

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA**



**“RESPUESTA PRODUCTIVA EN PRIMER ALEVINAJE DE
TRUCHA CABEZA DE ACERO (*Oncorhynchus mykiss*) DE OVAS
PREMIUM CON DOS ALIMENTOS EXTRUIDOS”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO ZOOTECNISTA**

RENATO SANCHEZ FERRER

LIMA-PERÚ

2020

**La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente tesis
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual de la UNALM**

Document Information

Analyzed document	TESIS- RENATO SANCHEZ-.pdf (D166026984)
Submitted	2023-05-05 18:59:00
Submitted by	Victor Jesús Vergara Rubín
Submitter email	vjvergara@lamolina.edu.pe
Similarity	16%
Analysis address	vjvergara.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4630/romero-cabanillas-luis-... Fetched: 2023-02-07 22:28:48	 51
SA	1A_Espinoza_Mandujano_Evelyn_Thania_Titulo_Profesional_2017.pdf Document 1A_Espinoza_Mandujano_Evelyn_Thania_Titulo_Profesional_2017.pdf (D30234669)	 23

Entire Document

58%

MATCHING BLOCK 1/74

W

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE ZOOTECNIA "RESPUESTA PRODUCTIVA EN PRIMER ALEVINAJE DE TRUCHA CABEZA DE ACERO (*Oncorhynchus mykiss*) DE OVAS PREMIUM CON DOS ALIMENTOS EXTRUIDOS" TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE: INGENIERO ZOOTECNISTA RENATO SANCHEZ FERRER LIMA-PERU 2020

_____ La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente tesis (Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual de la UNALM UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE ZOOTECNIA "RESPUESTA PRODUCTIVA EN PRIMER ALEVINAJE DE TRUCHA CABEZA DE ACERO (*Oncorhynchus mykiss*) DE OVAS PREMIUM CON DOS ALIMENTOS EXTRUIDOS" Presentada por: RENATO SANCHEZ FERRER TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ZOOTECNISTA Sustentada y aprobada ante el siguiente Jurado: Dr. Víctor Guevara Carrasco Presidente Mg. Sc. Jonathan Morón Barraza M. Sc. Fernando Galecio Regalado Miembro Miembro Ing. Víctor Vergara Rubín Asesor A mi familia y en especial a mi mamá Marleny y tía Luzmila por su apoyo incondicional, a quienes dedico el presente trabajo. AGRADECIMIENTO Al Ing. Mg. Sc. Víctor Vergara Rubín por su apoyo, asesoría y valiosas recomendaciones para el desarrollo de esta investigación. A la empresa Ovaseed por el financiamiento del presente trabajo de investigación. A la SAIS TUPAC AMARU por brindar sus instalaciones para la ejecución de la presente investigación. A los trabajadores de la SAIS TUPAC AMARU por las enseñanzas y el apoyo brindado durante el

experimento y en especial a la señora Giviana y Alfredo.

100%

MATCHING BLOCK 2/74

W

Al Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos (PIPSA) por la elaboración de las dietas experimentales. A los miembros del jurado por sus aportes mediante las correcciones en el presente trabajo de investigación. A mi familia por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera universitaria. A

Brenda Yance por su apoyo incondicional. A mis amigos y compañeros quienes me apoyaron, aconsejaron y acompañaron durante toda la etapa de investigación hasta la culminación

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA**

**“RESPUESTA PRODUCTIVA EN PRIMER ALEVINAJE DE
TRUCHA CABEZA DE ACERO (*Oncorhynchus mykiss*) DE OVAS
PREMIUM CON DOS ALIMENTOS EXTRUIDOS”**

Presentada por:

RENATO SANCHEZ FERRER

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO ZOOTECNISTA

Sustentada y aprobada ante el siguiente Jurado:

Dr. Víctor Guevara Carrasco

Presidente

Mg. Sc. Jonathan Morón Barraza

Miembro

M. Sc. Fernando Galecio Regalado

Miembro

Ing. Víctor Vergara Rubín

Asesor

A mi familia
y en especial a mi mamá Marleny
y tía Luzmila por su apoyo
incondicional, a quienes dedico el
presente trabajo.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Mg. Sc. Víctor Vergara Rubín por su apoyo, asesoría y valiosas recomendaciones para el desarrollo de esta investigación.

A la empresa Ovaseed por el financiamiento del presente trabajo de investigación.

A la SAIS TUPAC AMARU por brindar sus instalaciones para la ejecución de la presente investigación.

A los trabajadores de la SAIS TUPAC AMARU por las enseñanzas y el apoyo brindado durante el experimento y en especial a la señora Giviana y Alfredo.

Al Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos (PIPSA) por la elaboración de las dietas experimentales.

A los miembros del jurado por sus aportes mediante las correcciones en el presente trabajo de investigación.

A mi familia por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera universitaria.

A Brenda Yance por su apoyo incondicional.

A mis amigos y compañeros quienes me apoyaron, aconsejaron y acompañaron durante toda la etapa de investigación hasta la culminación

INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCION	1
II.	REVISION DE LITERATURA	3
2.1.	La trucha <i>Oncorhynchus mykiss</i>	
2.1.1	Clasificación taxonómica de la trucha cabeza de acero	4
2.1.2	Características de la trucha cabeza de acero	4
2.1.3	Alevinos de ovas Premium	6
2.1.4	Etapas de cultivo de la trucha	6
2.1.5	Proceso de selección de alevinos	6
2.1.6	Requerimientos nutricionales	8
2.1.7	Alimentación de alevines	13
2.1.8	Tasa de alimentación	14
2.1.9	Frecuencia de alimentación	15
2.2.	Parámetros de calidad de agua	16
2.2.1	Temperatura	17
2.2.2	Oxígeno disuelto	18
2.2.3	Potencial de hidrogeno (pH)	18
2.2.4	Dureza	19
2.2.5	Amonio	19
2.3.	Alimento extruido	20
2.3.1	Efectos de la extrusión	22
III.	MATERIALES Y METODOS	26
3.1.	Lugar y fecha de ejecución.	26
3.2.	Instalaciones y equipos	26
3.3.	Animales experimentales	27
3.4.	Tratamiento	27
3.5.	Dietas experimentales	27
3.6.	Productos evaluados	28
3.7.	Manejo experimental	30
3.8.	Calidad de agua	31
3.8.1	Temperatura	31
3.8.2	Oxígeno disuelto	31
3.8.3	Potencial de hidrogeno (pH)	32
3.8.4	Dureza	32

3.8.5	Amonio	32
3.9.	Evaluaciones productivas	33
3.9.1	Peso y ganancia de biomasa	33
3.9.2	Consumo de alimento	34
3.9.3	Tasa de crecimiento	34
3.9.4	Conversión alimenticia	34
3.9.5	Sobrevivencia	35
3.9.6	Clasificación por tamaño	35
3.9.7	Costo de alimentación por kilogramo de ganancia de peso	35
3.10.	Diseño estadístico	36
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	37
4.1.	Peso y ganancia de peso.	37
4.2.	Consumo de alimento	38
4.3.	Conversión alimenticia	39
4.4.	Tasa de crecimiento	40
4.5.	Sobrevivencia	41
4.6.	Clasificación por biomasa y número de alevinos	42
4.7.	Costo por kilogramo ganado	43
V.	CONCLUSIONES	44
VI.	RECOMENDACIONES	44
VII.	BIBLIOGRAFIA	45

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Requerimientos nutricionales para alevines de trucha	8
Tabla 2: Tabla de alimentación Truchas La Molina	14
Tabla 3: Frecuencia de alimentación en truchas	15
Tabla 4: Parámetros de calidad de agua	16
Tabla 5: Parámetros productivos en alevinos de trucha con dietas extruidas y peletizadas	24
Tabla 6: Fases de alimentación según el tipo de dieta	27
Tabla 7. Valor nutricional calculado del alimento extruido La Molina.	28
Tabla 8. Análisis químico proximal de etiqueta del alimento extruido Nicovita	28
Tabla 9: Resultados de análisis químico proximal de las dietas experimentales	29
Tabla 10: Análisis físico químico del agua (temperatura, oxígeno, pH , nitrógeno amoniacal y dureza).	31
Tabla 11: Efecto de las dos dietas extruida en el comportamiento productivo de alevines de trucha arco iris	36
Tabla 12: Clasificación de los alevinos en cabecera, cuerpo y colas al final de la evaluación	41

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Distribución de unidades experimentales	50
Anexo 2: Peso vivo e incremento de peso	50
Anexo 3: Biomasa y ganancia de biomasa	50
Anexo 4: Tasa de crecimiento	51
Anexo 5: Consumo de alimento	51
Anexo 6: Conversión alimenticia	51
Anexo 7: Supervivencia	52
Anexo 8: Evaluación del costo del alimento por kilogramo de peso ganado	52
Anexo 9: Análisis de varianza del peso	52
Anexo 10: Análisis de varianza de la biomasa	53
Anexo 11: Análisis de varianza del consumo de alimento	54
Anexo 12: Análisis de varianza de la conversión alimenticia	54
Anexo 13: Análisis de varianza de la tasa de crecimiento	55
Anexo 14: Prueba de chi-cuadrado de la supervivencia	55
Anexo 15: Análisis de varianza del costo de alimentación	55
Anexo 16: Características físicas de las dietas	56
Anexo 17: Diagrama de flujo de producción de alimentos balanceados La Molina	57

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la respuesta productiva de dos alimentos balanceados extruidos en la primera etapa de alevines de trucha cabeza de acero (*Oncorhynchus mykiss*). El experimento se realizó en los estanques de la ecloserie Vinchos, situado en el distrito de Canchayllo provincia de Jauja región Junin, perteneciente a la SAIS “Túpac Amaru” Ltda. N°1. Los alimentos balanceados utilizados en el experimento fueron: El alimento extruido la Molina (T1) que se realiza en la Planta de Alimentos Balanceados de la Universidad Nacional Agraria La Molina, y el alimento extruido Nicovita (T2) de la empresa Vitapro. La evaluación se realizó durante 64 días, para lo cual se utilizaron 85836 alevines de trucha cabeza de acero con peso promedio de 142 gr. Estos peces experimentales fueron distribuidos en dos tratamientos con tres repeticiones de 14306 peces cada uno. Los parámetros de evaluación fueron ganancia de biomasa, consumo de alimento, conversión alimentaria, sobrevivencia, tasa de crecimiento y costo por kilogramo ganado. El modelo estadístico empleado fue el Diseño Completamente al Azar (D.C.A.), se realizó el análisis de varianza y la prueba de Tukey para evaluar las diferencias entre los promedios de los tratamientos y para el parámetro sobrevivencia se utilizó chi-cuadrado. Los resultados obtenidos para los parámetros evaluados consumo de alimento, conversión alimenticia, sobrevivencia y costo de alimentación mostraron diferencias significativas ($\alpha < 0.05$); sin embargo, en los parámetros, ganancia de peso y tasa de crecimiento, solo se observa un mayor rendimiento numérico al tratamiento 2 (T2). En conclusión, los resultados obtenidos indican que se obtuvo una mejor respuesta productiva con el tratamiento 1 (T1) por obtener un mayor porcentaje de sobrevivencia y menor costo por kilogramo ganado en la primera etapa de alevines de trucha cabeza de acero.

Palabras clave: trucha cabeza de acero, ovas premium, alevinaje, alimento extruido.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the productive response of two extruded balanced feeds in the first stage of steelhead trout fries (*Oncorhynchus mykiss*). The experiment was carried out in the ponds of the Vinchos hatchery, located in the district of Canchayllo, province of Jauja, region Junín, belonging to the SAIS “Túpac Amaru” Ltda. N°1. The balanced foods used in the experiment were: La Molina extruded food (T1) that is made in the Balanced Food Plant of the La Molina National Agrarian University, and Nicovita extruded food (T2) from the Vitapro S.A company. The evaluation was carried out during 64 days, for which 85,836 steelhead trout fingerlings with an average weight of 142 g were used. These experimental fish were distributed in two treatments with three repetitions of 14,306 fish each. The evaluation parameters were biomass gain, feed intake, feed conversion, survival, growth rate and cost per kilogram gained. The statistical model used was the Completely Random Design (D.C.A.), the analysis of variance and the Tukey test were performed to evaluate the differences between the means of the treatments and for the survival parameter, the chi-square was used. The results obtained for the evaluated parameters feed intake, feed conversion, survival and cost per kilogram gained showed significant differences ($\alpha < 0.05$); however, in the parameters, weight gain and growth rate, only a higher numerical performance is observed for treatment 2 (T2). In conclusion, the results obtained indicate that a better productive response was obtained with treatment 1 (T1) by obtaining a higher percentage of survival and lower cost per kilogram gained in the first stage of steelhead trout fries.

Keywords: steelhead trout, premium eggs, fries, extruded feed.

I. INTRODUCCION

Actualmente en nuestro país la acuicultura está en constante crecimiento, tanto en la producción como exportación de productos hidrobiológicos. La trucha (*Oncorhynchus mykiss*) es la especie que ha incrementado su producción en los últimos años de 24762 TM en el 2012 a 54848 TM en el año 2017, representando este último año con 54.6% del total de los recursos hidrobiológicos producidos en nuestro país (PRODUCE, 2017). Y para obtener una mayor producción se ha incrementado la importación de ovas, reportando 142007 millares el 2012 a 225 315 millares el año 2016 (SUNAT, 2016).

