



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**

## **FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA**



---

**“Efecto de la sustitución parcial de harina de pescado por harina de plumas hidrolizada en la ración balanceada para “trucha arcoíris” *Oncorhynchus mykiss* en fase juvenil criadas en estanques rústicos. Lanchepampa-Morropón-Piura, 2018”.**

### **Tesis**

**Para optar el título profesional de  
Médico (a) Veterinario (a)**

**Presentado por**

**Ramos Aldana Ericka Lizeth**

**Rodríguez Córdova Aldo Junior**

**Asesor**

**MV. M.Sc. Ravillet Suárez Víctor Raúl**

**Lambayeque – Perú**

**2019**

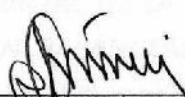
**“Efecto de la sustitución parcial de harina de pescado por harina de plumas hidrolizada en la ración balanceada para “trucha arcoíris” *Oncorhynchus mykiss* en fase juvenil criadas en estanques rústicos. Lanchepampa-Morropón-Piura 2018”.**

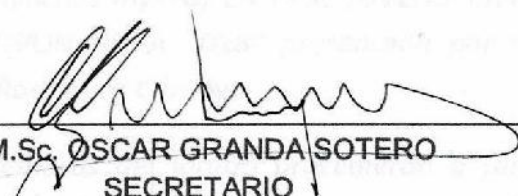
**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
MÉDICO (A) VETERINARIO (A)**

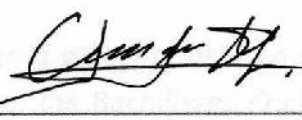
**PRESENTADO POR:**

**BACH. ERICKA LIZETH RAMOS ALDANA  
BACH. ALDO JUNIOR RODRÍGUEZ CORDOVA**

**REVISADA Y APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. JOSÉ LUIS VILCHEZ MUÑOZ  
PRESIDENTE

  
\_\_\_\_\_  
M.Sc. OSCAR GRANDA SOTERO  
SECRETARIO

  
\_\_\_\_\_  
M.V. ADRIANO CASTAÑEDA LARREA  
VOCAL

  
\_\_\_\_\_  
M.Sc. VÍCTOR RAVILLET SUÁREZ  
ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Pesq. EDWARDS MILTON SULLON SULLON  
CO ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD MEDICINA VETERINARIA  
UNIDAD DE INVESTIGACION



Libro de Acta de Sustentación de Tesis

Folio: N° 00168


Siendo las 12:30 p.m. del día Martes 7 de Enero del año 2020, se reunieron en el Auditorio de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo "Luis Enrique Díaz Huamán" los miembros de jurado conformado por los siguientes docentes:

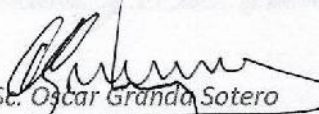
Dr. José Luis Vilchez Muñoz	Presidente
MSc. Oscar Granda Sotero	Secretario
M.V. Adriano Castañeda Larrea	Vocal
MSc. Ing. Pesq. Edwards Milton Sullon Sullon	Asesor Metodológico
MSc. Víctor Raúl Ravillet Suárez	Asesor

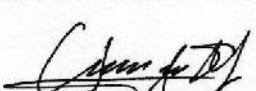
Designados por Decreto N° 112-2018-UI-FMV del 27 de Agosto de 2018, para recepcionar la tesis: "EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE PESCADO POR LA HARINA DE PLUMAS HIDROLIZADA EN LA RACION BALANCEADA DE TRUCHA ARCOIRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN FASE JUVENIL". Este Título ha sido modificado por Decreto N°145-2018-UI-FMV, de fecha 19 de Noviembre de 2018, con el nombre de "EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE PESCADO POR HARINA DE PLUMAS HIDROLIZADA EN LA RACION BALANCEADA PARA "TRUCHA ARCOIRIS" (*Oncorhynchus mykiss*) EN FASE JUVENIL CRIADAS EN ESTANQUES RÚSTICOS. LANCHEPAMPA-MORROPÓN-PIURA 2018" presentada por los Bachilleres Ericka Lizeth Ramos Aldana y Aldo Junior Rodríguez Córdova.

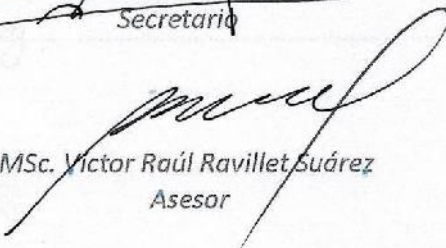
Concluida la sustentación, los miembros del jurado procedieron a formular las preguntas pertinentes, luego de las aclaraciones del caso, han deliberado y acordado aprobar el presente informe con el calificativo de MUY BUENO.

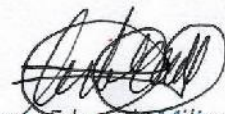
Finalmente se procedió a levantar la presente acta en señal de conformidad, siendo las 13:50 p.m. del mismo día. Por lo tanto, los Bachilleres Ericka Lizeth Ramos Aldana y Aldo Junior Rodríguez Córdova están aptos para recibir el título de Médico (a) Veterinario (a)

  
Dr. José Luis Vilchez Muñoz  
Presidente

  
MSc. Oscar Granda Sotero  
Secretario

  
M.V. Adriano Castañeda Larrea  
Vocal

  
MSc. Víctor Raúl Ravillet Suárez  
Asesor

  
MSc. Ing. Pesq. Edwards Milton Sullon Sullon  
Co Asesor





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD MEDICINA VETERINARIA  
UNIDAD DE INVESTIGACION



DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Erica Lizeth Ramos Aldama y Aldo Junior Rodríguez Córdova  
investigador principal, y Victor Raúl Parillet Suárez asesor  
del trabajo de investigación "Institución parental de harina de pescado por harina de plumas  
hidrolizada en la ración balanceada para trucha arcuata O. mykiss en fase  
juvenil criadas en estanques ruísticos, Tarma - Tarma - Perú, 2018", declaramos bajo  
juramento que este trabajo no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso se  
demostrara lo contrario, asumimos responsablemente la anulación de este informe y por ende  
el proceso administrativo a que hubiera lugar, que puede conducir a la anulación del Título o  
Grado emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, 28 de febrero de 2020

Nombre Investigador (es) Erica Lizeth Ramos Aldama y Aldo Junior Rodríguez  
Córdova

Nombre del Asesor Victor Raúl Parillet Suárez

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	i - ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT .....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
1.1. ANTECEDENTES .....	2
1.1.1. Generalidades sobre la trucha “arcoíris” .....	2
1.1.2. Resultados sobre investigaciones referentes a la sustitución de harina de pescado por diversos subproductos de origen animal en peces .....	3
1.2. BASES TEÓRICAS .....	6
1.2.1. clasificación taxonómica de la trucha “arco iris” .....	6
1.2.2. Biología de la trucha arcoíris.....	7
1.2.3. Etapas de desarrollo de la trucha.....	8
1.2.4. Características internas .....	8
2.2.5. Requerimientos nutricionales de la trucha arco iris.....	10
2.2.6. Consideraciones sobre el hidrolizado de plumas .....	12
2.2.7. Utilización de hidrolizados de plumas en alimentación animal.....	13
2.2.8. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE LA HARINA DE PLUMAS .....	14
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
2.1. Área de estudio .....	16
2.1.1 Ubicación.....	16
2.1.2. Características del lugar .....	16
2.1.3. Aspectos físicos y climáticos.....	16
2.2. MATERIALES .....	16
2.2.1. MATERIAL BIOLÓGICO .....	16
2.2.2. Material nutricional .....	17
2.2.3. Material de escritorio.....	17
2.2.4. Otros materiales .....	17
2.3. Métodos .....	17
2.3.1. Tratamientos.....	18
3.3.2. Raciones experimentales .....	18
2.3.3. Alimentación y muestreo .....	19
3.3.4. Variables y análisis estadístico .....	20
III. RESULTADOS .....	25
4.1. Talla.....	25

<b>4.2. Peso .....</b>	<b>27</b>
<b>4.3. Biomasa .....</b>	<b>29</b>
<b>4.4. CONSUMO DE ALIMENTO .....</b>	<b>30</b>
<b>IV. DISCUSIONES .....</b>	<b>31</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>34</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>35</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>40</b>
<b>Variancia estimada acumulada: .....</b>	<b>42</b>
<b>Variancia estimada acumulada: .....</b>	<b>45</b>

## DEDICATORIA

*A Dios por brindarme apoyo espiritual y bendecirme con fuerza y salud para hacer frente a las adversidades.*

*Con infinita cordialidad y afecto dedico el presente trabajo a mis padres Catalino Ramos Pizarro y a mi madre Victoria Aldana Damián, por su amor y apoyo incondicional, a mi hermana Meylin por muchos momentos hermosos compartidos.*

*Pero sobre todo a mi hermano Brayán quienes han sido mi fuerza y motivación en estos meses para realizar la presente investigación.*

*A mi hermana Mabel y mi cuñado Carlos Llentop Damián por su apoyo desinteresado y facilitarme información y enseñanzas para lograr culminar el presente trabajo.*

*A mis sobrinas Guadalupe y Camila por alegrar mis días.*

*A todas las buenas personas que me ayudaron desinteresadamente durante mi vida universitaria.*

*Ericka Lizeth Ramos Aldana.*

## DEDICATORIA

*Por sobre todas las cosas a Dios por haberme dado la fuerza para seguir adelante.*

*Con infinito amor, cariño y respeto a mi madre Luz Emilia Córdova Carrasco por su apoyo incondicional y grandes enseñanzas para conmigo.*

*Para mi abuelo Andrés Córdova Velásquez, quien con su ejemplo y motivación me incentivó para culminar con este trabajo.*

*A mi hermano Maykol Andrés Rodríguez Córdova por el apoyo moral brindado hacia mi persona.*

*En el cielo a mis dos ángeles Susana y Dora, quienes estoy seguro que estarían muy orgullosas por este logro alcanzado; y a todas las personas en general que hicieron posible el poder realizar y culminar exitosamente esta investigación.*

*Aldo Junior Rodríguez Córdova.*



## **AGRADECIMIENTO**

- A Dios Todopoderoso por su infinito amor y ser nuestro guía.
- A la Universidad Nacional “Pedro Ruíz Gallo”, por medio de la Facultad de Medicina Veterinaria, por nuestra formación académica profesional.
- A nuestro patrocinador M.Sc. Víctor Ravillet Suárez, además profesor y amigo infinitas gracias por su paciencia, por su confianza y asesoría que nos ha brindado durante todo este tiempo, así mismo por su apoyo incondicional para lograr concretar el presente trabajo de investigación.
- Al Ing. Pesq. Edward Milton Sullon Sullon por su apoyo y amistad brindada.
- A la empresa SERMARSU SAC. (Sullana) por su apoyo y colaboración en facilitarnos sus instalaciones, maquinaria y materiales para la elaboración del alimento extruido.
- Al señor Teófilo García por todo el apoyo brindado en la etapa de ejecución del proyecto.
- Y un agradecimiento en especial para todas aquellas personas que de alguna u otra manera hicieron posible realizar y culminar con éxito esta tesis.

**LOS AUTORES.**

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la localidad de Lanchepampa, distrito de Chalaco, provincia de Morropón, departamento de Piura, cuyo objetivo fue evaluar el efecto de la sustitución de harina de pescado por harina de plumas hidrolizada en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en fase juvenil. Se formularon 3 dietas experimentales con tres repeticiones para cada una, así se tuvo una dieta control o T0 (100% de harina de pescado), T1 (20% de sustitución) y T2 (40% de sustitución). Se utilizaron 450 peces con un peso promedio de 70 gramos y una longitud promedio de 18 centímetros, estas truchas consumieron el alimento por 70 días que fue la duración total de la investigación. Los animales fueron alimentados dos veces al día los 7 días de la semana, con restricción del alimento el día que se tomaron las muestras. Al final de la investigación el incremento de peso tuvo los siguientes valores: 157.93 g; 180.75 g; 147.93 g correspondientes para T0, T1 y T2 respectivamente no mostrando diferencias estadísticas entre los tres tratamientos, evidenciando que el mayor peso final lo obtuvieron los animales que consumieron la dieta T1. Del mismo modo los valores de talla final fueron los siguientes: 26.77 cm; 28.08 cm; 26.69 cm que corresponden a T0, T1 y T2 respectivamente mostrando diferencias estadísticas a los 14 días de evaluación. Concluyendo que el mayor aumento de talla igualmente lo obtuvieron los peces que consumieron la dieta T1. La biomasa final que se obtuvo fue de: 11.39 kg; 12.53 kg; 10.89 kg correspondientes a T0, T1 y T2 respectivamente; de esta manera la mayor biomasa obtenida fue con la dieta T1. Por último, la conversión alimentaria al final de la etapa experimental fue de 1.11; 0.95; 1.13 respectivamente para T0, T1 y T2 y se puede decir que la mejor conversión alimentaria la obtuvieron los peces que fueron alimentados con la dieta T1. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se concluye y recomienda emplear la harina de plumas hidrolizada como reemplazo de la harina de pescado hasta en 20% de sustitución influyendo positivamente en su crecimiento, ganancia de peso, aumento de la biomasa e índice de conversión alimentaria.

**Palabras clave:** *Oncorhynchus mykiss*, harina de plumas hidrolizada.

## ABSTRACT

The present research work was carried out in the town of Lanchepampa, district of Chalaco, province of Morropón, department of Piura, whose objective was to evaluate the effect of the substitution of fish meal by hydrolyzed feather meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in juvenile phase. Three experimental diets were formulated with three repetitions for each one, so we had a control diet or T0 (100% fishmeal), T1 (20% substitution) and T2 (40% substitution). 450 fishes were used with an average weight of 70 grams and an average length of 18 centimeters, these trout consumed the food for 70 days which was the total duration of the investigation. The animals were fed twice a day, 7 days a week, with feed restriction on the day the samples were taken. At the end of the investigation, the weight increase had the following values: 157.93 g; 180.75 g; 147.93 g corresponding to T0, T1 and T2 respectively, showing no statistical differences between the three treatments, evidencing that the highest final weight was obtained by the animals that consumed the T1 diet. Similarly, the final length values were as follows: 26.77 cm; 28.08 cm; 26.69 cm corresponding to T0, T1 and T2 respectively, showing statistical differences after 14 days of evaluation. Concluding that the greatest increase in length was also obtained by the fish that consumed the T1 diet. The final biomass obtained was: 11.39 kg; 12.53 kg; 10.89 kg corresponding to T0, T1 and T2 respectively; thus, the greatest biomass obtained was with diet T1. Finally, the food conversion at the end of the experimental stage was 1.11; 0.95; 1.13 respectively for T0, T1 and T2 and it can be said that the best food conversion was obtained by the fish that were fed the T1 diet. Taking into account the results obtained, it is concluded and recommended to use hydrolyzed feather meal as a replacement for fish meal up to 20% substitution, positively influencing its growth, weight gain, biomass increase and feed conversion index.

**Key words:** *Oncorhynchus mykiss*, hydrolyzed feather meal.

## INTRODUCCIÓN

El sector acuícola está experimentando un nivel de crecimiento importante durante los últimos años, debido a la sobre explotación de los océanos lo cual contribuye a que se incremente el consumo de productos que se derivan de dicho sector.

Teniendo en cuenta el agotamiento de las producciones pesqueras, se estima que, para cubrir la demanda prevista en el 2020, manteniendo los precios, un 48 % de la producción mundial debe ser abastecida por la acuicultura, dicho esto, el pescado se volverá un producto no accesible a los sectores poblacionales con bajos ingresos (Mendoza, 2011).

En la acuicultura, la trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* es el pez que presenta mayor adaptación al sistema de crianza intensivo, proporcionando excelentes resultados productivos en su explotación, es la principal especie dulceacuícola cultivada en el Perú y los principales departamentos productores en el Perú son Puno, Huancavelica y Junín (RNIA, 2017). Dentro de ellos, Puno es la región que presenta las mejores condiciones para el desarrollo de esta actividad por poseer importantes recursos hídricos.

De otro lado, en distintos pueblos de la sierra norte de nuestro país, vienen operando importantes crianzas de peces como la trucha, lo cual permite a los pobladores tener mayor oportunidad de trabajo y mayores ingresos económicos.

