



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“SUSTITUCIÓN PARCIAL DE ACEITE DE PESCADO POR
ACEITE DE COLZA EN LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE
LA DIGESTIBILIDAD DEL ALIMENTO PARA TRUCHAS”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. NELSON RIVERA RIVERA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERÚ

2018



NOMBRE DEL TRABAJO

**SUSTITUCION PARCIAL DE ACEITE DE P
ESCADO POR ACEITE DE COLZA (Brassic
a napus) EN LA FORMULACION Y EVALU
ACION DE LA DIGESTIBILIDAD DEL ALIM
ENTO PARA TRUCHAS (Oncorhynchus m
ikiss)**

AUTOR

NELSON RIVERA RIVERA

RECuento DE PALABRAS

15978 Words

RECuento DE CARACTERES

82035 Characters

RECuento DE PÁGINAS

93 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.8MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 22, 2022 9:41 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 22, 2022 9:48 PM GMT-5

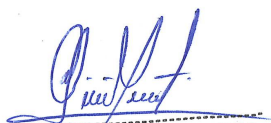
● **19% de similitud general**



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

- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cross

● **Excluir del Reporte de Similitud**

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


ALICIA M. LEON TACCA
Ing. Agroindustrial Reg. CIP 101611
Doctora en Ciencias de la Ingeniería



Dr. Alejandro Coloma Paz
INGENIERO AGROINDUSTRIAL
CIP: 68697

Resumen



DEDICATORIA

Con mucho cariño y eterna gratitud a mis queridos padres, quienes con su apoyo desinteresado hicieron posible alcanzar la concretización de mi deseo tan anhelado de ser un profesional exitoso.

A mis hermanos, familiares y demás amigos por su apoyo invaluable en los momentos más difíciles.

Nelson Rivera Rivera

“Para emprender un gran proyecto hace falta valentía; sin embargo, nada se construye sin perseverancia, esfuerzo y dedicación”



AGRADECIMIENTOS

Con mucho reconocimiento a mis queridos padres, por su invaluable apoyo, dignidad y sacrificio en mi formación profesional.

Mi más sincero agradecimiento a los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por haber contribuido en nuestra formación Profesional.

A mis jurados de tesis el M. Sc Ing. Pablo Parí Huarcaya y demás miembros por las correcciones y observaciones, por su disponibilidad de tiempo y dedicación en los valiosos aportes para la presentación final del documento.

Al Dr. Alejandro Coloma Paxi, mi director de Tesis, por su incondicionalidad y calidez. Por sus apreciados y relevantes aportes, críticas, comentarios y sugerencias durante el desarrollo de esta investigación.

A los encargados de los laboratorios por el apoyo para la ejecución del presente proyecto de investigación.

Nelson Rivera Rivera



INDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN 9

ABSTRACT..... 10

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. LA COLZA..... 13

2.2. GRASAS Y ACEITES..... 17

2.3. LA ACUICULTURA 22

2.4. ALIMENTACIÓN 29

2.5. CRECIMIENTO Y MORTALIDAD EN PECES 38

2.6. LA DIGESTIBILIDAD 40

2.7. PARÁMETROS PRODUCTIVOS 45

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN..... 47



3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL.....	47
3.3. MATERIALES Y EQUIPOS.....	48
3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	50
3.5. FACTORES EN ESTUDIO	57
3.6. VARIABLES DE RESPUESTA	57
3.7. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	57
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	59

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA DE EXPERIMENTACIÓN.....	61
4.2. RESULTADOS DE ANÁLISIS BIOMÉTRICO EN TRUCHAS.....	62
4.3. RESULTADO DE DIGESTIBILIDAD	65
V. CONCLUSIÓN.....	71
V. RECOMENDACIONES.....	72
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
ANEXOS.....	81

Área: Ingeniería y Tecnología

Tema de investigación: Desarrollo de Procesos y Productos Agroindustriales
Sostenibles y Eficientes

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 04 de julio del 2018



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Composición química de aceites y oleínas de origen vegetal.....	20
Tabla 2:	Perfil de ácidos grasos de aceites y oleínas de origen vegetal.....	21
Tabla 3:	Perfil de ácidos grasos de aceites aceite de colza	22
Tabla 4:	Composición físico-química y contenido de energía de la trucha	25
Tabla 5:	Estudio comparativo del valor nutricional de la trucha con otras carnes (%)	25
Tabla 6:	Requerimientos nutricionales recomendada para las truchas	36
Tabla 7:	Distribución de tratamientos	55
Tabla 8:	Fórmula alimentaria experimentales con sustitución de aceite de pescado por aceite de colza para la alimentación de truchas Arco Iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).....	59
Tabla 9:	Promedios de los parámetros fisicoquímicos del agua durante la ejecución del experimental.....	61
Tabla 10:	Valores de óxido de cromo determinado en la dieta y heces	65
Tabla 11:	Prueba de Dunnett al 95% para energía por tratamientos en la dieta de truchas.	67
Tabla 12:	Prueba de Dunnett al 95% para digestibilidad de lipidos por tratamientos en la dieta de truchas.....	68
Tabla 13:	Prueba de Dunnett al 95% para digestibilidad de lípidos por tratamientos en la dieta de truchas.....	69



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de flujo de la elaboración de alimento balanceado.....	52
Figura 2: Longitud de truchas juveniles durante los 90 días de alimentación	62
Figura 3: Peso de truchas juveniles durante los 90 días de alimentación	64



RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar los efectos de la sustitución parcial de aceite de pescado por aceite de colza sobre la formulación y evaluación del tamaño, peso, digestibilidad y análisis físico químico de la trucha. Las variables experimentales fueron el porcentaje de sustitución de aceite de pescado por aceite de colza (0%, 10%, 20% y 30%). Los alimentos fueron formulados y elaborados por un proceso de extrusión en la planta de la empresa Piscifactoría River Trout Puma de los Andes S.A.C. Luego por 90 días se alimentaron a las truchas juveniles distribuidas en cuatro jaulas con tres réplicas. Cada 15 días se determinaron el peso, la longitud y la biomasa íctica de los peces. Se consideraron variables de respuesta, la conversión alimenticia (CA), la ganancia diaria de peso (GPD), la tasa de crecimiento específica (TCE) y tasa de sobrevivencia (S). Las jaulas fueron diseñadas en tubo galvanizado con flotadores de boya cuyas dimensiones fueron de 2.5×2.5 m y las mallas de $\frac{3}{4}$ pulgadas con medidas $2.3 \times 2.3 \times 2.5$ m de profundidad. La alimentación fue hecha de acuerdo a la biometría por 6 días a la semana. Los resultados mostraron que la sustitución de la aceite de pescado por aceite colza en el alimento formulado no afectó significativamente en la biometría (longitud y peso) comparado con el tratamiento control, sin embargo si hubo afecto significativamente a la digestibilidad de las proteínas, resultando que la digestibilidad de las dietas formuladas fue mayor al tratamiento control, así mismo se observó que hubo un alto porcentaje en digestibilidad verdadera de las proteínas de los tratamientos que se adicionaron aceite de colza.

Palabras clave: Aceite de Colza, Trucha, alimento balanceado, digestibilidad.



ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effects of partial substitution of fish oil for rapeseed oil on the formulation and evaluation of trout size, weight, digestibility and physical-chemical analysis. The experimental variables were the percentage of fish oil substitution by rapeseed oil (0%, 10%, 20% and 30%). The feeds were formulated and elaborated by an extrusion process at the Piscifactoria River Trout Puma de los Andes S.A.C. plant. The juvenile trout were fed for 90 days in four cages with three replicates. Fish weight, length and fish biomass were determined every 15 days. Feed conversion (FC), daily weight gain (DWG), specific growth rate (SGR) and survival rate (S) were considered as response variables. The cages were designed in galvanized tube with buoy floats whose dimensions were 2.5×2.5 m and $\frac{3}{4}$ inch meshes measuring $2.3 \times 2.3 \times 2.5$ m deep. Feeding was done according to biometry for 6 days per week. The results showed that the substitution of fish oil by rapeseed oil in the formulated feed did not significantly affect the biometry (length and weight) compared to the control treatment, however, it did significantly affect the digestibility of proteins, resulting that the digestibility of the formulated diets was higher than the control treatment, likewise it was observed that there was a high percentage in true digestibility of proteins of the treatments that added rapeseed oil, the digestibility of lipids was higher in the diets containing rapeseed oil.

Key words: Canola oil, trout, feed, digestibility.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la creciente demanda de alimentos para el mercado de Truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) implica la constante búsqueda de alternativas económicas y sustentables que permitan seguir con el crecimiento de la industria en forma amigable con el medio ambiente. Es así como la agricultura y la acuicultura se han unido en condiciones de complementariedad funcional y nutricional, las fuentes vegetales pueden reemplazar las fuentes de origen animal, y una buena alternativa es la incorporación de ingredientes como aceite de colza como fuentes vegetales de energía en reemplazo al aceite de pescado respectivamente.

Este incremento en el consumo de pescado ha llevado a que el sector acuícola sea una de las actividades industriales en alza, y por tanto con unas demandas de harinas y aceites de pescado también en aumento, ya que son la principal fuente proteica y lipídicas de los piensos para peces. En este sentido, las investigaciones en acuicultura se centran en estudiar diferentes fórmulas para reducir al máximo la inclusión de harinas y aceites de pescado en piensos para peces, son recursos cada vez más limitados. Si estos productos marinos no son sustituidos por materias primas alternativas, la acuicultura se verá claramente perjudicada, dejará de ser una actividad sostenible (Hardy, 2010).

En el Perú uno de los recursos al que le ha dado poca importancia y con mayores posibilidades de utilizarse como ingrediente para alimentos balanceados es el aceite de colza o canola tiene ácidos grasos que pueden reemplazar al aceite de pescado. El aceite de colza como fuente de ácidos grasos para la alimentación de las truchas por la necesidad de buscar fuentes alternas de ácidos grasos además de ser nutriente que aporta la mayor fuente de energía y posterior se siga buscando alternativas que no siempre sea el aceite de pescado.



Una estrategia para intentar solucionar esta limitante es sustituir el aceite de pescado por aceite de colza, para obtener un alimento balanceado para truchas. Los objetivos son los siguientes: Evaluar el efecto de porcentaje de sustitución de aceite de pescado por aceite de colza del alimento balanceado en la biometría de la trucha en la etapa de juveniles; y determinar el efecto de porcentaje de sustitución de aceite de pescado por aceite de colza del alimento balanceado en la digestibilidad de la trucha en la etapa de juveniles.



CAPÍTULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1. LA COLZA

La colza (*Brassica napus*) es una especie oleaginosa proveniente de Europa y Asia. Originalmente fue una maleza que a partir del mejoramiento genético se fue transformando, primero para la utilización de su aceite en la industria y posteriormente para alimentación animal y humana. Su mayor demanda se produjo durante la segunda guerra mundial para ser utilizado en la industria naval. Esto determinó la expansión del cultivo en países como Canadá (Oplinger et al, 1989).

La colza es un cultivo oleaginoso de invierno que se adapta a las condiciones ambientales de Mendoza. Su tolerancia a las atónitas y su cosecha a fines de primavera le permiten convivir con las contingencias climáticas, heladas y granizo, que tanto daño les hacen a los cultivos primavero-estivales (García, 2011).

La colza (*Brassica napus*) es una especie oleaginosa reconocida dentro de la familia de las Crucíferas, sin embargo, en la actualidad, desde el punto de vista taxonómico, hay algunos autores que coinciden en incluirla dentro de la familia *Brassicaceae*. El género *Brassica* pertenece a la tribu de las *Brassiceae*, una de las 19 tribus identificadas dentro de la misma familia (Imaz, 2012).

A nivel fisiológico, la colza (*Brassica napus*), es un cultivo anual de una altura de 1,5 a 1,8 metros, con una raíz profunda y pivotante, un tallo ramificado y hojas sin pilosidades. Las hojas inferiores son pecioladas pero las superiores lanceoladas y enteras. La inflorescencia es de pequeñas flores amarillas que se agrupan en racimos terminales. (Guerrero, 1999) Los frutos son silicuas que contienen entre 20 y 25 granos ricos en



aceite. Con una producción de 2,5 a 3,5 ton/ha, destaca su alto contenido en aceite, que llega hasta casi 50% y el alto valor proteico y contenido en grasa de la torta, 27,5% y 23,1% respectivamente (García, 2011).

Soporta bien la sequía, en cambio tolera mal el encharcamiento. Así las necesidades hídricas del cultivo son de entre 500 y 800 mm y en cuanto a las necesidades térmicas sufre con temperaturas inferiores a 0°C, aunque una vez alcanzado el estado de roseta (6-8 hojas) puede aguantar temperaturas de hasta menos de 10°C (Mateo, 2005).

La colza (*Brassica napus*) es un cultivo anual de una altura de 1,5 a 1,8 metros, con una raíz profunda y pivotante, un tallo ramificado y hojas sin pilosidades. Las hojas inferiores son pecioladas pero las superiores lanceoladas y enteras. La inflorescencia es de pequeñas flores amarillas que se agrupan en racimos terminales. Los frutos son silicuas que contienen entre 20 y 25 granos ricos en aceite (Guerrero, 1999).

2.1.1. Importancia de uso de la colza

Actualmente vuelve a tener un repunte como aceite vegetal para consumo humano, pienso para animales en forma de torta con excelentes resultados en ácido grasos insaturados (García, 2011), así como biodiesel para automóviles, calderas, tractores o lubricante (Oplinger et al, 1989). De los granos se extrae el aceite y con los residuos se obtienen tortas para alimentación animal de gran contenido proteico mediante el prensado en frío. Gracias a la mejora genética que ha supuesto, además de una mejora de producción, la mejora de la dehiscencia de las silicuas, el contenido en aceite, la resistencia a enfermedades y plagas, la modificación de los ácidos grasos (supresión del ácido erúico y los glucosilinos), obteniendo las variedades llamadas canola o colzas doble .



