 120 mg

3.2. METODOLOGÍA

3.2.1. Determinación de la ganancia de peso vivo

La ganancia de peso vivo fue determinada mediante la diferencia entre el peso vivo final y el peso vivo inicial. De cada jaula se tomaron 10 truchas de forma aleatoria, se pesaron y midieron individualmente y el resto de truchas se pesó en conjunto para obtener el promedio. Se utilizó una balanza de $2,000 \pm 0.5$ g; La ganancia de peso vivo de las truchas se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Ganancia de peso, \%} = [\text{Peso final, g} - \text{peso inicial, g}] \times 100$$

3.2.2. Consumo de alimento

El consumo de alimento se determinó en g/animal/día, mediante la aplicación de la tabla de alimentación de Klontz (1991) La tabla considera el peso y talla de las truchas con la temperatura del agua para determinar la cantidad de alimento que debe ser entregado cada día.

El alimento fue pesado diariamente en bolsas herméticas ziploc para cada jaula experimental, considerando el número de truchas en cada jaula. La alimentación fue realizada al voleo diariamente entre 8 y 10 am. La cantidad de alimento fue calculada según el peso corporal y temperatura del agua.

3.2.3. Índice de conversión alimenticia

La estimación de la conversión alimenticia en cada uno de los tratamientos, se realizó mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{Conversión alimenticia} = [\text{Consumo total de alimento, g} / \text{Ganancia de peso, g}]$$



3.2.4. Mortalidad

La mortalidad se refiere a las muertes sucedidas dentro de una población, se puede calcular obteniendo el resultado de la división entre número de truchas inicial y el número de truchas al final del experimento. La mortalidad fue registrada diariamente antes de realizar la alimentación respectiva a las truchas.

$$\text{Mortalidad, \%} = [N^{\circ} \text{ de truchas muertas} / \text{total de truchas}] \times 100$$

3.2.5. Rendimiento canal

Para determinar el rendimiento de canal se cosechó al azar tres truchas por jaula (12 por tratamiento). Para el rendimiento de canal es el cociente entre el peso de canal y el peso vivo, expresado en porcentajes. Para el cálculo del rendimiento de canal de utilizó la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento de canal, \%} = [\text{Peso de la Canal} / \text{Peso Final}] \times 100$$

3.2.6. Rendimiento filete

Para determinar el rendimiento de filete se cosechó al azar tres truchas por jaula (12 por tratamiento). Para obtener los pesos de los componentes de la trucha se pesó la trucha entera posteriormente se efectuó una disección completa, se pesó vísceras, riñón, cabeza con agallas, piel, hueso, cola y aletas la sumatoria de todas estas variables se restó al final posteriormente los valores de peso eviscerado y de filete, fueron empleados para obtener los rendimientos de filete. En el cálculo del rendimiento de filete de utilizó la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento en filete, \%} = [\text{Peso del filete, g} / \text{peso total de la trucha, g}] \times 100$$



3.2.7. Pigmentación muscular

Para determinar el grado de la pigmentación se cosechó al azar tres truchas por jaula (12 por tratamiento). Las truchas fueron evisceradas y se obtuvieron dos filetes por trucha (masa muscular derecha e izquierda) dejando el espinazo con la cabeza como residuo del procesamiento. Los filetes fueron pesados como filete total (sin recortes externos) y colocados sobre la mesa en orden por cada tratamiento y con ayuda de la Regla Salmofan® Lineal de DSM (tonalidades graduales y estandarizadas de color pálido = 20 a rojo intenso= 34) se procedió a determinar la pigmentación mediante evaluación visual, comparando las tonalidades graduales de la regla con el color de los filetes.

3.2.8. Gaping

Para determinar el gaping se cosechó al azar tres truchas por jaula (12 por tratamiento). El rendimiento de gaping, es el rendimiento de la calidad de musculo, una vez fileteado las truchas, exclusivamente los filetes son transportados y almacenados en un refrigerador a 0° c durante 24 horas, pasados las 24 horas se espera el descongelamiento de los filetes y se realiza la lectura de las grietas formadas por las separaciones de las fibras musculares con la ayuda de un vernier (en mm).



3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para ambos experimentos se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro tratamientos (0 %, 25 %, 50% y 75%) y 3 réplicas por tratamiento. Se consideró 30 truchas por replica (jaula) para crecimiento, mientras que para engorde se tuvo 25 truchas. Las variables respuesta fueron peso vivo inicial y final, incremento de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, rendimiento de canal, rendimiento en filete, gaping y pigmentación muscular. El análisis de datos fue realizado con ayuda del programa SAS, versión 9.4. En la comparación de medias se aplicó la prueba LSMeans ($p < 0.05$) por ser una prueba t que compara todas las medias una por una.

El Modelo aditivo lineal para el DCA fue:

$$Y_{ij} = \mu_i + T_j + e_{ij}$$

Y_{ij} = variable respuesta (peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, mortalidad, rendimiento de canal, filete, pigmentación y gaping)

μ_i = media poblacional

T_j = efecto del tratamiento (nivel de reemplazo)

e_{ij} = error experimental



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RENDIMIENTO PRODUCTIVO

En la Tabla 11 se aprecia los resultados del rendimiento productivo del *experimento 1*. Los promedios de las variables peso vivo inicial, peso vivo final, ganancia de peso vivo, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad para los cuatro tratamientos fueron ordenados en forma creciente por el nivel de inclusión.

4.1.1. Peso vivo

Como era de esperar el peso vivo final de las truchas no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$). El experimento duro 80 días y no se observaron diferencias significativas en el peso vivo por efecto de los niveles de inclusión de la proteína de la harina de lupino descascarillado en reemplazo de la proteína de la harina de pescado ($p > 0.05$).

Aunque es posible observar que el tratamiento T75, donde se reemplazó un 75 % la proteína de HP estándar por proteína de HL, se manifestó como una declinación en el peso vivo (305.5 g) y tuvo mayor variabilidad (± 58.01) en contraste con los otros niveles de inclusión. Sin embargo, los promedios de los tratamientos no fueron diferentes estadísticamente ($p > 0.05$). Estos resultados sugieren que el nivel de reemplazo óptimo podría estar alrededor del nivel de 50%, sin afectar los parámetros productivos de las truchas en la fase de crecimiento.

Tabla 11

Peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad de las truchas durante 80 días de crecimiento (experimento 1).

Tratamiento	Peso vivo inicial ¹ , g	Peso vivo final, g	Ganancia de peso vivo, g	Consumo de alimento, g	Índice de conversión alimenticia, 1:1	Mortalidad, %
T0	119.7 ±3.25	333.4 ±17.83	213.7 ±15.88	254.7 ±10.02	1.19 ±0.04	4.4 ±1.96
T25	120.5 ±2.70	336.5 ±31.18	216.0 ±28.79	250.3 ±24.11	1.16 ±0.06	5.6 ±1.96
T50	122.8 ±2.53	332.8 ±27.86	210.0 ±25.72	248.7 ±21.78	1.19 ±0.08	5.6 ±1.96
T75	121.1 ±5.04	305.5 ±58.01	184.4 ±56.50	219.0 ±47.62	1.21 ±0.13	4.4 ±1.96
<i>P</i>	0.744	0.716	0.680	0.468	0.604	0.802

¹Promedio y desviación estándar.

Tabla 12

Peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad de las truchas durante 80 días (experimento 2)

Tratamiento	Peso vivo		Ganancia de peso vivo, g	Consumo de alimento, g	Índice de conversión alimenticia, 1:1		Mortalidad, %
	inicial ¹ , g	final, g			peso vivo, g	alimento, g	
T0	212.4 ±3.12	573.1 ±39.26	360.7 ±36.15	449.0 ±59.03	1.24 ±0.08	4.0 ±0.00	
T25	212.9 ±0.87	556.6 ±35.93	343.6 ±36.53	435.3 ±59.08	1.27 ±0.10	5.3 ±2.31	
T50	210.6 ±2.44	528.6 ±56.66	318.0 ±58.42	395.0 ±27.50	1.26 ±0.17	5.3 ±2.31	
T75	213.3 ±2.59	475.2 ±75.46	261.9 ±74.48	354.7 ±78.05	1.37 ±0.09	6.7 ±2.31	
<i>P</i>	0.569	0.211	0.204	0.270	0.577	0.487	

¹Promedio y desviación estándar



Concordante con los resultados alcanzados en el presente estudio, un estudio realizado con salmónidos y utilizando alimentos que contenían harina de lupino (*Lupinus mutabilis*) como sustituto de la harina de pescado tuvo resultados exitosos según Hauler (2000). Este investigador demostró que una incorporación entre 40 % y 50 % de harina de semillas de lupino en las dietas de truchas arco iris, es considerado como el nivel máximo de inclusión en términos de crecimiento y digestibilidad de nutrientes. Según Wang (2012) una inclusión de harina de lupino por encima de este umbral causaría una reducción drástica en el crecimiento.