Así mismo se menciona que el éxito de nuestra producción de truchas depende de la eficiencia en el cultivo, principalmente del manejo del alimento y técnicas de alimentación considerando la calidad y cantidad del alimento suministrado (Mendoza 2004).

Para preparar las diferentes raciones alimenticias para truchas, son los insumos proteicos los que se utilizan en mayor cantidad para garantizar el óptimo crecimiento y desarrollo del pez, debido a ello se genera los mayores costos de producción. Por lo tanto, se buscó reemplazar la principal fuente de proteína en la ración como lo es la harina de pescado, por otro insumo proteico de menor costo y así disminuir los costos de producción.

Considerando que en el departamento de Lambayeque existe una planta de venta y distribución de harina de plumas hidrolizada para utilizarla con fines de alimentación, y al no existir información sobre su uso en la ración de peces, nos propusimos realizar el presente estudio cuyos objetivos fueron los siguientes:

- Determinar el incremento de peso vivo, incremento de talla; así como también el consumo de alimento y la conversión alimenticia en trucha arcoíris alimentadas con raciones donde se sustituyó la harina de pescado por harina de plumas hidrolizada en proporción de 0, 20 y 40% de sustitución.
- Establecer el mérito económico por efecto de la sustitución de harina de pescado por harina de plumas hidrolizada en los niveles antes mencionados.

## **I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **1.1. ANTECEDENTES**

#### **1.1.1. Generalidades sobre la trucha “arcoíris”**

En el Perú la especie de agua fría más cultivada e importante es la trucha arco iris, la cual fue introducida a partir de 1928, por una compañía minera con propósitos únicamente de pesca deportiva en Cerro de Pasco, posteriormente fueron sembrados en diversos cuerpos hídricos de todo el país adaptándose perfectamente a las condiciones físico químicas de lagos, lagunas y ríos alto andinos desde los 2000 m.s.n.m. en la cordillera peruana y en la actualidad es calificada como una especie más de nuestro país, gracias a su adaptación en los medios acuáticos del Perú (Ragash, 2009).

La trucha “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), es una especie íctica que pertenece a la familia Salmonidae, procedente de las costas del Pacífico de América del Norte que, debido a su factible adaptación al cautiverio, su crianza ha sido extensamente difundida casi en todo el mundo. En América del Sur, se localiza en Argentina, Brasil, Bolivia Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela.

La introducción de esta especie en el país fue en el año 1928, desde los Estados Unidos de Norteamérica, con un total de 50,000 huevos, los cuales fueron situados en un criadero a orillas del río Tishgo, en La Oroya – Junín, distribuyéndose a los ríos y lagunas de Junín y Pasco. En 1930 fueron trasladadas 50 truchas adultas a la Estación Piscícola El Ingenio (Huancayo).

En 1941 se transportaron 25,000 huevos de trucha desde la Estación Piscícola El Ingenio a la Estación Piscícola de Chucuito – Puno, poblándose todo el sistema hidrográfico del Lago Titicaca y otras lagunas, como la de Languilayo - Cusco, donde originalmente se sembraron 2,000 alevines de esta especie; desde entonces se han venido habitando paulatinamente ríos y lagunas de varios departamentos de la sierra de manera natural o artificial.

Desde la década del 70, se empezaron a instalar varias piscigranjas o centros de cultivo de peces, los cuales fueron contruidos siguiendo sistemas habituales de crianza, utilizando estanques de concreto; hoy por hoy con las mejoras en la técnica y nuevas tecnologías de cultivo, la truchicultura se viene instaurando en una opción para la producción masiva de pescado fresco, así como para la implementación de puestos de trabajo de manera directa e indirecta (Ragash, 2009).



### 1.1.2. Resultados sobre investigaciones referentes a la sustitución de harina de pescado por diversos subproductos de origen animal en peces

**Quimbiamba, E. (2009)** realizó una investigación en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) durante 70 días tomando como base una ración comercial a la cual sustituyó por sangre de bovino procesada de manera casera. Teniendo así una dieta testigo (T1) y otras dos con 30% (T2) y 50% (T3) de sangre respectivamente, cada una con 3 repeticiones. Los resultados en cuanto al incremento de biomasa fueron T1=13.3 kg; T2=13.7 kg; T3=11.9 kg, determinando que los mejores resultados se obtuvieron con T2. En cuanto a la conversión alimentaria a los 70 días se determinó que T1= se necesitó 1.05 kg de alimento para producir 1 kg de carne, T2= se necesitó 1.10 kg de alimento para producir 1kg de carne, T3= se necesitó 1.15 kg de alimento para producir 1 kg de carne evidenciando que T1 obtuvo el mejor resultado

**Keramat. et al (2014)** realizaron un experimento con juveniles de trucha arcoíris por un período de 2 meses, sustituyendo harina de pescado por harina de subproductos avícolas con una dieta testigo y 3 dietas con valores de 33, 66 y 100% de sustitución. El experimento inició con los siguientes pesos: (g)  $51.3 \pm 1.3$ ;  $48.5 \pm 2.1$ ;  $52.4 \pm 2.3$ ;  $50.0 \pm 1.5$  respectivamente, correspondiente tanto a la dieta testigo como al 33, 66, 100% de sustitución. Así mismo al término de dicho estudio, se obtuvieron pesos de: (g)  $122.7 \pm 2.65$ ;  $122.5 \pm 2.63$ ,  $108.26 \pm 2.08$ ;  $82.0 \pm 2.26$  para cada ración correspondiente. La trucha arcoíris obtiene baja ganancia de peso al aumentar la cantidad de harina de subproductos avícolas en la ración. Siendo así que con el 66% y 100% de sustitución, se obtienen pesos más bajos en comparación a la dieta testigo y con el 33% de sustitución.

**Madrid, J. (2014)** realizó un estudio para remplazar la harina de pescado por harina de productos de origen animal en juveniles de corvina golfina con una duración de 99 días. Elaboró 4 raciones, una testigo y 3 sustituciones de forma gradual (33, 66, 100% respectivamente) donde la dieta la harina de productos de origen animal estuvo conformada por 75% de harina de subproductos de ave (HSA) y un 25% de harina de calamar (HC). El peso promedio inicial de los peces fue de 33 g, y al final de la investigación se registró el valor más alto en el peso final en los animales que se alimentaron con la dieta de 100% de sustitución de la harina de pescado ( $67.6 \pm 6.9$  g). Por el contrario, el menor peso final fue registrado en los peces que consumieron la dieta testigo ( $51.6 \pm 4.5$  g).

**Padilla et. al (2000)** realizaron un experimento con una duración de 120 días en juveniles de gamitana (*Colossoma macropomum*) donde emplearon una ración patrón y tres niveles de sustitución de harina de pescado por ensilado biológico de pescado. Las fuentes proteicas (harina de pescado y ensilado biológico de pescado), tuvieron una variación en proporción inversa de 0 a 29% del total de cada ración, así se tiene que R1 (29% de harina de pescado y 0% de ensilado), R2 (19.30% de harina de pescado y 9.70 de ensilado), R3 (9.70% de harina de pescado y 19.30% de ensilado) y por último R4 (0% de harina de pescado y 29% de ensilado). Los peces tenían una longitud y peso promedio de 22 cm y 198 g respectivamente, y para el final del experimento se determinó que el mayor incremento de peso fue logrado con la ración R2 donde se sustituyó 9.7% de harina de pescado por ensilado biológico de pescado y logró un peso final de  $570 \pm 28$  g.

El peso final con la ración R1 (sin sustituir harina de pescado) fue de  $516\pm 18$  g y en la ración R4 (sustitución completa) el peso final fue de  $472\pm 24$  g. Con la ración R3 se obtuvo el aumento de peso más bajo con un resultado de  $466\pm 20$  g.

**Bastardo, H. et al (2005)** investigaron formular y evaluar una dieta de inicio para trucha arcoíris para sustituir totalmente la harina de pescado por harina de lombriz por un lapso de 90 días. Se emplearon tres tratamientos con cuatro repeticiones para cada uno respectivamente. La dieta testigo fue una dieta comercial, pero se elaboraron dos raciones más con otros insumos proteicos de origen animal como harina de bazo y pulmón de res (HBP) y harina de carne y hueso (HCH) y así se obtuvieron la dieta D1 (harina de pescado 69%, harina de lombriz 0%, harina de bazo y pulmón de res 7%, harina de carne de hueso 5%) y la dieta D2 (harina de pescado 0%, harina de lombriz 64%, harina de bazo y pulmón de res 11.5%, harina de carne y hueso 5%). La cantidad de alevines con que se empezó el proyecto fue de 3600, los cuales fueron distribuidos a razón de 300 por estanque con un total de 12 jaulas, así 1200 peces se destinaron a cada tratamiento. La biomasa inicial fue de 64.50 g, 65.10 g y 64.80 g para las dietas control, D1, D2 respectivamente.

La biomasa final fue de 432.52 g, 31.28 g y 11.30 g para la dieta control, D1 y D2 respectivamente. observando un incremento de biomasa favorable para la dieta control (368.02 g) y con resultados negativos para la producción tanto en D1= -33.82 g, como en D2= -53.30 g y esto es porque hubo un índice de mortalidad elevado en D1 (971 peces muertos) y D2 (1057), mientras que en la dieta control solo hubo 217 peces muertos. Las truchas que consumieron la dieta control obtuvieron un crecimiento mayor y la supervivencia superó el 80%. Determinando que la harina de lombriz no es capaz de sustituir en un 100% a la harina de pescado cuando se utiliza en la alimentación de truchas. Este trabajo concluye que las dietas experimentales no se recomiendan para ser empleadas en las primeras etapas de desarrollo de la trucha por su crecimiento muy lento y alto índice de mortalidad. Sustituir totalmente la harina de pescado por harina de lombriz, resultó ser una opción no muy adecuada, y debido a esto deben realizarse futuras investigaciones utilizando otras cantidades de sustitución para estos insumos.

**Dawson. et al (2018)** realizaron un trabajo de investigación en juveniles de Lubina negra (*Centropomus striatus*) en un sistema de recirculación de agua con una duración de 8 semanas, para lo cual elaboraron 8 dietas para sustituir la harina de pescado por harina de subproductos avícolas. Una dieta control (0%) y siete dietas más con 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100% de sustitución respectivamente. Los pesos iniciales promedio fueron de  $1.2\pm 0.07$  g aproximadamente y al final del experimento se obtuvieron pesos de  $17.80\pm 0.76$  g,  $15.85\pm 0.58$  g,  $16.34\pm 0.50$  g,  $15.39\pm 0.45$  g,  $15.90\pm 0.06$  g,  $15.93\pm 0.34$  g,  $16.18\pm 0.12$  g,  $13.56\pm 0.45$  g respectivamente para cada dieta; lo que evidencia que el mejor peso lo consiguió la dieta control. De la misma manera para la conversión alimentaria el mejor valor lo obtuvo la dieta control ( $0.99\pm 0.07$ ) y los valores de las otras dietas fueron  $1.11\pm 0.01$ ;  $1.08\pm 0.02$ ;  $1.17\pm 0.02$ ;  $1.09\pm 0.03$ ;  $1.09\pm 0.02$ ;  $1.14\pm 0.02$ ;  $1.19\pm 0.03$  para cada una de las demás dietas respectivamente.

**Yanik. et al (2003)** realizaron un experimento que duró 14 semanas, en trucha arcoíris con un peso promedio inicial de 1.9 gr. Se elaboraron 10 dietas para reemplazar la harina de pescado por la harina de la Universidad estatal de Ohio (Ohio State University meal por sus siglas en inglés o también OSU) en cuya formulación se realizó una mezcla de harina de sangre, harina de carne y hueso, harina de subproductos avícolas y harina de plumas en diferentes proporciones para cada dieta. Las diferentes sustituciones fueron: dieta control o dieta 1 (harina de pescado 20% y OSU 0%), dieta 2 (15% de harina de pescado y 5% OSU), dieta 3 (10% de harina de pescado y 10% OSU), dieta 4 (5% de harina de pescado y 15% OSU), dieta 5 (0% de harina de pescado y 20% OSU), dieta 6 (40% de harina de pescado y 0% OSU), dieta 7 (30% de harina de pescado y 10% OSU), dieta 8 (20% de harina de pescado y 20% OSU), dieta 9 (10% de harina de pescado y 30% OSU) y dieta 10 (0% de harina de pescado y 40% OSU).

Al término de la investigación los pesos finales fueron:  $12.49 \pm 0.42$ ;  $12.56 \pm 0.25$ ;  $12.92 \pm 0.54$ ;  $12.96 \pm 0.56$ ;  $13.00 \pm 0.46$ ;  $15.70 \pm 0.07$ ;  $16.76 \pm 0.89$ ;  $17.19 \pm 0.96$ ;  $15.98 \pm 0.47$ ;  $13.34 \pm 0.10$  respectivamente para cada una de las dietas, por lo tanto, el mejor valor de peso final lo obtuvo la dieta 8. Para la conversión alimentaria se obtuvieron los siguientes valores:  $1.08 \pm 0.03$ ;  $1.08 \pm 0.04$ ;  $1.45 \pm 0.68$ ;  $1.07 \pm 0.05$ ;  $1.04 \pm 0.03$ ;  $0.96 \pm 0.01$ ;  $0.94 \pm 0.04$ ;  $0.92 \pm 0.03$ ;  $0.99 \pm 0.01$ ;  $1.06 \pm 0.02$  respectivamente para cada una de las dietas y así se determinó que la mejor conversión alimentaria la obtuvieron los peces alimentados con la ración 8.

**Barreto F. et al (2016)** realizaron una investigación para sustituir parcial y totalmente la harina de pescado (FM por sus siglas en inglés) por harina de subproductos avícolas sólo (PBM por sus siglas en inglés) y enriquecido con ensilaje ácido de pescado (EPBM) en juveniles de trucha arcoíris durante 22 semanas. Elaboraron 6 dietas con diferentes niveles de sustitución de harina de pescado; tres de ellas con subproductos avícolas (33, 66 y 100% respectivamente) y otras tres dietas con igual sustitución, pero el subproducto avícola fue enriquecido con ensilaje ácido de pescado (FS por sus siglas en inglés). Se realizaron tres repeticiones para cada tratamiento.

Utilizaron 3000 peces con un peso promedio de  $4.11 \pm 0.29$  gr y al final de la investigación se obtuvieron pesos promedio de  $47.62 \pm 3$ ;  $55.63 \pm 4.7$ ;  $50.63 \pm 4.7$  para el 33, 66 y 100% de sustitución por PBM respectivamente.

De la misma manera los pesos finales correspondientes a la sustitución por harina de EPBM fueron:  $51.90 \pm 7.7$ ;  $54.76 \pm 2.0$ ;  $60.33 \pm 0.62$  para el 33, 66 y 100% respectivamente. Y por ello se puede observar que el mejor peso lo obtuvieron con el 66% de sustitución de harina de pescado por PBM, y con el 100% de sustitución de harina de pescado por EPBM. Los valores de conversión alimentaria para la sustitución de harina de pescado por PBM fueron:  $0.85 \pm 0.04$ ;  $1.08 \pm 0.07$ ;  $0.89 \pm 0.2$  para el 33, 66 y 100% de sustitución respectivamente, mientras que para la sustitución de harina de pescado por EPBM se tuvieron los siguientes valores:  $0.97 \pm 0.02$ ;  $0.99 \pm 0.14$ ;  $1.00 \pm 0.04$  para el 33, 66 y 100% de sustitución respectivamente. Evidenciando que los mejores valores los obtuvo el 33% de sustitución de harina de pescado por PBM, así mismo el 33% de sustitución de harina de pescado por EPBM.