Por ello y teniendo en cuenta la demanda de aceites vegetales para la producción de biodiesel, es necesario buscar otras alternativas entre las distintas oleaginosas. Entre ellas, está la colza, la carinata, el sinapis, la camelina, el cártamo, el ricino y la jatrofa (Velasco et al, 2006). De todas ellas, la colza se presenta como la mejor alternativa, ya que el resto se encuentra en fase de experimentación, teniendo que superar ciertas barreras, como la baja producción de aceite, el alto contenido en ácido linolénico, glucosilatos en grano, adaptación climática etc. A todo ello, hay que sumar, los mejores rendimientos productivos de la colza en grano, en torta y en aceite por hectárea con respecto al girasol (Mahieu, 2008).

La producción de aceites vegetales ha aumentado considerablemente en las últimas tres décadas, contrariamente al estancamiento que ha sufrido la producción-disponibilidad del aceite de pescado. Los aceites de palma, soja, colza y girasol son los más abundantes a nivel global y, con la excepción del aceite de girasol, sus precios se han mantenido históricamente por debajo de los del aceite de pescado. No obstante, en 2009 el precio del aceite de soja sobrepasó al del aceite de pescado, debido en parte al auge de los biocombustibles, aunque actualmente ambos se han igualado. En todo caso, procesos cíclicos como el fenómeno de El Niño en el Sureste del Pacífico pueden hacer descender el número de capturas y provocar una nueva subida en el precio de los productos derivados del pescado (Benedito, 2010).

2.1.2. El ciclo biológico de colza

La colza tiene tres fases:



- **Fase vegetativa:** Sembrada en otoño, la colza de invierno tiene una germinación epigea emergiendo dos cotiledones al exterior. Después se van formando una veintena de hojas en forma de roseta antes de la entrada del invierno. Paralelamente a la formación de esta roseta, se desarrolla un sistema radicular pivotante y la planta acumula reservas que después serán utilizadas a la hora de la tallificación, ramificación y maduración (Imaz, 2012).
- **Fase reproductiva:** Al final del invierno la colza se va alargando mostrando botones florales en lo alto del tallo. La floración se desarrolla escalonadamente durante cuatro o seis semanas (Imaz, 2012).
- **Fase de maduración:** La formación de silicuas es rápida. La maduración del grano se da a las seis o siete semanas de la fecundación (Imaz, 2012).
- **Planta herbácea anual** que se utiliza como oleaginosa se extrae aceite de sus semillas.

2.1.3. Clasificación botánica

Nombre científico: *Brassica*

Familia: (*Cruciferas*)

Especie: *Brassica napus*

Variedad: *Oleífera*

2.1.4. Consumo humano

El aceite de colza fue creado en la segunda guerra mundial. Éste era más barato, pero pronto se dieron cuenta de que era perjudicial. En nuestros tiempos los estudios han demostrado que no es dañino para la salud y de que se puede



consumir sin ningún problema. En España en la primavera de 1981 surgieron varias enfermedades producidas por el consumo de este aceite adulterado. Alrededor de 600 personas murieron a causa de esto, y miles quedaron enfermos o minusválidos (Benedito, 2010).

2.2. GRASAS Y ACEITES

En base a su origen, las grasas se clasifican en animales, vegetales y mezclas. Dentro de las grasas de origen animal hay grasas poliinsaturadas (origen marino), grasas insaturadas (grasa de aves), moderadamente insaturadas (manteca porcina), saturadas (sebo vacuno) y mezclas de todas las anteriores. Dentro de las grasas vegetales, hay aceites más insaturados (girasol, maíz o soja) que otros (oliva, palma o coco). Un tercer grupo de lípidos de interés creciente es el formado por mezclas de grasas y subproductos industriales cuya materia prima original es la grasa.

En este grupo las oleínas, las lecitinas, las grasas de freiduría, los subproductos industriales y los destilados procedentes de la industria del glicerol y de los ácidos grasos. Para valorar una grasa han de tenerse en cuenta al menos cuatro criterios: 1) calidad química intrínseca (grado de humedad, impurezas, insaponificables, peróxidos, fracción no eluible, polímeros de ácidos grasos, sustancias extrañas, tóxicos, 2) composición y valor nutricional (contenido en energía bruta, porcentaje de triglicéridos, composición y riqueza en ácidos grasos esenciales, 3) especie destino y 4) precio ofertado. de una grasa depende fundamentalmente de su capacidad de solubilización y de formación de micelas en intestino.

El valor energético de una grasa varía en función de numerosos factores (tipo y edad del animal, características de la dieta). De aquí que haya gran variabilidad entre



autores a la hora de asignar un valor energético a una grasa químicamente bien definida (chimbor Mejía composición, 2000).

2.2.1. Aceites y oleínas de origen vegetal

En la tabla uno se detalla la en ácidos grasos y principales características químicas de los aceites vegetales de uso más común en nuestro país. Asimismo, se valora la contribución energética de los aceites y sus oleínas correspondientes. Entre los aceites más utilizados se encuentran la soja, el girasol, la colza, la oliva y la palma. Otras fuentes de interés son maíz, coco, linaza, palmiste y las lecitinas (Chamane, 2009).

En monogástricos, las oleínas tienen menor digestibilidad y por tanto menor valor energético que los aceites de los cuales proceden. En estas especies, los monoglicéridos resultantes de la digestión enzimática de los triglicéridos son más polares y por ello favorecen la formación de micelas más que los ácidos grasos libres. En rumiantes, la disponibilidad del aceite (libre o contenido en la semilla) y la insaturación de la cadena modifican el funcionamiento del rumen, influyendo de esta forma sobre la digestibilidad de la ración. Es difícil en estos casos separar ambos efectos: digestibilidad del aceite per se y efecto indirecto de la grasa sobre la utilización del resto de la dieta. (Benedito, 2010).

Las oleínas de girasol contienen altos niveles de linoleico y por tanto, su valor energético es similar e incluso superior al de las oleínas de soja. Las oleínas de colza son buenas fuentes energéticas debido a su insaturación. Las oleínas de oliva abundan en el mercado nacional y se caracterizan por ser altas en insaponificables (esqualeno, esteroides, pigmentos) especialmente cuando se reciclan los residuos desodorizados del aceite. Las oleínas de palma y coco son



más saturadas y por tanto su valor energético es inferior, especialmente en animales jóvenes. Las oleínas de algodón abundan en el mercado nacional y se caracterizan por su color verdoso. Estas oleínas pueden utilizarse de forma restringida en dietas para rumiantes, pero debe evitarse su uso en monogástricos por su contenido en gossipol y ácidos ciclopropenoides, que afectan la productividad y la calidad de los productos (cho, c.1987).

Las oleínas exigen controles de calidad rigurosos a fin de evitar mezclas no deseadas con otras fuentes lipídicas o la entrega de productos deficientemente procesados (exceso de humedad, impurezas, material no eluible, insaponificables y acidez mineral). El contenido en materia no grasa de estos productos aumenta cuando se reciclan dentro de las oleínas los residuos resultantes del proceso de deodorización del aceite. En general, el uso de lípidos insaturados en animales próximos al sacrificio ha de tomarse con cautela por su efecto negativo sobre la composición lipídica de la canal. Las lecitinas o gomas proceden de la industria del refinado del aceite de soja y se caracterizan por su alto contenido en fosfolípidos, colina, inositol, fósforo y vitamina E. (Benedito, 2010).

2.2.2. Composición Química de aceites y oleínas de origen vegetal

En la Tabla 1 se presenta la composición química de los aceites y oleínas de origen vegetal.



Tabla 1: Composición química de aceites y oleínas de origen vegetal

RUMIANTES	EM	UFI	UFc	ENI	ENm	ENc
ACEITES						
SOJA	6200	2,87	2,83	4960	4700	4830
COLZA	6130	2,84	2,80	4900	4660	4780
OLIVA	6220	2,88	2,84	4980	4730	4850
PALMA	6240	2,89	2,85	4990	4740	4870
COCO	5575	2,58	2,54	4460	4240	4350
ESTEARINA DE PALMA	6050	2,80	2,76	4840	4600	4720
OLEINAS						
SOJA	5770	2,67	2,60	4615	4390	4500
GIRASOL	5745	2,66	2,59	4600	4370	4480
OLIVA	5720	2,65	2,59	4575	4350	4460
PALMA	5700	2,64	2,58	4560	4330	4450
LECITINA DE SOJA	5000	2,32	2,18	4000	3800	3900

Donde:

EM. - Energía Metabolizable

UFI. - Unidad Forrajera

UFc. - Unidad Forrajera Carne

EN. - Energía Neta

ENm. - Energía Neta Metabolizable

ENc. - Energía Neta Carne

Fuente: Deyab (2002).

2.2.3. Ácidos grasos presentes en aceites y oleínas

En Tabla 2 se presenta el perfil de ácidos grasos de los aceites y oleínas, en donde se observa que los ácidos grasos varían de acuerdo al tipo aceite.

Tabla 2: Perfil de ácidos grasos de aceites y oleínas de origen vegetal

Perfil Ac. Grasos	Algodón	Soja	Girasol	Colza	Maíz	Oliva
Mirístico C14:0	1,0	tr.	-	tr.	tr.	tr.
Palmítico C16:0	23,8	10,1	6,1	5,0	10,7	10,0
Palmitoleico C16:1	1,0	tr.	tr.	tr.	<1,0	tr.
Estearico C18:0	2,5	4,5	4,0	2,0	2,4	3,5
Oleico C18:1	18,8	22,4	22,5	57,5	27,1	79,0
Linoleico C18:2	50,2	53,0	62,2	20,5	55,8	6,3
Linolénico C18:3	tr.	7,8	<1,0	8,5	1,0	tr.
C _{>=20}	tr.	1,1	1,1	4,6	<1,0	tr.

Fuente: Deyab (2002)

En Tabla 3 se presenta perfil de ácidos grasos de aceite de colza, en donde se observa que contiene alto porcentaje de ácido oleico con 52 a 67%.

Tabla 3: Perfil de ácidos grasos de aceites aceite de colza

Ácidos grasos	Saturación	Porcentaje
Ácido oleico	Moniinsaturado	52 - 67%
Ácido linoleico	Poliinsaturado	16 - 25%
Ácido linolenico	Poliinsaturado	6 - 14%
Ácido palmítico	Saturado	3.3 - 6%
Acido esteárico	Saturado	1.1 - 2.5%

Fuente: Arancibia (2011).

2.3. LA ACUICULTURA

La acuicultura a nivel mundial genera un aporte muy importante para la nutrición de muchas comunidades, cada vez son más los países que realizan la acuicultura para contar con una fuente suplementaria de proteínas. La acuicultura requiere de una fuente de manejos de una o varias especies de organismos, para lograr el rendimiento óptimo para lo cual es fundamental el conocimiento de su biología, tipos de alimentación, conversión de alimentos (Orna, 2005).

En términos piscicultura deriva dos voces latinas: pisci = pez y cultura = cultivo de los peces, significa que la piscicultura es la ciencia técnica, que estudia todos los medios posibles para incrementar la producción de peces fuera del nivel que podría ser producido naturalmente, actividad que significa producir pescado directa o indirectamente cultivado por el hombre (Mantilla, 2004).

La piscicultura de la trucha o acuicultura ha tenido excelentes resultados, pues mediante las siembras realizadas por las estaciones de pesquería, se ha fomentado su propagación natural en lagos, lagunas y ríos, abasteciendo para consumo humano y aprovechando su gran valor nutritivo (Camacho et al., 2000).



La utilización de harina de pescado y aceite de pescado , como principal fuente de proteína en la fabricación de alimentos comerciales para salmónidos y otros peces se debe a su relevantes características nutricionales, elevada concentración proteica, rica en aminoácidos esenciales, fuente de vitaminas de complejo b y acido fosfóricos, además de ácidos grasos poliinsaturados, todas estas cualidades confieren un importante rol en el mercado mundial de alimentos para peces, aves, cerdos, vacas y mascotas (Robaina, 1998).

Los salmónidos y los peces marinos cultivados en su mayoría carnívoros, se alimentan en la naturaleza de las presas vivas que capturan, por lo tanto su aparato digestivo y todas sus funciones relacionadas con la digestión, absorción y utilización metabólica se encuentra orientadas, de forma natural, a la propia naturaleza del alimento que habitualmente se consume (Blanco, 1995) por esta razón, cuando han sido sometidos a cultivo se ha requerido de uso de harinas y aceite de pescado como ingredientes principal del alimento suministrado (Tacón, 1994).

En la formulación de alimentos balanceados no solamente debemos alcanzar a cubrir los requerimientos nutricionales de los animales, sino que las raciones dadas deben ser altamente digestibles y económicas, esto incrementa la productividad y hacen que sea sostenible (Church et al., 2007).

2.3.1 La trucha

La trucha es una especie típica de aguas continentales viven en ambientes loticos y lenticos originaria de la vertiente del pacifico de norte de América cuyo nombre científico fue propuesto inicialmente por Richardson como salmo gairdneri (Mantilla, 2004).



La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) es la especie de salmónidos que más se adapta a las aguas de la región, y cuyo ciclo biológico se puede controlar el cautiverio, es un pez cuerpo fusiforme, cubierto de escamas y mucus; la coloración de las truchas varía de acuerdo al ambiente en que viven, edad, sexo y otros factores así se ha podido observar que en riachuelos sombreados presentan color casi negro, mientras los expuestos a rayos solares (jaulas flotantes) presentan una tonalidad más clara, el macho se diferencia de la hembra por tener un cuerpo más alargado, la cabeza y triangular y mandíbula inferior más prominente que la mandíbula superior, en cambio la hembra tiene cuerpo más ensanchado y cabeza redonda (Orna, 2005).

La trucha es ovípara, es un animal carnívoro y voraz, que puede cambiar fácilmente su régimen alimentario a los alimentos secos y concentrados en forma de gránulos o pellets, la alimentación de la trucha arco iris que viven en los ríos consiste en insectos acuáticos (62% en volumen) y de peces (14%), en las aguas peruanas del lago mayor, los ejemplares de menor son 27 cm, se alimentan de anfípodos (62%), insectos (18%) y de peces (17%). En cambio, las truchas de 27 a 46 cm ingieren esencialmente peces (76%) un tercio de los cuales son ispis, lo otros no fueron identificados según observaciones de (Loubens, 1991).