Probablemente la inclusión de aminoácidos esenciales adicionados a las raciones experimentales del presente estudio haya evitado la reducción en el crecimiento de las truchas. Ya que Hardy (2002) indica que al igual que otras proteínas vegetales, la inclusión de grandes cantidades de semillas de lupino en los alimentos para salmónidos puede afectar el crecimiento, la ingesta de alimento y la utilización de nutrientes dietético debido al bajo contenido de lisina y metionina.

Por otro lado, los resultados del rendimiento productivo del *experimento* 2, se muestran en la Tabla 12. En general, se puede apreciar también que los parámetros productivos como el peso vivo final, ganancia de peso vivo, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad no mostraron diferencias significativas por efecto del nivel de inclusión de harina de lupino descascarillado en reemplazo de la harina de pescado ($p > 0.05$).

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede apreciar al igual que en el *experimento* 1 los pesos vivos finales para los tratamientos T50 y T75 tendieron a



ser menores aritméticamente (528.6 ± 56.66 g y 475.2 ± 75.46 g, respectivamente) y con mayor variación. Lo cual es un indicativo de que las truchas fueron más desuniformes al final del experimento. Considerando que la desviación estándar al inicio del experimento fue menor a 3.5 g en todos los tratamientos. Estos resultados podrían estar relacionados a que durante la distribución diaria del alimento a las truchas se observó poca voracidad por el consumo de alimento, más que todo en las truchas que consumieron el nivel de T75.

Sin embargo, niveles de sustitución menores al 50% parecieran funcionar mejor. Esto fue demostrado por Román et al. (2016), quienes utilizaron 25% de harina de grano de lupino (*Lupinus albus*) para reemplazar la harina de pescado en dietas extruidas para truchas juveniles (*Oncorhynchus mykiss*) y concluyeron que el rendimiento productivo, la conversión alimenticia y la composición de canal no fueron afectadas.

Así mismo, estudios similares fueron reportados por Fanizza et al. (2023), ellos trabajaron con dietas que contenían proporciones diferentes de harina de pescado y harinas proteicas alternativas (*Lupinus mutabilis*) y encontraron que no hubo efecto sobre el peso vivo final de las truchas arco iris.

De forma parecida Hardy et al. (2018), utilizando proteínas unicelulares de *Methylobacterium extorquens* en reemplazo de proteína de soya de 5% y 10% no obtuvieron diferencias significativas en el rendimiento productivo entre los tratamientos.

4.1.2. Ganancia de peso

En el *experimento 1* se observó que la ganancia de peso vivo tuvo mayores valores en el tratamiento T25 con 216.0 g, mientras que, la menor ganancia de



peso fue 184.4 g para el tratamiento T75. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$). En el segundo experimento igualmente se observa una menor ganancia de peso vivo 261.9 g con tratamiento T75. La variabilidad también es un punto a acotar, observándose mayor variabilidad en la ganancia de peso en el experimento 2 (± 74.48) comparado con el experimento 1 (± 56.50) en el tratamiento T75.

De manera similar Baer et al. (2017), no observaron diferencias significativas entre dos niveles de reemplazo de la harina de pescado por un sustituto proteico (*Lupinus mutabilis*) en un 8% y 15%. Ellos lograron una ganancia de peso de 355.1 g y 362.6 g, respectivamente. Asimismo, estos niveles de reemplazo no ocasionaron una reducción en los parámetros productivos de las truchas. De la misma forma, Fiordelmondo et al. (2022) utilizando tres niveles (0% 14% y 28%) de harina de lenteja de agua (*Lemna minor*), encontraron que el nivel de 28% tuvo el menor peso vivo (177.6 g), es decir niveles de reemplazo cercanos al 28% afectan los parámetros productivos.

Entre tanto, Fiordelmondo et al. (2022) lograron crecimientos en truchas alimentadas con lupino, independientemente de su nivel de inclusión, fueron similares a los conseguidos por la dieta control. Los mayores incrementos de peso fueron alcanzados por los peces alimentados con la dieta con 10% de incorporación de lupino (L10), lo que concuerda con investigaciones de realizadas previamente por Borquez y Alarcón (2002) y Burel et al. (1998), quienes han reportado que las dietas con inclusiones de lupino presentan índices de crecimiento superiores a los logrados por aquellas a base de harina de pescado.

4.1.3. Consumo de alimento

En el primer experimento se observó que el consumo de alimento fue mayor para los tratamientos T0 (254.7 g) y T25 (250.3 g) y menor para los tratamientos T50 (248.7 g) y T75 (219.0 g) después de 80 días de experimentación ($p > 0.05$). Este comportamiento en el consumo de alimento también se vio reflejado en el segundo experimento. Es decir, que el consumo de alimento fue mayor en los tratamientos T0 (449.0 gr) y T25 (435.3 g) comparado con los tratamientos T50 (395.0 g) y T75 (354.7 g). Sin embargo, estos valores no mostraron diferencias significativas al análisis estadístico ($p > 0.05$).

Por otro lado, Borquez, (2008) determina que la harina de lupino blanco es un excelente ingrediente para el reemplazo parcial de la harina de pescado. Sin embargo, el balanceo de aminoácidos esenciales, especialmente metionina y lisina, debe ser considerado en inclusiones hasta 50%.

De manera similar, Fanizza et al. (2023) Realizaron un experimento con truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) durante 84 días, ellos trabajaron con dos niveles de reemplazo de harina de pescado con subproductos avícolas y pluma hidrolizada en un 36 % de reemplazo y con pluma hidrolizada y colza en un 44 % de reemplazo, y no observaron diferencias significativas en el consumo (132.8 g y 131.2 g), respectivamente ($p > 0.05$).

No obstante, Sarker et al. (2020) desarrollaron un experimento con trucha arcoíris usando micro algas de fitoplancton (*Nanochloropsis e Isochrysis*) al 9.4 % de reemplazo de harina de pescado y observaron una reducción de la tasa de crecimiento específico y un empeoramiento de la conversión alimenticia, lo cual fue explicado según los investigadores por el bajo consumo de alimento.



4.1.4. Conversión alimenticia

En relación con el índice de conversión alimenticia, en el primer experimento se obtuvo alrededor de 1.20: 1 para todos los tratamientos, mientras que, en el segundo experimento el índice de conversión alimenticia, se mantuvo entre 1.24: 1 y 1.37: 1. De igual manera, Baer et al. (2017) lograron un factor de conversión alimenticia de 1.20 para todos los tratamientos estudiados. Sin embargo, Hardy et al. (2018), determinaron índices de conversión alimenticia similares de 0.82: 1 a 0.85: 1 entre los tratamientos dietéticos durante la producción de truchas. Así mismo, la investigación de Estévez et al. (2022), concluyeron que obtuvieron mejores valores de conversión alimenticia, ya que estos se mantuvieron en un rango de 0.68: 1 a 0.74: 1 pero no mostraron ninguna diferencia significativa entre las dietas en la producción de truchas ($p > 0.05$).

Los resultados observados en la presente investigación de reemplazar hasta un 50% la proteína de harina de pescado por harina de lupino, probablemente se deba al alto contenido de proteína de lupino que al ser cocido-descascarillado se vuelve más eficiente que cuando es utilizado como harina de lupino completo. Ya que la harina de pescado según Von et al. (2004) puede ser reemplazada por harina de lupino hasta en un 30%, sin presentar diferencias en los parámetros productivos y comerciales de truchas y salmones.

4.1.5. Mortalidad

La mortalidad no fue diferente ($p > 0.05$) para los tratamientos de 0, 25, 50 y 75% del E1 (4.4% ± 1.96 , 5.6% ± 1.96 , 5.6% ± 1.96 y 4.4% ± 1.96 , respectivamente) ni para los tratamientos del E2 (4.0% ± 0.0 , 5.3% ± 2.31 , 5.3% ± 2.31 y 6.7% ± 2.31 , respectivamente).