Según la FAO (2014) el costo de alimentación esta entre 50 a 60 % de los costos de producción en las empresas acuícolas; y para satisfacer la demanda existen una diversidad de marcas de alimentos balanceados para truchas, que tienen procesos como peletizado y extruido; sin embargo, los alimentos extruidos tienen una mayor digestibilidad, mejoran la conversión alimenticia, maximizando así el uso del alimento. Por tanto, utilizar un alimento extruido de calidad que cubra los requerimientos nutricionales se ve reflejado en los parámetros productivos.

Para obtener los mejores parámetros productivos no solo dependen de un alimento de calidad sino también la calidad genética del pez, es por ello que las empresas acuícolas han incrementado la importación de ovas embrionadas de mejor calidad genética ya que tienen mayor rendimiento productivo. Dentro de estas, la trucha cabeza de acero es una sub especie de la trucha arco iris que se diferencia por ser anádroma, y actualmente la empresa Riverence de EE.UU viene cultivando esta trucha en piscigranjas con estanques rectangulares en el Valle de Idaho y ha demostrado un alto grado de resistencia, vigor y se destaca por sus características productivas optimizadas como mayor velocidad de crecimiento, resistente a enfermedades, mayor sobrevivencia y eficientes en el uso del alimento alcanzando más de 3,0 kg en menos de 22 meses cuando se cría a 10 °C. Sin embargo, no se ha evaluado aún en nuestro medio, la respuesta productiva de esta trucha con alimento extruido.

Por lo mencionado, el objetivo de la presente investigación es evaluar la respuesta productiva de dos alimentos balanceados extruidos en la primera etapa de alevines de trucha cabeza de acero (*Oncorhynchus mykiss*) de ovas Premium, medido a través de los parámetros productivos de ganancia de peso, conversión alimenticia, tasa de crecimiento, sobrevivencia y costo del alimento por ganancia de peso.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. La trucha *Oncorhynchus mykiss*

Perteneciente a la familia de los salmónidos se distribuye y es fácilmente cultivada en todos los continentes dentro de sistemas acuáticos de aguas frías y templadas (Montory, 2011). Oriunda de las cuencas del océano Pacífico en Norte América, logrando habitar de forma natural desde Alaska hasta baja california (Blanco, 1995). De todos los salmónidos, ninguno esta tan predispuesto a la cautividad ni es tan tolerante a diferentes rangos de temperatura, salinidad y a concentraciones de oxígeno relativamente bajas. Estas características, junto con su rápido crecimiento la convierten en una de las especies preferidas para el cultivo. La trucha presenta varias características biológicas ventajosas para su crecimiento en hábitats con distintos parámetros de calidad de agua, como resultado de esto se encuentra entre una de las especies con mayores diversificaciones entre las especies continentales (Taylor, 1991), y una gran distribución geográfica gracias a su plasticidad fenotípica que le permite adaptarse y sobrevivir en diferentes ecosistemas. Según (Sloat, 2014), linajes anádromos y residentes de aguas continentales se encuentran afectados por los factores de su hábitat, por lo que sus características morfológicas, morfométricas y productivas llegan a ser diferentes.

2.1.1 Clasificación taxonómica de la trucha cabeza de acero

Reino	: <i>Animal</i>
Sub Reino	: <i>Metazoa</i>
Phylum	: <i>Chordata</i>
Sub Phylum	: <i>Vertebrata</i>
Clase	: <i>Osteroichthyes</i>
Sub Clase	: <i>Actinopterygii</i>
Orden	: <i>Isospondyli</i>
Sub Orden	: <i>Salmonidei</i>
Familia	: <i>Salmonidae</i>
Género	: <i>Oncorhynchus</i>
Especie	: <i>mykiss</i>
Sub especie	: Cabeza de acero

Fuente: Blanco (1995)

2.1.2 Características de la trucha cabeza de acero

Las características biológicas y zoográficas de la trucha arco iris se distinguen en tres sub especies o variedades siendo una de ellas la trucha cabeza de acero o de cabeza acerada, que tiene la peculiaridad biológica de migrar hacia el mar, así mismo esta sub especie tiene diferencias fenotípicas, pero genotípicamente son idénticas, ya que tienen un número diploide de cromosomas igual a 60, de los cuales 44 son metacéntricos y 16 acrocéntricos (Blanco, 1995).

El ciclo de vida de esta sub especie migratoria se resume en tres etapas: Primero se da el desove de truchas adultas en ambientes continentales, seguido del desarrollo de ovas embrionadas hasta alevines en ríos y lagos, posteriormente el segundo acontecimiento es la migración de los juveniles al océano donde se produce la esmoltificación o algunos sustancialmente residen en estuarios mientras evolucionan fisiológicamente y morfológicamente para soportar el ambiente marino, y finalmente el crecimiento de las truchas hasta la madurez en ambientes marinos, una vez alcanzada la madurez estas retornan a su lugar de nacimiento, como a cualquier otro río o laguna que tenga libre acceso para el

posterior desove (Keeley, 2007). Generalmente el ciclo de vida en el agua dulce de estas truchas dura entre uno a dos años, sin embargo, distintas cohortes de truchas cabeza de acero pueden mostrar diferencias morfométricas y morfológicas entre ellos, debido a lo irregular que es el tiempo de permanencia en aguas continentales, estuarios y el mar (Quinn, 2005). Tal es así que desde alevines hasta la etapa juvenil no se distingue diferencia alguna entre las truchas cabeza de acero y arco iris, es después de la esmoltificación del pez, cuando la trucha cabeza de acero pierde el colorido de su piel y la parte dorsal de su cuerpo se vuelve negra con lados plateados y una línea lateral rosada, así mismo (Saavedra, 2019) realizó un estudio de la performance productiva y relaciones morfométricas de truchas (*O. mykiss*) cabeza de acero y arco iris en etapa de engorde en raceways reportando que la trucha cabeza de acero mostró la mejor performance en los parámetros productivos en comparación con el linaje arco iris.

La cabeza de acero juveniles son indistinguibles de las truchas arco iris durante los primeros años de su vida. Antes de migrar hacia el mar, los juveniles pasan por una serie de cambios físicos llamados smoltificación que les permite sobrevivir en agua salada; y cuando ha pasado de 1 a 3 años en el océano generalmente presentan manchas oscuras de forma irregular tanto por encima como por debajo de la línea lateral, también se encuentran manchas dispersas a lo largo de la parte superior de la cabeza, a los lados, en la parte dorsal y en ambos lóbulos de las aletas caudales. Estas truchas migratorias que retornan del océano pueden ser muy brillante y mucho más plateado que el arcoíris residente. La coloración distintiva y hermosa de la cabeza de acero durante el período de desove de agua dulce es importante para el apareamiento y la reproducción, mientras que el brillo plateado y la forma aerodinámica de la cabeza de acero brillante del océano es esencial para la supervivencia en el medio marino (Alaska Department of Fish and Game (ADF &G)., s.f.).

2.1.3 Alevinos de ovas Premium

Son truchas de la cepa cabeza de acero de alta calidad genética, provenientes de ovas Premium que tienen características productivas optimizadas. Estos alevinos de calidad Premium tienen la capacidad de tener mayor tasa de sobrevivencia y mayor crecimiento, eficientes en el uso del alimento, resistentes a enfermedades, también estos alevinos en 3 meses pueden llegar a los 18 gramos de peso. Según la empresa Riverence de EE.UU, sus ovas de calidad Premium está definida por la genética, manejo y el control de calidad durante todo el proceso de clasificación. Para este último proceso utilizan sistemas que le permite tomar fotografías de cada huevo, evaluando rápidamente su calidad, logrando ordenar huevos malos y débiles con alta precisión obteniendo finalmente huevos clasificados por tamaño.

2.1.4 Etapas de cultivo de la trucha

El primer alevinaje comprende desde post larva hasta una talla de 5 cm y segundo alevinaje desde la talla ≥ 5.0 cm hasta alcanzar los 10 cm y peso promedio de 12.0 aproximadamente (FONDEPES, 2014). En la etapa juvenil comprende el cultivo de trucha, desde su talla promedio de 10 cm hasta alcanzar los 17 cm, con peso promedios de 68.0 g, aproximadamente. Esta fase tiene una duración aproximada de 02 meses, en condiciones normales de cultivo. Finalmente, la etapa de engorde comprende desde su talla promedio de 17 cm hasta alcanzar los 26 cm., equivalente a un peso promedio de 250 g (tamaño plato). Esta fase tiene una duración aproximada de 3 meses (FONDEPES, 2014).

2.1.5 Proceso de selección de alevinos

El cultivo de truchas tiene por finalidad aprovechar al máximo las buenas condiciones físicas químicas del agua, espacio vital y alimento artificial. Sin embargo durante el cultivo, las truchas al incrementar de peso generan un aumento de la biomasa total en los estanques lo cual llega hasta un punto, en donde la velocidad de crecimiento de la trucha disminuye, debido principalmente a que, el espacio vital disponible ya no es suficiente, y por

consiguiente es necesario reducirla mediante una selección de la biomasa por peso y talla de las truchas, para lo cual, dependiendo de la etapa de cultivo se utilizan seleccionadores con un tamaño específico de abertura (4, 5, 6 hasta 24 milímetros), los cuales ayudan a mantener uniformes los pesos y tallas de las truchas durante el periodo de cultivo. Esta actividad se conoce como movimiento de biomasa de los ambientes o estanques (FONDEPES, 2014).

Conforme van creciendo los alevinos se da una diferencia en los tamaños, tales como grandes, medianos y pequeños. Por tanto, si hay alevinos de diferentes tamaños, muchos pequeños y medianos no pueden alimentarse bien, por la ventaja en tamaño y fuerza de los más grandes. Por ser la trucha un pez carnívoro, si la diferencia de tamaño entre los alevinos es muy grande, los alevinos más grandes se comen a los más pequeños, perdiéndose una gran cantidad de peces. Para evitar el canibalismo y tratar de que todos los alevinos continúen creciendo lo más homogéneo posible, se realiza una práctica para seleccionar los alevinos por tamaños y separarlos en diferentes estanques (FAO, 2014).

La clasificación o selección de truchas implica agrupar en dos o tres tamaños la totalidad de los peces de un estanque. Las truchas son fáciles de manejar y clasificar, para este proceso existen muchos sistemas, y se pueden realizar dentro o fuera de los tanques donde se encuentran. Normalmente se bombean los peces a máquinas que contienen un juego de tuberías paralelas, y así se separan en tres grupos según tamaño del pez: en lotes de cabeceras, cuerpo y colas. También se realiza dentro del estanque, los alevinos son capturados y transportados en un balde con agua hasta la caja seleccionadora donde se hacen pasar por las varillas y los que no pasan son contados y puestos en baldes con agua y trasladados a otros estanques (Maraver, 2013).

2.1.6 Requerimientos nutricionales

a. Proteínas y aminoácidos

La mayor demanda de requerimientos nutricionales se da en la etapa de crecimiento activo y en relación a la edad, siendo la proteína de mayor utilización en la edad temprana de los peces, para conseguir una máxima producción de proteína muscular, por lo que se tiene que alimentar con dietas que contengan niveles altos de proteína y de buena calidad la cual se caracteriza por su digestibilidad y contenido de aminoácidos (Blanco, 1995).

La proteína requerida en la dieta proporciona los aminoácidos esenciales y no esenciales necesarios para la síntesis de músculos y tejidos corporales. Por lo tanto, los peces consumen proteínas para obtener aminoácidos y se requiere una ingesta regular de proteínas ya que los usan continuamente, ya sea para construir nuevas proteínas o para reemplazar las proteínas existentes (mantenimiento). Sin embargo, ante una deficiencia de proteína en la dieta da como resultado una reducción o cese del crecimiento y una pérdida de peso debido a la extracción de proteínas de los tejidos menos vitales para mantener las funciones de los tejidos más vitales. Los peces, como otros animales, no tienen un verdadero requerimiento de proteínas, pero sí un requerimiento de una mezcla equilibrada de aminoácidos esenciales o indispensables y no esenciales o prescindibles (Wilson, 2003).

La mayor parte de la proteína contenida en los alimentos comerciales para salmónidos, son de origen animal, sobre todo harina de pescado, cuya digestibilidad sobrepasa el 90 por ciento. En juveniles, la mayor parte de la fracción proteica se cubre con este ingrediente, lo cual asegura un alto valor proteico de la dieta y la suficiente cantidad de aminoácidos esenciales indispensables para el crecimiento óptimo de la trucha (Blanco, 1995).