La temperatura óptima para su crecimiento y reproducción, varía entre 9°C y 17.5°C; pudiendo tolerar temperaturas inferiores, pero con retraso en su crecimiento.

La carne de la trucha es altamente nutritiva, tal es así que su carne presenta la siguiente composición química-bromatológica por cada 100 gramos de peso ver (Tabla 4).

Tabla 4: Composición físico-química y contenido de energía de la trucha

Composición	Porcentaje
Energía, cal/100g.	110
Humedad %	75
Prótidos %	20.9
Grasas %	1
Minerales %	3

Fuente: Dirección Regional de pesquería (1998).

Mediante trucha producida se puede obtener una amplia gama de productos, entre los cuales destaca: trucha entera, trucha eviscerada, trucha en filetes refrigerada y /o congelada, trucha enlatada, trucha ahumada, trucha seco salado, etc. El estudio de valor nutricional se puede apreciar en la (Tabla 5). La importancia de la carne de la trucha radica en el valor nutricional que presenta el porcentaje que muestra en comparación a otras carnes.

Tabla 5: Estudio comparativo del valor nutricional de la trucha con otras carnes (%)

Composición química					
Proximal	Vaca	Pollo	Cerdo	Ovino	Trucha
Humedad	70.2	46.8	46.8	50.6	75
Proteína	17	14.5	14.5	16.4	18.5
Grasa	21.8	37.3	37.3	31.1	1
Minerales	1	0.7	0.7	1	3

Fuente: Ministerio de Pesquería (1999).



La Tabla 5 indica que la carne de la trucha presenta más humedad, más proteína, más minerales y menos grasa en comparación a otras carnes, por lo tanto, la trucha es una excelente alternativa para el consumo humano.

2.3.1.1. Biología de la trucha

Esta especie se caracteriza por tener el cuerpo cubierto con finas escamas y de forma fusiforme (forma de huso), la coloración de la trucha varía de acuerdo al ambiente en que vive, edad, estado de maduración sexual y otros factores, como por ejemplo la influencia del ambiente en riachuelos sombreados presentan color plomo oscuro mientras que en un estanque bien expuesto a los rayos del sol ofrece una tonalidad mucho más clara, verde oliva en su parte superior luego una franja rojiza para finalizar con el abdomen blanco; además posee gran número de máculas negras en la piel, a manera de lunares, por lo que en otros lugares se le llama también trucha pecosa.

La denominación de trucha arco iris se debe a la presencia de una franja de colores de diferentes tonalidades, con predominio de una franja rojiza sobre la línea lateral en ambos lados del cuerpo (AECI, 2009).

2.3.1.2. Taxonomía

Reino: Animal

Sub Reino: Metazoa

Phylum: Chordata

Sub Phylum: Vertebrata

Clase: Osteichthyes



Sub Clase: Actinopterygii

Orden: Isospondyli

Sub Orden: Salmoneidei

Familia: Salmonidae

Género: Oncorhynchus

Especie: Oncorhynchus mykiss

Nombre Vulgar: “Trucha arco iris”

Fuente: adaptado por Smith y estearley de la sociedad americana de ictiólogos y herpetólogos a través del comité de nombres científicos de peces, american fisheries society, <http://web.fisheries.org/main/2006>

2.3.2. Sistema digestivo de los peces

En los peces al igual que los demás seres vivos, la alimentación es el proceso de adquisición de energía y nutrientes necesarios para el crecimiento, la reproducción y todas las funciones metabólicas de cada individuo (Wetzel, 2001).

La función digestiva comienza en la boca que esta tapizada por la mucosa bucal, presenta dientes cónicos, lengua rígida y corta, el esófago sector más o menos tubular que une la faringe con el estómago que está localizada en la cavidad abdominal que a su vez se comunica con el intestino y finalmente termina en el orificio anal, tiene glándulas anexas como el hígado, páncreas y bazo

Se denomina tracto digestivo, al conjunto de órganos y estructuras encargadas de realizar el proceso digestivo, en los peces el mencionado sistema



anatómico comprende órganos y estructuras específicas para esta función, cuya intervención en el proceso fisiológico referido es más o menos directo. Sin embargo, se debe considerar la intervención en el proceso digestivo es de vital importancia a través de los jugos glandulares digestivos que producen y segregan, jugos gástricos que intervienen en la acción bioquímica del proceso digestivo (Orna, 2005).

La digestión es el rompimiento del alimento por acción de secreciones enzimáticas en el aparato digestivo, Para que este pueda ser asimilado, existen variedad de adaptaciones morfológicas y químicas en el aparato digestivo de los peces, de acuerdo a los tipos de alimentos que consuman, el esófago es muy corto, usualmente contiene células de mucus y funciona como un tubo lubricado de tránsito entre la cavidad bucofaríngea y el estómago o intestino.

En el caso de los peces con un estómago verdadero, las glándulas de la mucosa gástrica secretan ácido clorhídrico y pepsinògeno (precursor de la pepsina) para la digestión de las proteínas: el primero crea un ambiente acido (pH entre 2 y 4) para la óptima actividad de la pepsina. Estas secreciones de la glándula gástricas efectúan una digestión preliminar de las proteínas, para facilitar la posterior hidrolisis completa de las proteínas a péptidos y aminoácidos, por la acción de la tripsina, quimotripsina y aminopeptidasa en el intestino medio y posterior, donde hay un ambiente alcalino (Lehninger, 1981; Steffens, 1987; Moyle y Cech, 2000).

Lo mismo ocurre con los diversos puntos de ataque para las enzimas digestivas, este alimento blanco es conducido hacia el intestino en pequeñas dosis mediante el movimiento que se produce dentro del estómago, La principal



descomposición del alimento tiene lugar en el intestino pequeño donde segregan una amplia variedad de enzimas digestivas (jugo pancreático) y de sustancias auxiliares (bilis). Además, también se producen enzimas digestivas en la pared intestinal (Orna, 2005).

Una vez que el alimento sea digerido, es decir, que las proteínas se han descompuesto en aminoácidos, las grasas en ácido graso y los carbohidratos en monosacáridos; la absorción de estos nutrientes (paso de los nutrientes a los sistemas sanguíneos y linfático) se realiza a través de la pared intestinal, los nutrientes pueden entrar a las células por difusión o transporte activo mediante proteínas transportadoras de membrana, las cuales pueden ser muy específicas y algunos substratos pueden inhibir competitivamente la entrada de otros, Cuando las temperaturas del agua son más bajas, el proceso digestivo es más lento, pero no necesariamente menos efectivo. Sin embargo, un bajo nivel de oxígeno en el agua puede tener un efecto negativo en la digestión.

2.4. ALIMENTACIÓN

Alimentación es un aspecto importante para el éxito de la crianza; el desarrollo de dietas requiere de conocimientos sobre la fisiología de la especie, los hábitos alimentos y la relación energía-proteína con la finalidad de determinar qué tipo de formulación del alimento se necesita (Chimbor, 2000).

La alimentación en la truchicultura es el costo más alto en cuanto a inversión (60 a 70% aproximadamente); disminuir este rubro es un paso importante para lograr mejor rentabilidad. El mercado ofrece alimentos balanceados extruido o pelletizado (García et al, 1993).



Las especies piscícolas están adaptadas a muchos recursos alimenticios presentes en el medio en que habitan, los salmónidos son peces carnívoros poco especializado que en un medio natural se alimentan de una gran variedad de invertebrados acuáticos, son especies oportunistas, no solo por la variedad de su dieta, sino por la facilidad de adaptación a los cambios ambientales y la disponibilidad del alimento (García et al., 1993).

Frecuentemente, los modos de alimentación y los tipos de alimentación están asociados con la forma del cuerpo y el aparato digestivo; por ejemplo, especies que se alimentan de detritos y algas, las cuales consumen un gran porcentaje de material indigerible (como arena, lodo o células) generalmente tienen intestinos largos con mayor superficie de absorción, mientras que las especies carnívoras tienden a tener intestinos cortos. Sin embargo, entre los peces carnívoros, la longitud del intestino usualmente es mayor en aquellos que se alimentan de pequeños organismos (relativo a su talla), que los que se alimentan de presas grandes (Moyle y Cech, 2000).

La investigación en el campo de la nutrición de peces se ha desarrollado muchísimo en las últimas décadas y se está perfeccionando constantemente. A pesar de ello. Aun supone la alimentación mayor costo en el proceso de cultivo de peces, y en algunos casos es el actual cuello de botella de acuicultura, considerando que el rendimiento final del cultivo (kg de peces producidos por kg de alimento entregado) depende de la cantidad y calidad del alimento, de las condiciones de cultivo que influyen también en la fisiología y nutrición de los animales en desarrollo a la vez, los alimentos contaminan en el medio acuático influyen en los cambios de las condiciones del medio (por acumulación de detritos, productos de excreción, etc.) por todo ello, mediante la nutrición se puede influir en el comportamiento, en la integridad estructural, en varias funciones fisiológicas en el crecimiento y reproducción (Fernández y blanco, 1995).



El desarrollo sostenible de la piscicultura intensiva basada en la alimentación depende de la utilización óptima de los nutrientes por las especies cultivadas y del mantenimiento de la calidad del agua. Por norma general, se debe tener en cuenta el cómo, el cuándo y el que hora de hablar de alimentación de peces. La mezcla resultante de la combinación específica de la respuesta a cada una de estas preguntas para cada una de las especies y en cada una de las diferentes condiciones de cultivo nos darán como resultado el aprovechamiento máximo de la capacidad de crecimiento de cada piscifactoría y con ello un rendimiento económico (Camacho et al., 2000).

Si se separan los ingredientes de una dieta extruida estándar, se tiene que los principales son aquellos que suministran proteína, como la harina de pescado, cuyo porcentaje de inclusión varía entre 30 % y 45% dependiendo de la empresa; le siguen los lípidos con un 20 y 33%, los hidratos de carbono (harina de trigo y otros cereales que se utilizan sobre todo como aglutinantes, entre 10% y 15% y finalmente los micro ingredientes (pigmentos, vitaminas, minerales, inmune estimulantes y aditivos en general) cuya inclusión bordea el 5%, la harina de pescado ocupa el lugar número uno como fuente proteica para los peces de cultivo, no obstante, puede ser sustituida en parte por proteínas de origen animal o vegetal (Fernández, 1995).

Los formuladores de dietas tienden a preparar alimentos donde la proteína sea utilizada en su mayoría para incorporarse al músculo y obtener buenos crecimientos y donde los lípidos asuman la función de productos energéticos para su utilización metabólica eminentemente de desgaste energético. De esta forma un nivel lipídico elevado (entre un 16 y un 35% según especies y condiciones de cultivo) sirve para ahorrar al máximo la proteína y obtener excelentes crecimientos. Los rendimientos nutricionales en velocidad de crecimiento y rotación, de los cultivos piscícolas han evolucionado enormemente, así por ejemplo los índices de conversión actuales del alimento se



encuentran en valores como puede ser el caso del salmón (0.9) o de la trucha arco iris (1.0) (Camacho et al., 2000).

El suministro de alimento es un factor de vital importancia porque de ella depende el éxito de la producción piscícola, tanto en calidad, tiempo de crecimiento, para tal efecto se tiene que tener en cuenta, el conocimiento específico de la filosofía digestiva de la trucha, los hábitos alimenticios, los requerimientos de los nutrientes esenciales y la relación energía-proteína; de suma importancia para lograr el máximo aprovechamiento del alimento con el menor costo, la trucha criada en jaulas flotantes, depende casi exclusivamente del alimento balanceado, sumado a ello las nuevas técnicas que se han traducido en altas tasas de crecimiento y mayores requerimientos nutricionales (Camacho et al., 2000).

2.4.1. Sistema de alimentación

Una de las claves de la acuicultura intensiva es el acierto con la alimentación; es decir se debe suministrar el alimento adecuado, en el momento adecuado y con la ración adecuada. Existen dos principios fundamentales que deberán de tomarse en cuenta en la práctica de alimentación de una población de truchas. Seleccionar el tamaño del pellet apropiado en función del pez más pequeño de la población, garantizando que un alto porcentaje de los peces cultivados ingieran el grano, asegurando un crecimiento uniforme (FONDEPES, 2014).

Administrar el alimento en un área importante del espejo de agua del recinto de cultivo, de tal manera que todos los peces puedan alimentarse al mismo tiempo evitando su desperdicio. Es importante mencionar que la eficiencia del



cultivo está relacionada directamente con el manejo del alimento (cantidad y calidad del alimento suministrado) y las técnicas de alimentación.

Del mismo modo se debe tener en cuenta el tamaño del pellet, el cual debe estar relacionado con el tamaño del pez, en este entender se recomienda administrar el alimento de manera uniforme en el recinto de cultivo, a fin que todos los peces puedan alimentarse al mismo tiempo, teniendo en cuenta los tipos de alimento para cada etapa de desarrollo del pez, debido a que la trucha es una especie carnívora y su requerimiento y tipo de alimento varían con la etapa de su desarrollo (FONDEPES, 2014).

Alimentar a los peces diariamente es más que una ciencia, es un arte, la alimentación manual –personalizada es el mejor método, ya que el piscicultor con experiencia suele visualizar el comportamiento de sus truchas en relación directa al grado de ansiedad por el alimento, pudiendo ser suspendidas a criterio del alimentador. También es importante recordar que, el alimento debe cubrir las necesidades de los peces tanto en lo que a energía se refiere, como a los diferentes tipos de aminoácidos y nutrientes que son requeridos para su desarrollo y crecimiento viable. El alimento artificial para la crianza de trucha equivale aproximadamente 70% de los costos de producción (requerimientos de elevados niveles de proteína harina de pescado), motivo por el cual se debe administrar este insumo de manera eficiente en la unidad productiva a fin de obtener Factores de Conversión Alimenticia – FCA en promedio (FONDEPES, 2014).