En general, la mortalidad durante las pruebas experimentales estuvo alrededor del 5% por lo que se considera dentro del rango aceptable para la experimentación con dietas que contenían harina de lupino en reemplazo de la harina de pescado. Cabe indicar que la mortalidad registrada fue debida fundamentalmente a los efectos de la manipulación durante los controles de biometría que se realizaron a las truchas y no a problemas infecciosos o efectos de los tratamientos.

No obstante, Hardy et al. (2018) obtuvieron un menor porcentaje de mortalidad de 3.8% en todos los tratamientos con harina de proteína unicelular de *Methylobacterium extorquens* en la producción de truchas. Por el contrario, Acar et al. (2018) durante el desarrollo del experimento no registraron efectos sobre la mortalidad con la inclusión de harina de lupino en la dieta durante el desarrollo de las truchas.

Un estudio realizado por Oh et al. (2019) determinaron que la alimentación adecuada de las truchas con un alimento proteico equivalente, evita que aumente el índice de mortalidad durante su cultivo.

4.2. RENDIMIENTO COMERCIAL

En las Tablas 13 y 14 se aprecia el rendimiento de canal, rendimiento filete, pigmentación y Gaping de las truchas en la fase de crecimiento (experimento 1) y en la fase de engorde (experimento 2).

4.2.1. Rendimiento de canal

En el experimento 1 (tabla 13), el rendimiento de canal no fue diferente ($p > 0.05$) para ninguno de los niveles de inclusión 0 %, 25 %, 50 % y 75 % (83.3% ± 2.05 , 83.7% ± 0.88 , 85.0% ± 1.90 y 83.9% ± 1.33 , respectivamente).

Tabla 13

Rendimiento de canal, rendimiento de filete, pigmentación y gaping de las truchas a los 80 días (experimento 1)

Tratamiento	Peso corporal ¹ , g	Rendimiento canal, %	Rendimiento filete, %	Pigmentación (regla DSM)	Gaping, mm
T0	394.7 ± 31.93	83.3 ± 2.05	63.1 ^b ± 0.94	24.8 ^b ± 0.69	2.39 ^a ± 0.63
T25	390.8 ± 38.01	83.7 ± 0.88	65.5 ^a ± 0.90	26.2 ^a ± 0.38	2.21 ^a ± 0.84
T50	383.2 ± 65.08	85.0 ± 1.90	63.4 ^b ± 1.36	23.3 ^b ± 0.88	1.26 ^b ± 0.37
T75	387.9 ± 29.76	83.9 ± 1.33	65.5 ^a ± 0.61	24.7 ^b ± 1.45	0.78 ^b ± 0.19
<i>P</i>	0.988	0.636	0.025	0.034	0.023

¹Promedio y desviación estándar. Promedios con letras diferentes en la misma columna difieren a la prueba de LSMeans ($p < 0.05$).

Estos resultados observados, probablemente se deban a que el rendimiento de canal de las truchas, se expresa mejor cuando las truchas alcanzan un mayor desarrollo corporal.

Mientras que en el experimento 2 (tabla 14) el rendimiento de canal fue diferente ($p < 0.03$) para los niveles de 0 %, 25 %, 50 % y 75% de inclusión (82.8% ± 1.17 , 83.3% ± 1.16 , 82.4% ± 0.96 y 79.8% ± 1.31 , respectivamente). Se observó un menor rendimiento de canal para el nivel T75.

Este resultado es posible que se deba una variación en la composición corporal. Es probable que el mayor nivel de carbohidratos del lupino en la dieta haya incrementado

el nivel de grasa visceral, derivando mayor peso a las vísceras y reduciendo de esta manera el rendimiento de canal. Sin embargo, esta observación no fue realizada al momento del faenado de las truchas.

Los resultados demostraron que la inclusión de hasta un nivel de 50% de reemplazo de la proteína de HP por la proteína de HL en la trucha arcoíris, presenta beneficios en el rendimiento de canal. Debido a que el lupino ha sido demostrado ser una buena fuente proteica en la alimentación de salmónidos (Singla et al., 2021) y podría reemplazar a la proteína de la HP en las dietas de truchas debido a su alto contenido proteico (Gaponov y Yagovenko, 2021).

También se tiene reportado que la utilización de harina de lupino entera hasta un nivel de inclusión de 50%, no alteró de forma significativa la calidad nutricional de la carne respecto a la dieta control (Corraze et al., 1999). Ellos utilizaron la composición de ácidos grasos, como un indicador de la calidad de la carne para el consumo humano.

Tabla 14

Rendimiento de canal, rendimiento de filete, pigmentación y gaping de las truchas a los 80 días (experimento 2)

Tratamiento	Peso corporal¹, g		Rendimiento canal, %		Rendimiento filete, %		Gaping, mm		Pigmentación muscular	
T0	659.2	±33.57	82.8 ^a	±1.17	63.1	±1.00	1.55	±0.94	26.7	±1.20
T25	588.0	±26.41	83.3 ^a	±1.16	62.8	±1.16	0.85	±0.50	26.8	±0.96
T50	657.2	±49.72	82.4 ^a	±0.96	65.2	±1.54	1.46	±0.70	26.4	±1.68
T75	599.8	±26.86	79.8 ^b	±1.31	64.8	±1.94	1.07	±0.37	26.3	±1.20
<i>P</i>	0.076		0.031		0.204		0.561		0.974	

¹Promedio y desviación estándar. Promedios con letras diferentes en la misma columna difieren a la prueba de LSMeans ($p < 0.05$).

Por otro lado Hardy et al. (2018), indicaron que el rendimiento de canal se redujo con niveles superiores al 21 % de inclusión de harina de proteína unicelular de *Methylobacterium extorquens* en reemplazo de proteína de soya de 5 % y 10 %.

4.2.2. Rendimiento de filete

En el experimento 1 se observó que hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) para los niveles de inclusión de 0%, 25%, 50% y 75 % ($63.1\% \pm 1.00$, $63.8\% \pm 1.16$, $65.2\% \pm 1.54$ y $64.8\% \pm 1.94$, respectivamente). El rendimiento de filete fue mayor para los niveles T25 y T75. Estos resultados probablemente se deban a un mayor desarrollo muscular por efecto de ambos tratamientos. Mientras que, en el segundo experimento, se obtuvo mayor rendimiento de filete en el tratamiento T50 con valores de 65.2 %. Sin embargo, no se observó diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$) para el rendimiento de filete.

De manera similar, los resultados obtenidos por Jo et al. (2018) concluyeron que existe una diferencia significativa en el rendimiento de filete reemplazando la harina de pescado por harina de lupino en porcentajes de 35 % y 45 %. Además, fue observado que existe mejor rendimiento de filete con 35 % de reemplazo en la producción de salmónidos.

Mientras que, Fiordelmondo et al. (2022) revelaron que la composición proximal de los filetes de trucha arco iris alimentados entre las dietas a diferentes porcentajes de harina de lenteja de agua y la dieta de control convencional no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$). Estudio realizado por Flores et al. (2023) concluyeron que en el rendimiento de filete en la fase de engorde no se observó diferencias significativas los parámetros comerciales de las truchas en la



fase de engorde. El mayor contenido de energía por gramo de proteína en el alimento mejoró el peso de filete de las truchas.

Según Román (2016) las truchas arcoíris alimentadas con 15 y 25 % de inclusión de lupino, no presentan diferencias significativas con la dieta control en el rendimiento de filete.

Los resultados encontrados en la presente investigación son bastante satisfactorios, al igual que una serie de investigaciones en el tema, donde han informado que diferentes especies de grano de lupino se pueden utilizar para sustituir la harina de pescado en alimentos acuícolas, sin observar efectos significativos sobre rendimiento de filete, cuando se incluyen niveles de hasta 30 % de la ración (De la Higuera et al., 1988).

Consecuentemente la inclusión en la dieta de 15.0 y 25.0 % de harina de lupino no mostraron diferencias en el rendimiento de filete de las truchas (Weiss et al., 2021).

4.2.3. Pigmentación muscular

En el experimento 1 se observó mejor pigmentación en el tratamiento T25 (26.2) comparado a los demás tratamientos ($p < 0.03$). Mientras que en el experimento 2 no se observaron diferencias significativas en los tratamientos ($p > 0.05$).