Tabla 1: Requerimientos nutricionales para alevines de trucha

Nutriente	Cantidad
Proteína (%)	48
Fibra (%)	< 6
Lípidos (%)	< 13.9
Cenizas (%)	6.2
Energía Digestible (kcal/kg)	4.2
Arginina (%)	1.5
Histidina (%)	0.8
Isoleucina (%)	1.1
Leucina (%)	1.5
Lisina (%)	2.2
Metionina (%)	0.8
Met. + Cis. (%)	1.1
Fenilalanina (%)	0.7
Treonina (%)	1.1
Triptófano (%)	0.2
Valina (%)	1.2
Vit A (mg/kg)	0.75
Vit D (mg/kg)	40
Vit E (mg/kg)	50
Vit C (mg/kg)	20
Sodio (%)	0.6
Fosforo (%)	0.7

Fuente: (NRC, 2011)

b. Energía

Todas las funciones vitales y productivas del animal requieren energía; por lo tanto, la capacidad de aportarla es de gran importancia al determinar el valor nutritivo de los alimentos. Los peces como todos los animales, necesitan energía para asegurar sus funciones vitales. En condiciones aerobias, la única energía utilizable por el organismo deriva de la oxidación de los compuestos orgánicos (glúcidos, lípidos y proteínas) procedentes de la

digestión de los alimentos y de la renovación de células y tejidos (Guillaume et al. 2004). Las truchas presentan una escasa capacidad de aprovechamiento de los carbohidratos y las grasas como fuentes de energía, por lo que la mayoría de energía potencial de la trucha debe ser obtenida a partir de las proteínas. La trucha puede aprovechar solamente un 15% de la proteína vegetal por lo que en la práctica toda la energía digestible (ED) se obtiene a partir de la proteína de origen animal de la dieta (Drummond, 1988).

Los requerimientos de energía de la trucha arco iris cultivada a 12 ° C y alimentada con una dieta práctica (44% de proteína digestible y 4.54 Mcal) en diferentes pesos o creciendo de 1 gramo hasta 1000 gramos, los requisitos son diferentes ya que para producir 1 kg de biomasa de trucha arcoíris varían de aproximadamente 2.34 Mcal para alevinos de 1 gramo a 6,41 Mcal para truchas de 400 gr (NRC, 2011).

c. Lípidos

Los lípidos en los peces, al igual que en el resto de organismos, cumplen una importante función como reserva y provisión de energía metabólica en forma de ATP, a través de la β -oxidación de los ácidos grasos en las mitocondrias y en los peroxisomas. Los lípidos, y específicamente los ácidos grasos, son la fuente preferida de energía metabólica para el crecimiento, reproducción y natación en los peces, especialmente en los peces carnívoros (Rodríguez et al, 2009).

Las larvas de los salmónidos, incluyendo la trucha y especies anadromas de salmón, se desarrollan mejor cuando son alimentadas directamente con HUFA, que cuando reciben exclusivamente 18:3n-3 (Rodríguez *et al*, 2009). Por tanto, en los peces de cultivo, la alimentación cualitativa (tipo de alimento) y cuantitativa (consumo) es esencial para un crecimiento, supervivencia y reproducción adecuados. En ese contexto Swanson, (2012) menciona que los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga Omega-3 (CP-3 LCPUFA), como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), son componentes esenciales para todos los organismos vivos. Así mismo Geurden, et al (2005) indica que la trucha arco iris tiene la capacidad de diferenciar una dieta estándar formulada

con aceite de pescado de una dieta que contiene aceite de origen vegetal, y recientemente, Roy (2019) demostró que el DHA y EPA dirigieron el comportamiento de alimentación de las truchas arco iris juveniles bajo la ingesta voluntaria de alimento, y observaron que la presencia de altos niveles de DHA y EPA en la dieta influye en la preferencia alimenticia y mostró una mayor tasa de consumo con una disminución general en el desperdicio del alimento. En contraste un estudio realizó una prueba de crecimiento para evaluar los efectos de los niveles de lípidos en la dieta sobre el rendimiento del crecimiento, la utilización del alimento, la capacidad digestiva, el estado de salud y la expresión de genes relacionados con el crecimiento de la trucha arcoíris triploide hembra y encontraron que la trucha arcoíris triploide podría usar o tolerar un nivel alto de lípidos en la dieta (hasta un 29,4%) sin efectos negativos sobre el crecimiento de los peces, la utilización del alimento, la salud del hígado o del intestino (Yuqiong, 2019). Y según NRC (2011) los requisitos cuantitativos informados de ácidos grasos esenciales (AGE) de especies juveniles y subadultos de agua dulce como la trucha arco iris los ácidos grasos omega-3 (18: 3n-3) deben suministrarse entre 0.7-1.0 % de la dieta, mientras que (n-3 LC-PUFA) recomienda 0.4 - 0.5 % de la dieta.

En las dietas de salmón también la literatura muestra que requiere entre 2.7 y 3.4% del total de ácidos grasos (AG) (Rosenlund, 2016) o superior al 1.6% de EPA + DHA en la dieta (Bou, 2017) y para garantizar un crecimiento óptimo el EPA y el DHA desempeñan funciones fisiológicas importantes en los peces, incluidas funciones clave en el crecimiento y la supervivencia (Ruyter, 2000).

d. Vitaminas

Las vitaminas son sustancias necesarias para el desarrollo adecuado del pez. Parte del éxito de un cultivo de peces depende de la idoneidad del alimento aportado, siendo las vitaminas parte importante del mismo. En el momento en que se usan alimentos artificiales, éstos se deben suplementar con vitaminas hidro y liposolubles en las cantidades apropiadas, ya que tanto su deficiencia como su exceso pueden ser causa de anomalías. Por ello se deben conocer las necesidades vitamínicas de cada especie a cultivar, así como las fuentes donde se encuentran en mayor proporción cada una de las vitaminas, los síntomas de una deficiencia o exceso de una vitamina determinada y las funciones que desempeñan (Rodríguez *et al*, 2009).

Las truchas, con respecto a otros peces son exigentes en vitaminas, estableciéndose hasta un número de quince vitaminas que han sido consideradas como esenciales en estos peces y que deben, por lo tanto, estar presentes en el alimento. La vitamina E se incorpora también en los alimentos como material antioxidante de las grasas y la vitamina C en proporciones superiores a las necesarias, como protector frente al estrés, enfermedades, etc., especialmente en alevines. Los peces son capaces de absorber del medio acuático, a través de las branquias o de la piel algunos iones minerales, así como completar, con la alimentación, todos aquellos que les son necesarios (Blanco, 1995)

e. Minerales

En agua salada la presión osmótica conlleva una deshidratación y una absorción importante de sales, de ello se deriva la necesidad de absorber por vía oral grandes cantidades de agua, la posibilidad de aporte de minerales por este medio es mayor que en el medio dulceacuícola ya que el contenido de sales minerales disueltas es mucho más elevado y casi constante (Guillaume, 2004). La mayor parte de las necesidades de calcio, hierro, magnesio, cobalto, potasio, sodio y zinc pueden ser cubiertas por el pez a través del agua. Por otra parte, muchos de los ingredientes utilizados en la composición del alimento son ricos en minerales disponibles para los peces, e incluso pueden encontrarse en grandes cantidades cuando estos ingredientes son de calidad (Blanco, 1995).

El pez, a diferencia de los animales terrestres, puede absorber algunos minerales (elementos inorgánicos) no sólo de sus dietas sino también de su ambiente acuático. El calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu), y selenio (Se) son principalmente extraídos del agua para satisfacer la mayor parte de las exigencias alimenticias. Los fosfatos y los sulfatos, sin embargo, son obtenidos del alimento con más eficiencia (Coolsaet, 2012). Los macro minerales son elementos imprescindibles para los procesos vitales del pez. Sus funciones principales incluyen la formación de su estructura esquelética, transferencia de electrones, regulación de equilibrio acidez alcalinidad, osmoregulación y otros como dientes, escamas y exoesqueleto. Los micro minerales son también componentes importantes de hormonas y enzimas y además son activadores de enzimas, también participan en una amplia variedad de procesos bioquímicos. Los más

comúnmente reconocidos son el cromo, cobre, yodo, hierro, manganeso, selenio, y el zinc (NRC, 2011).

2.1.7 Alimentación de alevines

La trucha es una especie carnívora, por lo que es muy importante que la formulación de las dietas cumpla esta necesidad. Los ingredientes energéticos para la formulación de una dieta de la trucha, son la proteína, los lípidos y los carbohidratos. El sistema digestivo de las truchas y otros salmónidos está naturalmente estructurado para procesar alimentos que contengan principalmente proteína y que puedan obtener una cantidad determinada de energía a partir de grasas y carbohidratos. Los alevines se alimentan con contenidos de cerca del 50 por ciento de proteína y 15 por ciento de grasas, mientras que los peces adultos pueden crecer con un 40 % de proteína y un 10 a 12 por ciento de grasas. (Klontz, 1991).

Los embriones recién eclosionados, denominados en ese momento larvas, poseen una vesícula que contiene reservas que sirve de alimento obtenido por el pez a través de los vasos sanguíneos, la reabsorción de la vesícula para la formación corporal que es lenta y progresiva en el tiempo el pez permanece en reposo en el fondo del bastidor. Antes de la total reabsorción de la vesícula, los alevines están muy pigmentados, pierden su transparencia y se oscurecen cada vez más, abandonan el fondo del bastidor, nadan activamente en los espacios intermedios de la lámina de agua, se disponen ya en contra de la corriente y buscan la luz. En este estadio las células epiteliales que obstruían el esófago han sido reabsorbidas, la vía digestiva está libre y el alevín, todavía vesiculado, tienen un comportamiento dirigido fundamentalmente a la captura de alimento. De esta forma la energía endógena, procedente de la vesícula, es sustituida progresivamente por energía exógena, a expensas de la alimentación balanceada ofrecida (Blanco, 1995).

El inicio de la alimentación exógena es un proceso gradual. Cuando se tiene un lote de la misma edad no todas ellas empiezan a alimentarse al mismo tiempo. Aún en el supuesto de que dispongan del alimento adecuado, es frecuente observar diferencias en el aprendizaje de captura y capacidad para alimentarse. Estas diferencias se deben a las características individuales de las larvas, como el tamaño o la agresividad, pero también a la oportunidad

de encuentros con la presa. Esta falta de sincronización es más o menos patente según la especie. Así, en algunas especies se observa que la totalidad de las larvas han iniciado la alimentación en unas pocas horas desde que se detecta la apertura de la boca, mientras que otras requieren varios días. Además, como todos los procesos del desarrollo esta variabilidad en el inicio de la alimentación también se ve afectado por las condiciones ambientales como la temperatura o intensidad de luz (Sanz, 2012).

Por tanto, los alevines que inician a comer se les deben dar raciones muy pequeñas de alimento concentrado en polvo o de granulado fino con un alto nivel de proteína a cada hora, durante las ocho horas de jornada normal de trabajo, hasta que los alevines lleguen a 5 centímetros de tamaño. La alimentación en esta primera etapa es muy importante para que se fortalezcan, crezcan fuertes y que la mortalidad sea mínima (FAO, 2014).

2.1.8 Tasa de alimentación

Es la ración diaria a proporcionar a la trucha, esta tasa varía con la temperatura del agua, el tamaño de los peces y el alimento. Se expresa en porcentaje de peso de los peces alimentados (FAO, 2014).

La cantidad de alimento que se debe proporcionar a las truchas debe estar en relación directa a la temperatura del agua y a la talla o peso promedio de los peces en cultivo, en consecuencia existen varios métodos para la determinación de la cantidad de alimento diario; pero deberá escogerse el que mejor se adapte al sistema o de la combinación de los mismos. En este sentido, es importante conocer la temperatura promedio del agua, ya que ésta condiciona la alimentación; además, se debe conocer las tallas unitarias de los peces de cada recinto de cultivo, y así determinar la cantidad de alimento que deberá comer durante el día, calculado con la tasa relativa recomendada por las marcas de alimentos comerciales, sin embargo, sirven como referencia ya que pueden consumir más o menos hasta llegar al punto de saciedad del pez (FONDEPES, 2014). En la tabla 2 se puede observar la tasa de alimentación recomendada según la temperatura del agua y el estadio del pez.

Tabla 2: Tabla de alimentación Truchas La Molina

TIPO DE ALIMENTO	PESO UNITARIO (gr)	TALLA (cm)	TEMPERATURA DEL AGUA					
			10 °C	11 °C	12 °C	13 °C	14 °C	15 °C
			TASA DE ALIMENTACION (% PESO CORPORAL)					
ALEVINAJE								
Inicio granulado I	1.5 -2.5	4.0 - 5.3	5.38	5.54	6.6	6.8	7.5	8.51
Inicio granulado I	2.5 - 5.0	5.3 - 6.0	4.62	5.3	6	6.21	6.65	7.01

FUENTE: (Vergara et al, 2002)

2.1.9 Frecuencia de alimentación

La frecuencia de alimentación es definida como la ración entre el número de veces que se alimentará al día y que esta depende del estadio de los peces por lo que la fase inicial de alevinaje la frecuencia alimentaria debe de ser mayor para estadios menores y menor para estadios mayores. Estas frecuencias pueden variar dependiendo de la calidad del agua (turbidez) o si los peces están estresados, de igual manera en días soleados es recomendable acabar de alimentar antes del mediodía, y cuando hay heladas es recomendable empezar a alimentar después de ellas (FAO, 2014).

Según FONDEPES (2014) la frecuencia de alimentación para alevines debe ser de 10 a 15 veces por día como se muestra en el la tabla 3. Así mismo Rosales (2016) evaluó los índices productivos en alevines de truchas de 4 cm con cuatro frecuencias de alimentación resultando una mejor conversión alimenticia, mayor porcentaje de sobrevivencia y mayor ganancia de peso con una frecuencia de 6 veces al día.