Por las características físicas y químicas del alimento balanceado actualmente se utiliza los Extruidos, cuya característica principal es el alto contenido de grasa insaturada; es decir alimentos más energéticos, que permiten



obtener FCA eficiente con un buen manejo, así mismo tiene presentaciones con densidades inferiores (flotantes) y superiores (lento hundimiento) a la del agua, dirigido a cultivos desarrollados en estanques y jaulas flotantes respectivamente (FONDEPES, 2014).

2.4.2. Componentes fundamentales del pescado

a) Proteínas

Las proteínas son sustancias compuestas por carbono, hidrogeno y nitrógeno, con la presencia de algún otro elemento como fósforo, hierro y azufre. Después del agua, las proteínas representan la parte más importante del organismo de los peces, moluscos y crustáceos (Madrid, 1999)

b) Grasa

Los lípidos son compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno (con predominio del hidrogeno). Con gran poder energético, que forma parte de los seres vivos, en los peces moluscos y crustáceos. Los lípidos más abundantes son los triglicéridos, que contienen ácidos grasos saturados y poliinsaturados.

La presencia de los ácidos grasos poliinsaturados en los peces hace que el punto de fusión de la grasa sea bajo, por lo que muchas veces dan el aspecto de aceitosos, esto es una ventaja desde el punto de vista de la alimentación humana, ya que se ha comprobado que los alimentos con ácidos grasos mono insaturados y poliinsaturados son beneficiosos para prevenir enfermedades del corazón, cáncer, artritis, etc. (Madrid et al, 1999).



c) Otros compuestos menores

Compuestos nitrogenados no proteicos son sustancias minoritarias del pescado que están disueltas en el sarcoplasma y en el líquido intercelular. Un 95% o más del nitrógeno no proteico está formado por aminoácidos libres, dipéptidos, compuestos de guanidina, óxido de trimetilamina y sus derivados, urea, nucleótidos y compuestos afines. En general los aminoácidos libres se encuentran en pequeñas cantidades en el músculo de los peces marinos y fluviales (Ordoñez et al, 1998).

2.4.3. Requerimientos nutricionales de la trucha

En la tabla 6 se aprecia el requerimiento nutricional para las truchas recomendadas por la NRC (2011). Debido a que las truchas son carnívoras y además a que presentan un tubo digestivo relativamente corto, es que esta especie requiere alimentos bastante concentrados en nutrientes para cumplir los requerimientos nutricionales.

2.4.4. Importancia de la sustitución lipídica en la acuicultura

Los elevados costos de los alimentos empleados en la piscicultura intensiva han propiciado la formulación y experimentación de nuevas alternativas alimenticias, así como también la aplicación de estrategias de alimentación que reduzcan la inversión económica debido a este rubro. La privación de alimentos seguido de una fase de realimentación ha sido indicada como una estrategia alimenticia económicamente viable en piscicultura, debido a la capacidad de los peces de experimentar crecimiento compensatorio luego de un período variable de restricción de alimentos. Esto ha conllevado a que la alimentación está siendo



progresivamente reducida debido al costo económico que representa comparado con programas de alimentación restringida (Perdomo y col., 2013).

Tabla 6: Requerimientos nutricionales recomendada para las truchas

Nutriente	Porcentaje
Energía digestible (kcal/kg)	3.6
Ácidos grasos n-3 (%)	1
Ácidos grasos n-6 (%)	1
Proteína (%)	40 – 50
Arginina (%)	1.5
Histidina (%)	0.7
Isoleucina (%)	0.9
Leucina (%)	1.4
Lisina (%)	1.8
Metionina (%)	0.7
Met. + Cis. (%)	1
Fenilalanina+tirosina (%)	0.8
Treonina (%)	1.8
Triptófano (%)	0.2
Valina (%)	1.2
Magnesio	0.05
Fósforo (%)	0.7
Potasio (%)	0.7
Cobre (mg/kg)	3



Iodo (mg/kg)	1.1
Hierro (mg/kg)	60
Manganeso (mg/kg)	13
Zinc (mg/kg)	30
A (UI/kg)	2500
D (UI/kg)	2400
E (UI/kg)	50
Riboflavina (mg/kg)	4
Ac. Pantoténico (mg/kg)	20
Niacina (mg/kg)	10

Fuente: NRC (2011).

Sustitución lipídica, es el papel de los lípidos en acuicultura ha cobrado especial relevancia en los últimos años con la utilización de dietas de alto contenido energético, que mejoran la producción acortando el periodo de engorde. Tradicionalmente se ha utilizado el aceite de pescado como única fuente lipídica para la fabricación de los piensos de engorde de peces. Sin embargo, el aumento de los precios y la limitación de la disponibilidad de este tipo de aceites también obligan a la industria a buscar fuentes alternativas (Benedito, 2010).

Los aceites de palma, soja, colza y girasol son los más empleados en la sustitución de aceites de pescado. Se caracterizan por ser pobres en ácidos grasos n-3 y ricos en n-6 y n-9, principalmente ácido linoleico (18:2n-6) y oleico (18:1n-9). La proporción de cada uno en el pienso varía en función de factores nutritivos y económicos, por lo que la mejor solución es una combinación de las diversas fuentes vegetales que compensen las deficiencias y mejoren el perfil de ácidos



grasos de la mezcla, con el fin de sustituir la mayor cantidad de aceite de pescado con el menor coste (Chamane, 2009).

2.5. CRECIMIENTO Y MORTALIDAD EN PECES

2.5.1. Etapas de producción de la trucha

a) Ovas: La ova recibe este nombre, desde el desove de la incubación hasta que los ojos del embrión se hacen visible. Las ovas son los huevos fecundados que después de un promedio aproximado de 30 días de incubación, eclosionan para convertirse en larva (Maíz et al. 2010).

b) Larvaje:

Se Inicia cuando el embrión se encuentra completamente desarrollado, las ovas embrionadas eclosionan y emerge la larva, esta posee un saco vitelino con sustancia de reserva.

En esta etapa la larva no necesita de una fuente de alimento externa, sino posee adherida una vesícula de reservas alimenticias (saco vitelino o vesícula vitelina) de la cual se nutre durante los primeros 22 días. La reabsorción sucede en unos 10 a 15 días a unos 11 o 12 °C, o 18 a 20 días a 9-10 °C, los movimientos van progresando hasta normalizarse por completo. Al comenzar a suministrarse el alimento, los alevines deben mantenerse en penumbra, pero con suficiente luz para que puedan ver o atrapar el alimento (Moyle y Cech, 2000).

c) Alevinaje:

Se considera como alevinaje, la etapa que transcurre desde la reabsorción de la vesícula vitelina hasta que los alevines tengan una longitud de 5 cm. En la parte final de esta fase, comienzan a desaparecer las marcas de alevín (rayas



laterales a lo ancho de los flancos). El periodo de alevinaje puede tardar entre 2 y 3 meses dependiendo de los factores ambientales y en este momento comienzan a darse una serie de cambios propios de la etapa juvenil. Municipalidad de Ragash (2009) menciona que, los alevinos son peces pequeños que miden de 3 cm a 10 cm, con un peso que oscila entre 1,5 g a 20 g (Maíz et al. 2010). FONDOEMPLEO (2010) considera que, el cultivo de truchas comprende de 1 mes de edad (3,5 cm hasta 13 de talla) con peso de 0,19 g a 12,5 g.

d) Juvenil:

Esta es la etapa de mayor crecimiento e incremento de biomasa, dura entre unos 3 a 5 meses dependiendo de las condiciones ambientales, aquí es donde se comienzan a manifestar componentes del desarrollo sexual en los machos, y aparecen, en su totalidad, caracteres de adultos tales como las moteaduras de la piel (en caso de haberlas). En esta etapa, el rápido crecimiento de los peces comienza a demandar más espacio, por lo que estos se colocan en estanques más grandes.

Además, este lapso también representa una alta tasa de actividad metabólica y por consiguiente un gran consumo de alimento. Municipalidad de Ragash (2009) refiere que, las truchas juveniles son peces que miden de 10 cm a 15 cm cuyo peso es generalmente de 20 g a 100 g. (Choquehuayta, 2008).

FONDOEMPLEO (2010) considera que, son truchas de 13 cm a 17 cm de longitud, con peso 26 g a 66 g.

La etapa de juveniles en la crianza de truchas son truchas de 10 – 18 cm. Es la etapa de crecimiento en que se va complementando la formación de los órganos sexuales. La dieta de alimentación es de crecimiento. En forma general



el manejo común en la etapa de juveniles en la crianza de truchas son la selección y la limpieza constante de los estanques de estabulación (Mastrokalo 1999).

e) Engorde:

FONDOEMPLEO (2010) considera que, se empieza a engordar desde 17 cm para obtener una talla comercial de 25 a 30 cm de longitud total, con peso aproximado de 250 g - 330 g.

2.5.2. Mortalidad

(Chanamé, 2009), señala los siguientes porcentajes de mortalidad:

Alevinos (5 - 10 cm) = 5 %

Juveniles (10 - 18 cm) = 4,5 %

Adultos (18 - 30 cm) = 2.0 %

(Chanamé, 2009), indica como mortalidad estimada:

Alevinos = 4,5 %

Juveniles = 3,5 %

Engorde = 2,0 %

Mortalidad diaria = 0,03 %

2.6. LA DIGESTIBILIDAD

La digestibilidad es la medida del aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición. Comprende dos procesos, la digestión que corresponde a la hidrólisis de las moléculas complejas de los alimentos, y la absorción de pequeñas moléculas (aminoácidos, ácidos grasos) en el intestino El verdadero valor nutritivo de una dieta formulada depende de la composición nutricional y la biodisponibilidad de sus nutrientes. La digestibilidad puede estar afectada por las relaciones entre los micronutrientes y



macronutrientes tanto como de la presencia de componentes inhibitorios (Manríquez, 1994).

Por tanto, la digestibilidad de un ingrediente en el animal depende no solo de las condiciones medioambientales, estructura del tracto digestivo y su fisiología sino también del ingrediente y sus características nutricionales (Lee y Lawrence, 1997).

2.6.1. Digestibilidad aparente y real.

El excremento está compuesto de componentes del alimento no digeridos, no absorbidos y los residuos por eliminar del intestino. Estos residuos son los restos de mucosa, las células intestinales, enzimas digestivas, mucoproteínas, y otras secreciones que salen del tracto digestivo del animal, junto con los residuos de la micro flora que habitan en el tracto digestivo.

La entalpia de la combustión de estos materiales representa una pérdida de energía que no se deriva del alimento. Esta pérdida de energía se designa la energía fecal metabólica (EFm) y se influye por las características de la comida y nivel del alimento. Las estimaciones de EFm, permiten la descripción de la digestibilidad verdadera de la energía que es mayor que la digestibilidad aparente (Halver y Hardy, 2002).

2.6.2. Estudios de digestibilidad en peces

Se hace necesaria información relativa a disponibilidad de nutrientes específicos para llevar a cabo estudios de requerimiento y evaluación de insumos como posibles candidatos de inclusión en dietas que tengan como característica su bajo costo de fabricación y generen un mínimo impacto al medio ambiente. La necesidad de herramientas confiables para estudiar la utilización de ingredientes lleva al desarrollo de varios métodos para entender el grado en que los nutrientes



son absorbidos, incluidas las mediciones de digestibilidad aparente de los nutrientes (Venderberg, 2001).

Un marcador inerte debe cumplir con los requisitos básicos que son: 1) Debe tener la capacidad de ser incluido en un alimento de forma homogénea y debe ser fácil de determinar en laboratorio cuando está presente en bajas concentraciones. 2) Debe ser indigestible y no afectar el metabolismo del animal. 3) Debe ser higiénico y amigable con el medio ambiente (Austreng et al., 2000).

El marcador inerte más usado en estudios de digestibilidad en peces es el Óxido de Cromo (Cr_2O_3), el Óxido de Itrio (Y_2O_3), también es usado en estudios de digestibilidad para peces. Su uso es menos masivo debido a que su metodología de determinación es menos conocida en comparación al Oxido de Cromo (Austreng et al. 2000).

Los métodos para determinar la digestibilidad incluyen las mediciones directa o indirecta de los nutrientes ingeridos y subsecuentemente excretados. Los alimentos en prueba se ofrecen solos o en combinación con otros ingredientes.

2.6.2.1. Método directo

El método directo mide todo el alimento consumido y colecta por separado toda la excreción fecal, urinaria y branquial, utilizando cámaras de metabolismo (Smith et al., 1980). Las cantidades excretadas se restan directamente de las cantidades consumidas para determinar las cantidades retenidas. El método permite determinar el balance de carbono y nitrógeno, así como la energía digestible y metabolizable. Así mismo, elimina el problema de la pérdida de nutrientes por difusión fecal ya que analiza toda el agua de la cámara.



Sin embargo, el método está abierto a la crítica, debido a que se puede comprometer el uso del alimento puesto que los peces están confinados, forzados a comer, y muy estresados. El uso de este método se ha restringido a la trucha arco iris habiendo fracasado los intentos de su adaptación en otras especies de peces (Camacho, 2000).

2.6.2.2. Método indirecto

El método indirecto utiliza un marcador indigestible, como el óxido crómico (Cr_2O_3), que se incluye en la dieta en una concentración de 0.5 a 1.0%, bajo las asunciones de que la cantidad de marcador en el alimento y heces permanece constante a través del periodo experimental y que todo el marcador ingerido aparece en las heces.

La digestibilidad del nutriente en cuestión se puede determinar por evaluación de la diferencia entre las concentraciones del marcador en el alimento y las heces y el nutriente o energía. La digestibilidad porcentual del nutriente se puede estimar por el uso de la siguiente fórmula (Moyle y Cech, 2000).

2.6.2.3. Factores que influyen en la digestibilidad

La digestión depende de tres factores principales: a) el alimento ingerido y el grado al cual es susceptible a los efectos de las enzimas digestiva, b) la actividad de las enzimas digestivas, c) el tiempo que está expuesto a dichas enzimas cada una de estos factores principales es influido por una multitud de factores secundarios algunas de las cuales se relacionan con el pez en si, como especie, edad, tamaño, y estado fisiológico; otros están asociados a las condiciones medioambientales,



como temperatura del agua, y otros más se relacionan con el alimento, como composición, tamaño de partícula y cantidad ingerida.