**Peters et al. (2004)** sustituyeron harina de pescado por harina de plumas hidrolizada en alevines de tilapia roja durante un período de 10 semanas. Se formularon 4 raciones: A (20% de sustitución=34.4 kg de harina de pescado y 7 kg de harina de plumas hidrolizada), B (35% de sustitución=27.9 kg de harina de pescado y 12.2 kg de harina de plumas hidrolizada), C (50% de sustitución=21.5 kg de harina de pescado y 17.6 kg de harina de plumas hidrolizada) y D (dieta control 100% de harina de pescado=43 kg de harina de pescado); a la par de empleó una ración comercial o ración E, para compararla con las dietas experimentales y se realizaron tres repeticiones por cada tratamiento. Se utilizaron 300 alevines los cuales fueron alimentados hasta la saciedad por dos veces al día. Los muestreos se realizaron cada 14 días para poder evaluar su ganancia de peso, conversión alimenticia, cantidad de alimento consumido e índice de costo. Los pesos promedios de los alevines al momento empezar la investigación fueron de 1.453 g, 1.569 g, 1.574 g, 1.330 g y 1.646 g para las dietas A, B, C, D y E respectivamente.

Al final del experimento obtuvieron pesos de 24.738 g, 21.564 g, 23, 938 g, 28.641 g, 11.700 g para las dietas A, B, C, D y E respectivamente, junto a una ganancia de peso de 23.28 g, 19.99 g, 22.36 g, 27.31 g y 10.05 g para las dietas A, B, C, D y E respectivamente. La conversión alimentaria tuvo unos valores de 1.18; 1.26; 1.19; 1.21 y 1.8 para las dietas A, B, C, D y E respectivamente, de la misma manera el consumo de alimento al final de la investigación tuvo unos valores de 27.68 g, 25.34 g, 26.79 g, 33.26 g y 19.07 g para las dietas A, B, C, D y E respectivamente. Por último, los índices de costo fueron 0.506, 0.525, 0.482, 0.538 y 0.694 para las dietas A, B, C, D y E respectivamente.

## 1.2. BASES TEÓRICAS

### 1.2.1. clasificación taxonómica de la trucha “arco iris”

**Cuadro 1: Taxonomía de la trucha “arco iris”**

Reino	Animal
Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Superclase	Pisces
Clase	Osteichthyes
Subclase	Actinopterygii
Orden	Salmoniformes
Familia	Salmonidae
Género	Oncorhynchus
Especie	Mykiss
Nombre científico	Oncorhynchus mykiss
Nombre común	Trucha “arcoiris”

**Fuente:** Camacho *et al.*, (2000).

### 1.2.2. Biología de la trucha arcoíris

Es un pez de cuerpo fusiforme, con presencia de escamas y mucus; la parte dorsal es de color azulado y los laterales de color plateado iridiscente. La parte ventral es de color blanco cremoso. Tanto en el dorso como en los flancos, hay presencia de manchas negras y marrones. El macho difiere de la hembra por tener el cuerpo más alargado, la cabeza triangular y la mandíbula inferior más sobresaliente que la mandíbula superior, en cambio la hembra tiene el cuerpo más ensanchado y cabeza redondeada (Bastardo y Bianchi, 2007). Esta especie posee el cuerpo cubierto con finas escamas y de forma fusiforme (forma de huso), levemente aplanada en los laterales. Ostenta una banda lateral rosada iridiscente tornándose más vistosa en el período reproductivo.

La designación de trucha arco iris se debe a la franja de colores de diferentes tonalidades, con predominio de un color rojizo sobre la línea lateral en ambos lados del cuerpo. Se diferencia de otras especies por exhibir una aleta adiposa en la parte posterior del dorso (Mendoza, 2004).

**Imagen 1: morfología de la trucha**



**Fuente:** <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-la-trucha/>



### 1.2.3. Etapas de desarrollo de la trucha

Comprende 4 etapas:

- **Ovas.** - Son los huevos fecundados que después de un promedio estimado de 30 días de incubación, eclosionan para convertirse en larva.
- **Alevino.** - Son peces pequeños que miden de 3 – 10 cm con un peso que va entre 1.5 - 20 g.
- **Juvenil.** - Son peces que miden de 10 – 15 cm. Cuyo peso es habitualmente de 20 - 100 g. (Ragash, 2009).

Mastrokalo (1999) señala que, la etapa de juveniles en el proceso productivo de truchas son animales de 10 – 18 cm de longitud. Es la etapa de crecimiento en que se va concluyendo la formación de los órganos sexuales.

- **Comercial.** - Es la etapa exclusiva donde los peces han recibido el proceso de engorde para ser comercializados, estos miden de 15 - 22 cm. Con un peso de 100 - 200 g (Ragash, 2009).

### 1.2.4. Características internas

#### 2.2.4.1. Aparato digestivo

La trucha Arcoíris tiene conductas alimenticias carnívoras por tanto su tracto digestivo es corto. La digestión de alimentos de origen animal es más fácil que los de origen vegetal (por sus paredes resistentes).

El tracto digestivo consta de boca, faringe, con hendiduras branquiales, esófago, estómago ciegos pilóricos intestino y ano (Galindo, 2003).

**A. Boca:** La cavidad bucal esta compartida por los aparatos respiratorio y digestivo, su función digestiva se limita a distinguir, aprehender y enviar el alimento hacia el estómago.

**B. Esófago:** Es corto, recto y musculoso, inicia en la boca y termina en el cardias.

**C. Estomago:** Posee forma de saco muy dilatado sigmoide cubierto de numerosos pliegues con paredes musculares muy desarrolladas. La trucha posee ciegos pilóricos que se ubican en la región de la válvula pilórica del intestino anterior. El estómago típico suele tener forma sigmoidea (más pronunciada en carnívoros) con un saco ciego, más o menos largo, dirigido hacia la parte posterior. Interiormente se puede dividir en tres regiones (cardias, fundus y porción pilórica). La mucosa establece numerosos pliegues y es rica en glándulas secretoras de mucus, pepsina y ácido clorhídrico (González y Mateo, 2002).

**D. Faringe:** La faringe funciona básicamente como filtro impidiendo que pasen las partículas del agua a los delicados filamentos branquiales, teniendo presencia de este acto también los rastrillos branquiales (Mancini, 2002).

**E. Intestino:** Las enzimas desdoblan las grasas, proteínas y azúcares que inmediatamente después de traspasar la pared intestinal son conducidos al hígado. El resto de alimentos ya sea fibras, restos de caracoles, etc., se evacúan junto con las heces. El largo del intestino es inconstante, siendo corto en los depredadores y muy largo en los fitófagos. El alimento que se emplea en la forma de balanceado comercial tiene una elevada cantidad de proteína (en algunos casos superior al 40%) y una alta cantidad de energía (dada especialmente por lípidos). Generalmente un coeficiente de conversión bueno es de alrededor de 1,2 - 1,4:1. El exceso de grasa se emplea como energía y se acumula primordialmente en músculo. El tiempo que tarde en recorrer el alimento el tubo digestivo puede tomar desde unas pocas horas hasta días, dependiendo de los diferentes procesos metabólicos que están dados básicamente por la temperatura, ya que a mayor temperatura se incrementan (Mancini, 2002).

**F. Hígado:** Es la primordial fábrica del organismo actuando en diversos procesos metabólicos. Tiene consistencia blanda, de color pardo rojizo y muy voluminoso, a veces luce de color rosa – crema, motivo por el cual no siempre indica un cuadro patológico. El hígado suele sufrir de infiltración grasa debido a ingestión de alimentos en mal estado o en procesos de sobrealimentación. La vesícula biliar se encuentra bien desarrollada. El colédoco vierte en la primera porción del intestino delgado la bilis, que disuelve las grasas para que sean fácilmente atacadas por las lipasas pancreáticas. El páncreas segrega amilasas, tripsina y quimiotripsina. El conducto pancreático vierte casi constantemente en el colédoco (Mancini, 2002).

**G. Páncreas:** Habitualmente se halla constituyendo nódulos de ubicación inconstante. En algunas especies se encuentra de manera difusa en torno al intestino, entremezclado con la grasa mesentérica. En salmónidos los nódulos del páncreas se ubican esparcidos entre la grasa del mesenterio que fija los ciegos pilóricos. Existe un conducto pancreático que normalmente se une al biliar antes de desembocar en el intestino craneal (Galindo, 2003).

La importante desintegración del alimento ocurre en el intestino pequeño donde se segregan una extensa variedad de enzimas digestivas (jugo pancreático) y de sustancias auxiliares (bilis). Además, así mismo se producen enzimas digestivas en la pared intestinal.

Las fuertes contracciones que se originan a lo largo del intestino inducen que el alimento que se encuentra parcialmente descompuesto se combine de manera uniforme con los fluidos digestivos y ocasiona un tránsito de vuelta en el intestino mientras se va haciendo la digestión del alimento (Manual para la producción de truchas en jaulas flotantes, 2009).

Cuando las temperaturas del agua son más bajas, el proceso digestivo es más lento, pero no precisamente menos efectivo. No obstante, un bajo nivel de oxígeno en el agua puede tener un efecto negativo en la digestión (González y Mateo, 2002).

**Cuadro 2: Propiedades físicas y químicas del agua para la crianza de truchas**

PARÁMETROS	RANGO ÓPTIMO
Temperatura del agua	10 – 16°C
Oxígeno disuelto	6,5 – 9 ppm
Ph	6,5 – 8,5
CO2	< 7ppm
Alcalinidad	20 – 200 mg/lit CaCO3
Dureza	60 – 300 mg/lit CaCO3
NH3	No mayor de 0,02 mg/lit
H2S	Máximo aceptado de 0,002 mg/lit
Nitratos	No mayor de 100 mg/lit
Nitritos	No mayor de 0,055 mg/lit
Nitrógeno amoniacal	No mayor de 0,012mg/lit
Fosfatos	Mayores de 500 mg/lit
Sulfatos	Mayor de 45 mg/lit
Fierro	Menores de 0,1 mg/lit
Cobre	Menores de 0.05 mg/lit
Plomo	0,03mg/lit
Mercurio	0,05mg/lit

**Fuente:** Ragash (2009).

#### **2.2.5. Requerimientos nutricionales de la trucha arco iris**

**a. Proteína.** - para trucha arco iris se considera como recomendable un 40% cuando se emplea harina de pescado blanca (importante harina de pescado de mar). Para esta especie basta un 36% de proteína en la dieta mientras el aporte energético sea elevado.

Como la trucha no aprovecha muy bien los carbohidratos con fines energéticos, hace falta un 40% de proteína bruta si se quiere trabajar con elevadas proporciones de carbohidratos. Si es la grasa el componente principal de fuente de energía, solo se necesita un 30 – 35% de proteína para conseguir un crecimiento máximo (Noel, 2003).

Luna (1989), menciona que, cualitativamente la trucha demanda los mismos 10 aminoácidos que los animales superiores: Arginina, Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Fenilalanina, Treonina, Valina, Triptofano. Los alimentos peletizados secos, poseen alrededor de 40% a 45% de proteínas y pueden contener hasta 55% de proteína en el caso de dietas para alevinos.

**b. Carbohidratos.** - la proporción que se permite en dietas puede oscilar entre 30 – 40% para omnívoros y entre 10 – 20% para carnívoros. Esta diferencia en el uso de los carbohidratos se debe a que la actividad intestinal de la amilasa responsable por la hidrólisis de los almidones, es mayor en peces omnívoros como las tilapias, carpas y bagre de canal que en peces carnívoros como la trucha, anguila y los salmones (Furuichi, 1988).

Klauer, (2004) revela que la cantidad de carbohidratos no debe sobrepasar de 9 a 12% en la dieta de la trucha; ya que en exceso produciría afecciones al hígado.

**c. Lípidos.** - Vega (1989), declara que, el requerimiento y tolerancia de grasas, van relacionados con la edad y tamaño. Las truchas jóvenes crecen muy rápidamente, soportando niveles de grasas más elevados en la dieta (12-16%) en cambio las truchas adultas toleran niveles menores de 8-12%.

Como ingrediente para raciones de peces, los lípidos son nutrientes de que poseen un bajo costo, de todos los que poseen mayor contenido de energía; no obstante, desde el punto de vista de la manufactura industrial de raciones no pueden emplearse altos niveles de grasas en las fórmulas porque pueden ocasionar problemas durante el proceso de pelletización o también, manifestar enranciamiento cuando las raciones son almacenadas por mucho tiempo (Vásquez, 2004).

**d. Vitaminas.** - Lagler, et al. (1990), revelan que, las vitaminas se encuentran en cantidades suficientes en la dieta natural de los animales de modo que satisfacen las necesidades de cantidades muy pequeñas para cumplir con las funciones metabólicas normales. Pese a esto, cuando los peces son cultivados con dietas artificiales pueden manifestarse deficiencias específicas para la selección de los componentes alimenticios, la propiedad negativa que tienen algunas vitaminas de perder su vitalidad en corto tiempo, y otros factores, con los daños posteriores en las funciones del cuerpo. La trucha y el salmón requieren de 10 componentes del complejo vitamínico B, vitamina B1 (tiamina), B2 (riboflavina), vitamina B6 (piridoxina), vitamina B12 (cobalamina), biotina, colina, ácido fólico, inositol, niacina, ácido pantoténico. La trucha necesita vitamina C soluble en agua.

**Cuadro 3: requerimientos de vitaminas para trucha arco iris**

VITAMINA	CANTIDAD
Tiamina (B1)	0.150 – 0.2 mg
Riboflavina (B2)	0.5 – 1.0 mg
Piridoxina (B6)	0-25 – 0-50 mg
Biotina (H)	0.04 – 0.08 mg
Ácido nicotínico	4.0 – 7.0 mg
Ácido pantoténico	1.0 – 2.0 mg
Ácido fólico	0.10 – 0-15 mg
Inositol	18 – 20 mg
Colina	50 – 60 mg
Cianocobalamina (B12)	0.0002 – 0.0003 mg

**Fuente:** Orna (2010).

**e. Minerales.** - las truchas de igual modo que los animales superiores, requieren pequeñas cantidades de minerales. El organismo de un pez está constituido por un 70 – 75% de agua, y por ende esta es un nutriente fundamental.

Si un análisis del agua de una piscifactoría que trabaja con agua dulce muestra la escasez natural de elementos minerales, se puede agregar al pienso hasta un 2% de minerales (Orna, 2010). NRC (1993), señala como requerimientos de minerales para la trucha Arco Iris al calcio, fósforo, sodio, cloro, magnesio, potasio, cobre, yodo, manganeso, zinc y selenio.

#### **2.2.6. Consideraciones sobre el hidrolizado de plumas**

Según la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA) (2012), considera a la harina de plumas hidrolizadas como una concentración proteica (81-86% PB) muy rica en  $\alpha$ -queratina, al igual que el pelo o la lana. Siendo la característica principal de esta proteína es que posee una fuerte estructura. Por ende, la  $\alpha$ -queratina de manera natural tiene un bajo índice de digestibilidad ( $< 5\%$ ), no obstante, a través un adecuado proceso, la harina de plumas hidrolizada puede resultar en un concentrado proteico palatable y con elevado índice de digestibilidad. Es por esto que se debe someter a un proceso de hidrolizado y pulverizado.

No ha sido tomada en consideración en el pasado por los nutricionistas a nivel mundial. Este producto varía en cuanto a su digestibilidad y la minúscula presencia de aminoácidos esenciales argumentan estas afirmaciones. Pero posee un elevado nivel de proteína cruda así mismo algunos aminoácidos importantes se deben tomar en cuenta para ciertas especies animales (Woodgate, 2007).

Al emplear la harina de plumas en raciones para rumiantes, puede incorporarse hasta un 10% como fuente de proteína no degradable (teniendo en cuenta que la harina de plumas contenga 75% de proteína bruta). En el caso de raciones para animales de elevada producción, se debe suplementar con aminoácidos esenciales a la harina de plumas. (Parzanese, 2010).

Wicki y Luchini (2004), realizaron experimentos en engorde de pacú donde obtuvieron resultados favorables al agregar 10% de este producto en dicha ración, de otro lado, en especies que viven en aguas frías como son los salmónidos, no se debe superar el 7% de inclusión en las raciones.

La harina de plumas posee elevadas cantidades de cistina, valina, treonina y arginina, pero presentan una deficiencia muy notoria en 4 aminoácidos esenciales: triptófano, histidina, metionina y lisina. Debido a esto, cuando se emplea como parte de las raciones en animales monogástricos, se debe suplementar con esos aminoácidos (Fernández y Benito, 2008).



La harina de plumas hidrolizada se considera un subproducto de la industria avícola muy interesante por su gran contenido de proteína y por estar disponible en mayor cantidad a medida que crece la industria avícola. Se puede utilizar como insumo proteico en alimentación de porcinos. No importa la fuente o si se agrega sangre, la harina de plumas contiene más energía metabolizable y digestible de la que se creía (García, 2014).