Tabla 3: Frecuencia de alimentación en truchas

Peso unitario (g)		Frecuencia de alimentación (veces/día)	
Desde	Hasta	1	2
post-larvas	1	10 a 12	10 a 15
1	5	6 a 8	8 a 10
5	25	4 a 6	4 a 6

1: (Vergara *et al*, 2002); 2: (FONDEPES, 2014)

2.2. Parámetros de calidad de agua

El cuerpo de agua a utilizar, debe poseer características adecuadas en cuanto a su cantidad y calidad medidas a través de propiedades físicas, como temperatura, pH, oxígeno, transparencia, turbidez, etc., pueden estar sometidas a variaciones bruscas por la influencia de factores externos, fundamentalmente a cambios atmosféricos y climáticos. Las propiedades químicas, sin embargo, son mucho más estables y sus variaciones son mínimas, salvo casos excepcionales que una contaminación pueda producir efectos irreversibles. La calidad del agua desde el punto de vista biológico, está condicionada a la ausencia o presencia de organismos vivos en el ecosistema acuático, así como a la mayor o menor presencia de agentes patógenos (FAO, 2014). Los siguientes parámetros de calidad de agua se muestran en la tabla 4.

Tabla 4: Parámetros de calidad de agua

Parámetros	(FAO, 2014)	(FONDEPES 2014)
Rango optimo		
temperatura del agua	10 - 18 °C	9 - 14 °C
Oxígeno disuelto	7.5 -12 ppm	6 – 8.5 mg/l
Ph	6.5 - 8.5	6.6 – 7.9
CO2	< 7 ppm	Menor a 2 ppm
Alcalinidad	20 - 200 mg/l CaCO3	80 – 180 ppm
Dureza	60 - 300 mg/l CaCO3	60 – 300 ppm
NH3	No mayor de 0.02 mg/l	----
H2S	Máximo aceptado de 0.002 mg/l	--
Nitratos	No mayor de 100 mg/l	--
Nitritos	No mayor de 0.055 mg/l	--
Nitrógeno amoniacal	No mayor de 0.012 mg/l	--
Fosfatos	Mayores de 500 mg/l	--
Sulfatos	Mayor de 45 mg/l	--

FUENTE: (FAO, 2014) y (FONDEPES, 2014)

2.2.1 Temperatura

En condiciones naturales la trucha puede vivir en aguas cuya temperatura oscila de 0 a 25 °C, sin embargo, para la cría artificial, el rango se reduce a 9° y 17°C para un crecimiento y desarrollo adecuado (Blanco, 1995)

En la etapa de alevín, la temperatura adecuada es entre 10° y 12°C. A pesar de que el rango de temperatura del agua en que las truchas pueden sobrevivir es amplio, a partir de temperaturas por arriba de los 21°C las concentraciones de oxígeno en el agua son muy bajas, por lo que no sería un ambiente adecuado para utilizarlo en el cultivo de trucha ya que esta tiene una incidencia directa sobre los aspectos reproductivos de las truchas, el ritmo de crecimiento de los alevines y adultos, y especialmente sobre el grado de actividad metabólica (Oliva, 2011).

2.2.2 Oxígeno disuelto

Existen diversos factores físicos, químicos y biológicos que determinan la cantidad de oxígeno presente en el agua. Uno de los factores más importantes es la temperatura, ya que cuanto más alta sea, menor será la cantidad de oxígeno disuelto en el agua y mayor la exigencia de oxígeno de las truchas, sin embargo, también se debe tener en cuenta el número de truchas en cada estanque, y para ello hay que conocer cuántas veces se recambia el agua por día. Entre más recambio del agua al día en los estanques, podemos tener un mayor número de truchas en crecimiento, y con mayor flujo de agua, hay buen nivel de oxígeno, pues los desechos de las truchas y los restos de alimento salen rápidamente de los estanques, manteniendo una buena calidad del agua de cultivo (FAO, 2014).

En el cultivo de la trucha la cantidad de oxígeno disuelto en el agua es muy importante para el buen desarrollo en todo su ciclo productivo. En el cultivo de truchas se estima que los peces en crecimiento deben de tener continuamente tasas mínimas de oxígeno de 5 a 5.5 mg/l (miligramos/litro), mientras que los huevos y alevines son más exigentes, demandando de 6 a 7 mg/l. Con cifras muy inferiores a las mencionadas, las truchas presentan dificultades para extraer el oxígeno del agua y transportarlo a través de sus branquias (Oliva, 2011). FONDEPES (2014) recomienda un nivel mayor 5.5 mg/l. (60% de saturación de oxígeno) en los momentos de máximo consumo en el cultivo, ya que de lo contrario los peces presentarían signos de asfixia. Así mismo se debe tener en cuenta que el agua que entra al estanque (pila) es sobresaturada de oxígeno, y según el recorrido hacia la salida de los estanques los peces lo consumen, llegando a la salida con bajo nivel de oxígeno, sin embargo, durante el día la demanda de oxígeno aumenta significativamente durante la alimentación y digestión. En consecuencia, si el agua es deficiente en oxígeno, se observa en el comportamiento de los peces, los cuales tienden a concentrarse en la cabecera de los estanques. (Maraver, 2013)

2.2.3 Potencial de hidrogeno (pH)

Es muy importante conocer el carácter de acidez o basicidad del agua, porque este parámetro actúa como regulador de la actividad metabólica. El agua con pH ligeramente alcalino son más beneficiosas para la crianza y desarrollo de la trucha, entre 7 y 8 es el óptimo, sin embargo cuando su valor es mayor a 9 se debe descartar para el cultivo de trucha ya que no es compatible con la vida de los peces, igualmente las aguas ácidas con pH inferior a 6.0

deben evitarse, por consiguiente es importante mencionar que la excesiva variación de este parámetro en el agua sería muy perjudicial en el cultivo, por ejemplo con niveles inferiores a 6.5 pueden producir hemorragias en las branquias de las truchas y causar mortalidades elevadas (FONDEPES, 2014).

Para la cría de la trucha los valores deseables del pH deben estar en un rango de 6.5 a 9, ya que son los más apropiados para la producción. Con valores inferiores a 6.5 o mayores a 9.5 la reproducción disminuye. Con un pH por debajo de 4 se presenta la muerte ácida de los peces, y por arriba de 11 la muerte alcalina (Oliva, 2011)

2.2.4 Dureza

Se refiere a la presencia de ciertos elementos químicos, tales como el calcio y magnesio que contribuyen a la calidad de agua. Los rangos de dureza apropiados para el agua son de 60 a 300 ppm, los cuales permiten un mejor crecimiento de la trucha, asimismo, si el nivel de la dureza es bajo, indica que la capacidad de tamponar es baja y el pH puede variar considerablemente durante el día (FAO, 2014).

2.2.5 Amonio

La composición química de las aguas de un criadero de truchas se puede ver afectada por el metabolismo de los mismos peces que en ellos habitan o por la degradación de la materia orgánica presente en el agua. De especial importancia es el contenido de amoníaco, pues su toxicidad y efectos sobre el organismo varían con el pH y la temperatura del agua. Los efectos tóxicos se deben esencialmente a la forma no ionizada del amoníaco, que resulta perjudicial para los peces. El pH, la temperatura y la salinidad del agua determinan la toxicidad del amoníaco no ionizado. El pH es el más importante, ya que cuando aumenta en una unidad, ocasiona el incremento de 10 veces la producción de amoníaco tóxico (Oliva, 2011).

Las sustancias amoniacales son producto de la excreción de los peces, de manera que hay que tener muy en cuenta la carga de peces que se tendrá por estanque, pues una alta concentración de truchas puede traer consecuencias negativas en los niveles de amonio presentes en el agua, que ocasionarán daños en las branquias y retardo en el crecimiento de los peces (Oliva, 2011).

Su existencia en el agua de cultivo depende fundamentalmente del pH y de la temperatura del agua. Cuanto más ácida sea el agua, mayor es su concentración en iones H⁺, los cuales son cedidos al medio y captados por la forma tóxica NH₃, transformándose en la molécula no tóxica NH₄⁺. Por este motivo en aguas ácidas hay menos riesgo de toxicidad por nitrógeno amoniacal, y por este motivo en igualdad de condiciones las granjas de aguas ligeramente ácidas admiten mayores cargas, ya que en igualdad de condiciones su forma tóxica se encuentra en menor porcentaje. La concentración de NH₃ también aumenta con temperaturas altas (Maraver, 2013).

2.3. Alimento extruido

La extrusión de un alimento es un proceso que combina diversas operaciones unitarias como el mezclado, la cocción, el amasado y el moldeo. El objetivo principal de la extrusión consiste en ampliar la variedad de los alimentos que componen la dieta elaborando a partir de ingredientes básicos, alimentos de distinta forma, textura y color; como harinas instantáneas (Fellows, 1994). Harper (1981) menciona que la cocción – extrusión combina el calentamiento con el cocimiento y formación de alimentos húmedos, almidonosos y proteicos mientras que Bartone (2002) menciona que en este proceso se inactivan los factores antinutritivos como el inhibidor de tripsina en la soya cruda.

Durante la extrusión, se da una combinación de precondicionar (añadir agua o vapor) y extrusión (a temperaturas altas y presión) que hacen que se aglomeren las materias primas y se gelatinicen los almidones presentes en la mezcla. Es por ello que las materias primas que contienen almidón son imprescindibles para formular un alimento. Los componentes más estudiados incluyen almidón, proteína, grasa y vitaminas. Diversos estudios indican que el grado de gelatinización del almidón, de desnaturalización de la proteína y de retención de

nutrientes depende del tipo de materiales procesados, de las condiciones de procesado y de la configuración de la extrusora (Sanz, 2012).

Si bien la extrusión en la inversión inicial es más costosa, en el mediano y largo plazo es más rentable ya que tiene un menor costo de formulación lo cual permite más espacio en la fórmula para mayor rango de materias primas. Así mismo la viabilidad de fabricar vía extrusión se consigue un alimento con muy buen perfil de aminoácidos y de mejor digestibilidad, por ende, este alimento tiene una mejor conversión alimenticia que el peletizado. También el alimento extruido tiene mejor estabilidad en el agua a diferencia de un peletizado que se desintegra fácilmente y por ser menos estable se hunde rápidamente y favorece la descomposición en el fondo de los estanques, lo que se traduce en proliferación de bacterias, enfermedades y, en consecuencia, mayor mortalidad en los peces. Por consiguiente, la hidroestabilidad de los alimentos extruidos genera mayor aprovechamiento por los peces evitando desperdicio al fondo del estanque y logrando evitar contaminar el agua (Finelli, 2010). Así mismo Maraver (2013) menciona que el alimento extruido proporciona mejores crecimientos y supervivencias que los peletizados en peces y otras especies.

En peces, la tarea importante de formar raciones de materias primas en gránulos aglomerados adecuados para alimentar a diferentes especies acuícolas ha sido, y seguirá siendo, una parte importante del éxito de la acuicultura. Para ello se han adoptado y desarrollado diferentes métodos para cada especie en condiciones de cría a nivel mundial y la extrusión ha sido un método preferido para la fabricación de alimentos acuícolas. Por tanto, los fabricantes de equipos y los usuarios finales de esta tecnología han refinado sus soluciones con una amplia gama de herramientas diferentes para mejorar la calidad y el rendimiento del alimento. Una mejor comprensión de cada paso en el proceso de fabricación y las mejoras en los equipos auxiliares han sido una parte importante de este progreso (Nelson, 2017).

2.3.1 Efectos de la extrusión

a. Efecto en las proteínas

Cisneros (2000) nos indica que durante la extrusión se realiza diversas reacciones con las proteínas como: la reacción de Maillard por la presencia de azúcares reductores, desnaturalización de proteínas, ruptura y formación de enlaces químicos intermoleculares (peptídicos y disulfuro) y formación de complejos proteína-carbohidrato y proteína-lípidos. Según Cisneros (2000) indica que la extrusión tiende a mejorar la digestibilidad de proteínas de origen vegetal por dos razones: inactivación de inhibidores de proteasas y desnaturalización de proteínas. Existe pérdida del aminoácido lisina pero que está en función a dos factores: las condiciones de extrusión (ejemplo: extrusión con tiempo de residencia más cortos de 20 a 40 s la pérdida de lisina es del 3% durante el preacondicionado si se da de 2 a 8 minutos y a temperaturas elevadas mayores a 116 °C la pérdida es de 13% de lisina) y a la reacción de Maillard por la presencia de azúcares reductores.