Los más importantes de estos factores y efectos sobre la digestibilidad merecen un análisis más detallado (Chamane, 2009).

a) Especie

El coeficiente de digestibilidad puede variar entre especies debido tanto a las diferencias en el aparato digestivo y sus enzimas. Las variaciones entre especies de peces en la digestibilidad de proteínas y de lípidos son pequeñas, pero son mucho más pronunciadas las variaciones en la digestibilidad de carbohidratos, en especial el almidón, ya que los peces carnívoros digieren esta sustancia en mucho menor medida que los peces omnívoros y herbívoros (Hepher 1988).

b) Edad del pez

La actividad enzimática puede variar con la edad del pez, la actividad proteolítica y amilolítica de la trucha son más bajas en las primeras fases del desarrollo que en las fases posteriores. Esto puede afectar los coeficientes de digestibilidad (Choubert, 1999).

c) Condiciones fisiológicas

Los peces cuyo equilibrio fisiológico se encuentren alterados debido a manipulación excesiva o enfermedad, pueden presentar trastornos digestivos (Hardy, 2010)

d) Condiciones del agua

Un aumento en la temperatura puede incrementar tanto la secreción y la actividad de las enzimas e influye en la rapidez de absorción de los nutrientes digeridos, a través de la pared intestinal.



Sin embargo, mientras mayor sea la temperatura más rápido será el transporte del alimento y más corto el tiempo de exposición a las enzimas digestivas. Cho y Singler (1979) demostraron que el coeficiente de digestibilidad de un alimento prueba, para truchas arco iris no variaba a un intervalo de temperatura de 9°C a 15 °C pero aumentaba ligeramente cuando la temperatura se elevaba a 18 °C.

Observó que la digestibilidad de la materia seca, energía y la proteína para la trucha arco iris disminuía linealmente al aumentar la salinidad del agua. Podría ser un efecto directo del contenido de sal o un efecto indirecto de la alteración del equilibrio fisiológico del pez. (Karalazos, v., Bendiksen e.a.yBell J.G.2011)

Composición del alimento Hepher (1988), menciona que los alimentos de origen vegetal son digeridos en menor grado que los de origen animal, ya que las células vegetales poseen una pared celular que les da gran resistencia y dificulta la penetración de las enzimas digestivas. La digestibilidad de los lípidos depende de la composición y el nivel de saturación de estos, disminuye al aumentar el número de átomos de carbono en la cadena de ácido graso y se incrementa con el número de dobles enlaces. (Lee, P; Lawrence, A.1997).

2.7. PARÁMETROS PRODUCTIVOS

a) Longitud total

Es una medida del tamaño máximo de un pez, que se realiza desde la punta de la boca, hasta el extremo posterior máximo de la aleta caudal. En esta medida se utiliza



el ictiòmetro, con el pez en posición de tal manera que su horquilla se situó al lado izquierdo y en contacto con el tope o cabezal del ictiòmetro (Blondet, 1996).

b) Longitud estándar

Esta medida se debe tomar del extremo anterior de la horquilla del animal, hasta la altura del pedúnculo, se incluye la aleta caudal (Alvarado, 1995).

c) Peso total

Es el peso del pez entero, recién sacado del agua y que debe ser secado con una franela, esta medida se da en gramos (Blondet, 1996).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las siguientes instalaciones:

- **Producción de alimento:** Se realizó en la empresa PISCIFACTORIA RIVER TROUT PUMA DE LOS ANDES N&Y S.A.C. en su planta piloto ubicada en el jirón 3 de mayo Nro. 407 del barrio José Carlos Mariátegui del distrito de Ilave Provincia de El Collao Región Puno.
- **El bioensayo se realizó en las instalaciones del centro de producción de la misma empresa ubicado en la ciudad de Juli zona Huaquina – Juli.**
- **Evaluación físico química:** Se realizaron en el laboratorio de control de calidad de Facultad de Química de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno.

3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

3.2.1. Materia prima

- **Harina de sangre bobina:** la harina de sangre utilizada en la presente investigación, fue de procedencia local a un precio de 3 soles por kilogramo.
- **Harina de pescado:** se utilizó harina de pescado estándar, con un promedio de proteína cruda de 62%, materia seca de 90% y con un 8% de extracto etéreo.
- **Harina de soya:** de procedencia boliviana, con un contenido de 40% de proteína.
- **Harina de torta de soya:** de procedencia boliviana.
- **Harina de maíz:** maíz híbrido de procedencia boliviana.



- **Harina de trigo:** de procedencia local.
- **Sal común:** de procedencia local.
- **Aceite de pescado:** aceite refinado de bacalao de procedencia de la ciudad de Tacna.
- **Aceite de colza:** se ha extraído por sistema de prensado.
- **Vitaminas:** complejo B y PREMIX

3.2.2. Material biológico

En el ensayo se emplearon 1200 truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) de la etapa juvenil, de un peso inicial promedio de 26.7 g. y una longitud inicial promedio de 13.4 cm, estos fueron adquiridas cultivadas de ovas y fueron distribuidas en forma aleatoria en nueve jaulas con una densidad de carga de 100 truchas por jaula.

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. Equipos

- Molino de Martillos de 48 martillos, capacidad 500 kg/h. 10 HP motor, Marca Facos.
- Mezcladora horizontal, capacidad 100 kg/watch, 4 HP motor Marca Innova.
- Extrusora, capacidad 500 kg/h. motor 24 HP Marca Innova.
- Balanza digital capacidad 1000 kg, Marca Voltex.
- Tamices de 50 x 100 cm, tamaño de abertura $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$ plg.
- Instalaciones piscícolas, jaulas metálicas 2,5 x 2,5 m, con flotadores de boyas.
- Estufa H. W. Kessel S.A.



- Termómetro de capacidad de 100°C LUDWIG SCHNEIDER.
- Balanza analítica METTER TOLEDO AL 240 max. 210g e=0.001g Min 0.01g
- Balanza electrónica analítica capacidad de 100 g. Marca SCOUT.
- Estufa Hot air esterilizer model YCO-010, 200V/60HZ, SERIAL N°711543
- Campana digestor de gases marca Ezemester ISZ KECSKEMETI.
- Centrifuga T23- JANEYZKI de 10000 rpm
- pH-Metro JENWAY 3510 PH
- pH Metro ORION STAR A
- Autoclave MODEL VERTICAL PRESSURE STEAM STERILIZER
- Mufla 100- 1200°C.

3.3.2. Materiales de vidrio

- Matraz kitasato, capacidad de 200, 500 y 1000 ml.
- Pipetas PIREX.
- Probeta, capacidad de 250 ml, 500 ml y 1 litro ERGON.
- Tubos de ensayo, capacidad de 10 ml, 50 ml y 100 ml ERGON.
- Micro pipetas PIREX
- Buretas, de 100 ml, 500 ml. PIREX.
- Termómetros PIREX rango desde -20 hasta 100 grados Celcius.
- Vasos de precipitados de 50 ml, 100 ml, 250 ml y 500 ml PIREX.
- Petri STERIPLAN en vidrio de tipo cal soda de 250/ml.
- Pipetas vulométricas.
- Matraces Kjeldahl de 30ml.
- Aparato de destilación Kjeldahl



3.3.3. Reactivos

- Cloruro de sodio 0.1 M
- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Fenolftaleína 1 N
- Ácido sulfúrico concentrado 1.835% densidad 93.2% pureza
- Cloruro de bario
- Tashiro
- Hexano C_6H_{14}
- Ácido sulfúrico H_2SO_4
- Hidróxido de sodio NaOH al 50%
- Ácido bórico H_3BO_3 0.1N
- Ácido clorhídrico HCl 0.05N
- Carbonato de sodio Na_2CO_3
- Anestésico Tricaine.

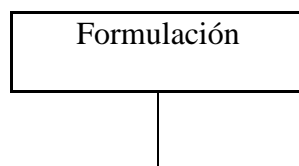
3.2.6. Materiales diversos

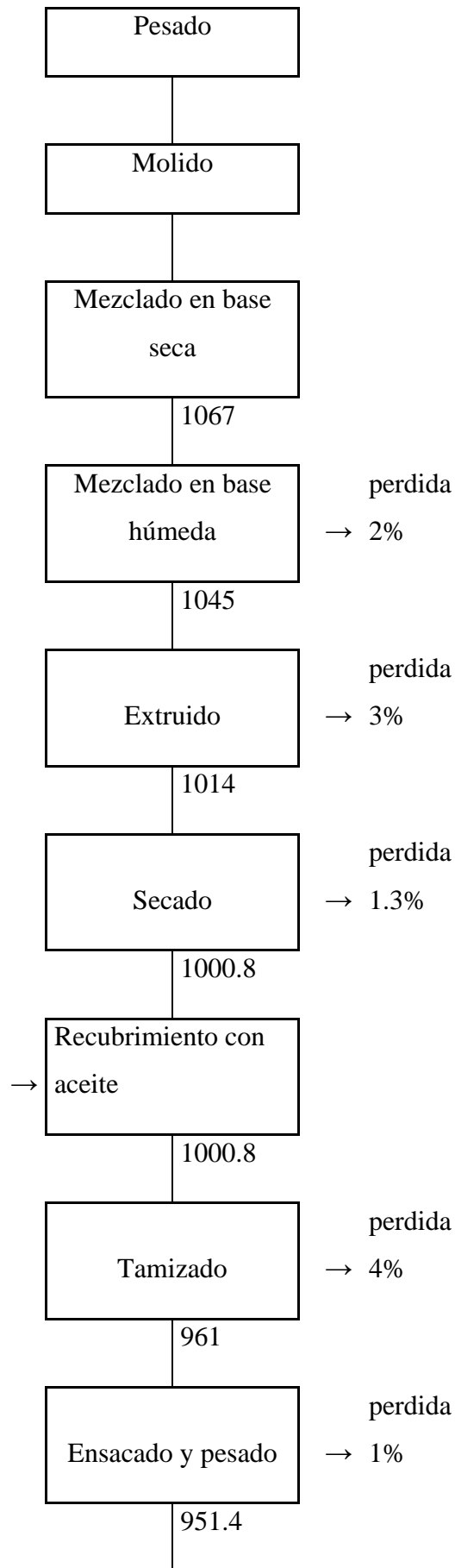
- Baldes marca. basa de cap. 20 litros.
- Cuchillo de acero marca tramontina.

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.3.1. Formulación y elaboración del alimento balanceado.

Para la elaboración de los alimentos se utilizaron el siguiente diagrama de flujo (Figura 1):





Alimento balanceado

Figura 1: Diagrama de flujo de la elaboración de alimento balanceado

A continuación, se describe el Diagrama de Flujo de la Figura 1.

a) Recepción de insumos

En esta etapa de recepción de los insumos como son harina de pescado, harina de soya, harina de maíz híbrido, harina de trigo, aceite de colza, aceite de pescado, harina de sangre, melaza de caña, premix y minerales del complejo B, verificando su procedencia y la calidad de insumo y con peso exacto para su eficiencia.

b) Formulación

La formulación del alimento balanceado se realizó con la ayuda de un programa FORMAT en base a los requerimientos nutricionales de la trucha arco iris en la etapa de crecimiento en juveniles, consistiendo en la obtención de un alimento balanceado de acuerdo a la composición de los alimentos de cada insumo al mínimo costo cumpliendo los requisitos nutricionales de la proyección según la tesis.

c) Molienda

En esta etapa se procedió a moler los insumos para uniformizar ya que la finura o grosor de los ingredientes tiene efecto sobre las características físicas y nutritivas del alimento; mejorando la calidad del pellet al reducir la ruptura y evitar la presencia de polvo y aumenta la aceptación y digestión.



d) Pesaje

Se procedió a pesar los insumos ya que la exactitud en el peso garantiza que los ingredientes estén en las proporciones correctas, según la formulación. Se pesa en la balanza con plataforma.

e) Mezclado

Se procedió a mezclar todos los insumos para así asegurar que cada pellet contenga las sustancias nutritivas, y garantice que el pez reciba una dieta equilibrada, la uniformidad en el tamaño y densidad de las partículas.

f) Mezclado en base seca

El primer mezclado se realizó con la finalidad de mezclar todas las harinas y los ingredientes secos en un mezclador vertical de capacidad de 1200kg/h que consiste en una cámara cilíndrica con una hélice que mueve a 50 a 70 RPM acondicionado con un motor eléctrico, lo que permite la recirculación de la mezcla por un periodo de 20 min.

g) Mezcladora en base húmeda

Todas las harinas mezcladas en base seca se vuelven a mezclar adicionando 24% de humedad, 3% de melaza diluidos en el agua en una mezcladora horizontal de capacidad de 100 kilos watch En esta etapa solo se adiciono los insumos húmedos como caña de azúcar con la finalidad de obtener una mezcla homogénea lista para la extrusión.

h) Extruido

Se procede a extrudir la mezcla húmeda en una extrusora de capacidad 300 kilos hora a una temperatura de cocción de 98 grados Celsius de temperatura externa y 120 grados de temperatura interna luego se somete al secado, el tamaño de pellet es calibre dos para las truchas juveniles, el proceso de producción



alimento extruido, forma las diferentes presentaciones y tamaños deseados, además de destruir los inhibidores del crecimiento y reduce la contaminación por salmonella.

i) Secado

El producto forma extruido por la adición de agua en de vapor saturado y la adición de insumos en estado líquido genera en esta una determinada humedad, y para evitar que el producto por causas de actividad de agua alta se deteriore se procedió a efectuar un secado del alimento evitando de esta manera la proliferación de microorganismos y oxidaciones del producto.

j) Recubrimiento con aceite

El alimento es bañado con aceite sustituyendo al 10, 20 y 30% de sustitución con aceite de colza al aceite de pescado agregando al aceite con vitaminas del complejo B a un 0.2 % para evitar alteraciones durante la alimentación. el bañado o recubrimiento se hizo al 10% en toda la formulación.

k) Ensacado

El alimento es generalmente ensacado en bolsas de polipropileno de 40 Kg. cada una, el que permite manejar dichas cantidades, dichas bolsas retardan la pérdida de humedad y ayudan a proteger el olor, color del alimento y lo protegen de la contaminación.