Esta harina de subproductos de la industria avícola contiene un elevado nivel de proteínas, aunque carece de varios aminoácidos esenciales, además de una baja disponibilidad de aminoácidos y, por último, es posible incluir solo 5% en las raciones. Se presenta un inconveniente en la harina de plumas que es la falta de uniformidad, es por ello que no hay parámetros establecidos de su calidad que garanticen un producto con características nutricionales, microbiológicas y químicas semejantes (Ravindran, 2010).

Existen parámetros que se aceptan y que debe cumplir todo tipo de harina fabricada con plumas de pollo, por ejemplo: digestibilidad 66-80%, proteína bruta 81-86%, bajo contenido de carbohidratos, humedad 10%, concentración máxima de cenizas 2.2%. estos parámetros se obtuvieron al analizar bromatológicamente a la harina de plumas hidrolizada de pollo. Una de las características físicas a tomar en cuenta es que debe tener color marrón medio y un olor fresco de carne de aves (FEDNA, 2012).

La harina de plumas es un subproducto con posibilidades de ser empleado como insumo proteico, pero su proteína está formada por queratina que en estado natural es muy resistente a las enzimas digestivas y por ende el organismo utiliza una pequeña cantidad de sus nutrientes (Álvarez, 2010).

Las plumas se constituyen de queratina, la cual hay que degradar mediante hidrólisis para que pueda ser digestible y esto depende directamente del tiempo de cocción y de la presión aplicada. Obteniendo mayor rendimiento en los aminoácidos que se utilizan con un mayor valor biológico cuando el proceso es intensivo (González, 2006).

### **2.2.7. Utilización de hidrolizados de plumas en alimentación animal**

Coello *et al.* (2003) recomiendan 5% de inclusión de harina de plumas hidrolizada en raciones para aves y hasta un 40% en raciones para peces cuando es suplementada con aminoácidos, en especial la lisina.

En el caso de las raciones para aves, Blas *et al.* (2003) recomienda 2% de inclusión como máximo de harina de plumas hidrolizada.

Van Heugten y Van Kempen (2002), Apple *et al.* (2003) manifiestan que se puede incluir 5-8% de harina de plumas hidrolizada en la ración siempre y cuando se agreguen aminoácidos esenciales en especial la lisina, dependiendo de los requerimientos de cada categoría.

También mencionan que los niveles superiores afectan de forma negativa sobre algunos parámetros como ganancia de peso, relación ganancia/consumo y consumo diario.

Ssu *et al.* (2004) haciendo ajustes en la lisina digestible pudo comprobar una reducción en la performance de cerdos al incluir 20% de harina de plumas hidrolizada respecto a inclusiones del 10%, afectando mayormente a los animales en recría comparando al final del período de engorde.

## 2.2.8. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE LA HARINA DE PLUMAS

**Cuadro 4: composición principal de las plumas**

COMPONENTE	REFERENCIAS							
	Florida y Reátegui (2019)	Alzamora et al. (2018)	Santiago et al. (2017)	Tortosa (2016)	Benítez et al. (2014)	FEDNA (2012)	Bertsch et al. (2003)	Media*
Proteína (%)	81.7	84.1	76.2	90	77.7	83.9	70	80.51
Grasa (%)	6.39	1	-	13	1.4	1.8	8.4	3.38
Fibra (%)	-	-	-	-	10.05	-	-	10.05
Cenizas (%)	2.74	7.41	-	-	3.28	2.2	-	3.91
Humedad (%)	-	7.5	-	-	4.9	6.8	-	6.40
MO (%)	98.7	-	87.3	-	-	-	-	93.00
N (%)	12.69	-	12.2	15	12.43	-	11	12.66

**Fuente:** Florida (2019)

\*calculado por la fuente

**Cuadro 5: composición química de las plumas**

COMPOSICIÓN (%)	REFERENCIAS						
	Florida y Reátegui (2019)	Valencia (2018)	Santiago et al. (2017)	FEDNA (2012)	Del Águila (2011)	Bertsch et al. (2003)	Media*
PRINCIPALES COMPONENTES MINERALES (%)							
Calcio	0.23	-	0.34	0.23	-	1.38	0.55
Fósforo	0.38	-	0.67	0.6	-	0.36	0.50
Magnesio	-	0.2	0.03	-	-	-	0.12
Potasio	0.12	-	0.16	-	-	-	0.14
Sodio	-	-	0.22	-	-	-	0.22
Hierro	-	0.06	0.05	-	-	-	0.06
AMINOÁCIDOS							
Lys	-	2.4	2.41	2.5	1.82	2.46	2.32
Met	-	0.7	0.73	0.64	0.68	0.54	0.66
His	-	-	1.1	-	-	0.62	0.86
Cys	-	5.5	3.25	-	3.18	1.55	3.37
Asp	-	-	1.82	-	-	7.14	4.48
Thr	-	4.2	3.42	4.41	3.77	4.12	3.98
Glu	-	-	2.96	-	-	10.33	6.65
Ala	-	-	3.72	-	-	7.14	5.43
Tyr	-	-	0.62	0.58	-	1.1	0.77
Gly	-	-	6.13	-	-	14.76	10.45
Ser	-	-	7.26	-	-	8.42	7.84
Pro	-	-	7.26	-	5.74	11.45	9.36
Val	-	6.5	5.27	6.67	3.65	9.04	6.64
Ile	-	-	3.22	4.45	-	4.79	4.03
Phe	-	-	3.54	-	-	3.65	3.60
Leu	-	-	6.2	-	6.75	8.03	6.99
Arg	-	7.1	5.07	6.8	5.51	-	6.12

**Fuente:** Florida (2019).

\*calculado por la fuente.

## **II. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudio**

#### **2.1.1 Ubicación**

La presente investigación se realizó en las instalaciones de propiedad del señor Gilmer García Castillo de nombre “Venta de truchas García”, el área de estudio se ubica en el caserío Lanchepampa, distrito de Chalaco, provincia de Morropón, departamento de Piura.

#### **2.1.2. Características del lugar**

Ubicado en el flanco occidental del sistema andino peruano, en el departamento de Piura aproximadamente entre las coordenadas geográficas (según SENAMHI):

- Latitud sur: 5°02'28”.
- Longitud oeste: 79°47'45”.
- Altitud aproximada: 2.200 m.s.n.m.

Las instalaciones donde se realizó el presente trabajo de investigación, están ubicadas en las siguientes coordenadas:

- Latitud sur: 5°1'4.098”.
- Longitud oeste: 79°47'3.877”.
- Altitud aproximada: 2.416 m.s.n.m.

#### **2.1.3. Aspectos físicos y climáticos**

- Temperatura máxima: 20°C.
- Temperatura mínima: 15°C.

### **2.2. Materiales**

#### **2.2.1. Material biológico**

Se dispuso de 450 truchas en etapa juvenil contando con un tamaño promedio de 18 cm y un peso promedio de 70 g.

### **2.2.2. Material nutricional**

La harina de plumas hidrolizada se obtuvo en la empresa DISTRIBUCIÓN DE NUTRIMENTOS SEÑOR DE LOS MILAGROS SAC ubicada en TÚPAC AMARU Mz.H1 Lt. 04 – CHOSICA DEL NORTE – CHICLAYO.

Los demás insumos que conformaron la ración fueron adquiridos en La Casa del Ganadero ubicada en el distrito de JOSÉ L. ORTIZ – CHICLAYO.

### **2.2.3. Material de escritorio**

- Libretas de anotaciones.
- Hojas de control.
- Cámara fotográfica.
- Laptop.
- Calculadora.

### **2.2.4. Otros materiales**

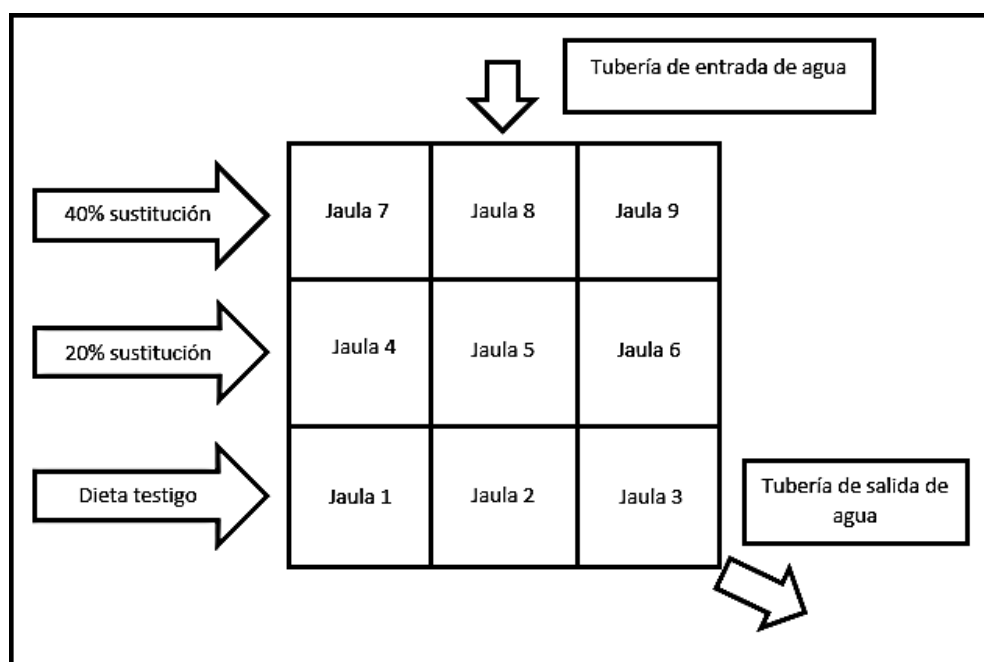
- Tinajas.
- Baldes.
- Guantes.
- Balanza digital con capacidad de 5kg.
- Ictiómetro.
- Chinguillo con red anchovetera.
- Termómetro digital.
- PH metro digital.

## **2.3. Métodos**

El presente experimento se realizó en un estanque rústico cuyas medidas eran 4 metros de largo por 4 metros de ancho y 1.5 metros de profundidad dentro del cual se instaló un sistema de jaulas elaboradas en base a la red anchovetera de 1 m de largo x 1 m ancho x 1.2 m de altura, amarradas a nylon n°36 que a su vez se sujetó mediante estacas fuera del estanque. Las estructuras quedaron sumergidas 1 m aproximadamente dejando 20 cm fuera del agua, para lo cual se amarró en la base de cada jaula algunas esferas de plomo “pirulo” y puedan así tener estabilidad dentro del agua. Las jaulas se mantenían completamente cerradas solo dejando un agujero en la parte superior de cada estructura para proporcionar el alimento a los animales.

El estanque poseía oxigenación permanente mediante un flujo constante del caudal de agua a razón de 18 - 20 litros/minuto aproximadamente. La cantidad total de animales fue de 450 peces, se distribuyeron en proporción de 50 animales por cada jaula. El experimento tuvo una duración de 70 días.

**Imagen 2: esquema de las instalaciones**



### **2.3.1. Tratamientos**

Se establecieron 3 dietas con diferentes niveles de sustitución de harina de pescado por harina de plumas hidrolizada, y por cada tratamiento se establecieron 3 repeticiones:

- T0: 100% Harina de pescado (40kg de harina de pescado).
- T1: 20% Harina de plumas hidrolizada (32kg de harina de pescado y 8kg de harina de plumas hidrolizada).
- T2: 40% Harina de plumas hidrolizada (24kg de harina de pescado y 16kg de harina de plumas hidrolizada).

### **3.3.2. Raciones experimentales**

Se formularon 3 raciones con insumos tradicionales, tomando a la dieta testigo como base de acuerdo a los requerimientos nutricionales que se recomiendan para la especie en estudio. Dichas raciones se elaboraron por el método del tanteo por los autores del presente estudio; luego de adquiridos los insumos se trasladaron a las instalaciones de la empresa SERMARSU S.A.C. (Sullana) donde se mezclaron los diversos ingredientes en las cantidades determinadas para cada ración, incorporando los insumos en proporciones de mayor a menor cantidad.

Se empleó una mezcladora de trompo con el fin de lograr una buena homogenización de los insumos, para luego iniciar el proceso de extruido, acto seguido se obtuvieron como resultado gránulos de 5mm de diámetro x 6mm de longitud aproximadamente.

Luego se realizó la prueba de flotabilidad del alimento con un 96% de alimento que se mantuvo en la superficie del agua, se almacenó el alimento en sacos de nylon y fue trasladado a un campo de secado para evitar la proliferación de hongos, este proceso duró 5 días.

**Cuadro 6: Raciones con diferente porcentaje de sustitución de harina de pescado por harina de plumas hidrolizada**

Insumos	Dieta testigo 100% harina de pescado (T0)	20% de sustitución (T1)	40% de sustitución (T2)
Harina de pescado prime	40	32	24
Harina de plumas	0	8	16
Torta de soya	27.76	27.76	27.76
Afrecho de trigo	10	10	10
Maíz molido	22.08	22.08	22.08
Antioxidante	0.06	0.06	0.06
premezcla	0.10	0.10	0.10
Proteína total	<b>38.00</b>	<b>39.33</b>	<b>40.67</b>

### 2.3.3. Alimentación y muestreo

Para el suministro de alimento y la cantidad de la ración a suministrar se tomaron en cuenta las estimaciones y cálculos propuestos en la tabla de la empresa PURINA detallada en ANEXOS, colocando los pellets en la superficie del agua. El consumo de alimento fue reacondicionado cada 2 semanas al momento de cada muestreo, tomando en cuenta la biometría de los peces y la temperatura del agua.

**Ejercicio:** para una jaula flotante con 2500 truchas de 153 gramos tenemos:

✓ **Paso 1: calcular la biomasa**

Se convierten los gramos a kilos, así 153 gramos son 0.153 kilos.

$2500 \text{ peces} \times 0.153 = 382,5 \text{ kilos}$ . Esta cantidad es el total de kilos de peces en la jaula.

✓ **Paso 2: encontrar la dosificación de alimento**

La temperatura del agua es un factor muy importante para el cálculo de la alimentación y debe controlarse frecuentemente. Para una temperatura promedio de 14°C se obtiene un porcentaje de dosificación de alimento de 1.7%.

✓ **Paso 3: calcular la cantidad de alimento diario**

$382.5 \text{ kg} \times 1.7\% = 6.5 \text{ kilos de alimento}$ .

Esta cantidad de alimento es la que se debe otorgar a los peces en un día. Esta ración debe ser dividida en 2 raciones para el caso de engorde, 3 o 4 para el caso de crecimiento y de 4 a 6 veces para el caso de pre inicio e inicio.

El día antes de empezar el estudio se procedió a medir la talla y peso iniciales para comprobar que estos parámetros son homogéneos. La frecuencia de alimentación fue de manera uniforme para todos los grupos, dos veces al día. A las 8:00 am y 4:30 pm todos los días. Se realizaron las mediciones de peso y talla cada 14 días (día 0, 14, 28, 42, 56, 70) con restricción del alimento el día de cada muestreo y así se procedió a limpiar las jaulas de los residuos de alimento, heces y maleza que se juntaba entre los orificios de la malla, se pesaron 25 animales correspondiente al 50% de la población de cada jaula.

Se tuvo en cuenta factores que influyeron al momento de alimentar a los peces, como las condiciones climáticas adversas en algunos días por las precipitaciones fluviales, en este tipo de crianza se debe aprender a lidiar con este problema ya que el agua se enturbia y afecta la visibilidad de los peces y por ende no consumen muy bien el alimento, para ello se dejó a criterio del alimentador cambiar la hora establecida para suministrar la ración cuando suceden estos problemas.

Otros factores que se tomaron en cuenta son:

- **La temperatura:** se midió con un termómetro digital todos los días, momentos previos al suministro del alimento.
- **Caudal del agua:** fue establecido entre 18 – 20 litros/minuto, siendo casi uniforme en toda la investigación con aumento del mismo principalmente en los días que hubo presencia de lluvia.
- **PH:** se procedió a coleccionar una cierta muestra de agua desde el tubo de ingreso del caudal y con el medidor digital de PH tomaron los valores correspondientes cada semana.