Estos resultados obtenidos son comparables a la información resultante de la investigación experimental de Acar et al. (2018), donde se realizaron niveles de inclusión de harina de lupino al 0%, 15%, 30%, 45% y 60%, obteniéndose que la



harina de lupino podría usarse en dietas de trucha arcoíris hasta en un 30% sin afectar la pigmentación.

La sustitución de harina de pescado por harina de lupino en raciones para truchas criadas en jaulas en la etapa de engorde han permitido reemplazarla hasta en un 20 % sin efectos adversos sobre la pigmentación (Pinto y Paredes 2013). La harina de lupino es un buen sustituto de harina de pescado en la alimentación de truchas arcoíris en un nivel de 20 % (Ramos, 2018).

Por otro lado, la inclusión de la harina de lupino en bajos niveles (hasta 30%) no afecta en forma significativa ($P > 0.05$) la pigmentación. Estos resultados confirman que *Lupino albus* es un excelente ingrediente proteico y de alto potencial para su uso en la alimentación de truchas (Bórquez, 2008).

Mientras que, Fiordelmondo et al. (2022) indicaron que las truchas experimentales alcanzaron un nivel de pigmentación mayor a 20 % al consumir alimento comercial pigmentante durante la fase de engorde. En general los consumidores prefieren una musculatura de trucha tendiente a coloración rosada. En un experimento realizado por Flores et al (2023) la pigmentación muscular fue mayor para el régimen alimenticio de 7 d comparado a 6 d de alimentación (21.3 vs 22.4; $p < 0.006$, respectivamente). También el tipo de alimento influyó en la pigmentación muscular, siendo los alimentos TO y SA los que produjeron una mayor pigmentaron que el alimento NA (22.6, 20.9 y 22.1; $p < 0.003$).

4.2.4. Gaping

En el experimento 1 los mayores valores de una textura muscular o gaping para el tratamiento T50 (1.26 mm \pm 0.37) y el tratamiento T75 (0.78 mm \pm 0.19) de reemplazo de harina de pescado por harina de lupino. Por otra parte, en el



experimento 2 la textura muscular o gaping, fue mejor para el tratamiento T25 (0.85 mm \pm 0.50). Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$). Una explicación podría ser que el mayor crecimiento de los peces produciría menor consistencia de la masa muscular del filete, lo que probablemente estaría relacionado a menor formación de tejido conectivo. En estudios realizados por Suárez et al. (2007) utilizaron la microscopía electrónica de barrido y transmisión y observaron; pérdida de la textura en la carne de los peces. Esto fue uno de los efectos ocasionados por la degradación del tejido conectivo pericelular y no por el tejido conectivo intersticial.

La sustitución de la harina de pescado por harina de lupino en truchas no mostró diferencias significativas en la variable gaping (Padilla et al. 2019). De igual manera un estudio realizado por Estévez et al. (2022) determinaron que el análisis bioquímico del músculo de la trucha no mostró diferencias significativas de gaping con dietas alternativas a base de grillo casero (*Grylloidea*), Acheta domésticas (*Acheta domesticus*), harina de lupino y una mezcla de cuatro especies de microalgas marinas.





V. CONCLUSIONES

- La inclusión de harina de lupino desamargado-cocido-descascarillado (*Lupinus mutabilis*) en los niveles 25 y 50% más la adición de aminoácidos sintéticos en reemplazo parcial de la harina de pescado no afectó negativamente el peso vivo, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad en la fase de crecimiento ni en la fase de engorde de las truchas.
- La inclusión de harina de lupino desamargado-cocido-descascarillado (*Lupinus mutabilis*) en los niveles 25 y 50% más la adición de aminoácidos sintéticos en reemplazo parcial de la harina de pescado no afectó negativamente el rendimiento de canal, filete y pigmentación, pero el nivel de 75% de inclusión mejoró la consistencia de la musculatura al reducir el gaping en la fase de crecimiento de las truchas. Mientras que en la fase de engorde el nivel 75% redujo el peso corporal y el rendimiento de canal, pero no la pigmentación ni el gaping.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un trabajo de investigación para analizar el beneficio económico que puede traer a los acuicultores el reemplazo parcial de la harina de pescado por la harina de lupino cocido-descascarillado.
- Se recomienda en próximas investigaciones realizar un estudio sobre la digestibilidad del reemplazo de harina de lupino en la alimentación de trucha arcoíris.
- Se recomienda la difusión de la investigación a los acuicultores de la región de Puno, para su validación en condiciones de crianza intensiva, con la finalidad de mejorar la sostenibilidad de la truchicultura en la región de Puno.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEZO A. 2009. Sistema de formulación de dietas AEZO FD. Santiago Chile: Biblioteca Veterinaria <https://bibliotecamvz.forumotion.com/t136-aezo-agrosis>.
- Abraham, E. M., Ganopoulos, I., Madesis, P., Mavromatis, A., Mylona, P., Nianiou-Obeidat, I., Parissi, Z., Polidoros, A., Tani, E., & Vlachostergios, D. (2019). The use of lupin as a source of protein in animal feeding: Genomic tools and breeding approaches. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(4). <https://doi.org/10.3390/ijms20040851>
- Acar, Ü., Kesbiç, O. S., Yılmaz, S., & Karabayır, A. (2018). Growth performance, haematological and serum biochemical profiles in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets with varying levels of lupin (*Lupinus albus*) meal. *Aquaculture Research*, 49(7), 2579-2586. <https://doi.org/10.1111/are.13724>
- Andina (2021). *Puno: La crianza de trucha en jaula es el negocio de moda en el lago Titicaca*. <https://andina.pe/agencia/noticia-puno-crianza-trucha-jaula-es-negocio-moda-el-lago-titicaca-841722.aspx>
- AquaHoy. (2018). *Evalúan la problemática de la crianza de truchas en el lago Titicaca*. <https://aquahoy.com/evaluan-la-problematica-de-la-crianza-de-truchas-en-el-lago-titicaca/>
- Baer, E. Von, Toledo, M., Olivares, G., & Soto, P. (2017). *Lupino dulce: Leguminosa en la producción de alimento para salmónidos*. <https://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/145526>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2019). *Lupino: ¿un nuevo súper alimento?* <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/lupino-un-nuevo-super-alimento/>
- Laboratorios Bhios Lab (2022). <https://bhioslabs.com/>
- Bórquez, A. y Alarcón, P. (2008). Reemplazo parcial de la harina de pescado por lupino blanco (*Lupinus albus*) en dietas para salmón del atlántico (*Salmo salar*). *Salmonicultura*, 28 (4): 17-19.



- Burel Christine Burel a, Thierry Boujard a, Sadasivam J. Kaushik a, Gilles Boeuf b, Serge Van Der Geyten c, Koen A. Mol c, Eduard R. Kuhn c, Alain Quinsac d, Michel Krouti d, Daniel (1998) Ribailier Potential of plant-protein sources as fish meal substitutes in diets for turbot *Psetta maxima*: growth, nutrient utilisation and thyroid status. 0044-8486/00/\$ - see front matter © 2000 Elsevier Science B.V. All rights reserved. Ž.PII: S00 4 4 - 8 4 86 00 0034 2 - 2
- Corraze. (1999). incorporación de altos niveles de altramuz extruido en dietas para trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*): valor nutricional y efecto sobre el estado de la tiroides. *Acuicultura*, 163, 325 ^ 345.
- Chillo Heras, M. O. (2022). *Efecto de la alimentación semiorgánica (Hortalizas + Concentrado) sobre productividad y calidad de la carne en truchas Arcoíris (Oncorhynchus mykiss)*.
- De la Higuera, M., Garcia-Gallego, M.G., Sanz, A., Cardenote, G.; Suarez, M.D. and Moyano, F.J., (1988). Evaluation of lupin seed meal as an alternative protein source in feeding of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 71: 37-50
- Dhamotharan, K., Vendramin, N., Markussen, T., Wessel, Ø., Cuenca, A., Nyman, I. B., Olsen, A. B., Tengs, T., Dahle, M. K., & Rimstad, E. (2018). Molecular and antigenic characterization of piscine orthoreovirus (PRV) from rainbow trout (*oncorhynchus orthoreovirumykiss*). *Viruses*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/v10040170>
- Estévez, A., Frade, P., Ferreira, M., Regueiro, L., Alvarez, M., Blanco, B., Fernández, L., & Soula, M. (2022). Effects of Alternative and Sustainable Ingredients on Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Growth, Muscle Composition and Health. *Aquaculture Journal*, 2(2), Art. 2. <https://doi.org/10.3390/aquacj2020004>
- Fadaeifard, F., M. Raissy, M. Faghani, A. Majlesi and G. N. Farahani. (2013). Evaluation of physicochemical parameters of waste water from rainbow trout fish farms and their impacts on water quality of Koohrang stream-Iran. *Global Science Research Journals*. 1(1):109-116.
- Fanizza, C., Trocino, A., Stejskal, V., Prokešová, M. D., Zare, M., Tran, H. Q., Brambilla, F., Xiccató, G., & Bordignon, F. (2023). Practical low-fishmeal diets for rainbow



- trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in RAS: Effects of protein meals on fish growth, nutrient digestibility, feed physical quality, and faecal particle size. *Aquaculture Reports*, 28, 101435. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101435>
- Fečkaninová, A., Koščová, J., Mudroňová, D., Schusterová, P., Cingel'ová Maruščáková, I., & Popelka, P. (2019). Characterization of two novel lactic acid bacteria isolated from the intestine of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) in Slovakia. *Aquaculture*, 506, 294-301. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.03.026>
- Fiordelmondo, E., Ceschin, S., Magi, G. E., Mariotti, F., Iaffaldano, N., Galosi, L., & Roncarati, A. (2022). Effects of Partial Substitution of Conventional Protein Sources with Duckweed (*Lemna minor*) Meal in the Feeding of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) on Growth Performances and the Quality Product. *Plants*, 11(9), Art. 9. <https://doi.org/10.3390/plants11091220>
- Flores M.1, Rosario E. Ortega B.2, María del Pilar Blanco E.3, Marcelino J. Aranibar4 (2023) Respuesta productiva de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) al régimen alimenticio con alimentos comerciales bajo condiciones de crianza intensiva en el Lago Titicaca.
- Gaponov, N. V., Loretts, O. G., Neverova, O. P., & Sharaviev, P. V. (2022). The use of white lupine in complete feed for trout. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1043(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1043/1/012051>
- Gaponov, N. V., & Yagovenko, G. L. (2021). The lupine significance for forage production: Lupin-and-rape concentrate as a source of valuable nutrients for animal feeding. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 723(2). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/723/2/022005>
- Gobierno Regional Puno. (2022). *Memoria Anual 2021*. 127. <https://www.regionpuno.gob.pe/descargas/resoluciones/ejecutivas/2022/R.E.R.%20Nro%20667-2022-GR-GR%20PUNO.pdf>
- Gulisano, A., Alves, S., Martins, J. N., & Trindade, L. M. (2019). Genetics and Breeding of *Lupinus mutabilis*: An Emerging Protein Crop. *Frontiers in Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01385>



- Hardy. (2002). Trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss*. En: Requerimientos de nutrientes y alimentación de peces de aleta para acuicultura. *CABI Publishing*, 184 ^ 202.
- Hardy & Glencross (2018). Fuentes de proteínas alternativas para el salmón; revisión de las estrategias de evaluación de ingredientes para alimentos para la acuicultura. *Nutrición acuicola*, 59,71 ^ 80. 3,17 ^ 34.
- Hauler, C. y. (2000). Reemplazo de harina de pescado por harinas vegetales en alimentos extruidos para el salmón del Atlántico,. *Acuicultura*, 185, 299 ^ 311.
- Husa, V., T. Kutti, A. Ervik, K. Sjotun, P. K. Hansen and J. Aure. 2014. Regional impact from fin-fish farming in an intensive production area (Hardangerfjord, Norway). *Marine Biology Research*.10 (3): 241-252.
- Imanpour, J., M. Sharifinia y A. B. Makrani. (2013). Assessment of fish farm effluents on macroinvertebrates based on biological indices in Tajan River (North Iran). *Caspian J. Env. Sci.* 11(1): 29-39.
- Jo Rivero, C., Nuñez, L., & Mestanza, J. (2018). *Sustitución parcial de harina de pescado por harina de tarwi (lupinus mutabilis) en dietas alimenticias para tilapia nilótica "oreochromis niloticus" (linnaeus, 1758) y su influencia sobre los índices productivos.*
- Montoya Aguilar, R. B. (2019). *Osteología de Oncorhynchus mykiss (WALBAUM, 1792) "Trucha Arco Iris" proveniente del centro piscícola de motil distrito de Agallpampa, provincia de Otuzco departamento de La Libertad 2018.*
- Mori Zabarburú, R. C., Millones, C., Guadalupe, G. A., Idrogo-Vásquez, G., Chu-Koo, F. W., Fernández-Jeri, A. B., Gill, E., Chavez, S. G., & García, L. (2023). Integrating Assessment of Characterization, Sustainability and Efficiency for the Production of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*): A Case Study in the Amazonas Region of Peru. *Agriculture*, 13(2), 390. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agriculture13020390>
- National Research Council. (1993). Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press. Washington, D.C. <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=429280>



- Oh, W. T., Kim, J. H., Jun, J. W., Giri, S. S., Yun, S., Kim, H. J., Kim, S. G., Kim, S. W., Han, S. J., Kwon, J., & Park, S. C. (2019). Genetic characterization and pathological analysis of a novel bacterial pathogen, *Pseudomonas tructae*, in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Microorganisms*, 7(10). <https://doi.org/10.3390/microorganisms7100432>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *Manual práctico para el cultivo de la trucha arcoíris*. 44.
- Padilla P., Alcantara F., Garcia J. (2019). Sustitución de la harina de pescado por ensilado biológico de pescado en raciones para juveniles de GAMITANA, *Colossoma macropomum*. *iiap Folia Amazonica*, 1-14
- Pinto K., Paredes N. (2013). Sustitución de la Harina de Pescado por el Ensilado Biológico de Vísceras de Pescado en raciones para alevinso de de banda negra criados en corrales. Iquitos: Repositorio Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- Ramos A. 2018. Efecto de la sustitución parcial de harina de pescado por harina de plumas hidrolizada en la ración balanceada para “trucha arcoíris” *Oncorhynchus mykiss* fase juvenil criadas en estanques rústicos.
- Rahimi, R., Mirahmadi, S. A., Hajirezaee, S., & Fallah, A. A. (2022). How probiotics impact on immunological parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) A systematic review and meta-analysis. *Reviews in Aquaculture*, 14(1), 27-53. <https://doi.org/10.1111/raq.12582>
- Roman. (2016). digestibilidad de grano de lupino (*lupinus albus*), grano de arveja (*pisum sativum*) y torta de raps (*brassica napus*), y su efecto sobre el crecimiento, eficiencia del alimento y composición de la carcasa en juveniles de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).
- Sarker, P. K., Kapuscinski, A. R., Vandenberg, G. W., Proulx, E., & Sitek, A. J. (2020). Towards sustainable and ocean-friendly aquafeeds: Evaluating a fish-free feed for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) using three marine microalgae species. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 8, 5. <https://doi.org/10.1525/elementa.404>



- Singla, P., Sharma, S., & Singh, A. (2021). Lupine: A Versatile Legume with Enhanced Nutritional Value. *Handbook of Cereals, Pulses, Roots, and Tubers*, 427-448. <https://doi.org/10.1201/9781003155508-28>
- Szczepański, A., Adamek-Urbańska, D., Kasprzak, R., Szudrowicz, H., Śliwiński, J., & Kamaszewski, M. (2022). Lupin: A promising alternative protein source for aquaculture feeds? *Aquaculture Reports*, 26. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101281>
- Weiss, M., Rebelein, A., & Slater, M. J. (2020). Lupin kernel meal as fishmeal replacement in formulated feeds for the Whiteleg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Nutrition*, 26(3), 752-762. <https://doi.org/10.1111/anu.13034>
- Weiss, M., Wegener, A., Zeytin, S., Fuchs, V. I., & Hoerterer, C. (2021). Increasing Competitiveness of Sweet Lupine and Faba Bean in Feed Value Chains in Europe. *Aquaculture*.

