



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS  
INDUSTRIALES  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS



"FORMULACIÓN DE UN ALIMENTO BALANCEADO CON HARINA  
DE CHIA (*Salvia hispánica*) PARA TRUCHAS ARCO IRIS  
(*Oncorhynchus mykiss*), EN LA ETAPA DE  
ENGORDE Y DETERMINACIÓN DE  
COSTOS DE PRODUCCIÓN"

Miriam Senayda Castro Rafael

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Asesor de Tesis: M. Sc. Julio Rumualdo Gallegos Ramos  
Co-asesor: Dr. Sc. Rubén Wilfredo Jilapa Humpiri



Juliaca - Perú  
2022





UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS  
INDUSTRIALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS



“FORMULACIÓN DE UN ALIMENTO BALANCEADO CON HARINA  
DE CHIA (*Salvia hispánica*) PARA TRUCHAS ARCO IRIS  
(*Oncorhynchus mykiss*), EN LA ETAPA DE  
ENGORDE Y DETERMINACIÓN DE  
COSTOS DE PRODUCCIÓN”

Miriam Senayda Castro Rafael

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Asesor de Tesis: M. Sc. Julio Rumualdo Gallegos Ramos

Co-asesor: Dr. Sc. Rubén Wilfredo Jilapa Humpiri



Juliaca - Perú  
2022

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS**

**INDUSTRIALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS**

**ALIMENTARIAS**



**“FORMULACIÓN DE UN ALIMENTO BALANCEADO CON HARINA  
DE CHIA (*Salvia hispánica*) PARA TRUCHAS ARCO IRIS  
(*Oncorhynchus mykiss*), EN LA ETAPA DE  
ENGORDE Y DETERMINACIÓN DE  
COSTOS DE PRODUCCIÓN”**

**Miriam Senayda Castro Rafael**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Asesor de Tesis: M. Sc. Julio Rumualdo Gallegos Ramos**

**Co-asesor: Dr. Sc. Rubén Wilfredo Jilapa Humpiri**

**Juliaca – Perú**

**2022**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Castro, M. (2022), Formulación de un alimento balanceado con harina de chía (*Salvia hispánica*) para truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), en la etapa de engorde y determinación de costos de producción. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Juliaca.

**AUTOR:** Miriam Senayda Castro Rafael

**TÍTULO:** Formulación de un alimento balanceado con harina de chía (*Salvia hispánica*) para truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), en la etapa de engorde y determinación de costos de producción.

**PUBLICACIÓN:** Juliaca, 2022.

**DESCRIPCIÓN:** Cantidad de páginas (108 pp)

**NOTA:** Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias-  
Universidad Nacional de Juliaca.

**CÓDIGO:** 03-00009-03/C29

**NOTA:** Incluye bibliografía

**ASESOR DE TESIS:** M.Sc. Julio Rumualdo Gallegos Ramos

**CO-ASESOR DE TESIS:** Dr.Sc. Rubén Wilfredo Jilapa Humpiri

**PALABRAS CLAVES:**

Alimento balanceado, trucha arco iris, biometría, pigmentación, costo de producción.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**

**“FORMULACIÓN DE UN ALIMENTO BALANCEADO CON HARINA DE  
CHIA (*Salvia hispánica*) PARA TRUCHAS ARCO IRIS  
(*Oncorhynchus mykiss*), EN LA ETAPA DE  
ENGORDE Y DETERMINACIÓN DE  
COSTOS DE PRODUCCIÓN”  
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Presentada por:

**Miriam Senayda Castro Rafael**

Mg. Tania Jakeline Choque Rivera

PRESIDENTE DE JURADO



M.Sc. Lenin Quille Quille

JURADO (secretario)



2° MIEMBRO

Mg. Carlos Ricardo Hanco Cervantes

JURADO (Vocal)



3° MIEMBRO



M. Sc. Julio Rumualdo Gallegos Ramos  
ASESOR DE TESIS



Dr.Sc. Rubén Wilfredo Jilapa Humpiri  
CO-ASESOR DE TESIS

## DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, brindarme sabiduría, seguridad, paciencia y ser mi guía.

A mi querida madre, VIOLETA, por su abnegado sacrificio, apoyo incondicional y sabios consejos a lo largo de mi vida y formación profesional. A ella con todo el amor, cariño y eterno agradecimiento, es la razón de mis logros.