### 3.3.4. Variables y análisis estadístico

#### 3.3.4.1. Variables:

- Días de alimentación.
- Velocidad de crecimiento en peso (VCP).
- Velocidad de crecimiento en talla (VCT).
- Tasa de crecimiento en peso (TCP).
- Tasa de crecimiento en talla (TCT).
- Factor de condición (K) (Índice de nutrición).
- Biomasa.
- Factor de conversión alimentaria.
- Mérito económico.



### 3.3.4.2. Análisis estadístico

Se realizó una prueba inicial de homogeneidad de variancia tanto en peso como en talla para comprobar la uniformidad de los tratamientos.

Para ello se determinó:

$X^2_c < X^2_t$ : Ho donde:

Ho: son iguales.

Ha: son diferentes.

Por lo tanto:

$X^2_c > X^2_t$ : Rechazamos Ho.

$X^2_c < X^2_t$ : Aceptamos Ho.

Así mismo se aplicó la prueba de ANAVA para cada muestreo de peso y talla respectivamente. Luego la prueba de Duncan de comparación múltiple para determinar cuál de las 3 raciones es estadísticamente superior ( $p > 0.05$ ) comparada con las otras dos y encontrar si difieren estadísticamente.

Por último, se aplicó un análisis de correlación (r) simple o de Poisson para establecer si hay dependencia entre los factores talla y peso cuyo valor va de 0 a 1, es decir, a medida que se acerca a 1 habrá mayor dependencia y si es positiva significará que los dos se desplazan en el mismo sentido y si es negativa significará que se desplazan en sentido contrario uno con respecto al otro.

Se determinaron los siguientes índices de producción, como:

#### **Velocidad de crecimiento en peso (VCP) (Martínez, 1987)**

$$VCP = \frac{\text{Incremento de peso del pez (g)}}{\text{Tiempo (días)}}$$

#### **Velocidad de crecimiento en talla (VCT) (Martínez, 1987)**

$$VCT = \frac{\text{Incremento de la talla del pez (cm)}}{\text{Tiempo (días)}}$$

#### **Tasa de crecimiento en peso (TCP) (De La Higuera, 1987)**

$$\%TCP = \frac{\text{Ln (Peso final)} - \text{Ln (Peso inicial)}}{\text{Tiempo (días)}} \times 100$$

Ln= logaritmo natural

**Tasa de crecimiento en talla (TCT) (De La Higuera, 1987)**

$$\%TCT = \frac{\text{Ln (Talla final)} - \text{Ln (Talla inicial)}}{\text{Tiempo (días)}} \times 100$$

Ln = logaritmo natural

**Factor de condición (K) (Índice de nutrición) (Martínez, 1987)**

$$K = \frac{\text{Peso (g)}}{\text{Talla}^3 \text{ (cm)}} \times 100$$

**Determinación de la Biomasa (GALINDO et al., 1999)**

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

**Factor de conversión alimentaria (FCA) (GALINDO et al., 1999)**

$$FCA = \frac{\text{Alimento consumido (kg)}}{\text{Incremento de biomasa (kg)}}$$

**Mérito económico**

$$\text{M.E} = \frac{\text{Gastos de alimentación (S/.)}}{\text{Ganancia de peso vivo (kg)}}$$

### III. RESULTADOS

**Cuadro 7: resultados de los diversos niveles de sustitución de harina de pescado por harina de plumas hidrolizada**

PARÁMETROS	T0	T1	T2
<b>PESO UNITARIO</b>			
Inicial (g)	70.0133333	70.04	69.9466667
Final (g)	227.946667	250.786667	217.88
Incremento de peso (g)	157.933333	180.746667	147.933333
<b>TALLA UNITARIA</b>			
Inicial (cm)	18.0066667	18.0133333	17.98
Final (cm)	26.772	28.0893333	26.6973333
Incremento de la talla (cm)	8.76533333	10.076	8.71733333
<b>BIOMASA</b>			
Inicial (kg)	3.50066667	3.502	3.49733333
Final (kg)	11.3973333	12.5393333	10.894
Incremento de biomasa (kg)	7.89666667	9.03733333	7.39666667
Gastos de alimentación (soles)	77.6737	69.12256	59.59044
Total de alimento consumido (kg)	26.065	25.792	25.038
Conversión alimentaria	1.1143	0.9547	1.1365
Sobrevivencia	100%	100%	100%
Costo de alimento (soles/kg)	2.98	2.68	2.38
Velocidad de crecimiento en peso (VCP)	2.256190476	2.582095238	2.113333333
Velocidad de crecimiento en talla (VCT)	0.125219048	0.143942857	0.124533333
Tasa de crecimiento en peso (TCP)	1.680152776	1.820996363	1.621178428
Tasa de crecimiento en talla (TCT)	0.577634818	0.634637675	0.564616372
Factor de condición (K) (Índice de nutrición)	1.184387101	1.131719138	1.143829353
Mérito económico	3.320644353	2.55878689	2.704929287

Los pesos que se obtuvieron tanto al inicio como al final del experimento se muestran en el cuadro 7, observándose que en el peso unitario inicial de los 3 tratamientos no hay diferencias significativas ( $p>0.05$ ); esto quiere decir que los resultados obtenidos durante el presente estudio, no fue determinado por los pesos iniciales.

Para realizar la prueba de homogeneidad de varianza de pesos iniciales se determinó que  $X^2_c < X^2_t$  por lo que se acepta  $H_0$ ; por lo tanto, las variancias de los cuadrados medios de pesos iniciales fueron homogéneas no afectando por lo tanto el resultado final.

En el análisis de variancia (ANAVA) para cada control (14, 28, 42, 56, 70 días respectivamente) no existió niveles de significancia entre los resultados obtenidos.

El análisis de variancia (ANAVA) para el incremento total de peso vivo, determinó que los pesos controlados en los diferentes muestreos y el incremento total de peso vivo a los 70 días que duró la investigación, no mostraron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. Los análisis de variancia explican que los pesos observados no fueron influenciados por las raciones aplicadas o que estadísticamente, cualquiera de las raciones aplicadas permitiría lograr un peso vivo similar.

De la misma manera se realizó una prueba de homogeneidad de varianza para tallas iniciales indicando que  $X^2_c < X^2_t$  por ende se aceptó  $H_0$  determinando que las variancias de los cuadrados medio de tallas iniciales fueron homogéneas y no afectarán el resultado final.

Para el incremento de talla durante los diferentes muestreos, se determinó que, al controlar los diferentes estados de crecimiento y el incremento total de talla a los 70 días, mostraron diferencias estadísticas ( $p>0.05$ ) a los 14 días entre los tres tratamientos evaluados.

Y para el incremento total de talla se concluye que la ración influyó sobre la talla de las truchas.

La prueba de Duncan, comparación múltiple, aplicada para determinar cuál tratamiento presentó mejores resultados, especifica que la ración con 20% de harina de plumas hidrolizada es estadísticamente superior ( $p>0.005$ ) a la ración testigo y al 40% de sustitución de harina de pescado por harina de plumas hidrolizada y evidenciando que las dos últimas no difieren estadísticamente.

Por último, se realizó un análisis de correlación simple o de Poisson donde el coeficiente de correlación ( $r$ ) de Poisson expresa si hay o no dependencia de un factor con el otro y va desde 0 hasta 1.

En este estudio la correlación fue:

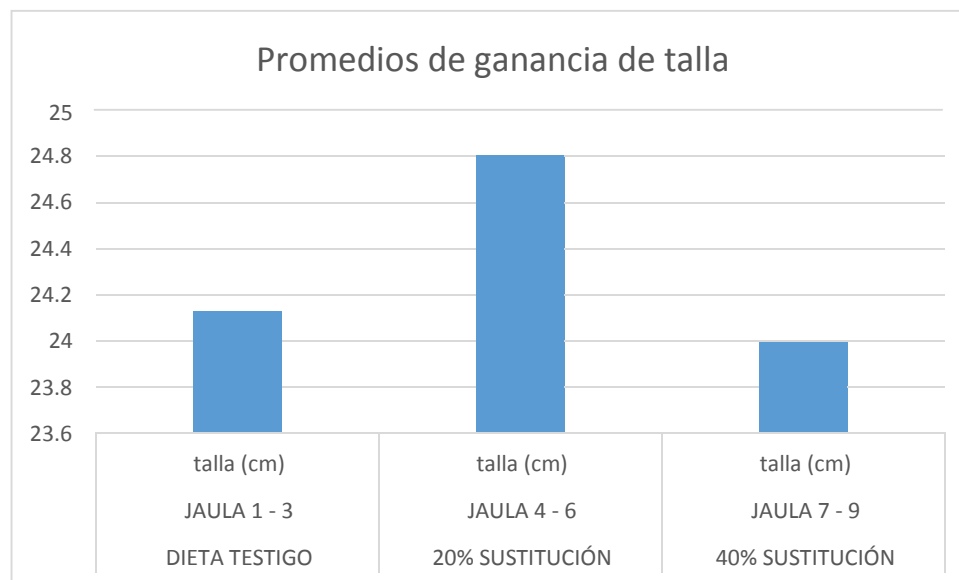
$$r = 0.92$$

Prácticamente la talla se relacionó de una manera casi total con el peso de la trucha e indica que a una talla alta le corresponde un peso alto; es decir TALLA vs. PESO VIVO EN TRUCHAS están correlacionados positivamente. También deberá entenderse que si una talla es baja su peso será bajo; vale decir si una sube la otra también sube o si una baja la otra variable también baja.

#### 4.1. Talla

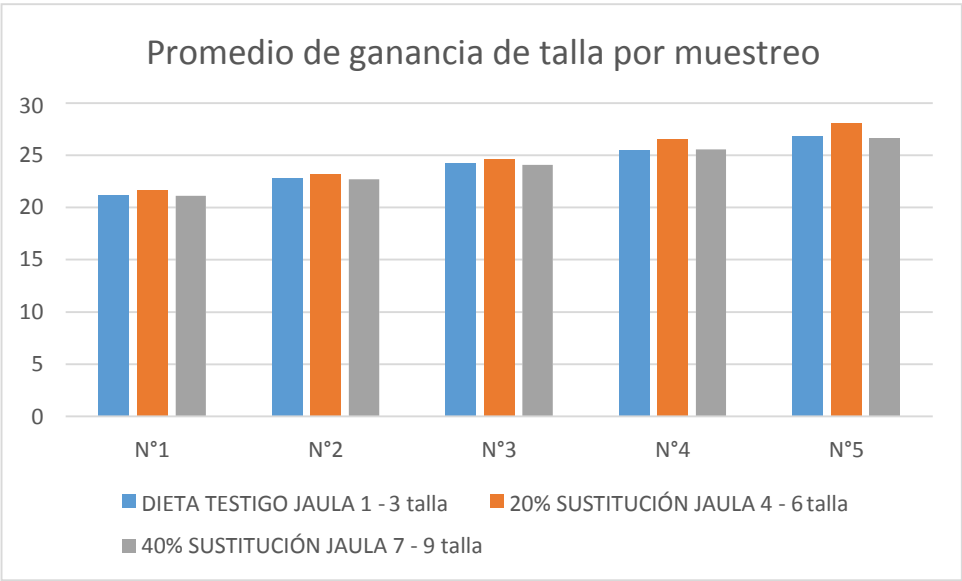
En el gráfico 1, podemos observar que al inicio de la investigación no existieron diferencias estadísticas en la longitud promedio. Se observó que el efecto de la alimentación en los distintos tratamientos indujo a un aumento de talla en los animales que fueron alimentadas con la ración del 20% de sustitución de harina de pescado sin que existan diferencias estadísticas entre la dieta testigo y la dieta con 40% de sustitución de harina de pescado.

**Gráfico 1**



En el gráfico 2, observamos que la tendencia a incrementar talla se produce por parte de la dieta con 20% de sustitución. No existiendo diferencias estadísticas entre los tratamientos, y por ende no difieren entre sí.

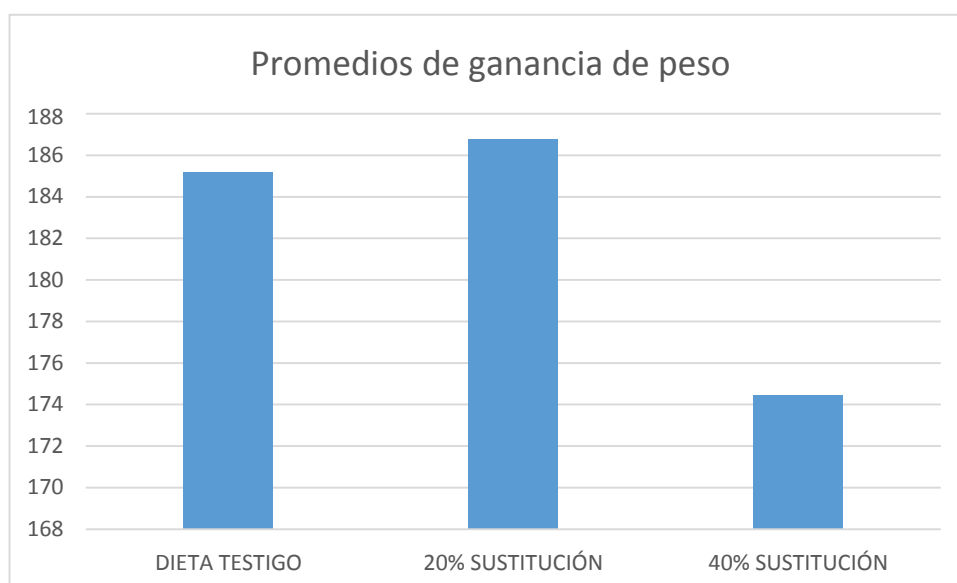
**Gráfico 2**



## 4.2. Peso

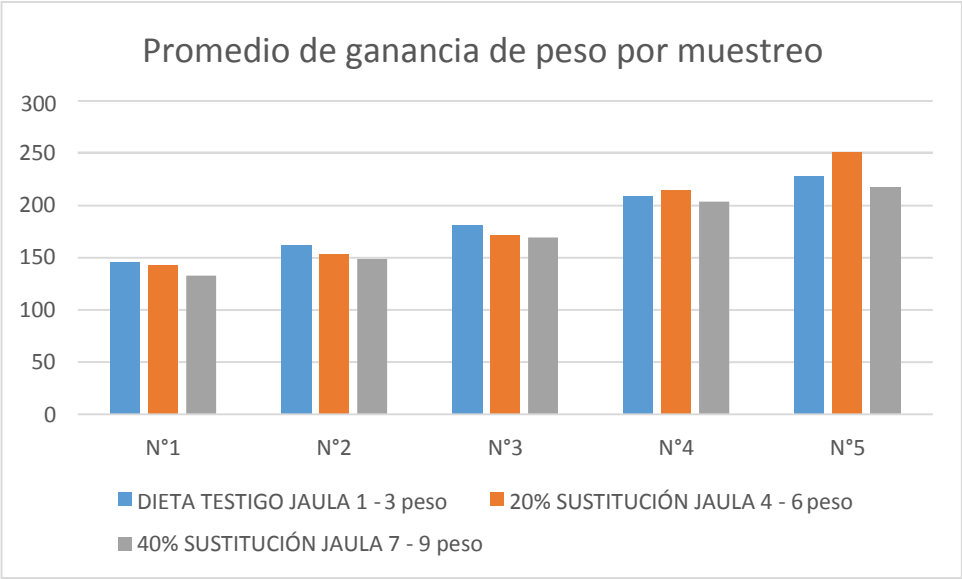
En el gráfico 3 podemos observar la ganancia de peso entre los diversos tratamientos, donde el peso final se vio incrementado con el 20% de sustitución, sin que haya diferencias estadísticas entre los resultados. Ni que difieran entre sí.

**Gráfico 3**



En el gráfico 4 observamos que en el muestreo 5, hubo un incremento en la ganancia de peso por parte del tratamiento con 20% de sustitución de harina de pescado, sin que estadísticamente haya diferencias entre los resultados observados por todas las dietas, ya que tampoco difieren entre sí. Hay un índice de incremento muy notorio a los 56 y 70 días de muestro, manteniéndose con un ligero aumento durante los 14, 28, 42 días de evaluación respectivamente.