ANEXOS

Figura 2

Crecimiento T25

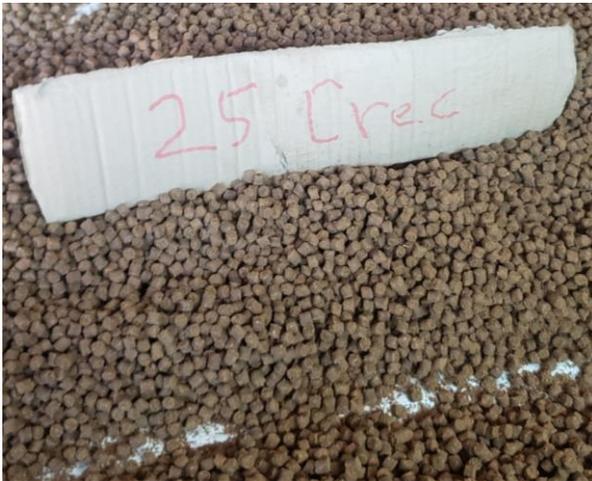


Figura 3

Crecimiento T75



Figura 4

Engorde 0



Figura 5

Engorde T50



INSTALACIONES DE CULTIVO

Figura 6

*Vista general de la estructura con las 24
crecimientos*



Figura 7

*Suministro de alimento a la jaula de
bolsas de ensayo*



Figura 8

Suministro de alimento a la jaula de engorde



Figura 9

Inspección diaria de mortalidad



CONTROLES BIOMÉTRICOS

Figura 10

Obtención de truchas para el control biométricos



Figura 11

Primer control biométrico



Figura 12

Segundo control biométrico medida de truchas

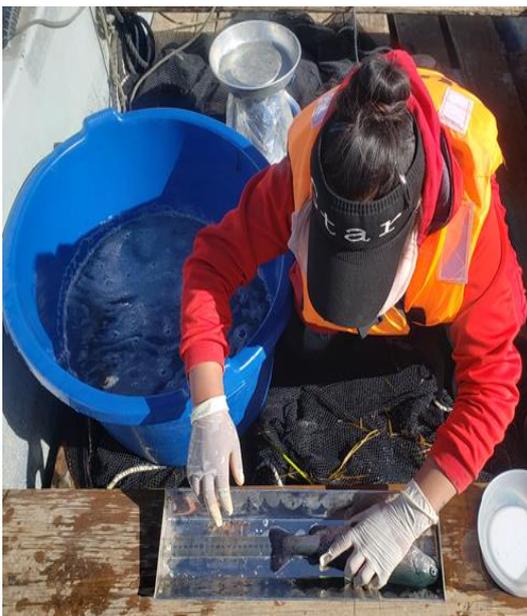


Figura 13

Tercer control biométrico pesado de longitud de la trucha





DATOS DE LOS ANÁLISIS DE VARIANZA (ANVA)

ANEXO 1. Variable dependiente: Análisis de varianza para el peso vivo inicial (PV0).

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	15.4600000	5.1533333	0.42	0.7442
Error	8	98.3466667	12.2933333		
Total corregido	11	113.8066667			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PV0 Media
0.135844	2.896078	3.506185	121.0667

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	15.4600000	5.1533333	0.42	0.7442

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	15.4600000	5.1533333	0.42	0.7442

ANEXO 2. Variable dependiente: Análisis de varianza para el PV80

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	1885.06000	628.35333	0.46	0.7162
Error	8	10867.90667	1358.48833		
Total corregido	11	12752.96667			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PV80 Media
0.147813	11.26916	36.85768	327.0667

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	1885.06000	628.35333	0.46	0.7162

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	1885.06000	628.35333	0.46	0.7162

ANEXO 3. Variable dependiente: Análisis de varianza incremento de peso vivo IPV80.

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	1925.21667	641.73889	0.52	0.6804
Error	8	9875.14000	1234.39250		
Total corregido	11	11800.35667			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	IPV080 Media
0.163149	17.05392	35.13392	206.0167

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	1925.216667	641.738889	0.52	0.6804

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	1925.216667	641.738889	0.52	0.6804

ANEXO 4. Variable dependiente: Análisis de varianza de consumo total de alimento CTOT80

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	2393.666667	797.888889	0.93	0.4686
Error	8	6848.000000	856.000000		
Total corregido	11	9241.666667			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	CTOT080 Media
0.259008	12.03186	29.25748	243.1667

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	2393.666667	797.888889	0.93	0.4686

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	2393.666667	797.888889	0.93	0.4686

ANEXO 5. Variable dependiente: Análisis de varianza de conversión alimenticia

ICA80

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	0.00380000	0.00126667	0.18	0.9042
Error	8	0.05500000	0.00687500		
Total corregido	11	0.05880000			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	ICAL080 Media
0.064626	6.967699	0.082916	1.190000

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	0.00380000	0.00126667	0.18	0.9042

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	0.00380000	0.00126667	0.18	0.9042

ANEXO 6. Comparación de medias de LSMeans

Sistema SAS
Procedimiento GLM
Medias de mínimos cuadrados

trat	PV0 LSMEAN	Error estándar	Pr > t	Número LSMEAN
0	119.733333	2.024297	< .0001	1
25	120.566667	2.024297	< .0001	2
50	122.833333	2.024297	< .0001	3
75	121.133333	2.024297	< .0001	4

Medias de cuadrados mínimos para el efecto trat Pr > t para H0: MediaL S(i)=MediaL S n(j) Variable dependiente: PV0				
i/j	1	2	3	4
1		0.7784	0.3104	0.6379
2	0.7784		0.4513	0.8480
3	0.3104	0.4513		0.5690
4	0.6379	0.8480	0.5690	

ANEXO 7. Comparaciones de medias PV80

trat	PV80 LSMEAN	Error estándar	Pr > t	Número LSMEAN
0	333.400000	21.279790	<.0001	1
25	336.566667	21.279790	<.0001	2
50	332.800000	21.279790	<.0001	3
75	305.500000	21.279790	<.0001	4

Medias de cuadrados mínimos para el efecto trat
Pr > |t| para H0: MediaL S(i)=MediaL Sn(j)
Variable dependiente: PV80

i/j	1	2	3	4
1		0.9188	0.9846	0.3810
2	0.9188		0.9035	0.3321
3	0.9846	0.9035		0.3908
4	0.3810	0.3321	0.3908	

ANEXO 8. Comparación de incremento de peso vivo IPV80

trat	IPV080 LSMEAN	Error estándar	Pr > t	Número LSMEAN
0	213.666667	20.284580	<.0001	1
25	216.033333	20.284580	<.0001	2
50	209.966667	20.284580	<.0001	3
75	184.400000	20.284580	<.0001	4

Medias de cuadrados mínimos para el efecto trat
Pr > |t| para H0: MediaL S(i)=MediaL Sn(j)
Variable dependiente: IPV080

i/j	1	2	3	4
1		0.9363	0.9006	0.3375
2	0.9363		0.8378	0.3022
3	0.9006	0.8378		0.3988
4	0.3375	0.3022	0.3988	

ANEXO 9. Comparación de consumo de alimento

trat	CTOT080 LSMEAN	Error estándar	Pr > t	Número LSMEAN
0	254.666667	16.891813	<.0001	1
25	250.333333	16.891813	<.0001	2
50	248.666667	16.891813	<.0001	3
75	219.000000	16.891813	<.0001	4

Medias de cuadrados mínimos para el efecto trat
Pr > |t| para H0: MediaLS(i)=MediaLSn(j)
Variable dependiente: CTOT080

i/j	1	2	3	4
1		0.8606	0.8080	0.1738
2	0.8606		0.9461	0.2260
3	0.8080	0.9461		0.2495
4	0.1738	0.2260	0.2495	

ANEXO 10. Comparación de conversión alimenticia

trat	ICAL080 LSMEAN	Error estándar	Pr > t	Número LSMEAN
0	1.19333333	0.04787136	<.0001	1
25	1.16333333	0.04787136	<.0001	2
50	1.19000000	0.04787136	<.0001	3
75	1.21333333	0.04787136	<.0001	4

Medias de cuadrados mínimos para el efecto trat
Pr > |t| para H0: MediaLS(i)=MediaLSn(j)
Variable dependiente: ICAL080

i/j	1	2	3	4
1		0.6694	0.9619	0.7752
2	0.6694		0.7040	0.4813
3	0.9619	0.7040		0.7392
4	0.7752	0.4813	0.7392	



COMPARACIÓN DE MEDIAS DE LAS VARIABLES COMERCIALES

CRECIMIENTO E1

ANEXO 11. Variable dependiente: Peso vivo

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	209.40150	69.80050	0.04	0.9898
Error	8	15169.41787	1896.17723		
Total corregido	11	15378.81937			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Pesovivo Media
0.013616	11.19014	43.54512	389.1383