A mi padre, BASILIO, por cuidarme, protegerme desde el cielo, por iluminar mi camino y ser parte de lo que soy ahora.

A mi hermanito, WILLIAM, por estar apoyándome siempre en el proceso de la ejecución de mi tesis.

A mis Docentes de la Universidad por haberme brindado conocimientos durante mi formación académica como profesional.

A mis amigos y compañeros, en especial, a Yimy por estar apoyándome en las buenas y en las malas.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de Juliaca, por ser mi alma máter, en especial, a la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, por brindarme conocimientos en mi desarrollo y formación profesional.

A la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNAP.

A la Asociación de Productores de Trucha Agente Económico Organizado Villa Socca – Ácora.

Al mi asesor M.Sc. Julio Rumualdo Gallegos Ramos, por su apoyo durante el desarrollo de la investigación.

A mi co-asesor Dr.Sc. Rubén Wilfredo Jilapa Humpiri, por su gran apoyo, paciencia, enseñanzas y motivación durante el proceso de la ejecución de esta investigación.

A los jurados Mg. Tania Jakeline Choque Rivera, M.Sc. Lenin Quille Quille, Mg. Carlos Ricardo Hanco Cervantes, quienes aportaron con sus conocimientos en la elaboración de esta investigación.

# ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos.....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES.....	4
2.2. TRUCHA ARCO IRIS.....	6
2.2.1. Generalidades.....	6
2.2.2. Características taxonómicas.....	7
2.2.4. Frecuencia de alimentación.....	8
2.2.5. Parámetros para la crianza de truchas.....	9
2.3. CALIDAD DE AGUA.....	10
2.3.1. Oxígeno.....	10
2.3.2. Temperatura.....	10

2.3.3.	Ph	11
2.3.4.	Dióxido de carbono	11
2.3.5.	Alcalinidad	11
2.4.	PARÁMETROS PRODUCTIVOS	11
2.4.1.	Biometría	11
2.4.2.	Conversión alimenticia	12
2.4.3.	Tasa de alimentación	12
2.4.4.	Producción	12
2.5.	NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN	13
2.6.	ASPECTOS IMPORTANTES SOBRE EL ALIMENTO BALANCEADO	14
2.7.	REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA LAS TRUCHAS	14
2.7.1.	Proteínas	14
2.7.2.	Lípidos	15
2.7.3.	Carbohidratos	15
2.7.4.	Minerales	16
2.7.5.	Vitaminas	16
2.8.	ALIMENTO BALANCEADO	17
2.9.	COMPONENTES DEL ALIMENTO BALANCEADO	19
2.9.1.	Harina de pescado	19
2.9.2.	Harina de chía	20
2.9.3.	Harina de soya	21
2.9.4.	Harina de trigo	21
2.9.5.	Aceite de soya	21
2.10.	MÉTODOS DE FORMULACIÓN EN LOS ALIMENTOS BALANCEADOS	21
2.10.1.	Método de Pearson modificado	22
2.10.2.	Método de formulación computarizada	22
2.10.3.	Programación lineal	23

2.10.4. Programación no lineal.....	23
2.11. PIGMENTACIÓN EN LAS TRUCHAS.....	23
2.11.1. Pigmentación en la carne de las truchas .....	23
2.11.2. Astaxantina.....	24
2.11.3. Medición del color en las truchas.....	25
2.12. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS EN LAS TRUCHAS.....	26
2.12.1. Humedad.....	26
2.12.2. Proteína.....	26
2.12.3. Grasas .....	26
2.12.4. Cenizas .....	27
2.13. COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	27
2.13.1. Costos indirectos .....	28

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DEL ESTUDIO.....	29
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	29
3.3. MATERIA PRIMA, MATERIALES Y REACTIVOS .....	29
3.3.1. Materia prima e insumos .....	29
3.3.2. Materiales .....	30
3.3.3. Materiales de vidrio.....	30
3.3.4. Reactivos .....	31
3.3.5. Equipos e instrumentos.....	31
3.4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	32
3.4.1. Formulación de alimento balanceado para las truchas .....	32
3.4.2. Evaluación del índice de biometría y pigmentación de la trucha arco iris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	32
3.4.3. Determinación de costos de producción del alimento balanceado .....	33