Con respecto a las proteínas de la materia prima, el proceso de extrusión inactiva los inhibidores de crecimiento para evitar bloquear la actividad enzimática en el intestino. Este proceso favorece la disponibilidad de lisina y reduce el contenido de factores antitróficos en el producto (Meneses *et al.*, 2007).

b. Efecto en el almidón

Los cambios producidos en el almidón, durante el proceso de extrusión combinado con la cantidad de humedad presente, la temperatura que se está llevando a cabo en el proceso, la morfología, el tamaño de la partícula de la harina y del polisacárido, afectan la textura y porosidad del producto extruido. Así también, la relación amilosa/amilopectina son factores determinantes para obtener el producto final. Las modificaciones, que sufre el almidón en este proceso son la fusión, gelatinización, fragmentación y dextrinización (Perez et al, 2007)

Fellows (1994) sostiene que durante la extrusión en caliente de los alimentos almidonosos, su humedad se incrementa por acción del agua y el almidón se somete a elevadas temperaturas e intensas fuerzas de cizalla. Como consecuencia los gránulos de almidón se hinchan absorben agua y se gelatinizan, y su estructura macromolecular se abre

dando lugar a una masa viscosa y plástica. Ello hace que el almidón, sin apenas degradarse, se haga más soluble. Los cambios que se producen en su solubilidad en diferentes condiciones de temperatura e intensidad de fuerza de cizalla necesaria se miden mediante “el índice de absorción de agua (WAI)” y “la solubilidad en agua característica (WSI)”. El WAI de los cereales y sus derivados generalmente aumenta, a medida que aumenta la intensidad del proceso alcanzando su máximo a 180-200 °C, pero en cambio el WSI desciende. Esta revisión ha demostrado que el grado de gelatinización del almidón influye en gran medida en la calidad de los gránulos, así como en el crecimiento, la eficiencia de la alimentación, la composición bioquímica y diversas respuestas fisiológicas en peces y crustáceos (Romano, 2019)

c. Efecto en los lípidos

Las grasas, en el proceso de extrusión se emulsionan, debido a la presión inyectada con el agua, esto causa un efecto encapsulador de la grasa en el alimento. Por lo que, si se requiere determinar el porcentaje de grasa en los productos obtenidos por extrusión, será necesario utilizar el método de hidrólisis ácida y extraer la grasa por medio de un solvente etéreo (Meneses *et al.* 2007)

d. Efecto en las vitaminas

(Cisneros, 2000) Menciona que los carotenoides (vitamina A), la vitamina D y la vitamina E son significativamente afectados en su estabilidad durante el proceso de extrusión. Asimismo, manifiesta que el contenido de humedad tiene un gran efecto sobre la estabilidad de las vitaminas durante el proceso de extrusión, por lo general a mayor humedad la pérdida de vitaminas es menor.

Las pérdidas de vitamina C pueden ser de hasta el 50 por ciento de acuerdo con las condiciones de la extrusión. Las pérdidas vitamínicas de los elementos extruidos dependen del tipo de alimento, de su contenido de agua y del tiempo de la temperatura de tratamiento. Sin embargo, por lo general, en la extrusión en caliente y el enfriamiento rápido del producto a la salida de la boquilla, hacen que las pérdidas vitamínicas, y en aminoácidos esenciales sean relativamente pequeñas.

e. Efecto en los factores anti-nutricionales

El término factores anti-nutricionales se utiliza para calificar a los compuestos que afectan el valor nutricional de algunos alimentos, especialmente semillas, pues dificultan o inhiben la asimilación de nutrientes que provienen de alimentos generalmente de origen vegetal (proteínas y minerales). Son sustancias naturales no fibrosas, generadas por el metabolismo secundario de las plantas como mecanismo de defensa a situaciones estresantes o contra el ataque de mohos, insectos, bacterias y aves (Elizalde *et al.*, 2009). Las leguminosas contienen inhibidores de enzimas digestivas, lo cual implica una menor disponibilidad de los aminoácidos y un detrimento en el valor nutricional en las semillas crudas o sin procesamiento térmico apropiado (Davila, 2003).

Los antinutrientes se pueden encontrar en las semillas de las leguminosas, tienen efectos negativos sobre la composición nutricional de los alimentos por disminuir la disponibilidad de algunos nutrientes. Destacando el ácido fítico, inhibidores de tripsina, oxalato y lectinas (Kaur *et al.*, 2015). El ácido fítico y sus sales (fitatos) son compuestos clasificados como anti nutrientes por la disminución de la biodisponibilidad de ciertos minerales, como el hierro y calcio. Se encuentra en ciertos alimentos como el arroz y las nueces, y su presencia da lugar a complejos estables con cationes divalentes y trivalentes (hierro, cobre, zinc, calcio) (Lee *et al.*, 2015)

El proceso de extrusión reduce significativamente el contenido de ácido fítico (a temperaturas de 120 – 140 °C y 20% de humedad). Este hecho se debe, en mayor parte, a la labilidad de este compuesto en presencia de altas temperaturas (Kaur *et al.*, 2015). Los inhibidores de tripsina, también conocidos como inhibidores de BowmanBirk, son sustancias de carácter proteico que se encuentran en la soja y en otras semillas de legumbres. Estos compuestos en presencia de una proteasa y un sustrato producen una notoria disminución en la velocidad de la reacción catalizada por la enzima. Se caracterizan por ser termolábiles, de modo que a las temperaturas de extrusión (120 – 140 °C) se produce su desnaturalización proteica, disminuyendo la actividad enzimática de los mismos (Kaur *et al.*, 2015).

f. Efecto en los parámetros productivos de alevinos de trucha.

Los alimentos extruidos tienen una digestibilidad mejorada del almidón y están unidos más firmemente debido a la gelatinización casi completa del almidón. Por tanto, este proceso hace que el almidón gelatinizado sea una fuente de energía útil en la dieta de la trucha que ayuda a reducir las tasas de conversión alimenticia. Así mismo el almidón gelatinizado da como resultado menor porcentaje de finos y una mayor estabilidad en el agua que los alimentos granulados. Sin embargo, los gránulos extruidos también tienen la ventaja de que pueden absorber más aceite que los gránulos convencionales. Por tanto, es posible aumentar el contenido máximo de aceite a más del 20% (Steffens, 1993). En la tabla 5 se observa los parámetros productivos comparativos entre dietas extruidas y peletizadas.

Tabla 5: Parámetros productivos en alevinos de trucha con dietas extruidas y peletizadas

Parámetros productivos	Alevinos nacionales					Alevinos Importados
	Dieta peletizada granulada			Dieta extruida		Dieta extruida
	1	2	4	1	3	3
Incremento de talla (cm)	3.43	3.21	4.5	3.37	2	2
Ganancia de peso (g)	1.95	1.77	3.58	2.33	0.501	0.614
Conversión alimenticia (CA)	1.03	0.82	0.87	0.71	0.94	0.85
Tasa de crecimiento (TC)		0.029				
Sobrevivencia (%)	92.19	96.6	96.3	94.11	89.23	90.47
Periodo de evaluación(días)	62	60	75	62	56	56

1. (Tomas, 2013), 2. (Elguera, 2016), 3. (Maravi, 2013), 4. (Gambini, 2004)

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar y fecha de ejecución.

El presente trabajo de investigación se realizó en la ecloserie Vinchos, situado en el distrito de Canchayllo, perteneciente a la SAIS “Túpac Amaru” Ltda. N°1, Provincia de Jauja, Departamento de Junín, a 3771 msnm. La temperatura promedio del agua fue de 12.4 °C, con oxígeno disuelto de 7.1 mg/l. El periodo de ejecución fue 65 días comprendido entre los meses de junio y agosto del 2019.

El alimento balanceado extruido La Molina es elaborado en la Planta de Alimentos Balanceados Del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos, facultad de Zootecnia, y el análisis químico proximal (anexo 3) de las dietas se realizó en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) del departamento de Nutrición Animal de la Facultad de Zootecnia.

3.2. Instalaciones y equipos

Se utilizaron estanques de concreto en paralelo con una capacidad máxima de 2.25 m³ con un caudal promedio de 2.1 l/s. los estanques fueron limpiados y desinfectados antes del experimento.

Los materiales utilizados fueron: Seines, jarras o recipientes de plástico, canastillas, seleccionadores N°5 y N°6, carcales, escobillones, botas, y recipientes de plásticos rotulados para la separación de las dietas por unidad experimento. Los equipos utilizados fueron: Balanza digital, balanza tipo reloj, ictiometro. Respecto a la medición de los parámetros de calidad de agua se utilizó un multiparametro.

3.3. Animales experimentales

Se emplearon 85836 alevinos de trucha cabeza de acero, con peso vivo promedio de 0.142gr y longitud promedio de 2.41 cm. Estos son provenientes de ovas Premium de alta calidad genética de la empresa Riverence de EEUU, inicialmente las ovas embrionadas fueron reincubadas en una sala de incubación artesanal, posteriormente al terminar las etapas de eclosión y reabsorción del saco vitelino llegaron al estadio de larvas, las cuales fueron distribuidos aleatoriamente en 6 estanques, correspondiendo una unidad experimental de 14306 alevines por estanque (pila).

3.4. Tratamiento

Se evaluaron dos dietas diferentes extruidas, por lo cual se generó 2 tratamientos.

- Tratamiento 1: Alimento comercial extruido La Molina (AELM)
- Tratamiento 2: Alimento comercial extruido Nicovita (AEN)

3.5. Dietas experimentales

Se evaluaron dos alimentos balanceados en la primera etapa de alevinaje de trucha cabeza de acero, ambos tienen un proceso de extrusión sin embargo sus características físicas son diferentes, como se observa en el anexo 16. Por un lado, la marca comercial (AEN) en su proceso tiene un alto nivel tecnológico, que les permite elaborar un alimento microextruido y esferizado flotante y de lento hundimiento en el agua, así como también no tiene pérdidas por partículas pequeñas lo cual permite registrar con mayor precisión el consumo del pez. Mientras que el alimento balanceado La Molina (AELM) es un extruido granulado como se puede observar en el anexo 17 el flujo del procesamiento, así mismo este alimento tiene un mínimo porcentaje de finos que fácilmente se pierde en el agua y por la porosidad que estos presentan fácilmente se desintegran, lo cual significa una pérdida que no es consumido por el pez, sin embargo como el suministro de las dietas fue de forma manual al voleo, permitió regular la frecuencia de alimentación en base a la observación del apetito de los peces, evitando así pérdidas del alimento en el agua.

Durante la evaluación se suministraron diferentes calibres del alimento en la etapa de primer alevinaje, y se fue cambiando a uno de mayor calibre según el desarrollo del pez y su capacidad de aceptar o consumirlo sin rechazo. Ante ello se generó fases de alimentación que se presentan en la tabla 6.

Tabla 6: Fases de alimentación según el tipo de dieta

AELM		AEN	
Semanas	Calibre(mm)	Semanas	Calibre(mm)
1	0.265	2	0.4
2	0.55	3	0.65
2	0.8	3	1
3	1		

3.6. Productos evaluados

El valor nutritivo calculado del alimento extruido La Molina se presenta en la tabla 7, y el análisis proximal de etiqueta del alimento Nicovita en la tabla 8. También se realizó el análisis químico proximal de las dietas experimentales en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) del departamento Académico de Nutrición, perteneciente a la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para ello se llevó una muestra de 200 gramos de cada tratamiento, realizándose los análisis químicos proximales una sola vez por muestra. Los resultados se presentan en la Tabla 9.

Tabla 7. Valor nutricional calculado del alimento extruido La Molina.

Contenido nutricional	
Materia seca	90.92%
Proteína	49%
Fibra	1.80%
Grasa	12.67%
Energía digestible, Truchas	4.00 Mcal/kg
Lisina	3.65%
Metionina	1.40%
Arginina	2.85%
Histidina	1.17%
Fenilalanina	2.05%
Treonina	2.07%
Triptofano	0.56%
Valina	2.55%
Met+Cist	1.84%
Fen+Tir	3.60%
Acidos graso, n-3	3.04%
Acidos grasos, n-6	1.50%
Fosforo total	1.88%
Calcio	2.14%
Sodio	0.70%

Tabla 8. Análisis químico proximal de etiqueta del alimento extruido Nicovita

Proximal de etiqueta	
Proteína (% Mínimo)	55
Grasa (% Mínimo)	13
Humedad (% Máximo)	10
Fibra (% Máximo)	2
Ceniza (% máximo)	15

Tabla 9: Resultados de análisis químico proximal de las dietas experimentales

COMPONENTE	TRATAMIENTOS	
	T1 ⁽¹⁾	T2 ⁽²⁾
Humedad, %	8.15	8.39
Proteína Total (Nx6.25), %	48.61	52.53
Grasa, %	12.48	14.18
Fibra Cruda, %	1.7	0.49
Ceniza, %	11.23	11.02
ELN, %	17.83	13.39

(1): Alimento extruido La Molina

(2): Alimento extruido Nicovita

3.7. Manejo experimental

Al inicio del experimento, los alevines fueron pesados y distribuidos al azar en seis estanques (unidades experimentales), se realizó una biometría al inicio y final del experimento.

Para el manejo del alimento, se calculó la cantidad de alimento diario a ofrecer con la tasa de alimentación y se tomó como referencia inicial el 5% de su biomasa, el cual se mantenía en recipientes que indicaban el número de estanque al que pertenecían. El suministro del alimento se realizó de forma manual bajo la modalidad “al voleo” de tal modo se aseguró que cada unidad experimental reciba el alimento hasta el punto de saciedad, luego al culminar las labores diarias se pesó los sobrantes del alimento suministrado y se registraba el consumo diario de alimento por pila.

Para el manejo en la limpieza de los estanques (pilas) se realizó todos los días, antes de iniciar con la alimentación, también en este tiempo se llevó el control de mortalidad retirando a los alevinos muertos mediante el uso de un carcal.

En el cálculo de la biomasa inicial y final se utilizaron mallas y carcal para capturar a los peces, luego para el pesaje se utilizó balanza tipo reloj y gramera así como recipientes con agua, finalmente para el control de talla se utilizó un ictiómetro.