**Gráfico 4**

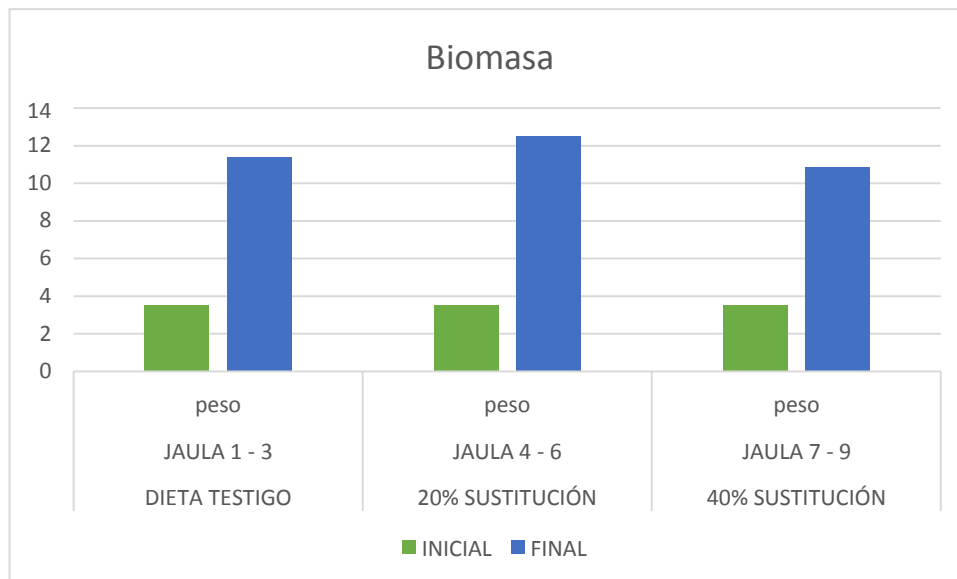




### 4.3. Biomasa

Durante el tiempo que duró la investigación se observó que el incremento más notorio de la biomasa lo obtuvo la dieta con el 20% de sustitución. Como se puede observar en el gráfico 5. No existiendo diferencias estadísticas entre los tratamientos. Evidenciando que el consumo de alimento reportó en una buena asimilación de los nutrientes por parte de los animales.

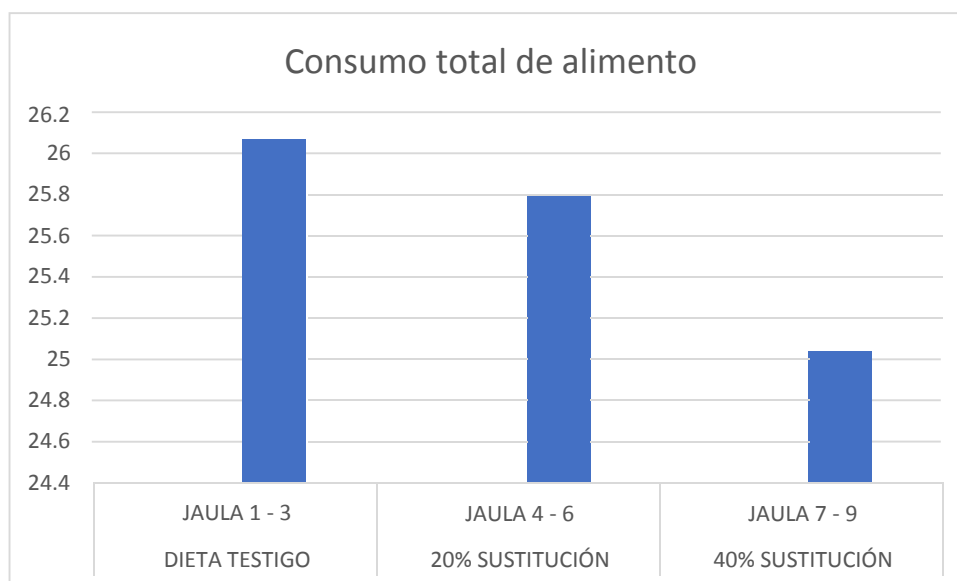
**Gráfico 5**



#### 4.4. Consumo de alimento

Los consumos de alimento que se registraron, se observan en el gráfico 6 siendo evidente que los animales alimentados con la dieta testigo presentaron el mayor consumo total, pero siendo seguido muy de cerca por los resultados obtenidos por la dieta con el 20% de sustitución. Finalmente se determinó que la dieta con el 40% de sustitución alcanzó el nivel más bajo de consumo de alimento con respecto a las otras dos.

**Gráfico 6**



## IV. DISCUSIONES

### Ganancia de peso

Nuestros resultados con una mejor ganancia de peso por parte del 20% de sustitución de harina de pescado difieren del trabajo realizado por Keramat. et al (2014) quienes sustituyeron harina de pescado por harina de subproductos avícolas en trucha arcoíris siendo así que con el 66% y 100% de sustitución, se obtienen pesos más bajos en comparación a la dieta testigo y con el 33% de sustitución.

Madrid, J (2014) registró el valor más alto en el peso final en juveniles de corvina golfina que se alimentaron con la dieta de 100% de sustitución de la harina de pescado ( $67.6 \pm 6.9$  g). Por el contrario, el menor peso final fue registrado en los peces que consumieron la dieta testigo ( $51.6 \pm 4.5$  g) difiriendo completamente con nuestros resultados ya que en nuestra investigación al sustituir el 40% de harina pescado, se obtiene el peso promedio más bajo.

El mayor peso alcanzado en nuestro trabajo fue con el 20% de sustitución, de esta manera diferimos con Padilla et. al (2000) quienes realizaron un trabajo experimental en juveniles de gamitana (*Colossoma macropomum*). Al final del experimento determinaron que el mayor incremento de peso fue de  $570 \pm 28$  g con la ración R2 donde la proporción era 19.30% de harina de pescado y 9.70% de ensilado, equivalente a un 33% de sustitución de la harina de pescado.

No encontramos concordancia con Yanik. et al (2003) ya que al término de su investigación el mejor peso lo obtuvieron sustituyendo 50% de harina de pescado en trucha arcoíris mientras que en la presente investigación solo se pudo sustituir hasta un 20 por ciento de la harina de pescado para obtener los mejores resultados.

Peters et al. (2004) obtuvieron la mayor ganancia de peso con la dieta D (dieta control) en alevines de tilapia roja, difiriendo con nuestros resultados ya que se obtuvimos la mayor ganancia de peso con el 20% de sustitución de harina de pescado por harina de plumas hidrolizada.

## **Biomasa**

Al respecto, Quimbiamba, E. (2009) realizó una investigación en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) durante 70 días tomando como base una ración comercial a la cual sustituyó por sangre de bovino procesada de manera casera. Los mejores resultados se obtuvieron con 30% de sustitución de harina de pescado por harina de sangre de bovinos, difiriendo con la presente investigación ya que obtuvimos la mejor biomasa con el 20% de sustitución de la harina de pescado por harina de plumas hidrolizada.

Diferimos con los resultados de Bastardo, H. et al (2005) quienes evaluaron una dieta de inicio para trucha arcoíris para sustituir totalmente la harina de pescado por harina de lombriz. Observando un incremento de biomasa favorable para la dieta control (368.02 g) no siendo factible la sustitución de harina de pescado por harina de lombriz; mientras que en la presente investigación el mejor incremento de biomasa se obtuvo con 20% de sustitución de harina de pescado por harina de plumas hidrolizada.

## **Conversión alimenticia**

Quimbiamba, E. (2009) en cuanto a la conversión alimentaria el mejor resultado lo obtuvo con una dieta control difiriendo de nuestros resultados ya que en el mismo tiempo de investigación se logramos obtener la mejor conversión alimentaria con el 20% de sustitución de la harina de pescado.

Por otro lado, Dawson. et al (2018) al final de su experimento determinaron que el mejor peso y conversión alimentaria lo consiguieron con la dieta testigo no concordando con nuestros resultados ya que la dieta control en nuestra investigación presentó resultados menos satisfactorios que con el 20% de sustitución de harina de pescado.

Diferimos de Yanik. et al (2003) ya que la mejor conversión la obtuvieron al sustituir 50% de harina de pescado, mientras que en el presente estudio al sustituir la harina de pescado en un 20% se obtuvo el mejor valor de conversión alimenticia.

Peters et al. (2004) obtuvieron mejor conversión alimentaria con una dieta de 20% de sustitución coincidiendo con nuestra investigación donde también se obtuvo el mejor valor de conversión alimentaria con el mismo porcentaje de sustitución de la harina de pescado por harina de plumas hidrolizada.

Bastardo et al. (2005) consiguieron el mejor índice de conversión con la dieta control, mientras que en la presente investigación el mejor valor de conversión alimentaria se obtuvo con el 20% de sustitución de harina de pescado.

Keramat. et al (2014) lograron el mejor índice de conversión alimentaria al sustituir 33% de la harina de pescado, mientras que en el presente trabajo la mejor conversión alimentaria se obtuvo con el 20% de sustitución de harina de pescado, por lo tanto, no hay concordancias en ambas investigaciones.

## **Mérito económico**

En la presente investigación se obtuvo el mejor mérito económico al sustituir harina de pescado por harina de plumas hidrolizada en un 20% (T1), lo mismo que el tratamiento con 40% de sustitución (T2); no coincidiendo con autores como Peters et al. (2004), ni Quimbiamba, E. (2009), quienes obtuvieron los mejores méritos económicos en los grupos considerados como control.

## **Mortalidad**

En nuestra investigación no se obtuvieron índices de mortalidad y la supervivencia fue del 100% en los tres tratamientos no coincidiendo con Bastardo, H. et al (2005) ya que en la dieta control obtuvo la menor cantidad de peces muertos (217), en comparación con las otras dos dietas, en las cuales el índice de mortalidad fue muy elevado.

Barreto F. et al (2016) registraron una supervivencia en los juveniles de trucha en un rango de 96-99%, mientras que se obtuvo en 100% de sobrevivencia en todas las dietas en la presente investigación.

Madrid, J. (2014) registró la mortalidad más baja con el 66 y 100% de sustitución de harina de plumas, mientras que el mayor valor de mortalidad se obtuvo con la dieta control; de esta manera sus resultados difieren con los resultados obtenidos en la presente investigación ya que en los 3 tratamientos no hubo mortalidad.

De la misma manera Quimbiamba, E. (2009) en su investigación obtuvo un índice de mortalidad de 1.2% para la dieta con 50% de sustitución de la harina de pescado, seguido de la ración con alimento comercial con un 1.90% de mortalidad y en tercer lugar está la dieta con 30% de sustitución de harina de pescado con 2% de mortalidad, determinando que los peces alimentados con el 50% de sustitución de harina de pescado por sangre de bovinos, tuvieron el más bajo índice de mortalidad. Difiriendo con los resultados de la presente investigación, en la cual se obtuvo 100% de sobrevivencia en todos los tratamientos.

Mediante el análisis de los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo, se demostró que pudo cumplirse la hipótesis en sentido de que el crecimiento de la trucha arcoíris es mejor sustituyendo harina de pescado por harina de plumas hidrolizada en la ración.

## **V. CONCLUSIONES**

La harina de plumas hidrolizada es un buen sustituto de la harina de pescado en la alimentación de trucha arcoíris.

Con un nivel de 20% de sustitución de harina de pescado por harina de plumas hidrolizada se concluye que:

- Los animales lograron un mejor crecimiento en talla, en comparación con las otras dos dietas.
- Se obtuvo un mejor incremento de peso.
- La ganancia de biomasa fue mejor.
- El índice de conversión alimentaria tuvo resultados muy buenos.
- Se logró mejor mérito económico en comparación de las otras dos dietas.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Emplear la harina de plumas hidrolizada como un insumo alternativo a la harina de pescado tomando en cuenta el aspecto económico para elaborar las raciones. Ya que, al ser un subproducto de origen animal, proporciona buenos niveles de proteína y nutrientes para ser aprovechados por los animales que lo consumen.
- Elaborar dietas probando otros niveles de sustitución de los insumos, así como adicionar o disminuir ingredientes en las raciones tomando en cuenta los requerimientos nutricionales de la trucha arcoíris en sus diversas etapas de desarrollo y por ende buscando minimizar los costos de producción.
- Utilizar diferentes tipos de insumos de origen animal como alternativas a la utilización de harina de pescado, considerando ya sea el tiempo de investigación o la etapa de desarrollo del pez, etc. Con la finalidad de mejorar los índices de producción.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

Agrotendencia.tv. (2019) <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-la-trucha/>  
Disponible en: (Consultado 23-10-2019).

Álvarez, R. (2010). Utilización de subproductos de mataderos avícolas en la alimentación de monogástricos. Artículo científico. Ministerio de Educación Superior. La Habana – Cuba. Disponible en [www.sian.info.ve](http://www.sian.info.ve). 4 pag.

Barreto, C., Parés, G., Correa, G., Durazo, E., Viana, M. (2016). Total and partial fishmeal substitution by poultry by – product meal (petfood grade) and enrichment with acid fish silage in aquafeeds for juveniles of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Latin American Journal of Aquatic Research, vol. 44, núm. 2, mayo, 2016, pp. 327-335. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

Bastardo Y Bianchi. (2007). “Non conventional protein use in diets for initiator of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*” Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Venezuela). Instituto Nacional de Ecología y Nutrición. Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Lab FIRP, Universidad de los Andes (ULA), Venezuela.

Bastardo, H., Medina, A., Sofía, S. (2005). Evaluación de la sustitución total de harina de pescado por harina de lombriz en dietas para iniciador de trucha arcoíris. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Universidad de los Andes, Venezuela.

Camacho, B., Moreno, M., Rodríguez, M., Luna, C., Vásquez, M. (2000). Guía para el cultivo de trucha. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México D.F. 135p.

Coello, N.; Bernal, C.; Bertschi, A.; Estrada, O.; Moccó, Y.; Hasegawa, M. (2003). Las Plumas como residuo agroindustrial: su utilización biotecnológica para producir insumos de interés industrial. Revista de la Facultad de Ingeniería (Universidad Central de Venezuela). 18 (3): 119-126.

De Blas, C.; Mateos, G.; Rebollar, G. (2003). Tablas de FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos. (en línea). Madrid, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 423 p. Consultado 11 jul. 2008. Disponible en <http://www.etsia.upm.es/fedna/>

Fernández, J. y Benito, J. (2008). Revaloración de subproductos en el sector de producción de huevos. Informe realizado por Asociación Española de productores de huevo (ASERRHU).

Florida, N. (2019). Plumas: Implicancia ambiental y uso en la industria agropecuaria. Journal of High Andean Research, 2019; 21(3), pp.225 - 237 VOL 21 N° 3



Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA) (2012). Harina de plumas hidrolizada. Recuperado el 14 de noviembre de 2015 de: [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/harina-de-plumas\\_hidrolizada-actualizada-nov-2012](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/harina-de-plumas_hidrolizada-actualizada-nov-2012)

Furuichi, M. (1988). Carbohydrates. In: *Fish nutrition and mariculture*. (Watanabe Ed.): pp. 44-55. Tokio.

Galindo, S. (2003). Manual de crianza, alimentación y nutrición de Truchas en jaulas flotantes. CARE PERU, Arequipa.

García, R. (2014). La harina de plumas es una buena fuente de energía para el ganado porcino. Albeitar. Recuperado de: <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/13031/actualidad/la-harina-de-plumas-es-una-buena-fuente-de-energia-para-el-ganado-porcino.html>.

Gonzales, J. (2006). Empleo de ingredientes Proteicos Derivados de Animales No Rumiantes en Alimentos Acuícolas. Tercera Conferencia Internacional AquaSur 2006. EWOS Innovation. pp. 1-29.

Gonzales, J. Y Mateo, E. (2002). Manual de Terminología y Definiciones de Patobiología Acuática. Primera Edición. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú.

Keramat, A., Shahsavari, M., Hedayatyfard, M. (2014) Full replacement of fishmeal by poultry by - product meal in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1972) diet. Iranian Journal of Fisheries Sciences 13(4)1069-1081 2014.

Klauer, B. (2004). Manual de crianza de truchas en Jaulas flotantes. Primera Edición. Imprenta el Centro Bartolomé de las Casas. Impreso en Cusco – Perú. 128 p.