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	209.4015000	69.8005000	0.04	0.9898

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	209.4015000	69.8005000	0.04	0.9898

ANEXO 12. Variable dependiente: Rendimiento de canal

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	4.63209167	1.54403056	0.60	0.6356
Error	8	20.75440000	2.59430000		
Total corregido	11	25.38649167			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Rendcanal Media
0.182463	1.917956	1.610683	83.97917

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	4.63209167	1.54403056	0.60	0.6356

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	4.63209167	1.54403056	0.60	0.6356

ANEXO 13. Variable dependiente: Rendimiento de filete

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	15.91740000	5.30580000	5.39	0.0254
Error	8	7.88206667	0.98525833		
Total corregido	11	23.79946667			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Rendfilete Media
0.668813	1.541866	0.992602	64.37667

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	15.91740000	5.30580000	5.39	0.0254

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	15.91740000	5.30580000	5.39	0.0254

ANEXO 14. Variable dependiente: Pigmentación

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	12.55593333	4.18531111	4.76	0.0344
Error	8	7.02746667	0.87843333		
Total corregido	11	19.58340000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Pigmenta Media
0.641152	3.786860	0.937248	24.75000

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	12.55593333	4.18531111	4.76	0.0344

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	12.55593333	4.18531111	4.76	0.0344

ANEXO 15. Variable dependiente: Gaping

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	5.32846667	1.77615556	5.55	0.0234
Error	8	2.55873333	0.31984167		
Total corregido	11	7.88720000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Gaping Media
0.675584	34.06900	0.565545	1.660000

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	5.32846667	1.77615556	5.55	0.0234

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	5.32846667	1.77615556	5.55	0.0234

ANVA

Parámetros productivos del E2

ANEXO 16. Variable dependiente: Peso vivo 0

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	12.70666667	4.23555556	0.72	0.5691
Error	8	47.26000000	5.90750000		
Total corregido	11	59.96666667			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PV0 Media
0.211895	1.144679	2.430535	212.3333

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	12.70666667	4.23555556	0.72	0.5691

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	12.70666667	4.23555556	0.72	0.5691

ANEXO 17. Variable dependiente: PV80

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	16571.92250	5523.97417	1.88	0.2109
Error	8	23468.22667	2933.52833		
Total corregido	11	40040.14917			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PV80 Media
0.413883	10.15491	54.16206	533.3583

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	16571.92250	5523.97417	1.88	0.2109

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	16571.92250	5523.97417	1.88	0.2109

ANEXO 18. Variable dependiente: IPV80

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	16774.98000	5591.66000	1.93	0.2038
Error	8	23211.94667	2901.49333		
Total corregido	11	39986.92667			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	IPV080 Media
0.419512	16.77705	53.86551	321.0667

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	16774.98000	5591.66000	1.93	0.2038

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	16774.98000	5591.66000	1.93	0.2038

ANEXO 19. Variable dependiente: CTOT80

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	16321.66667	5440.55556	1.57	0.2698
Error	8	27645.33333	3455.66667		
Total corregido	11	43967.00000			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	CTOT080 Media
0.371225	14.39043	58.78492	408.5000

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	16321.66667	5440.55556	1.57	0.2698

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	16321.66667	5440.55556	1.57	0.2698

ANEXO 20. Variable dependiente: ICAL80

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	0.02895833	0.00965278	0.70	0.5773
Error	8	0.11013333	0.01376667		
Total corregido	11	0.13909167			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	ICAL080 Media
0.208196	9.124934	0.117331	1.285833

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	0.02895833	0.00965278	0.70	0.5773

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	0.02895833	0.00965278	0.70	0.5773

ANEXO 21. Comparación de medias para los parámetros productivos

Sistema SAS

Procedimiento GLM
Medias de mínimos cuadrados

trat	PV0 LSMEAN	Error estándar	Pr > t	Número LSMEAN
1	212.433333	1.403270	<.0001	1
25	212.966667	1.403270	<.0001	2
50	210.633333	1.403270	<.0001	3
75	213.300000	1.403270	<.0001	4

Medias de cuadrados mínimos para el efecto trat Pr > t para H0: MediaL S(i)=MediaL Sn(j) Variable dependiente: PV0				
i/j	1	2	3	4
1		0.7949	0.3909	0.6739
2	0.7949		0.2735	0.8708
3	0.3909	0.2735		0.2159
4	0.6739	0.8708	0.2159	

trat	PV80 LSMEAN	Error estándar	Pr > t	Número LSMEAN
1	573.066667	31.270478	<.0001	1
25	556.566667	31.270478	<.0001	2
50	528.633333	31.270478	<.0001	3
75	475.166667	31.270478	<.0001	4

Medias de cuadrados mínimos para el efecto trat Pr > t para H0: MediaL S(i)=MediaL Sn(j) Variable dependiente: PV80				
i/j	1	2	3	4
1		0.7188	0.3444	0.0577
2	0.7188		0.5452	0.1029
3	0.3444	0.5452		0.2612
4	0.0577	0.1029	0.2612	



trat	IPV080 LSMEAN	Error estándar	Pr > t	Número LSMEAN
1	360.700000	31.099268	<.0001	1
25	343.666667	31.099268	<.0001	2
50	318.000000	31.099268	<.0001	3
75	261.900000	31.099268	<.0001	4

Medias de cuadrados mínimos para el efecto trat
Pr > |t| para H0: MediaL S(i)-MediaL Sn(j)
Variable dependiente: IPV080

i/j	1	2	3	4
1		0.7086	0.3600	0.0549
2	0.7086		0.5756	0.1001
3	0.3600	0.5756		0.2379
4	0.0549	0.1001	0.2379	

trat	CTOT080 LSMEAN	Error estándar	Pr > t	Número LSMEAN
1	449.000000	33.939489	<.0001	1
25	435.333333	33.939489	<.0001	2
50	395.000000	33.939489	<.0001	3
75	354.666667	33.939489	<.0001	4

Medias de cuadrados mínimos para el efecto trat
Pr > |t| para H0: MediaL S(i)-MediaL Sn(j)
Variable dependiente: CTOT080

i/j	1	2	3	4
1		0.7831	0.2932	0.0849
2	0.7831		0.4251	0.1313
3	0.2932	0.4251		0.4251
4	0.0849	0.1313	0.4251	

trat	ICAL080 LSMEAN	Error estándar	Pr > t	Número LSMEAN
1	1.24666667	0.06774134	<.0001	1
25	1.26666667	0.06774134	<.0001	2
50	1.26000000	0.06774134	<.0001	3
75	1.37000000	0.06774134	<.0001	4

Medias de cuadrados mínimos para el efecto trat
Pr > |t| para H0: MediaL S(i)-MediaL Sn(j)
Variable dependiente: ICAL080

i/j	1	2	3	4
1		0.8398	0.8927	0.2340
2	0.8398		0.9462	0.3122
3	0.8927	0.9462		0.2841
4	0.2340	0.3122	0.2841	

ANVA

Para parámetros comerciales.

ANEXO 22. Variable dependiente: Peso vivo

Sistema SAS					
Procedimiento GLM					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	14828.57879	4942.85960	4.43	0.0480
Error	7	7808.88667	1115.55524		
Total corregido	10	22637.46545			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Pesovivo Media
0.655046	5.330884	33.39993	626.5364

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	14828.57879	4942.85960	4.43	0.0480

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	14828.57879	4942.85960	4.43	0.0480

ANEXO 23. Variable dependiente: Rendimiento de canal

Sistema SAS					
Procedimiento GLM					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	23.06227273	7.68742424	6.43	0.0202
Error	7	8.36500000	1.19500000		
Total corregido	10	31.42727273			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Rendcanal Media
0.733830	1.330615	1.093161	82.15455

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	23.06227273	7.68742424	6.43	0.0202

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	23.06227273	7.68742424	6.43	0.0202

ANEXO 24. Variable dependiente: Rendimiento de filete

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	9.97212121	3.32404040	1.54	0.2876
Error	7	15.15333333	2.16476190		
Total corregido	10	25.12545455			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Rendfilete Media
0.396893	2.293064	1.471313	64.16364

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	9.97212121	3.32404040	1.54	0.2876

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	9.97212121	3.32404040	1.54	0.2876

ANEXO 25. Variable dependiente: Pigmentación

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	0.94045455	0.31348485	0.19	0.8997
Error	7	11.52500000	1.64642857		
Total corregido	10	12.46545455			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Pigmenta Media
0.075445	4.817220	1.283132	26.63636