3.5.	DISEÑO EXPERIMENTAL .....	33
3.6.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	33
3.6.1.	Formulación del alimento balanceado .....	33
3.6.2.	Evaluación del índice de biometría y pigmentación.....	33
3.6.3.	Análisis proximal del alimento balanceado y las truchas.....	33
3.6.4.	Evaluación de las formulaciones .....	34
3.7.	HIPÓTESIS.....	35
3.7.1.	Hipótesis general .....	35
3.7.2.	Hipótesis específicas .....	35

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1.	FORMULACIÓN DEL ALIMENTO BALANCEADO PARA TRUCHAS ARCO IRIS ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) .....	36
4.1.1.	Análisis proximal en los alimentos balanceados .....	38
4.2.	EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE BIOMETRÍA Y PIGMENTACIÓN DE LAS TRUCHAS ARCO IRIS ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	42
4.2.1.	Evaluación de la talla con respecto a los días en las truchas en etapa de engorde .....	42
4.2.2.	Evaluación del peso con respecto a los días en las truchas en etapa de engorde .....	45
4.2.3.	Evaluación de la pigmentación con respecto a los días en las truchas en etapa de engorde	48
4.2.4.	Análisis proximal de las truchas.....	50
4.3.	DETERMINACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LOS ALIMENTOS BALANCEADOS .....	53

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES .....	55
5.2. RECOMENDACIONES .....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	57
ANEXOS.....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Alimentación de las truchas de acuerdo al estadio de crecimiento, según la talla y el peso.....	9
Tabla 2: Características fisicoquímicas del agua para la crianza de las truchas.....	9
Tabla 3: Principales regiones productoras de trucha en TM, en los años (2014 – 2019).....	13
Tabla 4: Venta interna de las truchas, 2019 (TM).....	13
Tabla 5: Requisitos fisicoquímicos del alimento balanceado para las truchas.....	19
Tabla 6: Matriz del diseño estadístico .....	34
Tabla 7: Formulación 1 con sustitución del 00 por ciento de harina de chíá .....	36
Tabla 8: Formulación 2 con sustitución del 20 por ciento de harina de chíá .....	37
Tabla 9: Formulación 3 con sustitución del 30 por ciento de harina de chíá .....	37
Tabla 10: Análisis fisicoquímico de los alimentos balanceados con 00, 20 y 30 por ciento de sustitución de harina de chíá.....	38
Tabla 11: Característica de las truchas al inicio de la investigación .....	42
Tabla 12: Talla de las truchas arco iris alimentados con 00, 20 y 30 por ciento de harina de chíá .....	42
Tabla 13: Peso de la trucha arco iris alimentados con 00, 20 y 30 por ciento de harina de chíá .....	45
Tabla 14: Evaluación cualitativa de la pigmentación en la carne de la trucha según la regla colorimétrica Salmo Fan de Roche.....	48
Tabla 15: Análisis fisicoquímico de la trucha al final del estudio, alimentados con formulaciones de 00, 20 y 30 por ciento de harina de chíá .....	51
Tabla 16: Costos de los alimentos balanceados para la etapa de engorde.....	53
Tabla 17: Precio de los alimentos balanceados expendidos en la región de Puno para la etapa de engorde con pigmento .....	54
Tabla 18: Análisis de ANOVA para el porcentaje de humedad de los alimentos balanceados	74
Tabla 19: Prueba de LSD para el porcentaje de humedad de los alimentos balanceados .....	74
Tabla 20: Análisis de ANOVA para el porcentaje de proteínas de los alimentos balanceados	74
Tabla 21: Prueba de LSD para el porcentaje de proteínas de los alimentos balanceados .....	74
Tabla 22: Análisis de ANOVA para el porcentaje de grasas de los alimentos balanceados .....	75