Lagler, F., Bardach, J., Miller, R., y Maypassino D. Ictiología. 1ra. Edición en español. AGT – Editor. S.A. México; (1990).

Luna T. Formulación de raciones balanceadas y efectos nutricionales de los alimentos comerciales para truchas. Libro Resumen: Curso Nacional de Truchas. Huancayo – Perú; (1989).

Madrid, J. Efecto de la sustitución en dieta de harina de pescado con harina de productos de origen animal, en juveniles de corvina golfina, *Cynoscion othonopterus*. Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de maestro en ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. México (2014).

Mancini, M. (2002). Introducción a la Biología de los peces. Cursos Introducción a la Producción Animal.

MANUAL DE CULTIVO DE TRUCHA ARCO IRIS EN JAULAS FLOTANTES – Programa de Tecnología en Acuicultura para Pescadores Artesanales y Comunidades Campesinas, (2009).

Mastrokalo, C. (1999). Ciclo de conferencias. Cultivo de Truchas en los Andes. La Oroya - Perú.

- Mendoza, R. (2004). Manual de Cultivo de Trucha Arco Iris en jaulas flotantes. Fondo Nacional de Desarrollo pesquero y Agencia Española de Cooperación Internacional. Lima Perú.
- Mendoza, R. (2011). Informe: Panorama de la Acuicultura mundial, América latina y el Caribe y en el Perú. Dirección General de Acuicultura, MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN Lima – Perú.
- Morales, S. (2003). Producción extensiva de Trucha en Lagunas de Altura; Programa de Capacitación JICA-CIDAB. Primera Edición. Tiquina, La Paz, Bolivia. 90p.
- Noel, W. (2003). Formulación y Elaboración de dietas para peces y crustáceos. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman – Facultad de ingeniería pesquera.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements Of Fish Nacional. Academy Press Washington – USA; (1993).
- Orna, R. (2010). Manual de Alimentos Balanceado para Truchas. PRODUCE – Dirección regional de la producción. Puno – Perú.
- Padilla, P., Alcántara, F., García, J. (2000). Sustitución de la harina de pescado por ensilado biológico de pescado en raciones para juveniles de Gamitana *Colossoma macropomum*. Folia amazónica vol. 10 (1-2). pp 225-240.
- Parzanese, M. (2010). Procesamiento de subproductos avícolas, Tecnologías para la Industria Alimentara, Alimentos Argentinos, Argentina.
- Peters, R., Rodríguez, S., Hernández, J., Mejías, D y León, A. (2004). Determinación del nivel óptimo de sustitución de la harina de pescado por harina de hidrolizado de plumas en el alimento para tilapia roja, *Oreochromis sp.* Universidad de Zulia. Facultad Experimental de Ciencias. Laboratorio de Investigaciones Piscícolas. Departamento de Biología. CIENCIA 12(1), 13 – 24. Maracaibo, Venezuela.
- Quimbiamba, E. (2009). Crecimiento y eficiencia alimentaria de truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de crecimiento, con sustitución parcial de alimento balanceado por sangre de bovinos, Cayambe – Ecuador 2008. Tesis previa la obtención del título de ingeniero agropecuario.
- Ravindran, V. (2010). Disponibilidad de piensos y nutrición de aves de corral en países en desarrollo. FAO. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-al706s.pdf>.
- RNIA. (2017). Áreas prioritarias. Estadística y mercados. Producción. Recuperado de [http://rnia.produce.gob.pe/index.php?option=com\\_content&view=article&id=61Itemid=79](http://rnia.produce.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=61Itemid=79)
- Ssu, W.; Brumm, C.; Miller, S. (2004). Effect of feather meal on barrow performance. Journal of Animal Science. 82: 2588-2595.
- Valencia, M. (2018). Obtención de queratina a partir de plumas de la industria avícola mediante hidrólisis enzimática. (Tesis grado). Universidad de las Américas. Ecuador. <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/8723/1/UDLA-EC-TIAM-2018-03.pdf>

- Van Heugten, E.; Van Kempen T.A.T.G. (2002). Growth performance, carcass characteristics, nutrient digestibility and fecal odorous compounds in growing- finishing pigs fed diets containing hydrolyzed feather meal. *Journal of Animal Science*. 80: 171-178.
- Vásquez, W. (2004). Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. Profesor Instituto de Acuicultura Universidad de los Llanos Villavicencio.
- Vega, J. Utilización de diferentes niveles de harina Mixta de Merluza en la Alimentación Inicial de Trucha “Arco Iris” (*Oncorhynchus mykiss*). Tesis UNALM. Lima – Perú; (1989).
- Wicki, G., Luchini, L. (2004) Development of practical diets por pacú, a south american freshwater fish species. *International Aquafeed*, 7 (3):23-29.
- Woodgate, S. (2007). Creating alternative protein sources for aquafeeds using applied enzyme technologies. Publicación en portal web: <http://www.engormix.com>
- Yanik. et al. (2003). Replacing fish meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. *The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh* 55(3), 2003. pp 179-186.

## ANEXOS

### ANEXO 1: GANANCIA DE PESO

GANANCIA DE PESO	DIETA TESTIGO			20% DE SUSTITUCIÓN			40% DE SUSTITUCIÓN		
	JAULA 1	JAULA 2	JAULA 3	JAULA 4	JAULA 5	JAULA 6	JAULA 7	JAULA 8	JAULA 9
	peso (gr)	peso (gr)	peso (gr)	peso (gr)	peso (gr)	peso (gr)	peso (gr)	peso (gr)	peso (gr)
peso inicial	70.04	69.96	70.04	70.08	69.84	70.2	69.88	70.24	69.72
peso final	240.76	244.32	198.76	265.4	242.32	244.64	210.68	208.68	234.28
TOTAL	170.72	174.36	128.72	195.32	172.48	174.44	140.8	138.44	164.56
PROMEDIO DE PESO INICIAL	70.01333333			70.04			69.94666667		
PROMEDIO DE PESO FINAL	227.94666667			250.78666667			217.88		
PROMEDIO DE PESO TOTAL	157.93333333			180.74666667			147.93333333		

### ANEXO 2: GANANCIA DE TALLA

GANANCIA DE TALLA	DIETA TESTIGO			20% DE SUSTITUCIÓN			40% DE SUSTITUCIÓN		
	JAULA 1	JAULA 2	JAULA 3	JAULA 4	JAULA 5	JAULA 6	JAULA 7	JAULA 8	JAULA 9
	talla (cm)	talla (cm)	talla (cm)	talla (cm)	talla (cm)	talla (cm)	talla (cm)	talla (cm)	talla (cm)
talla inicial	18	18.02	18	17.98	18.04	18.02	18	17.92	18.02
talla final	27.052	27.5	25.764	28.196	28.296	27.776	26.496	26.436	27.16
TOTAL	9.052	9.48	7.764	10.216	10.256	9.756	8.496	8.516	9.14
PROMEDIO DE TALLA INICIAL	18.00666667			18.01333333			17.98		
PROMEDIO DE TALLA FINAL	26.772			28.08933333			26.69733333		
PROMEDIO DE TALLA TOTAL	8.765333333			10.076			8.717333333		

### ANEXO 3: CONSUMO DE ALIMENTO

CONSUMO DE ALIMENTO	DIETA TESTIGO	20% SUSTITUCIÓN	40% SUSTITUCIÓN
	JAULA 1 - 3	JAULA 4 - 6	JAULA 7 - 9
<b>TOTAL (kg)</b>	<b>26.065</b>	<b>25.792</b>	<b>25.038</b>

### ANEXO 4: BIOMASA

BIOMASA	DIETA TESTIGO			20% DE SUSTITUCIÓN			40% DE SUSTITUCIÓN		
	JAULA 1	JAULA 2	JAULA 3	JAULA 4	JAULA 5	JAULA 6	JAULA 7	JAULA 8	JAULA 9
	peso (kg)	peso (kg)	peso (kg)	peso (kg)	peso (kg)	peso (kg)	peso (kg)	peso (kg)	peso (kg)
<b>inicial</b>	3.502	3.498	3.502	3.504	3.492	3.51	3.494	3.512	3.486
<b>final</b>	12.038	12.216	9.938	13.27	12.116	12.232	10.534	10.434	11.714
<b>OBTENIDA</b>	<b>8.536</b>	<b>8.718</b>	<b>6.436</b>	<b>9.766</b>	<b>8.624</b>	<b>8.722</b>	<b>7.04</b>	<b>6.922</b>	<b>8.228</b>

### ANEXO 5: CONVERSIÓN ALIMENTARIA

PARÁMETROS	DIETA TESTIGO			20% DE SUSTITUCIÓN			40% DE SUSTITUCIÓN		
	JAULA 1	JAULA 2	JAULA 3	JAULA 4	JAULA 5	JAULA 6	JAULA 7	JAULA 8	JAULA 9
<b>alimento consumido</b>	9.061	8.866	8.138	8.502	8.749	8.541	8.294	8.567	8.177
<b>incremento de biomasa</b>	8.536	8.718	6.436	9.766	8.624	8.722	7.04	6.922	8.228
<b>CONVERSIÓN ALIMENTARIA</b>	<b>1.06150422</b>	<b>1.01697637</b>	<b>1.26444997</b>	<b>0.87057137</b>	<b>1.01449443</b>	<b>0.97924788</b>	<b>1.178125</b>	<b>1.23764808</b>	<b>0.99380165</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.114310186</b>			<b>0.954771228</b>			<b>1.13652491</b>		

**ANEXO 6. PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANCIA DE PESOS  
INICIALES EN TRUCHAS.**

TRATAMIENTOS	S.C.	G.L.	Si <sup>2</sup>	Log Si <sup>2</sup>	(n-1)(Log Si <sup>2</sup> )
T <sub>0</sub>	217030.857	74	2932.85	3.467	256.5794575
T <sub>1</sub>	217884.445	74	2944.38	3.468	256.7055935
T <sub>2</sub>	216773.469	74	2929.371	3.466	256.5413063
<b>TOTAL</b>	<b>651688.871</b>	<b>222</b>			<b>769.8263573</b>

**Variancia estimada acumulada:**

$$Sa^2 : 651688.871/222 = 2935.53$$

$$\text{Log Si}^2 : \text{Log } 2935.53 = 3.467$$

$$\beta : 3.467 (222) = 769.8265873$$

$$X^2 : 2.3026 (769.8265873 - 769.8263573)$$

$$X^2_c : 0.0005$$

$$X_t (2 \text{ g.l., } 0.05) : 5.99$$

$$X^2_c < X^2_t$$

∴

**“LAS VARIANCIAS DE LOS CUADRADOS MEDIOS DE PESOS INICIALES  
FUERON HOMOGENEAS”**

**ANEXO 7. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PESOS A LOS 14 DÍAS**

<b>FUENTES DE VARIABILIDAD</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>G.L.</b>	<b>C. M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft 0.05</b>
Tratamientos	285.206	2	142.60	1.41	N S
Error Experimental	605.322	6	100.89		
TOTAL	890.528	8			

C.V.: 7.15%

**F<sub>t</sub>: 2 y 6 g.l.= 5.14****ANEXO 8. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PESOS A LOS 28 DÍAS**

<b>FUENTES DE VARIABILIDAD</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>G.L.</b>	<b>C. M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft 0.05</b>
Tratamientos	274.8313	2	137.42	1.68	N S
Error Experimental	491.2779	6	81.88		
TOTAL	766.1092	8			

C.V.: 5.85%

**ANEXO 9. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PESOS A LOS 42 DÍAS**

<b>FUENTES DE VARIABILIDAD</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>G.L.</b>	<b>C. M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft 0.05</b>
Tratamientos	216.9006	2	108.45	0.70	N S
Error Experimental	924.3776	6	154.06		
TOTAL	1141.2782	8			

C.V.: 7.11%

**ANEXO 10. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PESOS A LOS 56 DÍAS**

<b>FUENTES DE VARIABILIDAD</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>G.L.</b>	<b>C. M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft 0.05</b>
Tratamientos	184.6323	2	92.32	0.50	N S
Error Experimental	1004.1245	6	190.69		
TOTAL	1268.7568	8			

C.V.: 6.57%

**ANEXO 11. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PESOS A LOS 70 DÍAS (PESO VIVO FINAL)**

<b>FUENTES DE VARIABILIDAD</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>G.L.</b>	<b>C. M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft 0.05</b>
Tratamientos	1697.8521	2	848.93	2.53	N S
Error Experimental	2012.5845	6	335.43		
<b>TOTAL</b>	<b>3710.4366</b>	<b>8</b>			

C.V.: 7.89%

**ANEXO 12. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA INCREMENTO TOTAL DE PESO VIVO**

<b>FUENTES DE VARIABILIDAD</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>G.L.</b>	<b>C. M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft 0.05</b>
Tratamientos	922.0866	2	461.04	0.92	N S
Error Experimental	3006.2738	6	501.05		
<b>TOTAL</b>	<b>3928.3604</b>	<b>8</b>			

C.V.: 19.15%

**INTERPRETACIÓN:**

Los pesos controlados a diferentes estados de crecimiento y el incremento total de peso vivo a los 70 días de edad no mostraron diferencias estadísticas entre los tres tratamientos evaluados. Los análisis de varianza explican que los pesos observados no fueron influenciados por la ración aplicada; o que, estadísticamente, cualquiera de las tres raciones empleadas no influye en el peso o que similar peso vivo se lograría con cualquiera de las tres raciones.



**ANEXO 13. PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANCIA DE  
TALLAS INICIALES EN TRUCHAS.**

TRATAMIENTOS	S.C.	G.L.	Si <sup>2</sup>	Log Si <sup>2</sup>	(n-1)(Log Si <sup>2</sup> )
T <sub>0</sub>	130.7466	74	1.7666	0.2471	18.29271903
T <sub>1</sub>	148.9366	74	2.0126	0.3037	22.47897334
T <sub>2</sub>	150.2200	74	2.0300	0.3074	22.75470681
<b>TOTAL</b>	<b>429.9032</b>	<b>222</b>			<b>63.52639918</b>

**Variancia estimada acumulada:**

$$S_a^2 : 429.9032/222 = 1.9365$$

$$\text{Log Si}^2 : \text{Log } 1.9365 = 0.2870$$

$$\beta : 0.2870 (222) = 63.71793015$$

$$X^2 : 2.3026 (63.71793015 - 63.52639918)$$

$$X_c^2 : 0.44$$

$$X_t (2 \text{ g.l., } 0.05) : 5.99$$

$$X_c^2 < X_t^2$$

∴

**“LAS VARIANCIAS DE LOS CUADRADOS MEDIOS DE TALLAS INICIALES  
FUERON HOMOGENEAS”**

**ANEXO 14. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA TALLA A LOS 14 DÍAS**

<b>FUENTES DE VARIABILIDAD</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>G.L.</b>	<b>C. M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft 0.05</b>
Tratamientos	0.56330	2	0.282	5.31	*
Error Experimental	0.31505	6	0.053		
TOTAL	0.87835	8			

C.V.: 1.08%

**ANEXO 15. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA TALLA A LOS 28 DÍAS**

<b>FUENTES DE VARIABILIDAD</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>G.L.</b>	<b>C. M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft 0.05</b>
Tratamientos	0.4486	2	0.224	1.73	N S
Error Experimental	0.7816	6	0.130		
TOTAL	1.2302	8			

C.V.: 1.57%

**ANEXO 16. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA TALLA A LOS 42 DÍAS**

<b>FUENTES DE VARIABILIDAD</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>G.L.</b>	<b>C. M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft 0.05</b>
Tratamientos	0.5089	2	0.2544	1.01	N S
Error Experimental	1.5045	6	0.2508		
TOTAL	2.0134	8			

C.V.: 2.06%

**ANEXO 17. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA TALLA A LOS 56 DÍAS**

<b>FUENTES DE VARIABILIDAD</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>G.L.</b>	<b>C. M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft 0.05</b>
Tratamientos	1.8201	2	0.90	3.21	N S
Error Experimental	1.6829	6	0.28		
TOTAL	3.5030	8			

C.V.: 2.05%

**ANEXO 18. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA TALLA A LOS 70 DÍAS (TALLA FINAL)**

<b>FUENTES DE VARIABILIDAD</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>G.L.</b>	<b>C. M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft 0.05</b>
Tratamientos	285.206	2	142.60	1.41	N S
Error Experimental	605.322	6	100.89		
<b>TOTAL</b>	<b>890.528</b>	<b>8</b>			

C.V.: 2.46%

**ANEXO 19. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA INCREMENTO TOTAL DE TALLA**

<b>FUENTES DE VARIABILIDAD</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>G.L.</b>	<b>C. M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft 0.05</b>
Tratamientos	3.5661	2	1.78	5.24	*
Error Experimental	2.0183	6	0.34		
<b>TOTAL</b>	<b>5.5843</b>	<b>8</b>			

C.V.: 6.35%

**PRUEBA DE DUNCAN:**

**T<sub>1</sub><sup>a</sup>   T<sub>0</sub><sup>b</sup>   T<sub>2</sub><sup>b</sup>**

**10.076<sup>a</sup> 8.770<sup>b</sup> 8.717<sup>b</sup>**

**INTERPRETACIÓN:**

Las tallas controladas a diferentes estados de crecimiento y el incremento total de peso vivo a los 70 días de edad, mostraron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) entre los tres tratamientos evaluados a los 14 días y para incremento total de talla. Se concluye que por el análisis de varianza del incremento total de talla que la ración influyó sobre la talla de las truchas. La Prueba de Duncan, comparación múltiple, específica, que la ración con 20% de harina de plumas es estadísticamente superior ( $p > 0.05$ ) a la ración testigo y con 40% de harina de plumas y que, entre estas dos últimas no difieren estadísticamente.