3.8. Calidad de agua

Los parámetros de calidad de agua como temperatura, pH, oxígeno disuelto, dureza y nitrógeno amoniacal se presentan en la tabla 8, muestran que se mantuvieron los parámetros óptimos de calidad de agua para el desarrollo de las truchas en la etapa de primer alevinaje. La temperatura del agua en los estanques (pilas) durante la fase experimental fue en promedio de 12.32 °C, estando dentro del rango recomendado por (Blanco, 1995), quien menciona que para un crecimiento y desarrollo favorable en la crianza artificial de truchas, la temperatura debe estar entre 9 y 17 °C así mismo (Oliva, 2011), menciona que en la etapa de alevín, la temperatura adecuada es entre 10° y 12°C y que temperaturas por encima de 21 °C baja la concentración de oxígeno, por lo que no es un ambiente adecuado para el cultivo de trucha, ya que esta afecta el ritmo de crecimiento de los alevines, y especialmente sobre el grado de actividad metabólica. En la medida del potencial de hidrogeno (pH) el valor promedio mantenido en la presente evaluación fue 7.458 mg/L, valor que se encuentra dentro del rango óptimo para (Walbaum, 1792), quien recomienda el rango de 6.5-8.5 mg/L. Finalmente los parámetros como oxígeno disuelto fue 7.1mg/l y para el amonio < 0.05 mg/l, estos valores se encuentran dentro del rango recomendado por la (FAO 2014) y (FONDEPES 2014).

3.8.1 Temperatura

Se utilizó un multiparámetro de la marca HANNA. La medición se realizó semanalmente en cada una de las unidades experimentales. El control de temperatura se realizó tres veces al día (mañana, medio día y tarde)

3.8.2 Oxígeno disuelto

Se utilizó el multiparámetro de la marca *Hanna*, el cual puede mostrar una lectura digital para el oxígeno disuelto. Su rango de medición es de 0-50 ppm. La medición se realizó en cada una de las unidades experimentales cada 15 días.

3.8.3 Potencial de hidrogeno (pH)

Se utilizó un multiparámetro de la marca HANNA .La medición se realizó quincenalmente en cada una de las unidades experimentales.

3.8.4 Dureza

Se utilizó el kit colorimétrico de dureza LaMotte, el cual realiza la lectura directa mediante titulación, con una sensibilidad de 4 ppm de Carbonato de calcio (CaCO_3). La medición de la dureza se realizó cada 15 días, la muestra fue tomada directamente del estanque o unidad experimental.

3.8.5 Amonio

Fue medido mediante el kit colorimétrico de la marca *JBL Aquatest*, que consta de 3 reactivos y tiene un rango de medición de 0.05 mg/l de NH_4 . La medición se realizó cada 15 días con el agua extraída directamente del estanque (pila).

Tabla 10: Análisis físico químico del agua (temperatura, oxígeno, pH , nitrógeno amoniacal y dureza).

PARAMETROS		PERIODO					PROMEDIO
		INICIO	15 días	30 días	45	FINAL	
Temperatura C° T1	8.00 am	12.09	12.04	12.14	12.03	11.98	12.1
	12.00 pm	12.54	12.54	12.40	12.71	12.15	12.5
	4.00 pm	12.31	12.30	12.23	12.50	12.05	12.3
Temperatura C° T2	8.00 am	12.09	12.05	12.14	12.03	11.97	12.1
	12.00 pm	12.54	12.53	12.41	12.71	12.16	12.5
	4.00 pm	12.30	12.31	12.24	12.50	12.04	12.3
oxígeno disuelto (mg/L)	T1	8.11	7.45	7.13	6.77	6.29	7.149
	T2	8.15	7.44	7.14	6.76	6.23	7.142
Dureza (ppm)		300	300	300	300	300	300
Ph		7.51	7.48	7.45	7.43	7.42	7.458
Nitrógeno Amoniacal (mg/L)		< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05

3.9. Evaluaciones productivas

3.9.1 Peso y ganancia de biomasa

La ganancia de biomasa se obtuvo por diferencia de la biomasa final (Wf) y la biomasa inicial (Wi) de cada estanque (pila) al finalizar la fase experimental (Silva, 2007).

$$G = W_f - W_i$$

Dónde:

Wi: Biomasa inicial

Wf: Biomasa final

3.9.2 Consumo de alimento

La ración de alimento ofrecido fue calculada teniendo en cuenta la biomasa total de cada estanque y la tasa de alimentación, iniciando con el 5% de la biomasa. Luego de alimentar durante el día se pesó el alimento restante y por diferencia se calculó el alimento consumido.

3.9.3 Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento se obtuvo por la diferencia del peso final y el peso inicial dividido en el periodo. El presente parámetro se encuentra expresada en gramos por día (g/día).

$$TCA = \left(\frac{W_f - W_o}{t} \right) \text{ (Heinsbroek, 1990)}$$

Donde:

TCA=Tasa de crecimiento (g)

Wf = Peso final (g)

Wo=Peso inicial (g)

T=Tiempo de evaluación (días)

3.9.4 Conversión alimenticia

La conversión alimenticia se obtuvo con la diferencia de biomasa final e inicial y el registro de alimento ingerido. Se determinó la conversión alimentaria dividiendo el alimento consumido en el periodo de alimentación (64 días), entre la ganancia de biomasa en el mismo periodo (Ghunter, 1992).

$$C.A = \left(\frac{\text{Alimento ingerido}}{\text{Incremento de peso}} \right)$$

3.9.5 Sobrevivencia

Antes de iniciar la alimentación se realizaba las labores de limpieza y retiro de los peces muertos durante los 7 días de la semana, con el fin de evaluar la sobrevivencia se calculaba la existencia diaria de individuos vivos de cada unidad experimental. Se determinó la sobrevivencia a partir de la diferencia entre el número final e inicial de individuos (Pineda, 1999). Se determinó la sobrevivencia a partir de la diferencia entre el número final e inicial de individuos.

$$S (\%) = \left(\frac{NPf}{NPi} \right) \times 100$$

S: Sobrevivencia expresada en %

NPf: Numero de peces final

NPi: Número de peces inicial

3.9.6 Clasificación por tamaño

Al final de la evaluación se realizó el proceso de selección o clasificación de los alevinos de cada unidad experimental, para este proceso se utilizaron mallas, carcal, baldes, balanza y seleccionadores de 6; 5 y 4 milímetros. Se clasificaron por tamaño en lotes de cabeceras, cuerpo y colas, seguidamente se registró la biomasa por cada categoría y se trasladó a estanques diferentes. Posteriormente se realizó un muestreo de talla y peso unitario promedio por cada categoría de todas las unidades experimentales.

3.9.7 Costo de alimentación por kilogramo de ganancia de peso

Con el costo comercial de cada dieta experimental (PA), presentado en el Anexo X, el cual se multiplica por la conversión alimenticia (CA) el cual muestra la relación entre el alimento consumido con el cual se obtuvo la ganancia de peso ganado durante el periodo de evaluación.

$$C = PA \times CA$$

El costo de las dietas experimentales extruido comercial y extruido La Molina fue de 12.40 y 8.00 S./ kg, respectivamente.

3.10. Diseño estadístico

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con 2 tratamientos y 3 repeticiones para cada uno. Cada repetición estuvo conformada por 14306 alevinos. Para la comparación de promedios se usó la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Para el análisis estadístico se usó el Software Statistical Analysis System (1999). El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + t_i + \epsilon_{ij}$$

$i=1, 2$ tratamientos
 $j=1, 2, 3$ repeticiones

Dónde:

X_{ij} = Variable respuesta que se obtiene de la unidad experimental que recibió el i -ésimo tratamiento y la j -ésima repetición

μ = Media aritmética general de la población

t_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

ϵ_{ij} = Efecto de la j -ésima unidad experimental a la que se le aplicó el i -ésimo tratamiento (error experimental).

Este análisis estadístico es utilizado para las variables peso y longitud, ganancia de peso e incremento de longitud, consumo de alimento, conversión alimenticia y tasa de crecimiento. La sobrevivencia en los tratamientos se interpretó mediante la prueba de Homogeneidad de Chi-Cuadrado.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Peso y ganancia de peso.

Los pesos promedios obtenidos al inicio y al final de la evaluación, se muestran en la tabla 11 y Anexo II. El análisis de variancia indica que no existen diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos para peso inicial final y ganancia de peso (Anexo IX)

Estos resultados obtenidos son similares a los reportados por Tomas (2013) que comparó una dieta extruida micropelletizada con una pulverizada en primer alevinaje de trucha arco iris, donde reporta una mayor ganancia de peso para la dieta extruida en un periodo de 62 días. Mientras que Maravi (2013) reporta datos inferiores en alevinos de trucha arco iris importados de Dinamarca, siendo estos alimentados con una dieta extruida en un periodo de 56 días. Si no hay diferencias se debe principalmente a las condiciones de calidad de agua ya que si no están dentro de los estándares recomendados por FONDEPEZ (2014) o la FAO(2014), estas afectan el desarrollo óptimo de la trucha. También la calidad del alimento podría afectar su desarrollo ya que, si no cumple los requerimientos nutricionales de la trucha, estos retrasan su desarrollo.

Otros estudios que se realizaron en las mismas condiciones de calidad de agua de esta evaluación reportaron temperatura promedio de 12 °C , pH = 6.9 y Oxígeno disuelto 7.1 mg/l. Por lo tanto, en estas instalaciones de la ecloserie Vinchos Palomino (2015) reporta datos inferiores en ganancia de peso en primer alevinaje, evaluado en un periodo de 60 días y con un alimento pelletizado con 42% de proteína, así mismo Elguera, (2016) también reporta una ganancia de peso inferior a los resultados con alimento pelletizado. (Gambini, 2004) reporta una mayor ganancia de peso, sin embargo, su periodo de evaluación fue de 75 días. Estos resultados corresponden al tratamiento control de dichas investigaciones, por tanto, estos resultados muestran una diferencia inferior a los evaluados con alimentos extruidos y con alevinos Premium.

Tabla 11: Efecto de las dos dietas extruida en el comportamiento productivo de alevines de trucha arco iris

PARAMETROS	TRATAMIENTOS	
	AELM	AEC
Peso vivo (g)		
Inicial	0.144 ^a	0.141 ^a
Final	2.752 ^a	2.903 ^a
Ganancia de peso (g)	2.608 ^a	2.762 ^a
Biomasa (kg)		
Inicial	2.063 ^a	2.013 ^a
Final	40.567 ^a	42.313 ^a
Ganancia de biomasa (kg)	38.503 ^a	40.300 ^a
Consumo de alimento total(kg)	27.303 ^a	24.540 ^b
Conversión alimenticia	0.709 ^a	0.609 ^b
Tasa de crecimiento (g/día)	0.041 ^a	0.043 ^a
Sobrevivencia (%)	97.0567 ^a	94.490 ^b
Costo de alimentación		
Costo del alimento por kilogramo de ganancia de peso	5.674 ^b	7.548 ^a

a,b letras diferentes en la misma fila indican que existe diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos a la prueba de Tukey.

4.2. Consumo de alimento

Los resultados obtenidos del consumo de alimento se muestran en el Tabla 11 y el Anexo V. El análisis de variancia indica diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos para el consumo acumulado (anexo XI). El mayor consumo se obtuvo con el tratamiento T1.

En la alimentación se tomó como parámetro inicial 5% de la biomasa, pero la alimentación fue hasta saciar durante todo el periodo de evaluación. Conforme se incrementaba la biomasa también se incrementaba el consumo de alimento según avanzaba el experimento, sin embargo por un lado el alimento del tratamiento T1 obtuvo un mayor consumo

acumulado, este alimento al ser granulado indicaría una pérdida de finos en el agua al momento de suministrar a los alevinos, por otro lado el alimento del tratamiento T2 se obtuvo un menor consumo acumulado y relacionado directamente a una menor conversión alimenticia, esto debido a que es un alimento microextruido y esferizado de lento hundimiento, y como menciona (Pillay, 1997) estas microesferas son consumidas con facilidad y que luego se expanden o hinchán en el estómago lo cual indicaría un menor consumo del pez.

Tomas (2013) realizó un estudio comparativo entre una dieta extruida micropelletizada y una pulverizada en alevinos de trucha arco iris, reportando un mayor consumo con la dieta pulverizada. Esto indicaría que el alimento granulado tiene un porcentaje mínimo de finos que se pierde en el agua y no es aprovechado por el pez, por ende, se registra un mayor consumo acumulado al final de la evaluación. Sin embargo, AAS *et al* (2011) realizaron un estudio comparativo de dos dietas extruidas con el mismo valor nutricional, pero con diferentes cualidades físicas en alevinos de trucha arco iris, su periodo de evolución fue de 4 semanas y en sus resultados obtuvieron un consumo de 23% mayor con la dieta granulada sin embargo no hubo diferencias significativas en su crecimiento comparada con la dieta de mayor estabilidad en el agua.

4.3. Conversión alimenticia

En la tabla 11 y el Anexo VI, se observan los resultados de la conversión alimenticia, en donde el análisis de variancia (Anexo XII) muestra diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos. La mejor conversión alimenticia se obtuvo con el tratamiento T2.

Los resultados obtenidos son similares al de Tomas (2013) que comparó, un alimento pelletizado con otro microextruido resultando una mejor conversión alimenticia en alevinos de trucha arco iris con el alimento microextruido. Así mismo Carhuaricra (2018) reporta datos inferiores a los resultados obtenidos, en su estudio obtuvo una mejor conversión alimenticia en alevinos provenientes de ovas importadas en un periodo de 70 días. También Maravi (2013) reporta datos inferiores, en su estudio realizado comparó los parámetros productivos en alevinos nacionales e importados, utilizando un alimento extruido de la marca Naltech resultando mejor la conversión alimenticia en alevinos procedentes de ovas

importadas, sin embargo, Montalvo (2013) utilizó la misma marca de alimento extruido Naltech en alevinos nacionales y reportó una conversión alimenticia de 1.26.