En la Tabla 7 se presenta la distribución de tratamientos, en donde se observa que a medida que incrementamos el porcentaje de aceite de colza disminuye el aceite de pescado.



Tabla 7: Distribución de tratamientos

Insumos	% T0	% T1	% T2	% T3
harina de pescado	37.48	37.48	37.48	37.48
harina de soya integral	14.05	14.05	14.05	14.05
harina de trigo	4.68	4.68	4.68	4.68
harina de maíz	18.74	18.74	18.74	18.74
torta de soya	14.95	14.95	14.95	14.95
aceite de pescado	7.49	6.75	6	5.25
aceite de colza	0	0.74	1.49	2.24
Sal	0.46	0.46	0.46	0.46
Premix	0.09	0.09	0.09	0.09
Melaza	0.08	0.08	0.08	0.08
ag cmc	2.81	2.81	2.81	2.81

3.4.2. Alimentación de peces en jaulas flotantes

a) Distribución de las jaulas flotantes

Las jaulas flotantes experimentales fueron de material tubo galvanizado de 2" x 3 ml, en medida de 2.5 metros cuadrado con mallas de 3/4, con una profundidad de 3m y con sus respectivas pesas en cuatro lados, el experimento se hizo en 12 jaulas ya mencionados.

b) Instalación de los peces

Procedencia de los peces? ¿De qué edad eran? ¿Cómo fueron instalados?
¿Número de peces por jaula?



c) Horario de alimentación

El suministro de alimento se llevó a cabo en forma manual y controlada, realizando los cálculos de la tabla de alimentación la entrega de alimento se realizó por las tardes a horas 2 de la tarde considerando una oxigenación adecuada para la buena alimentación.

d) Biometría de los peces

Durante la experimentación en primer lugar se pesó sobre una balanza digital y se midió la talla con un ictiómetro, posterior a ello se calculó la cantidad de peso y talla de todos los peces en estudio. dicha operación de biometría se realizó semanalmente (domingos) llegando como conclusión por diferencia de peso, talla y mortandad por la concentración de diferentes % de aceite de colza en comparación del alimento patrón nicovita.

3.4.3. Determinación de las características físicas y químicas del agua en el ámbito de estudio.

Dentro de los principales factores abióticos que se determinó para una producción acuícola, están los factores físico químico, los cuales fueron registrados en el sitio de crianza de los peces. Los promedios se puede apreciar: la temperatura promedio fue de 13 grados hubo una variación de medio grado debido a los cambios climáticos en algunos días, el oxígeno disuelto varió de 3 a 5 mg/L, mientras que el pH del agua osciló en 8.5. las mediciones fueron realizados con el equipo "Disolved Oxigem Instrument" a dos metros de profundidad.



3.5. FACTORES EN ESTUDIO

Para los dos objetivos específicos, los factores en estudio fueron:

Dietas: 0 %, 10 %, 20 %, 30 % de inclusión de aceite de colza

Días: 0, 30, 60 y 90 días de observación

3.6. VARIABLES DE RESPUESTA

Para objetivo 1:

- Longitud de truchas medidos en centímetros.
- Peso de ruchas medidos en gramos

Para el objetivo 2:

- Coeficiente de digestibilidad aparente

3.7. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

3.5.1. Biometría en truchas

El cálculo de peso y talla en promedio de la población de peces, se permite dar a conocer el crecimiento e incremento de peso de toda la población de peces.

a) Determinación del peso

- Se extrajo una muestra de peces al azar en un número de 10 peces
- Los peces fueron introducidos en un balde con agua, el cual fue previamente pesada, y se anotó el peso total.

$$\text{Peso de un pez} = \frac{\text{Peso balde con peces y agua} - \text{peso balde sólo con agua}}{\text{Número de peces}}$$

b) Determinación de la longitud

- Se extrajo una muestra al azar de 10 peces.
- Se midió cada uno de los peces, utilizando un Ictiómetro.



- Se calculó el peso promedio de peces.

$$\text{Longitud de un pez} = \frac{\text{Suma de longitudes de los peces}}{\text{Número de peces medidos}}$$

3.5.2. Determinación de la digestibilidad aparente.

La digestibilidad aparente de las dietas experimentales, se determinó por el método indirecto de colección fecal, utilizando el indicador cenizas insolubles en ácido, a través de la columna de sedimentación.

El ensayo tuvo dos períodos, uno de acostumbramiento y otro de colección, el período de acostumbramiento tuvo la finalidad de acostumbrar a los peces al manejo y alimentación en confinamiento, establecer el nivel de consumo de alimento, y garantizar el recambio total del contenido gastrointestinal y el ajuste del patrón enzimático del pez al nuevo alimento en estudio y el período de colección, estará orientado a la colección de las heces de los peces. En forma diaria, la colección de heces.

1. Pesar 2 a 3 g de heces que contiene la tierra de diatomea (marcador) en un vaso de vidrio de 100 ml.
2. Hervir en 50 ml de HCL 4N, durante 30 minutos.
3. Filtrar en papel de filtro sin cenizas (Whatman # 40) y lavar los residuos en dos ocasiones con agua destilada.
4. Lavar y filtrar el residuo pesando el crisol y la muestra.
5. Secar durante la noche a 70°C
6. En la mufla quemar el residuo a 600°C durante 4 horas.
7. Determinar el peso de la ceniza, como cenizas insolubles en ácido (Fe₂O₃- F), cal (Ca O -C)

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para ambos objetivos se utilizó el arreglo factorial de 4x4 en un diseño completo al azar, con tres réplicas. Para determinar el mejor tratamiento se ha seguido con la prueba de Fisher.

Se sometieron a evaluación cuatro dietas: una dieta base (control), y tres dietas con inclusión de aceite de la colza al (10%, 20% y 30%) de sustitución al aceite de pescado cada alimento fue evaluado con tres replicas los cuales fueron evaluados a las truchas en tres tiempos en 30, 60 y 90 días.

Tabla 8: Fórmula alimentaria experimentales con sustitución de aceite de pescado por aceite de colza para la alimentación de truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*)

	Dietas			
	T0	T1	T2	T3
Aceite de pescado	100			
Aceite de colza		10	20	30
Dieta Base		90	60	70
Total	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia (2018).

Cuando el análisis fue significativo, para la comparación de medias se utilizó la prueba de Fisher, esta prueba nos permite comparar simultáneamente cada tratamiento con un control, considerando la diferencia de las medias ($p < 0.05$). Los resultados fueron analizados mediante el programa STAGRAFHC.



Modelo matemático

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = observaciones en la j-esima unidad experimental sujeta al i. esimo tratamiento

μ = efecto de Media poblacional.

α_i = efecto del i- esimo nivel del factor aceite de colza

β_j = Efecto del j- esimo nivel del factor nivel (0, 10, 20 y 30%)

$\alpha_i * \beta_j$ = efecto de la interacción (aceite* nivel de tratamiento)

e_{ij} = Efecto de error. Experimental



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA DE EXPERIMENTACIÓN

En la Tabla 9 se presenta los resultados de análisis fisicoquímico de las aguas de experimentación, en donde se observa que la temperatura del ambiente registrada varia de 14 a 18°C, la temperatura del agua 11 a 13,2°C, concentración de O₂ de 4,2 a 6,2 mg/l y pH de 7 A 7,6. Con relación a la temperatura del agua podemos indicar que el promedio fue de 11.88°C nivel aceptable para un crecimiento moderado de los peces ya que lo ideal para juveniles es de 15°C.

Los datos de oxígeno se encuentra dentro lo esperado con un promedio de 5,2 mg/l que esta por el mínimo requerido para la crianza de truchas el pH promedio es 7.35 y es considerado adecuado para la crianza de peces, cuyo rango esta de 6 a 9, bajo estas condiciones podemos indicar que los aspectos fisicoquímicos del agua influyeron significativamente sobre los parámetros productivos de la trucha arco iris juveniles en estudio.

Tabla 9: Promedios de los parámetros fisicoquímicos del agua durante la ejecución del experimental

Mes/hora	T° Ambiente	T° Agua	Concentración O ₂ mg/l	pH
oct. 8.00am	15	11.4	4.7	7
2.00pm	18	13.2	6.1	7.3
nov. 8.00am	14	11	4.2	7.2
2.00pm	18	13.2	6.2	7.6

dic.	8.00am	15	11.2	4.7	7.6
	2.00pm	16.5	11.7	5.5	7.4

Fuente Elaboración propia 2018.

4.2. RESULTADOS DE ANÁLISIS BIOMÉTRICO EN TRUCHAS

Efecto de la sustitución de aceite de pescado por aceite de colza en el alimento balanceado para truchas juveniles en la biometría

En el Figura N° 2: Muestra que al inicio del estudio no existen diferencias estadísticas significativas ya que los diferentes tratamientos tiene la longitud que oscila 11.37 0 11.49 cm , pero a los 90 días ya se nota las primeras diferencias estadísticas en longitud promedio, se mencionado podemos observar el efecto que tuvo la alimentación en todos los tratamientos ya que las truchas han aumentado su longitud promedio lo cual muestra que el alimento ha logrado satisfacer los requerimientos nutricionales para su mantenimiento e incremento de longitud de las truchas.

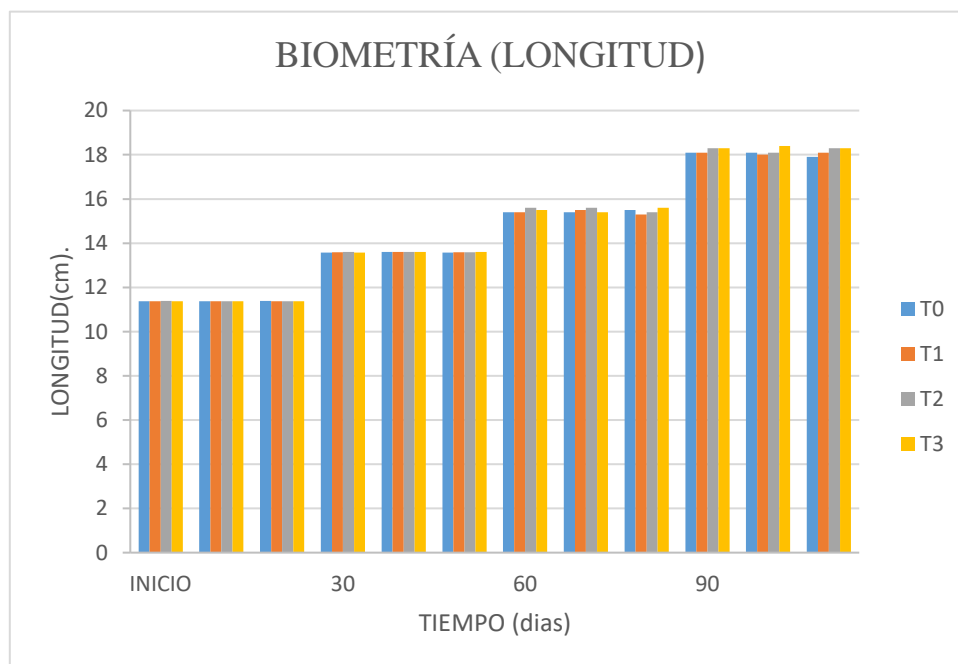


Figura 2: Longitud de truchas juveniles durante los 90 días de alimentación

Fuente: Elaboración propia 2018



En la figura se observa que los mayores promedios tuvieron el tratamiento T2 y T3 a los 90 días siendo sus valores 18.2 y 18.3 cm respectivamente, se determina que los mayores promedios de longitud, no existiendo diferencias estadísticas entre los promedios de longitudes de truchas para los tratamientos en estudio. Esto puede ser porque en todos los tratamientos consumieron el mismo tipo de alimento.

Los resultados obtenidos en este estudio, son inferiores a los obtenidos por Mache, C. (2015), ya que obtuvo como mejor longitud 21 cm en truchas juveniles los cuales fueron alimentados por alimento comercial. Esto puede atribuirse a que alimentó a las truchas por 130 días, mientras que nosotros alimentamos por 90 días.

En el Figura N° 3: Muestra que al inicio del estudio no existen diferencias estadísticas significativas ya que los diferentes tratamientos tiene la longitud que oscila 20.5 a 21 g. , pero a los 90 días ya se nota las diferencias estadísticas en longitud promedio, se mencionado podemos observar el efecto que tuvo la alimentación en todos los tratamientos ya que las truchas han aumentado su peso promedio lo cual muestra que el alimento ha logrado satisfacer los requerimientos nutricionales para su mantenimiento e incremento de peso de las truchas.

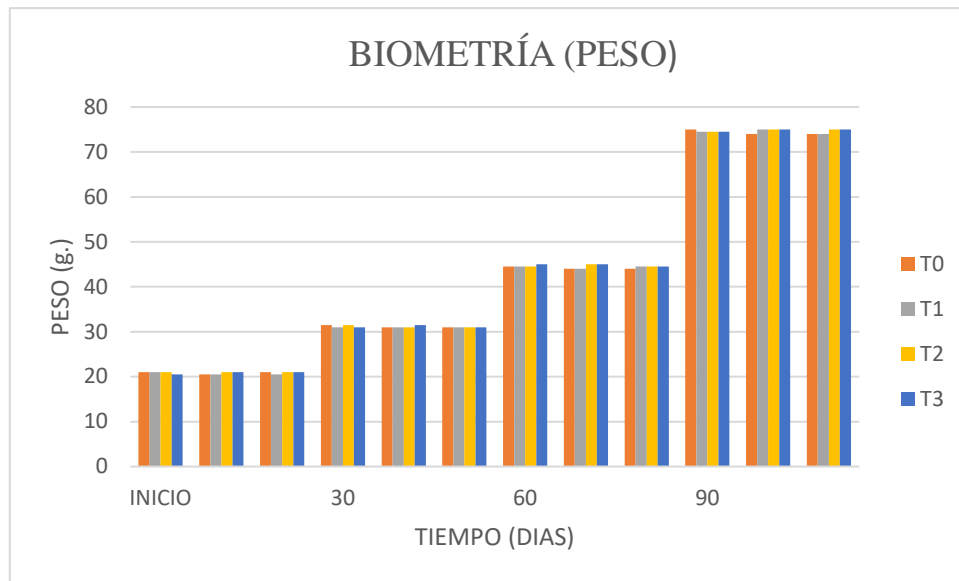


Figura 3: Peso de truchas juveniles durante los 90 días de alimentación

Fuente: Elaboración propia 2018

Se observa que al inicio del experimento se determinó que el mayor promedio de biomasa se tuvo en el T2 con un valor de 21 g y el menor con el T1 siendo su valor de 20.6 g, no existiendo diferencias estadísticas de promedios entre todos los tratamientos. A los 90 días de evaluación debido al efecto de la alimentación se observó el mayor promedio de biomasa en el T3 siendo su valor de 74.8 g. Y menor promedio fue para el T0 con un valor de 74.3 no existiendo diferencias estadísticas entre los promedios de todos los tratamientos del experimento.