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	0.94045455	0.31348485	0.19	0.8997

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	0.94045455	0.31348485	0.19	0.8997

ANEXO 26. Variable dependiente: Gaping

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	1.69081667	0.56360556	1.56	0.2815
Error	7	2.52398333	0.36056905		
Total corregido	10	4.21480000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Gaping Media
0.401162	46.91203	0.600474	1.280000

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	1.69081667	0.56360556	1.56	0.2815

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	3	1.69081667	0.56360556	1.56	0.2815

ANEXO 27. Comparación de medias para los parámetros comerciales del E2

Sistema SAS
Procedimiento GLM
Medias de mínimos cuadrados

trat	Pesovivo LSMEAN	Error estándar	Pr > t	Número LSMEAN
1	678.500000	23.617316	<.0001	1
25	587.966667	19.283458	<.0001	2
50	657.200000	19.283458	<.0001	3
75	599.800000	19.283458	<.0001	4

Medias de cuadrados mínimos para el efecto trat Pr > t para H0: MediaL.S(i)=MediaL.Sn(j) Variable dependiente: Pesovivo				
i/j	1	2	3	4
1		0.0208	0.5073	0.0364
2	0.0208		0.0387	0.6774
3	0.5073	0.0387		0.0733
4	0.0364	0.6774	0.0733	



trat	Rendcanal LSMEAN	Error estándar	Pr > t	Número LSMEAN
1	83.4500000	0.7729812	<.0001	1
25	83.2666667	0.6311365	<.0001	2
50	82.4666667	0.6311365	<.0001	3
75	79.8666667	0.6311365	<.0001	4

Medias de cuadrados mínimos para el efecto trat
Pr > |t| para H0: MediaL S(i)=MediaL Sn(j)
Variable dependiente: Rendcanal

i/j	1	2	3	4
1		0.8594	0.3573	0.0088
2	0.8594		0.3999	0.0066
3	0.3573	0.3999		0.0226
4	0.0088	0.0066	0.0226	

trat	Rendfilete LSMEAN	Error estándar	Pr > t	Número LSMEAN
1	63.7000000	1.0403754	<.0001	1
25	62.8333333	0.8494629	<.0001	2
50	65.1666667	0.8494629	<.0001	3
75	64.8000000	0.8494629	<.0001	4

Medias de cuadrados mínimos para el efecto trat
Pr > |t| para H0: MediaL S(i)=MediaL Sn(j)
Variable dependiente: Rendfilete

i/j	1	2	3	4
1		0.5393	0.3110	0.4398
2	0.5393		0.0932	0.1456
3	0.3110	0.0932		0.7691
4	0.4398	0.1456	0.7691	



trat	Pigmenta LSMEAN	Error estándar	Pr > t	Número LSMEAN
1	27.1500000	0.9073116	<.0001	1
25	26.7666667	0.7408168	<.0001	2
50	26.4666667	0.7408168	<.0001	3
75	26.3333333	0.7408168	<.0001	4

Medias de cuadrados mínimos para el efecto trat
Pr > |t| para H0: MediaLS(i)-MediaLSn(j)
Variable dependiente: Pigmenta

i/j	1	2	3	4
1		0.7530	0.5779	0.5082
2	0.7530		0.7829	0.6915
3	0.5779	0.7829		0.9023
4	0.5082	0.6915	0.9023	

trat	Gaping LSMEAN	Error estándar	Pr > t	Número LSMEAN
1	1.95500000	0.42459925	0.0025	1
25	0.85000000	0.34668384	0.0440	2
50	1.46333333	0.34668384	0.0039	3
75	1.07666667	0.34668384	0.0172	4

Medias de cuadrados mínimos para el efecto trat
Pr > |t| para H0: MediaLS(i)-MediaLSn(j)
Variable dependiente: Gaping

i/j	1	2	3	4
1		0.0836	0.3995	0.1531
2	0.0836		0.2511	0.6579
3	0.3995	0.2511		0.4562
4	0.1531	0.6579	0.4562	

PRUEBAS DE NORMALIDAD

ANEXO 28. Prueba de normalidad para el peso vivo 0 en el E1 (las tres pruebas indican que las observaciones se distribuyen normalmente)

Prueba de normalidad			
Procedimiento UNIVARIATE			
Distribución normal ajustada para PV0			
Parámetros para distribución Normal			
Parámetro	Símbolo	Estimador	
Media	Mu	121.0667	
Desv std	Sigma	3.216529	

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal				
Test	Estadístico		p valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.14276730	Pr > D	>0.150
Cramer-von Mises	W-Sq	0.03108251	Pr > W-Sq	>0.250
Anderson-Darling	A-Sq	0.20773687	Pr > A-Sq	>0.250

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	115.900	113.584
5.0	115.900	115.776
10.0	116.500	116.945
25.0	118.900	118.897
50.0	120.900	121.067
75.0	123.550	123.236
90.0	124.800	125.189
95.0	125.900	126.357
99.0	125.900	128.549

ANEXO 29. PV80

Prueba de normalidad

Procedimiento UNIVARIATE
Distribución normal ajustada para PV80

Parámetros para distribución Normal		
Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	Mu	206.0167
Desv std	Sigma	32.75301

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal			
Test	Estadístico		p valor
Kolmogorov-Smirnov	D	0.16852352	Pr > D >0.150
Cramer-von Mises	W-Sq	0.07908983	Pr > W-Sq 0.201
Anderson-Darling	A-Sq	0.60220005	Pr > A-Sq 0.092

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	122.900	129.822
5.0	122.900	152.143
10.0	183.100	164.042
25.0	193.000	183.925
50.0	207.250	206.017
75.0	231.900	228.108
90.0	236.700	247.991
95.0	238.900	259.891
99.0	238.900	282.212

ANEXO 30. PV0 Variable peso vivo al inicio y 80 días para el E2

Prueba de normalidad

Procedimiento UNIVARIATE
Distribución normal ajustada para PV80

Parámetros para distribución Normal		
Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	Mu	206.0167
Desv std	Sigma	32.75301

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal			
Test	Estadístico		p valor
Kolmogorov-Smirnov	D	0.16852352	Pr > D >0.150
Cramer-von Mises	W-Sq	0.07908983	Pr > W-Sq 0.201
Anderson-Darling	A-Sq	0.60220005	Pr > A-Sq 0.092

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	122.900	129.822
5.0	122.900	152.143
10.0	183.100	164.042
25.0	193.000	183.925
50.0	207.250	206.017
75.0	231.900	228.108
90.0	236.700	247.991
95.0	238.900	259.891
99.0	238.900	282.212



ANEXO 31. PV80

Prueba de normalidad

Procedimiento UNIVARIATE
Distribución normal ajustada para PV80

Parámetros para distribución Normal		
Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	Mu	321.0667
Desv std	Sigma	60.29241

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal				
Test		Estadístico	p valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.22641387	Pr > D	0.088
Cramer-von Mises	W-Sq	0.08523714	Pr > W-Sq	0.163
Anderson-Darling	A-Sq	0.46869570	Pr > A-Sq	0.211

Cuantiles para distribución Normal		
Porcentaje	Cuantil	
	Observado	Estimado
1.0	201.100	180.806
5.0	201.100	221.894
10.0	239.600	243.799
25.0	285.700	280.400
50.0	329.950	321.067
75.0	364.850	361.733
90.0	385.400	398.335
95.0	396.500	420.239
99.0	396.500	461.328



ANEXO 32. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo SANDRA MARIN APAZA
identificado con DNI 70495040 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"INCLUSIÓN DE HARINA DE LUPINO Y ADICIÓN DE AMINOÁCIDOS SINTÉTICOS EN LAS DIETAS Y RESPUESTA PRODUCTIVA EN TACHAS (*Oncorhynchus mikiss*) EN EL LAGO TITICACA"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 09 de ENERO del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 33. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo SANDRA MARIN APAZA,
identificado con DNI 70495040 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA,
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ INCLUSIÓN DE HARINA DE LUPINO Y ADICIÓN DE AMINOACIDOS
SENTIETEDS EN LAS DIETAS Y RESPUESTA PRODUCTIVA EN TACHAS
(Oncorhynchus mykiss) EN EL LABO TITILACA ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 09 de ENERO del 20 24


FIRMA (obligatoria)



Huella