Esta diferencia significa que el alimento del tratamiento T2 en primer lugar se debe al nivel tecnológico de procesamiento ya que tienen la capacidad de producir alimentos microextruidos, flotantes o de lento hundimiento y por su tamaño uniforme permite el consumo homogéneo de todos los peces evitando desperdicios del alimento. En segundo lugar, porque en su formulación tiene 3.2 % más de proteína que el tratamiento T1. Así mismo en la tabla 5 se observa mejores parámetros productivos en alevinos alimentados con alimentos extruidos, así como también los alevinos de ovas importadas tienen mejores características productivas que los alevinos nacionales.

4.4. Tasa de crecimiento

En la tabla 11 se observa los resultados de la tasa de crecimiento. El análisis de variancia no muestra diferencias significativas ($P > 0.05$), para los tratamientos durante la evaluación (anexo XIII). Se presentó una diferencia numérica a favor del tratamiento T2.

Los resultados obtenidos fueron superiores a los reportados por Elguera (2016) en su tratamiento control en alevinos nacionales de trucha arco iris evaluados en un periodo de 60 días con un alimento peletizado. Así mismo (Lock, 2005) evaluó dos alimentos en alevinos de trucha arco iris, una extruida y otra paletizada y reporta una mayor tasa de crecimiento con el alimento extruido. Por tanto, la mayor tasa de crecimiento indicaría por la calidad genética de la trucha cabeza de acero de ovas Premium, también estaría asociado al alimento extruido de calidad debido probablemente a la mejora en la digestibilidad de los ingredientes de origen vegetal por el proceso de extrusión. Sin embargo, la diferencia numérica favorable para el tratamiento T2 se debe a que tiene 3.2 % más de proteína en su formulación, que se estimó mediante el análisis proximal (tabla 4).

4.5. Supervivencia

Los porcentajes de supervivencia durante el periodo de evaluaci3n se encuentran en la tabla 11, y anexo VII. El an3lisis de varianza indica que existe diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos para la supervivencia final (anexo XIV). El mayor porcentaje de supervivencia se obtuvo con el tratamiento T1.

Los resultados son superiores a los reportados por Marav3 (2013) que realiz3 un estudio de los par3metros productivos en alevinos de trucha arco iris, procedente de ovas nacionales e importadas, alimentados con una dieta extruida comercial donde reporta mayor porcentaje de supervivencia para alevinos de ovas importadas en un periodo de 56 d3as. As3 mismo Carhuaricra (2018) reporta datos inferiores en su evaluaci3n de 3ndices de eficiencia productiva de ovas nacionales versus ovas importadas en la producci3n de alevinos de trucha arco iris (*O.mykiss*) alimentados con una dieta extruida en un periodo de 45 d3as, sin embargo de estos resultados el mayor porcentaje de supervivencia fue para alevinos de ovas importadas. Datos muy inferiores reporta Montalvo (2013) en alevinos nacionales alimentados con una dieta peletizada.

Este mayor porcentaje de supervivencia de los alevinos de ovas Premium del linaje cabeza de acero alimentados con la dieta del tratamiento T1 se deber3a a la calidad del alimento ya que todas las unidades experimentales contaban con las mismas condiciones y calidad de agua, as3 mismo estar3a asociado a la calidad gen3tica del pez ya que esta subespecie es an3droma o migratoria hacia el mar y se caracteriza por ser m3s resistente a enfermedades y mayor supervivencia.

4.6. Clasificación por biomasa y número de alevinos

La clasificación por cabeceras, cuerpo y colas se encuentran en la tabla 12. El análisis de varianza indica que no existe diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos para cabeceras, cuerpo y colas (anexo XIV). El número de alevinos del tratamiento T1 tiene diferencia numérica favorable en cabecera y colas.

La clasificación por biomasa según el tamaño de los peces tanto en el tratamiento T1 y Tratamiento T2, hay una diferencia numérica favorable para el tratamiento T1 ya que este resultado con menor porcentaje de peces en las colas, esto significa que las tallas de los peces en su mayoría están homogéneas y esto se debería a un mejor aprovechamiento del alimento por todos los peces. Sin embargo, un alimento microextruido flotante es aprovechado por los peces más grandes desplazando al fondo del estanque a los más pequeños, por tanto, al final de la evaluación se reporta mayor porcentaje de peces en las colas.

Los resultados coinciden con lo reportado por Carhuaricra (2018), realizó una Evaluación de índices de eficiencia productiva de ovas nacionales versus ovas importadas en la producción de alevinos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), en Pasco. Sin embargo, los alevinos de ovas importadas tuvieron una diferencia numérica con menor porcentaje de colas, lo cual es favorable e indica mayor homogeneidad en tamaño de los peces. Mientras que en alevinos de ovas nacionales registro mayor porcentaje de colas.

Tabla 12: Clasificación de los alevinos en cabecera, cuerpo y colas al final de la evaluación

	Biomasa(kg)		Unidades	
	T1(AELM)	T2(AEC)	T1(AELM)	T2(AEC)
Cabeceras	18.61	20.66	5683(40.93%)	5117 (37.85%)
Cuerpo	18.94	17.94	6833 (49.21%)	6481 (48.02%)
Colas	3.02	3.71	1368 (9.85%)	1964 (14.47%)
TOTAL	40.57	42.31	13884	13562

4.7. Costo por kilogramo ganado

En el anexo VIII se presentan los costos de las dietas experimentales y en la tabla 11, los costos de alimentación por kilogramo de ganancia de peso de la presente evaluación. El tratamiento T1 genero un menor costo por kilogramo de biomasa producida.

El alimento extruido granulado del tratamiento T1 es menor en 24.8% que el tratamiento T2. Por un lado, este ahorro se explica porque está formulado al mínimo costo para lo cual se utiliza ingredientes alternativos en reemplazo de la harina de pescado y que todos cumplen los estándares de calidad. Por otro lado, también se debe a la presentación del alimento en su forma granulada, sin embargo, cumplen los requerimientos de la trucha. Mientras que la dieta del tratamiento T2 en su proceso tienen alto nivel tecnológico que les permite obtener alimentos de partículas homogéneas y esféricas de lento hundimiento, por ende, su costo es mayor a comparación de un extruido granulado, sin embargo, se desconoce la calidad de sus ingredientes utilizados en sus formulaciones.

Por consiguiente, usar el alimento extruido la Molina resulta una alternativa viable para los piscicultores que buscan hacer más rentable su actividad ya que mejora los parámetros productivos de la trucha cabeza de acero.

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales reportadas y de acuerdo con los resultados y observaciones efectuadas en el desarrollo del presente trabajo de investigación se concluye:

1. Las dos dietas extruidas evaluadas tuvieron un efecto similar en los parámetros de ganancia de peso y tasa de crecimiento, sin embargo, la conversión alimenticia fue mejor con la dieta comercial en truchas cabeza de acero en el primer alevinaje.
2. El alimento extruido la Molina (AELM) mejoró en forma significativa la sobrevivencia, en 2.57% más que el alimento comercial.
3. El menor costo de alimentación por un kilogramo de peso en biomas de alevines de trucha cabeza de acero, correspondió al alimento extruido La Molina (AELM), generando un ahorro de 24.8%.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el alimento extruido La Molina para trucha cabeza de acero en primer alevinaje por su sobrevivencia y un menor costo de alimentación.
2. Evaluar el alimento extruido La Molina en truchas cabeza de acero en sus etapas de segundo alevinaje y juveniles hasta llegar al peso comercial de 250 gr.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Aas, T., Terjesen, B., Sigholt, T., Hillestad, M., Holm, J., Refstie, S., . . . Oehme, M. (2011). *Nutritional responses in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) fed diets with different physical qualities at stable or variable environmental conditions*. *Aquaculture Nutrition*,17: 657-670. Retrieved from doi: 10.1111 / j.1365-2095.2011.00868.x
- Alaska Department of Fish and Game (ADF &G). (n.d.). Retrieved Octubre 30, 2020, from Steelhead/ Rainbow Trout Oncorhynchus mykiss species profile.: <http://www.adfg.alaska.gov/index.cfm?adfg=steelhead.main>.
- Bartone, E. (2002). *Interacción de Ingredientes y Procesos en la Producción de Alimentos Hidroestables para Camarones*. USA: Biblioteca virtual del curso de Manejo de plantas y preparación de alimentos balanceados.
- Blanco, M. (1995). *La trucha Cría Industrial*. Madrid, ES: Ediciones Mundi Prensa.
- Bou, M. B. (2017). Low levels of very-long-chain n-3 PUFA in Atlantic salmon (*Salmo salar*) diet reduce fish robustness under challenging conditions in sea cages. *Journal of nutritional*,6,e32. doi:10.1017 / jns.2017.28
- Breton, B. (2007). *Principales especies de cría, infraestructura, técnicas de alevinaje, genética, alimentación, gestión de la producción, higiene y comercialización*. Barcelona: Omega.
- Carhuaricra, G. (2018). *Evaluación de índices de eficiencia productiva de ovas nacionales versus ovas importadas en la producción de alevines de trucha arco iris (Oncorhynchusmykiss), en la Piscicultura Monte Azul, Ninacaca - Pasco*. (Tesis Ing) Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion. Cerro de Pasco- Peru.
- Cisneros, F. (2000). *Extrusión de Alimentos. Curso de Extensión*. . Lima: Universidad San Ignacio de Loyola.
- Coolsaet, N. (2012). *Formulacion, Ingredientes y Piensos, Aditivos,Factores antinutritivos, Sostenibilidad*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Davila, M. A. (2003). *Leguminosas germinadas o fermentadas: alimentos o ingredientes de alimentos funcionales*. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 53(4), 348-354.

- Drummond, S. (1988). *Manual de Cría de Trucha*. Zaragoza: Editorial Acribia. S.A.
- Elguera, M. (2016). *Reemplazo del aceite crudo de soya por aceite acidulado en dietas comerciales para alevinos de trucha (Oncorhynchus mykiss) en Pachacayo Junin*. (Tesis Ing) Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Peru.
- Elizalde, A. (2009). Factores anti nutricionales en semillas. *Fac. Ciencias Agropecuarias*, 45-54.
- FAO. (2014). *Manual práctico para el cultivo de la trucha arcoíris*. Guatemala. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-bc354s.pdf>
- Fellows, P. (1994). *Tecnología del procesado de los alimentos. Principios y prácticas*. F. Zaragoza, España: Acribia.
- Finelli, J. (2010). *Equipamiento para la producción de alimentos para peces*. Santa Fe: Obtenido de la biblioteca virtual del curso de Manejo de plantas y preparación de alimentos balanceados.
- FONDEPES. (2014). *Manual de crianza de trucha en ambientes convencionales*. Lima: EINS Peru SAC.
- Gambini, A. (2004). *Evaluación de un promotor orgánico de crecimiento en dietas de alevinos de trucha arco iris (oncorhynchus mykiss)*. (Tesis Ing) Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Peru.
- Geurden, I. C. (2005). Rainbow trout can discriminate between feeds with different oil sources, *Physiol. Physiology & Behavior*, 107-114. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.physbeh>.
- Ghunter, J. B. (1992). *Growth performance of Colossoma macroporum (cuvier) juveniles at different feed ration. Aquaculture and Fisheries management*. 23:81-93.
- Guillaume, J. e. (2004). *nutrición y alimenación de peces crustáceos*. Madrid: edición española ediciones mundi-prensa.
- Harper, J. (1981). *Food extruder and their applications, in "Extrusion Cooking"*. St. Paul MN, USA: American Associates Cereal Chemical.
- Heinsbroek, G. (1990). *Growth and Feeding of Fish*. The Netherlands: Departament of Fish Culture and Fisheries Agriculture University.

- Kaur, S., Sharma, S., Singh, B., & Dar, B. N. (2015). Effect of extrusion variables (temperature, moisture) on the antinutrient components of cereal brans. *J Food Sci Technol* , 52(3):1670–1676.
- Keeley, E. P. (2007). *Los orígenes de la variación ecotípica de la trucha arco iris: una prueba de diferencias de morfología ambientales vs. genéticas*. *Revista de Biología Evolutiva*. Canada: *Revista de Biología Evolutiva*, 20: 725-736. doi:doi: 10.1111 / j.1420-9101.2006.01
- Klontz, G. (1991). *Manual for rainbow trout production on the family-owned farm*. Department of Fish and Wildlife Resources. University of Idaho Moscow 70 p.
- Lee, H. H. (2015). Impact of phytic acid on nutrient bioaccessibility and antioxidant properties of dehusked rice. *Journal of food science and technology*, 52(12), 7806–7816. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1918-9>
- Lock, M. A. (2005). *Evaluacion comparativa de dietas de proceso extruido-peletizado y peletizado en el crecimiento de juveniles de trucha arco iris(Oncorhynchus mykiss)*. (Tesis Ing). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Peru .
- Maraver, L. A. (2013). *El cultivo de la trucha arco iris (oncorhynchus mykiss)*. Madrid.
- Maravi, J. (2013). *Parametros productivos en alevinos de trucha arco iris, procedentes de ovas nacionales e importadas en la piscigranaja Gruta Milagrosa- Acopalca - Huancayo*. Peru: (Tesis Ing) Universidad Nacional Del Centro Del Peru. Huancayo.
- Meneses, J. (2007). Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *Revista EIA* , 57-67.
- Montalvo, H. (2013). *Evaluacion productiva y economica del proceso de produccion de alevino de trucha (Oncorhynchus mykiss) procedentes de ovas nacionales en el Centro Piscicola el Ingenio*. (Tesis Ing) Universidad Nacional Del Centro Del Peru-Huancayo.
- Montory, M. H. (2011). *Polychlorinated biphenyls in farmed and wild Onchorhynchuskisutch and Onchorhynchus mykiss from the Chilean Patagonia*. Chile: *Environ Sci Pollut Res*. doi:10.1007/s11356-010-0408-x
- Nelson, D. (2017). *Extrusion manufacturing with new and variable ingredients*. USA: LACQUA 2017 -Meeting Abstract. Retrieved from <https://www.was.org/meetingabstracts/ShowAbstract.aspx?Id=52310>
- NRC. (2011). *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. Washington, D.C.: National Academy Press.