Según reportado por Machaca y Flores (2011), que a los 87 días que el efecto de inclusión de aceite de colza tuvo mejor efecto sobre el rendimiento en las truchas obteniendo un peso 98.2 a 108g. Lo cual se observa que nosotros obtuvimos menor peso, esto puede ser a que sustituyo la harina de pescado mientras que mi experimento sustituyo el aceite de pescado.

Las dietas elaboradas para juveniles de truchas fueron aceptadas por el organismo, en todos los tratamientos observamos que las truchas juveniles inicio del

experimento tenían talla promedio de 11.3 cm y alrededor de 20.5 g de peso, al final del experimento las dietas con aceite de colza no hay diferencias en el crecimiento de los organismos

4.3. RESULTADO DE DIGESTIBILIDAD

El Coeficiente de digestibilidad de dietas para truchas elaboradas con aceite de pescado y aceite de colza como reemplazo parcial (10, 20 y 30 %) de los lípidos en la dieta. Digestibilidad de la energía y nutrientes de las dietas experimentales. Se observa que hay diferencia estadísticamente significativa en el coeficiente de digestibilidad aparente entre tratamiento ya que el valor de p es menor a 0.05 con un nivel de confianza de 95%.

Se puede observar que hay diferencia entre los tratamientos en cuanto al coeficiente de digestibilidad aparente donde podemos ver que mayor digestibilidad tiene el T0 que está hecho al 100% de aceite de pescado mientras que el T3 tiene una digestibilidad de 72.3

Tabla 10: Valores de óxido de cromo determinado en la dieta y heces

Tratamientos	Repeticiones	Óxido de cromo en la dieta		Óxido de cromo en las heces	
		Base fresca	Base seca	Base fresca	Base seca
T0	1	0.52	0.61	1.6	1.9
	2	0.52	0.61	1.7	1.9
	3	0.52	0.61	1.6	1.9
T1	1	0.48	0.56	1.4	1.7
	2	0.48	0.56	1.3	1.7



	3	0.48	0.56	1.3	1.6
T2	1	0.49	0.56	1.4	1.6
	2	0.49	0.56	1.4	1.7
	3	0.49	0.56	1.3	1.6
T3	1	0.46	0.54	1.4	1.5
	2	0.46	0.54	1.4	1.6
	3	0.46	0.54	1.4	1.5

Fuente: Elaboración propia 2018

La digestibilidad de las dietas de nuestro experimento fue mayor al 72 % en todos tratamientos, las dietas que presentaron la mayor digestibilidad fueron T0 con 74.36%, resultados mayores a los reportados por Bañuelos, V. 2009 para la digestibilidad de la dieta control para juveniles de corvina blanca y aún mayores que los resultados de digestibilidad de la dieta D44 (44 % proteína digestible y 22 % almidón, adicionada con probiótico), dieta con mejores resultados de crecimiento, donde obtuvieron un 68 % de digestibilidad del alimento.

La digestibilidad de las dietas es mayor a las reportadas con otros aceites vegetales, como dietas adicionadas con aceite de canola, lo que nos indica que los ingredientes que se utilizaron para la elaboración de las dietas son adecuados y altamente digestibles en truchas juveniles.

Tabla 11: Prueba de Dunnett al 95% para energía por tratamientos en la dieta de truchas.

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T2	3	72.1	X
T1	3	72.9	XX
T3	3	73.1333	X
T0	3	73.6	X

Fuente: Elaboración propia 2018

La digestibilidad de energía en la dieta varió entre 73.6 a 72.1 %, la mayor cantidad de energía digestible se observó en el tratamiento T0 que está elaborado con 100% de aceite de pescado, En los análisis de digestibilidad del presente estudio, también se observaron no hay Diferencias significativas en el CDA de la energía y los nutrientes de la dieta.

Para el caso del CDA de la energía el mayor valor 73.13 % se observó en la dieta T0 fue similar, estos resultados de digestibilidad de energía son mayores a los obtenidos por Trejo en 2009 (estudio donde se alimentó a juveniles de corvina con distintos niveles de almidón), incluso a los de la dieta control (con balance de nutrientes ideal para *A. nobilis*), el CDA de energía en todas las dietas ofrecidas varió de 71 a 61 %.

En la tabla 12 podemos observar la comparación de los tratamientos, donde se puede observar la diferencia que hay entre tratamientos en cuanto a la digestibilidad de los ácidos grasos.

Tabla 12: Prueba de Dunnett al 95% para digestibilidad de lipidos por tratamientos en la dieta de truchas.

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T3	3	89.4333	X
T2	3	89.4333	X
T1	3	89.8333	XX
T0	3	90.4333	X

Fuente: Elaboración propia 2018

En el presente estudio el CDA de proteína varió de 90.4 a 89.4 % donde el mejor resultado se produjo con la dieta de aceite de pescado pero sin embargo los resultados de digestibilidad de proteína son mayores a los reportados por Trejo, E. (2009) en todos sus tratamientos probados (CDA de proteína 90.2 a 85.2 %), del mismo modo, la proteína en nuestras dietas es más digestible que la proteína en las dietas ofrecidas por Durazo, 2010 a juveniles de corvina blanca, basándonos en el contenido de proteína cruda en las heces 50.7 y 28.6 % correspondiente a las dietas D49 y D54 (que generaron el mejor crecimiento), ya que en el presente trabajo la proteína en las heces varió de 16.3 a 14.4 %.

Sin embargo, los resultados de digestibilidad de proteína en la dieta para trucha, que se obtuvieron en este estudio fueron menores a los reportados en esta misma especie por Bañuelos, v (2009) quien observó digestibilidad de proteína mayor al 96 %, con niveles de proteína talvez la adición del aceite, esto favoreció la asimilación de proteína en los peces



En el cuadro N° 5 podemos observar la comparación de los tratamientos, donde se puede observar la diferencia que hay entre tratamientos en cuanto a la digestibilidad de los lípidos.

Tabla 13: Prueba de Dunnett al 95% para digestibilidad de lípidos por tratamientos en la dieta de truchas.

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T3	3	82.2	X
T2	3	83.1667	X
T1	3	83.2333	X
T0	3	83.2333	X

Fuente: Elaboración propia 2018

La digestibilidad de los lípidos en las dietas varió en tratamiento T0 y T3 con 83.2 y 82.2 respectivamente. Los mejores resultados de digestibilidad en lípidos se presentaron en T0 Y T1 no fue diferente la digestibilidad lipídica en dietas y si fue diferente T0. Sin embargo, los tratamientos en los que se agregó aceite de colza presentaron menor CDA de lípidos que el tratamiento T0. Este comportamiento se vio reflejado en el porcentaje de lípidos de las heces.

Los contenidos de lípidos en las heces de los tratamientos elaborados con aceite de colza fueron estadísticamente menores a la cantidad de lípidos en las heces de los tratamientos T0, con lo reportado por Karalazos et al (2011) quienes ofrecieron dietas elaboradas con aceite de canola a organismos de salmón atlántico, reportando digestibilidad de lípidos mayor al 90 % en todas las dietas adicionadas con dicho aceite, en estos tratamientos también observaron mejor crecimiento y digestibilidad de AG.



Esto sugiere que la inclusión de aceite de colza en las distintas proporciones mejoró la digestibilidad de lípidos en los juveniles de trucha, aparte de ello que es una alternativa para sustituir el aceite de pescado ya que la producción de este producto tiene mucha demanda se hace necesario remplazar este insumo.



V. CONCLUSIÓN

Las truchas arco iris juveniles alimentados con los tratamientos T1, T2 Y T3 obtuvieron crecimiento similar al generado con la dieta T0, elaborada sólo con aceite de pescado. Al Sustituir 10, 20 y 30% de aceite de pescado por aceite de colza.

Las dietas experimentales presentaron un coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) superior al 70 %. Asimismo, la digestibilidad de proteína fue mayor en los peces alimentados con la dieta T0, sin embargo, la digestibilidad de los lípidos fue mayor en los peces con los tratamientos que incluían aceite vegetal en la dieta a comparación a los aceites de pescado.

Para finalizar, se ha demostrado que la inclusión de aceites vegetales en los alimentos balanceados es factible. Sin embargo, es importante estudiar los hábitos alimenticios de cada especie en la naturaleza y en cada etapa de su vida. De esta forma podremos determinar sus requerimientos nutricionales) y formular los pellets más adecuados para ellos.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer estudio con otras variedades de aceite vegetal y con mayores concentraciones ya que se pudo observar que hay una buena digestibilidad y analizar los triglicéridos en las truchas, hemoglobina.

Se recomienda hacer estudios con la colza en harina para poder aprovechar mejor el consumo y analizar la digestibilidad en truchas.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEI. 2009. (Agencia Española de Cooperación Internacional) “Crianza de Truchas en Jaulas” – Manual de Capacitación.
- ALVARADO, A. 1995. Sustitución de la harina de pescado por harina de carne y hueso en alimentos para truchas arco iris (*oncorhynchus mykiss*). Tesis UNA-Puno.
- ARANCIBIA, Y; CALEROM, T. 2011. Obtención del biodiesel a partir de aceite de semillas oleaginosas de la provincia de Chimborazo. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo Riobamba, Ecuador.
- AUSTRENG, G.W.; STOREBAKKEN, T.; THOMASSEN, S.; REFSTIE, S.; THOMASSEN, Y. 2000. Evaluation of selected trivalent metal oxides as inert markers used to estimate apparent digestibility in salmonids. *Aquaculture* 188:65-78.
- BAÑUELOS-VARGAS, M. I. 2009. Crecimiento y respuesta hematológica de juveniles de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) alimentados con dietas con diferentes niveles de proteína digestible suplementadas con almidón y un probiótico. Tesis de Maestría, UABC Ensenada, B.C. 76 pp
- BENEDITO, L. 2010. Sustitución de aceites de pescado en dietas de engorde de dorada (*Sparus aurata*) ricas en proteínas vegetales. Efectos sobre el crecimiento y los perfiles de ácidos grasos. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València.
- BLONDET, E. 1996. Dinamica de poblaciones de pesces. Universidad Nacional del Altiplano – Puno.



- BUENAÑO, M. V. 2010. Hemograma de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en tres etapas de producción en la cuenca alta de la provincia del Napo, Ecuador. Boletín Técnico 9, Serie Zoológica 6: 1-14.
- CHANAMÉ, F. 2009. Manual de acuicultura. Facultad de Zootecnia. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo.
- CHIMBOR MEJÍA, C R. 2000. Aqua Campus. Alimentación de truchas arcoíris.
- CHOQUEHUAYTA HUAYNACHO, A. H. 2008. Manual de crianza de truchas en estanques y lombricultura. Puno Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/63931862/16/Requerimientos-nutricionales-de-la-trucha>
- CAMACHO, B.; MORENO, R.; RODRIGUEZ, G.; LUNA, R.; VASQUEZ, M. 2000. Guía para el cultivo de trucha. Secretaria del medio ambiente, recursos naturales y pesca México.
- CHO, C. 1987. Nutrición en Acuicultura II: la energía en la nutrición de los peces. Eds. J Espinosa; U Labarta. Industrias gráficas España. Madrid, ES. p. 147–243.
- CHO, C; SLINGER, SJ. 1979. Apparent digestibility measurements in feedstuffs for rainbow trout. pp. 239-247
- CHOQUEHUAYTA, A. H. 2008. Manual de crianza de truchas en estanques y lombricultura. Puno. Disponible en: <Http://es.scribd.com/doc/63931862/16/Requerimientos-nutricionales-de-la-trucha>
- nder (*Platichthys stellatus*). Aquaculture Research. 1-9.



- CHOUBERT, G; DE LA NOUE, J; LUQUET, P. 1979. Un nouveau collecteur automatique quantitatif de feces de poissons. Bull. Fr. Piscic. 288, 68-72.
- CHURCH, D.; POND, W.; POND, K. 2007. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Segunda Edición Edit. Limusa Wiley Mexico.
- DEYAB M. S. D., EL- SAIDY. 2002. Complete Replacement of Fish Meal with Dietary L – Lisien Supplementation for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fingerlings. Journal of the World Aquaculture Society. 33: 297-306.
- DIRECCION REGIONAL DE LA PRODUCCION – PUNO. 2011. Dirección de acuicultura e investigación.
- DURAZO, E.; CRUZ A. C.; LÓPEZ L. M.; LAZO J. P.; DRAWBRIDGE M. Y VIANA M. T. 2010. Effects of digestible protein levels in isonitrogenous diets on growth performance and tissue composition of juvenile *Atractoscion nobilis*. Aquaculture Nutrition 16: 54-60.
- FERNANDEZ, B., BLASCO, M. 1995. Fisiología de la nutrición Universidad de Barcelona.
- FONDOPEPES. 2014. Fondo Nacional DE Desarrollo pesquero “Manual de truchas” Impreso por EINS PERÚ S.A.C.
- FONDOEMPLEO. 2010. Proyecto “mejorando la rentabilidad de la truchicultura en el lago Titicaca con visión empresarial y responsabilidad social ambiental”. Puno - Perú.
- FURUKAWA, H. Y TSUKAHARA H. 1966. On the acid digestion method for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish fed. Bull. Japanese Society for the Science of Fish 32 (6): 502–508.