## ANÁLISIS DE CORRELACIÓN SIMPLE O DE POISSON

PESO	TALLA
240.76	27.052
244.32	27.5
198.76	25.764
265.4	28.196
242.32	28.296
244.64	27.776
210.68	26.496
208.68	26.436
234.28	27.16
<b>0.91928742</b>	

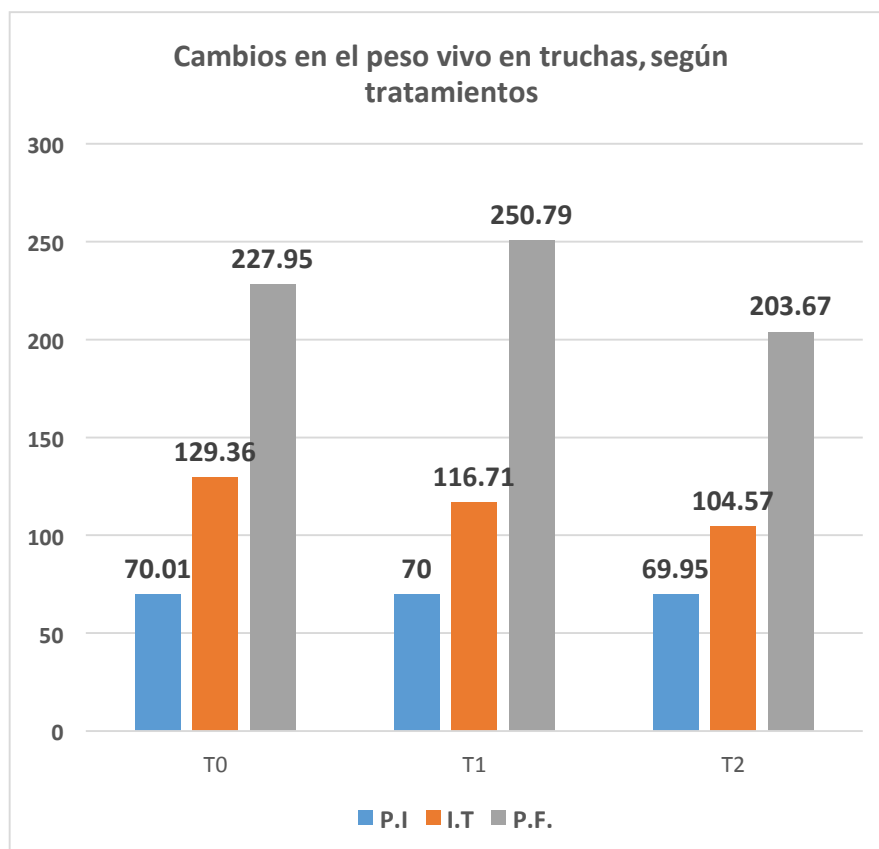
El coeficiente de correlación (r) de Poisson expresa si hay o no dependencia de un factor con el otro y va desde 0 hasta 1. Es decir, a medida que se acerca a 1 habrá mayor dependencia y si es positiva significará que los dos se desplazan en el mismo sentido y si es negativa significará que se desplazan en sentido contrario uno con respecto al otro.

En este estudio la correlación fue:

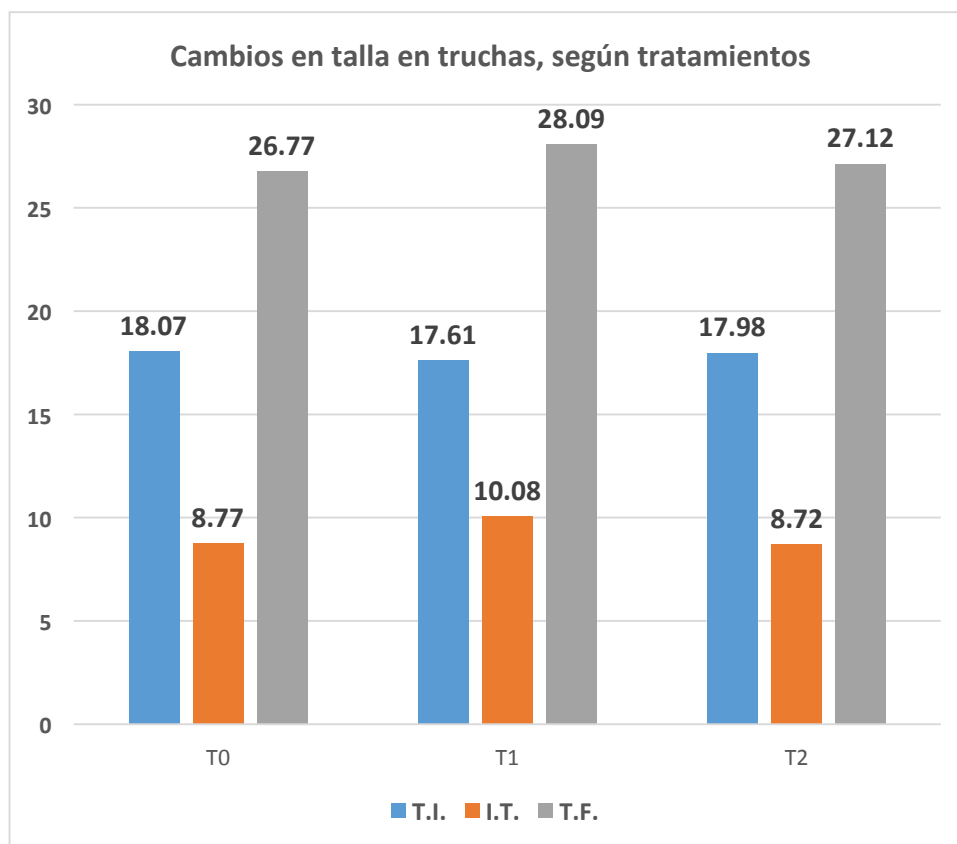
$$r = 0.92$$

Prácticamente la talla se relacionó de una manera casi total con el peso de la trucha e indica que a una talla alta le corresponde un peso alto; es decir TALLA vs. PESO VIVO EN TRUCHAS están correlacionados positivamente. También deberá entenderse que si una talla es baja su peso será bajo; vale decir si una sube la otra también sube o si una baja la otra variable también baja.

## ANEXO 20



## ANEXO 21



## ANEXO 22

### UBICACIÓN DE LAS INSTALACIONES



Fuente: Google Earth

## ANEXO 23

### INSUMOS ADQUIRIDOS



## **ANEXO 24**

### **MATERIALES PARA ELABORAR LAS JAULAS E INSTALACIONES**



## **ANEXO 25**

### **FRONTIS DE LA EMPRESA SERMARSU SAC. (SULLANA)**





## **ANEXO 26**

### **MEZCLADORA DE TROMPO UTILIZADA PARA LA ELABORACIÓN DE LA RACIÓN**



## **ANEXO 27**

### **MÁQUINA PARA LA ELABORACIÓN DEL ALIMENTO EXTRUIDO**



**ANEXO 28**  
**RECOLECCIÓN DEL ALIMENTO**



**ANEXO 29**  
**ALMACENAMIENTO DEL ALIMENTO**





**ANEXO 30**  
**ALMACENAMIENTO DE ALIMENTO**



**ANEXO 31**  
**DENTRO DE LAS INSTALACIONES DE LA EMPRESA SERMARSU SAC.**  
**(SULLANA)**



### **ANEXO 32**

#### **SECADO DEL ALIMENTO PELLETIZADO BAJO EL SOL PARA EVITAR LA FORMACIÓN DE MICOTOXINAS**



### **ANEXO 33**

#### **ALMACENAMIENTO DEL ALIMENTO EN SACOS DE NAYLON**





**ANEXO 34**  
**ALIMENTO LISTO PARA TRANSPORTAR**



**ANEXO 35**  
**INSTALACIÓN DE LAS JAULAS**

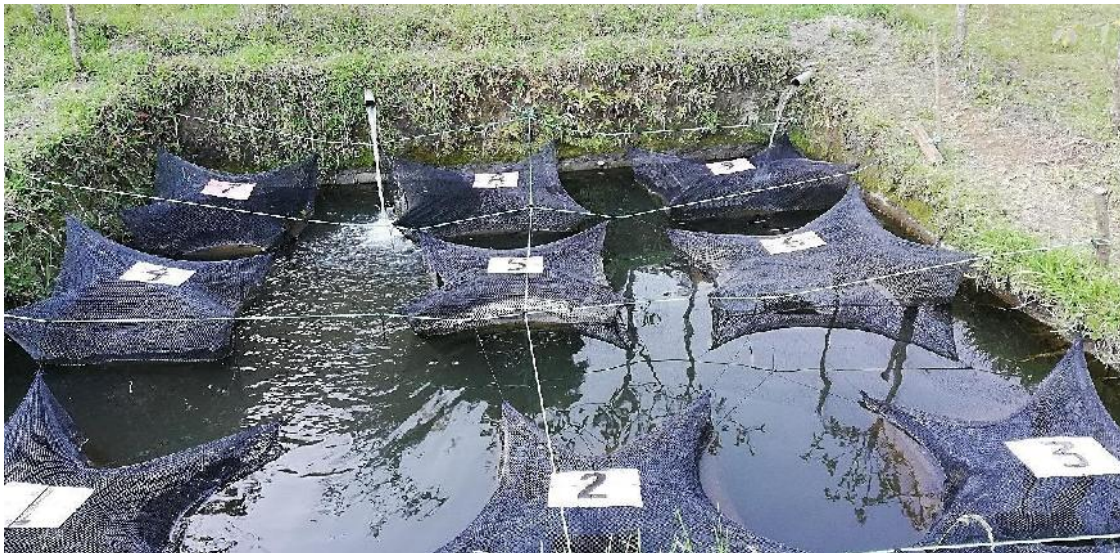




**ANEXO 36**  
**ARREGLO DE LAS JAULAS**



**ANEXO 37**  
**JAULAS NUMERADAS**





**ANEXO 38**

**MEDICIÓN DE LONGITUD EN LAS TRUCHAS**



**ANEXO 39**

**DETERMINACIÓN DEL PESO DE LAS TRUCHAS**



# ANEXO 40: Tabla de alimentación utilizada en la formulación de las raciones formuladas en el presente trabajo de investigación

PESO UNITARIO G.	TALLA CM	TEMPERATURA DEL AGUA (C°)													
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.15	2	4.27	5.33	6.39	7.46	8.53	9.62	10.71	11.81	12.91	12.24	11.57	10.91	10.25	8.61
0.6	3.5	3.19	3.98	4.77	5.57	6.36	7.16	7.97	8.78	9.58	9.09	8.61	8.11	7.63	6.41
1.8	5	2.55	3.17	3.81	4.43	5.07	5.71	6.34	6.98	7.63	7.23	6.85	6.45	6.07	5.1
3	6	2.12	2.64	3.16	3.69	4.21	4.74	5.26	5.8	6.33	6.01	5.69	5.36	5.04	4.24
4.6	7	1.36	2.32	2.81	3.24	3.71	4.16	4.63	5.09	5.56	5.27	4.99	4.72	4.43	3.73
5.4	8	1.63	2.03	2.43	2.83	3.23	3.64	4.04	4.44	4.85	4.61	4.36	4.11	3.87	3.26
11.5	9	1.44	1.80	2.16	2.51	2.87	3.23	3.59	3.95	4.30	4.09	3.87	3.66	3.43	2.89
12.2	10	1.31	1.63	1.95	2.28	2.61	2.92	3.25	3.57	3.90	3.71	3.50	3.31	3.12	2.62
19	11	1.19	1.49	1.78	2.07	2.36	2.66	2.95	3.25	3.54	3.36	3.19	3.00	2.83	2.38
22	12	1.09	1.36	1.63	1.89	2.17	2.43	2.70	2.97	3.25	3.26	2.91	2.75	2.59	2.18
29	13	1.07	1.32	2.62	1.85	2.12	2.37	2.64	2.90	3.17	3.00	2.84	2.68	2.52	2.13
35	14	1.04	1.29	1.55	1.80	2.06	2.31	2.57	2.82	3.07	2.92	2.77	2.61	2.45	2.07
43	15	0.97	1.20	1.45	1.68	1.91	2.16	2.39	2.93	2.87	2.73	2.58	2.43	2.29	1.93
50	16	0.91	1.13	1.35	1.57	1.79	2.02	2.24	2.46	2.69	2.56	2.41	2.28	2.15	1.81
62	17	0.86	1.06	1.27	1.48	1.69	1.89	2.11	2.32	2.52	2.40	2.27	2.15	2.02	1.70
72	18	0.80	0.90	1.20	1.39	1.59	1.78	1.98	2.18	2.37	2.26	2.14	2.02	1.89	1.60
92	19	0.76	0.94	1.13	1.32	1.50	1.69	1.87	2.07	2.25	2.14	2.03	1.90	1.79	1.51
100	20	0.72	0.89	1.07	1.25	1.43	1.60	1.78	1.96	2.14	2.03	1.92	1.81	1.70	1.44
124	21	0.69	0.85	1.02	1.19	1.36	1.53	1.69	1.86	2.04	1.93	1.82	1.72	1.62	1.37
143	22	0.66	0.81	0.97	1.13	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94	1.84	1.74	1.65	1.55	1.31
153	23	0.63	0.78	0.93	1.08	1.24	1.40	1.55	1.70	1.85	1.76	1.67	1.57	1.48	1.25
172	24	0.60	0.75	0.89	1.04	1.19	1.34	1.48	1.63	1.77	1.69	1.60	1.51	1.42	1.20
200	25	0.58	0.72	0.86	1.00	1.13	1.28	1.42	1.56	1.70	1.62	1.53	1.45	1.36	1.14
231	26	0.56	0.69	0.82	0.96	1.09	1.24	1.37	1.50	1.64	1.56	1.48	1.39	1.31	1.10
261	27	0.53	0.66	0.79	0.92	1.05	1.19	1.32	1.45	1.58	1.50	1.42	1.34	1.26	1.06
307	28	0.52	0.64	0.76	0.89	1.01	1.15	1.27	1.40	1.52	1.45	1.37	1.30	1.22	1.02
333	29	0.50	0.62	0.74	0.86	0.98	1.10	1.23	1.35	1.47	1.40	1.32	1.25	1.18	0.99
355	30	0.48	0.60	0.71	0.83	0.95	1.06	1.19	1.30	1.42	1.35	1.28	1.21	1.13	1.13
382	31	0.47	0.58	0.69	0.80	0.92	1.03	1.14	1.26	1.38	1.31	1.24	1.16	1.09	0.92
417	32	0.45	0.56	0.67	0.78	0.89	1.00	1.10	1.22	1.33	1.27	1.20	1.12	1.06	0.89

Fuente: Agribands Purina Perú S.A.