- Oliva, G. (2011). *Manual de buenas practicas de produccion acuicola en el cultivo de trucha arco iris*.
- Palomino, E. (2015). *Uso de biomas en dietas con diferentes niveles de harina de pescado y torta de soya para post larvas de trucha arco iris (oncorhynchus mykiss)*. (Tesis Ing) Universidad Nacional Del Centro Del Peru-Huancayo.
- Perez Navarrete, C., Betancur A, D., Casotto, M., Carmona, A., & Tovar, J. (2007). *Efecto de la extrusión sobre la biodisponibilidad de proteína y almidón en mezclas de harinas de maíz y frijol lima* (Vol. 57). Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/255654071>
- Pillay, T. (1997). *Acuicultura Principios y Practicas*. Mexico: Editorial Limusa, S.A.
- Pineda, R. (1999). *Elaboración y evaluación de dietas a partir de harinas de barrilete (Euthynnus linneatus) y rasposa (Haemulon maculiconda) como alimento de bagre (Ictalurus punctatus) en condiciones de laboratorio*. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima, MX. 61 p.
- PRODUCE. (2011). *Estudio sobre la acuicultura de la trucha a nivel mundial, el desenvolvimiento de la importación de ovas, la tendencia de la producción nacional y su comercialización*.
- PRODUCE. (2017). *Anuario Estadístico Pesquero y Acuicola*. Retrieved from http://http://ogeiee.produce.gob.pe/images/Anuario/Pesca_2017
- Quinn, T. (2005). *The Behavior and Ecology of Pacific Salmon and Trout*. University of Washington Press, Seattle, WA.
- Rodríguez, C., Lorenzo, A., & Martín, V. (. (2009). *La nutrición y alimentación en piscicultura*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Romano, N. K. (2019). *Starch gelatinization on the physical characteristics of aquafeeds and subsequent implications to the productivity in farmed aquatic animals*. USA: Reviews in Aquaculture 11, 1271–1284. doi:10.1111/raq.12291
- Rosales, E. (2016). *Evaluación de índices productivos en truchas sometidas a cuatro frecuencias de alimentación en la piscigranja "La Cabaña"*. (Tesis Ing) Univesidad Nacional Del Centro Del Peru- Huancayo.
- Rosenlund, G. T. (2016). Atlantic salmon require long-chain n-3 fatty acids for optimal growth throughout the seawater period. . *Journal of nutritional science*, 5, e19. Retrieved from <https://doi.org/10.1017/jns>.

- Roy, J. M. (2019). Rainbow trout prefer diets rich in omega-3 long chain polyunsaturated fatty acids DHA and EPA. *Physiology & behavior*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2019.112692>
- Ruyter, J. R. (2000). Essential fatty acids in Atlantic salmon: effects of increasing dietary doses of n-6 and n-3 fatty acids on growth, survival and fatty acid composition of liver, blood and carcass. *Aquaculture Nutrition*, 6: 119-127. doi: 10.1046/j.1365-2095.2000.00137.x
- Saavedra, I. (2019). *Performance productiva y relaciones morfométrica de truchas (Oncorhynchus mykiss) cabeza de acero y arco iris en etapa de enorde en raceways*. (Tesis Ing). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Peru.
- Sanz, F. (2012). *La nutrición y alimentación en piscicultura*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Silva, C. G. (2007). *Effect of feeding rate and frequency on tambaqui Colossoma macroporum growth, production and feeding costs during the first growth phase in cages*. *Aquaculture* 264:135-139.
- Sloat, M. G. (2014). *Individual condition, standard metabolic rate, and rearing temperature influence steelhead and rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) life histories*. USA: Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Retrieved from <https://doi.org/10.1139/cjfas-2013-0366>
- Steffens, W. (1993). Die Bedeutung extrudierter Futtermittel für Forellenernährung und Gewässerschutz [Significance of extruded feeds for trout nutrition and water protection]. *fur Tierernahrung*, 45(3), 189–210. Retrieved from. <https://doi.org/10.1080/17450399309386100>
- Swanson, D. B. (2012). Ácidos grasos omega-3 EPA y DHA: beneficios para la salud durante toda la vida. *Avances en nutrición (Bethesda, Md.)*, 1-7. Retrieved from. <https://doi.org/10.3945/an.111.000893>
- Taylor, E. (1991). *A review of local adaptation in Salmonidae, with particular reference to Pacific salmon and Atlantic salmon*. *Aquaculture* 98: 185–207. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(91\)90383-I](https://doi.org/10.1016/0044-8486(91)90383-I)
- Tomas, R. (2013). *Evaluación de alimentos micropelletizado y pulverizado sobre características productivas y económicas de alevinos nacionales de trucha*. (Tesis Ing) Universidad Nacional Del Centro Del Peru. Huancayo.

- Vergara, V., Bedriñana, M., Chaname, F., Quinto, Z., Galecio, F., & Venereo, P. (2002). *Estandares de alimentacion en sistema de produccion para truchas y tilapias*. Lima- Perú: Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos. Departamento Académico de Nutrición. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Walbaum. (1792). *Programa de información de especies acuaticas: Oncorhynchus mykiss*. Departamento de pesca y acuicultura.
- Wilson, R. P. (2003). *Fish Nutrition*. Academic Press. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-319652-1.X5000-9>
- Yuqiong, M. K. (2019). Effects of dietary lipid levels on sub-adult triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): 1. Growth performance, digestive ability, health status and expression of growth-related genes. *Elsevier BV*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734394>

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Distribución de unidades experimentales

ESTANQUE (PILA)	27	28	29	30	31	32
TRATAMIENTO	T2	T1	T1	T2	T1	T2
REPETICION	R3	R1	R3	R1	R2	R2

Anexo 2: Peso vivo e incremento de peso

Tratamiento	Repetición	Peso vivo (gr)		Ganancia de peso (gr)
		Inicial	Final	
T-1	R1	0.145	2.874	2.728
	R2	0.146	3.005	2.859
	R3	0.141	2.886	2.745
T-2	R1	0.138	3.106	2.968
	R2	0.144	3.018	2.874
	R3	0.140	3.268	3.129

Anexo 3: Biomasa y ganancia de biomasa

Tratamiento	repetición	Biomasa inicial	Biomasa final	Ganancia de biomasa (kg)
T1	R1	2.117	39.96	38
	R2	2.09	41.8	40
	R3	2.257	39.94	38
T2	R1	2.148	42.36	40
	R2	2.144	40.98	39
	R3	2.023	43.6	42

Anexo 4: Tasa de crecimiento

Tratamiento	Repetición	Peso vivo inicial (gr)	Peso vivo final (gr)	Tasa de crecimiento (g/día)
T-1	R1	0.145	2.874	0.0426
	R2	0.146	3.005	0.0447
	R3	0.141	2.886	0.0429
T-2	R1	0.138	3.106	0.0464
	R2	0.144	3.018	0.0449
	R3	0.140	3.268	0.0489

Anexo 5: Consumo de alimento

Tratamiento	Repetición	Días				Acumulado (kg)
		15	30	45	64	
T1	R1	1.54	2.25	5.667	17.48	26.94
	R2	1.71	2.47	5.64	18,11	27.93
	R3	1.75	2.49	5.748	17.052	27.04
T2	R1	1.73	2.37	5.856	14.25	24.21
	R2	1.69	2.33	5.83	13.6	23.45
	R3	1.68	2.32	5.76	16.2	25.96

Anexo 6: Conversión alimenticia

Tratamiento	Repetición	Consumo total (kg)	Ganancia de Peso (kg)	CA	Promedio
T1	R1	26.94	37.88	0.711	0.710
	R2	27.93	39.71	0.703	
	R3	27.04	37.78	0.716	
T2	R1	24.21	40.38	0.600	0.608
	R2	23.45	39.06	0.600	
	R3	25.96	41.59	0.624	

Anexo 7: Supervivencia

Tratamiento	Repetición	Días				Final
		Inicial	15 días	30 días	45 días	
T1	R1	100	98.41	97.93	97.58	97.2
	R2	100	98.15	97.68	97.5	97.23
	R3	100	98.08	97.63	97.42	96.74
T2	R1	100	98.2	97.85	97.08	95.32
	R2	100	97.92	97.56	96.97	94.9
	R3	100	97.76	97.36	96.38	93.25

Anexo 8: Evaluación del costo del alimento por kilogramo de peso ganado

Tratamiento	Repetición	C.A	Costo de las dietas (s/.)	costo/ Kg peso
T1	R1	0.711	8	5.69
	R2	0.703	8	5.63
	R3	0.716	8	5.73
T2	R1	0.600	12	7.19
	R2	0.600	12	7.20
	R3	0.624	12	7.49

Anexo 9: Análisis de varianza del peso

Análisis de varianza del peso unitario inicial

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Modelo	1	0.00001667	0.00001667	2.04	0.2263	ns
Error	4	0.00003267	0.00000817			
Corrección total	5	0.00004933				

C.V: 2.007778

ns: no significativo, *: significativo, **: muy significativo

Análisis de varianza del peso unitario final

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Modelo	1	0.06552150	0.06552150	6.14	0.0683	ns
Error	4	0.04265133	0.01066283			
Corrección total	5	0.10817283				

C.V: 4.171049

ns: no significativo, *: significativo, **: muy significativo

Análisis de varianza de la ganancia de peso unitario

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Modelo	1	0.06805350	0.06805350	6.27	0.0665	ns
Error	4	0.04340933	0.01085233			
corrección total	5	0.11146283				

C.V: 4.435613

ns: no significativo, *: significativo, **: muy significativo

Anexo 10: Análisis de varianza de la biomasa

Análisis de varianza de la biomasa inicial

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Modelo	1	0.00375000	0.00375	2.37	0.1986	ns
Error	4	0.00633333	0.00158333			
corrección total	5	0.01008333				

C.V: 1.952140

ns: no significativo, *: significativo, **: muy significativo

Análisis de varianza de la biomasa final

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Modelo	1	4.57626667	4.57626667	3.2	0.1481	ns
Error	4	5.71733333	1.42933333			
corrección total	5	10.2936000				

C.V: 2.885008

ns: no significativo, *: significativo, **: muy significativo

Análisis de varianza de la ganancia de biomasa

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Modelo	1	4.84201667	4.84201667	3.35	0.1413	ns
Error	4	5.78566667	1.44641667			
corrección total	5	10.6276833				

C.V: 3.052334

ns: no significativo, *: significativo, **: muy significativo

Anexo 11: Análisis de varianza del consumo de alimento

Análisis de varianza del consumo de alimento total a los 64 días

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Modelo	1	11.4540167	11.4540167	11.73	0.0267	ns
Error	4	3.90746667	0.97686667			
Corrección total	5	15.3614833				

C.V: 3.812894

ns: no significativo, *: significativo, **: muy significativo

Anexo 12: Análisis de varianza de la conversión alimenticia

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Modelo	1	0.01500000	0.01500000	150.75	0.0003	*
Error	4	0.00039800	0.00009950			
Corrección total	5	0.01539800				

C.V: 1.513652

ns: no significativo, *: significativo, **: muy significativo

Anexo 13: Análisis de varianza de la tasa de crecimiento

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Modelo	1	0.00001350	0.00001350	4.76	0.0944	ns
Error	4	0.00001133	0.00000283			
Corrección total	5	0.00002483				

C.V: 4.007740

ns: no significativo, *: significativo, **: muy significativo

Anexo 14: Prueba de chi-cuadrado de la sobrevivencia

Estadístico de prueba	DF	Valor	Prob
chi-cuadrado	1	0.8161	0.3663

HIPOTESIS

/* HO: Tratamiento and mortalidad are not associated. */

/* Alt: Tratamiento and mortalidad are associated. */

CHI CUADRADA>0.05 SE RECHAZA LA HIPÓTESIS ALT

Anexo 15: Análisis de varianza del costo de alimentación

FV	GL	SC	CM	F Value	Pr > F	NS
Modelo	1	5.26968817	5.26968817	355.97	< .0001	**
Error	4	0.05921467	0.01480367			
Corrección total	5	5.32890283				

C.V: 1.840376

ns: no significativo, *: significativo, **: muy significativo

Anexo 16: Características físicas de las dietas



Extruido granulado



Microextruido esferizado

Anexo 17: Diagrama de flujo de producción de alimentos balanceados La Molina