GUERRERO, A. 1999. Cultivos Herbaceos Extensivos. Ed.Mundi Prensa.6ª edición..

ISBN: pag 84

GARCÍA, A.2011. Evaluación de la calidad de tortas de colza obtenidas mediante

prensado en frío. En:

<http://www.neiker.net/muestracontenido.asp?nodo1=0&nodo2=0&idcontenido=3296&content=6&buscador=si&paginaactual=&keyword=%20calidad%20torta>

GARCIA, D. MAYO, R., HERVELLA, R. BARCELO, C. FERNANDEZ, C. 1993.

Principios y técnicas de gestión en la pesca de aguas continentales. Ediciones Mundi prensa, Madrid.

HARDY, R.W. Y BARROWS F.T. 2002. Diet formulation and manufacture. In: Halver

J.E. y Hardy R. W. Fish Nutrition. 3 th edition. Academic Press, San Diego, U.S.A. 824 pp.

HARDY, R. 2010 Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and

supplies of grains and oilseeds. 6-12pp. IX Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. Monterrey, Nuevo León, México.

. HALVER, J.E. Y HARDY R.W. 2002. Fish nutrition. 3ª edición. Academic Press. US. 824pp.

HEPHER, B. 1988. Nutrición de peces comerciales en estanques. 1ra-Ed. Limusa S.A.

grupo noriega editores. Mexico

IMAZ, I. 2012. Colza, manejo y evaluación varietal en la región mesoclimática alavesa

Universidad Pública de Navarra España



- KARALAZOS, V., BENDIKSEN E. A. Y BELL J. G. 2011. Interactive effects of dietary protein/lipid level and oil source on growth, feed utilization, nutrient, and fatty acid digestibility of Atlantic salmon. *Aquaculture* 311: 193-200.
- LEE, P; LAWRENCE, A. 1997. Digestibility. In crustacean nutrition. *Advances in world aquaculture*. Vol 6 eds. L.r. D'abramo; D. E. cokin and D.M. akiyama. World aquaculture society. US. 194-260 p.
- LEHNINGER, A. 1981. *Bioquímica las bases moleculares de la estructura y función celular*. Edición omega, S. A. Barcelona.
- LOUBENS, V., DE LA NOUE, J. 1991. Apparent digestibility comparizon in rainbow trout (*oncorhynchus mykiss*) assessed usin three methods of feaces collection and three-digestibility markers aquaculture nutrition.
- MACHACA, M. FLORES, M. 2011. Educto de la sustitución de harina de pescado por la harina pioval – 2 en la alimentación de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles en jaulas flotantes
- MACHE C. 2015. Incremento de biomasa de truchas juveniles arco iris *oncorhynchus mykiss* alimentadas con alimento comercial crecimiento 3 por 49, 76, 103 y 130 días en la piscigranja “la cabaña tesis de universidad de centro de Peru- Huancayo
- MADRID, A., VICENTE, J., & MADRID, R. 1999. *El Pescado y sus Porductos Derivados (Segunda ed.)*. Madrid, España: Mundi Prensa
- MAHIEU, P. 2008. Huile vegetal pure. Production et valorisation à la ferme. Institut Français des huiles Végétales Pures. En: http://www.gironde.chambagri.fr/fileadmin/documents_CA33/Internet/Environnement/Energies_renouvelables/agro_hvp.pdf



MAIZ, A.; VALERO, L & BRICEÑO, D. 2010. Elementos prácticos para la cría de truchas

En Venezuela. Escuela Socialista de Agricultura Tropical. Venezuela.

MANRÍQUEZ, J. 1994. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación: Digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos-su aplicación en peces y en la conservación del medio ambiente.

MANTILLA, B. 2004. Acuicultura Cultivo de trucha en jaulas Flotantes Universidad Nacional del Altiplano Edit. Palomino Lima

MASTROKALO, C. 1999. Ciclo de conferencias. Cultivo de Truchas en los Andes. La Oroya – Perú

MATEO BOX, J.M., 2005. Prontuario de agricultura. Oleaginosas y proteaginosas (no leguminosas). Ediciones Mundi-Prensa. p 470- 486. ISBN: 8484762483

NRC (National Research Council, U.S.) 2011. Nutrient Requirements of fish. . Nutrient Requirements of fish.

MOYLE, P. y CECH, J. 2000. Fishes an introduction to ichthyology. Fourth Edition. Pretience hall, inc. USA.

OPLINGER, E.S., HARDMAN, L.L., GRITTON, E.T., DOLL, J.D., KELLING, K.A. 1989. Alternative fields crops manual. Canola (Rapeseed). University of Wisconsin- University of Minnesota

ORDOÑEZ, P. J., CAMBERO, R. M., FERNANDEZ, A. L., GARCIA, S. M., GARCIA, F. M., HOZ, P. L., Y OTROS. 1998. Tecnología de los Alimentos: Alimentos de Origen Animal (Vol. II). Madrid, España: Síntesis S.A. -



- ORNA, E., 2005. Acuicultura. Facultad de ciencias biológicas. Universidad Nacional del Altiplano Puno, Perú.
- ROBAINA, L. CORRAZE, G. BLANC, D. MELCION, P. 1998. Digestibility, postprandial Ammonia Excretion and Selected Plasma Metabolites in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) Fed Pelleted or Extruded diets with or without wheat gluten. *Acuicultura*.
- STEFFENS, W., 1987. Principios fundamentales de la alimentación en los peces Editorial Acribia S.A. Jaime Esain Escobar España
- TACON, J. HASTER, V. FEATHERSTONE, B. KERR, K. and JACKSON, J.; 1983 studies on the utilization of full- fast soybean and solvent extracted soybean meal in a complete diet for rainbow trout, bulletin of the Japanese society of scientific Fisheries.
- TACON, J., 1994. Standard methods for the nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp. Vol 3 Feeding Methods, Argent Laboratories press Redmond. Washington, USA.
- TREJO ESCAMILLA, I. (2009... Respuesta de crecimiento de juveniles de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) alimentados con dietas con diferentes niveles de almidón suplementadas con bacterias probióticas. Tesis de Maestría. UABC Ensenada, B.C. 48 pp.
- VELASCO, L. F. MARTINEZ, J.M., GOÑI, J., LAFARGA, A. 2006. Perspectivas de otras oleaginosas en España. ON cultivos Cultivos p ara producir energía
- VERDEGEM, M. C. J., HILBRANDS A. D. Y BOON J. H. 2001. Influence of salinity and dietaru composition on blood parameter values of hybrid red tilapia,



Oreochromis niloticus (Linnaeus) x O. mossambicus (Peters). Aquaculture
Research 28: 453-459.

WITT HEPP A. 1991. Elaboración de Extruidos a base de mezclas de Lupino-cereales.
Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales., Escuela de
Agronomía. Tesis de Grado. 70pp.

WETZEL, G., 2001. Limnology. Lake and river ecosystems. Third Edition.
Academic press U.S.A.



ANEXOS

Anexo N°1: Valores de óxido de cromo determinado en la dieta y heces

Tratamientos	Repeticiones	óxido de cromo en la dieta		óxido de cromo en las heces	
		base fresca	base seca	base fresca	base seca
T0	1	0.52	0.61	1.6	1.9
	2	0.52	0.61	1.7	1.9
	3	0.52	0.61	1.6	1.9
T1	1	0.48	0.56	1.4	1.7
	2	0.48	0.56	1.3	1.7
	3	0.48	0.56	1.3	1.6
T2	1	0.49	0.56	1.4	1.6
	2	0.49	0.56	1.4	1.7
	3	0.49	0.56	1.3	1.6
T3	1	0.46	0.54	1.4	1.5
	2	0.46	0.54	1.4	1.6
	3	0.46	0.54	1.4	1.5

Anexo N°2: Longitud de las truchas juveniles a tiempos de 30, 60 y 90 días

DIA	T0	T1	T2	T3
INICIO	11.38	11.37	11.39	11.38
	11.37	11.38	11.37	11.38
	11.39	11.37	11.37	11.37
30	13.58	13.59	13.61	13.58
	13.6	13.6	13.6	13.6
	13.58	13.59	13.59	13.6
60	15.4	15.4	15.6	15.5
	15.4	15.5	15.6	15.4
	15.5	15.3	15.4	15.6
90	18.1	18.1	18.3	18.3



	18.1	18.2	18.1	18.4
	18.1	18.1	18.3	18.3

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LONGITUD

Anexo N° 3: Análisis de Varianza para longitud - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:tratamientos	0.0573833	3	0.0191278	5.33	0.0043*
B:tiempo	301.204	3	100.401	28002.73	0.0000*
AB	0.0762833	9	0.00847593	2.36	0.0355ns
Error	0.114733	32	0.00358542		
TOTAL (CORREGIDO)	301.453	47			

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

Alimento	N	Media	Agrupación
T3	12	14.7008	A
T2	12	14.6858	A
T0	12	14.6250	B
T1	12	14.6250	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Comparaciones por parejas de Fisher: Día Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

Día	N	Media	Agrupación
D90	12	18.2000	A
D60	12	15.4667	B
D30	12	13.5933	C
D0	12	11.3767	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo N° 4: Datos de peso de truchas 30, 60 y 90 días

PESO G.	TRATAMIENTOS			
DIA	T0	T1	T2	T3
INICIO	21	21	21	20.5
	20.5	20.5	21	21
	21	20.5	21	21
30	31.5	31	31.5	31
	31	31	31	31.5
	31	31	31	31



60	44.5	44.5	44.5	45
	44	44	45	45
	44	44.5	44.5	44.5
90	75	74.5	74.5	74.5
	74	75	75	75
	74	74	75	75

ANALISIS ESTADISTICO PARA PESO

Anexo N°5: Análisis de Varianza para peso - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:tratamientos	1.02083	3	0.340278	3.44	0.0283
B:tiempo	19614.7	3	6538.23	66070.53	0.0000
AB	0.604167	9	0.0671296	0.68	0.7224
Error	3.16667	32	0.0989583		
TOTAL (CORREGIDO)	19619.5	47			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

Alimento	N	Media	Agrupación
T2	12	42.9167	A
T3	12	42.9167	A
T0	12	42.6250	B
T1	12	42.6250	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Comparaciones por parejas de Fisher: Día

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

Día	N	Media	Agrupación
D90	12	74.6250	A
D60	12	44.5000	B
D30	12	31.1250	C
D0	12	20.8333	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas de Dunnett para peso por tratamientos LSD

tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	12	42.625	0.0908104	X



t1	12	42.625	0.090810 4	X
t2	12	42.9167	0.090810 4	X
t3	12	42.9167	0.090810 4	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
t0 - t1		0	0.261594
t0 - t2	*	-0.291667	0.261594
t0 - t3	*	-0.291667	0.261594
t1 - t2	*	-0.291667	0.261594
t1 - t3	*	-0.291667	0.261594
t2 - t3		0	0.261594

* indica una diferencia significativa.

Anexo N° 6: Tabla Dunnett Para CDA Por Tratamientos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	8.75667	3	2.91889	97.30	0.0000
Intra grupos	0.24	8	0.03		
Total (Corr.)	8.99667	11			

Método: 95.0 porcentaje LSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T2	3	72.1	X
T1	3	72.9	XX
T3	3	73.1333	X
T0	3	73.6	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T0 - T1		0.7	1.02409
T0 - T2	*	1.5	1.02409
T0 - T3		0.466667	1.02409
T1 - T2		0.8	1.02409
T1 - T3		-0.233333	1.02409
T2 - T3	*	-1.03333	1.02409

* indica una diferencia significativa.



Anexo N° 8: Tabla ANOVA para PROTEINAS por TRATAMIENTOS

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	2.01	3	0.67	4.84	0.0331
Intra grupos	1.10667	8	0.138333		
Total (Corr.)	3.11667	11			

Método: 95.0 porcentaje LSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T3	3	89.4333	A
T2	3	89.4333	A
T1	3	89.8333	A B
T0	3	90.4333	B

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T0 - T1		0.6	0.700292
T0 - T2	*	1.0	0.700292
T0 - T3	*	1.0	0.700292
T1 - T2		0.4	0.700292
T1 - T3		0.4	0.700292
T2 - T3		0	0.700292

* indica una diferencia significativa



Anexo N° 9: Tabla Dunnett para LÍPIDOS por TRATAMIENTOS

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	2.30917	3	0.769722	16.20	0.0009
Intra grupos	0.38	8	0.0475		
Total (Corr.)	2.68917	11			

Pruebas de Dunnett al 95% para digestibilidad de lípidos por tratamientos en la dieta de truchas

Método: 95.0 porcentaje LSD

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T3	3	82.2	X
T2	3	83.1667	X
T1	3	83.2333	X
T0	3	83.2333	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T0 - T1		0	0.410357
T0 - T2		0.0666667	0.410357
T0 - T3	*	1.03333	0.410357
T1 - T2		0.0666667	0.410357
T1 - T3	*	1.03333	0.410357
T2 - T3	*	0.966667	0.410357

* indica una diferencia significativa.



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

Por el presente documento, Yo Nelson Rivera Rivera
, identificado con DNI 01862033 en mi condición de egresado de:

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

Ingeniería Agroindustrial.

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

"SUSTITUCIÓN PARCIAL DE ACEITE DE PESCADO POR ACEITE DE COLZA (Brassica napus) EN LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD DEL ALIMENTO PARA TRUCHAS"

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 26 de mayo del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Nelson Rivera Rivera
identificado con DNI 01862033 en mi condición de egresado de:

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

Ingeniería Agroindustrial
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

“ SUSTITUCIÓN PARCIAL DE ACEITE DE PESCADO POR ACEITE DE COLZA (Brassica
Napus) EN LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD DEL ALIMENTO PARA TRUCHAS
” Es un tema original.

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

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

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

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

Puno 26 de Mayo del 20 23


FIRMA (obligatoria)



Huella