Tabla 23: Prueba de LSD para el porcentaje de grasas de los alimentos balanceados .....	75
Tabla 24: Análisis de ANOVA para el porcentaje de cenizas de los alimentos balanceados ...	75
Tabla 25: Prueba de LSD para el porcentaje de cenizas de los alimentos balanceados .....	75
Tabla 26: Análisis de ANOVA para el porcentaje de carbohidratos de los alimentos balanceados .....	76
Tabla 27: Prueba de LSD para el porcentaje de carbohidratos de los alimentos balanceados ..	76
Tabla 28: Análisis de ANOVA para el porcentaje de energía de los alimentos balanceados ...	76
Tabla 29: Prueba de LSD para el porcentaje de energía de los alimentos balanceados .....	76
Tabla 30: Análisis de ANOVA para el porcentaje de humedad en las truchas al inicio de la investigación.....	77
Tabla 31: Prueba de LSD para el porcentaje de humedad al inicio de la evaluación de truchas .....	77
Tabla 32: Análisis de ANOVA para el porcentaje de proteínas al inicio de la evaluación de truchas.....	77
Tabla 33: Prueba de LSD para el porcentaje de proteínas al inicio de la evaluación de truchas .....	77
Tabla 34: Análisis de ANOVA para el porcentaje de grasas al inicio de la evaluación de truchas .....	78
Tabla 35: Prueba de LSD para el porcentaje de grasas al inicio de la evaluación de truchas ...	78
Tabla 36: Análisis de ANOVA para el porcentaje de cenizas al inicio de la evaluación de truchas .....	78
Tabla 37: Prueba de LSD para el porcentaje de cenizas al inicio de la evaluación de truchas .	78
Tabla 38: Análisis de ANOVA en la talla de truchas para diferentes formulaciones 00, 20 y 30 por ciento .....	79
Tabla 39: Prueba de LSD en la talla de truchas para diferentes formulaciones 00, 20 y 30 por ciento .....	79
Tabla 40: Análisis de ANOVA en el peso de truchas para diferentes formulaciones 00, 20 y 30 por ciento .....	79
Tabla 41: Prueba de LSD en el peso de truchas para diferentes formulaciones 00, 20 y 30 por ciento .....	80

Tabla 42: Análisis de ANOVA en la pigmentación de truchas para diferentes formulaciones 00, 20 y 30 por ciento .....	80
Tabla 43: Prueba de LSD en la pigmentación de truchas para diferentes formulaciones 00, 20 y 30 por ciento .....	80
Tabla 44: Análisis de ANOVA para el porcentaje de humedad de la trucha al finalizar la investigación.....	81
Tabla 45: Prueba de LSD para el porcentaje de humedad de la trucha al finalizar la investigación .....	81
Tabla 46: Análisis de ANOVA para el porcentaje de proteínas de la trucha al finalizar la investigación.....	81
Tabla 47: Prueba de LSD para el porcentaje de proteínas de la trucha al finalizar la investigación .....	81
Tabla 48: Análisis de ANOVA para el porcentaje de grasas de la trucha al finalizar la investigación.....	82
Tabla 49: Prueba de LSD para el porcentaje de grasas de la trucha al finalizar la investigación .....	82
Tabla 50: Análisis de ANOVA para el porcentaje de cenizas de la trucha al finalizar la investigación.....	82
Tabla 51: Prueba de LSD para el porcentaje de cenizas de la trucha al finalizar la investigación .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Ciclo biológico de la trucha arco iris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) .....	7
<i>Figura 2.</i> Método de Pearson modificado y aplicado en la acuicultura .....	22
<i>Figura 3:</i> Molécula de astaxantina .....	25
<i>Figura 4.</i> Medición de color con la regla Salmo Fan de roche en la carne de la trucha .....	26
<i>Figura 5.</i> Diseño experimental de la formulación y evaluación de la trucha arco iris en la etapa de engorde.....	34
<i>Figura 6.</i> Gráfico de la evolución de la talla obtenido en las muestras de truchas .....	43
<i>Figura 7.</i> Evolución del peso en la trucha arco iris con diferentes formulaciones .....	46
<i>Figura 8.</i> Gráfico de evaluación en la pigmentación de la carne de trucha según la regla Salmo Fan de Roche .....	49

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Imágenes del proceso de elaboración del alimento balanceado y las truchas (Oncorhynchus mykiss).....	63
Anexo 2: Tabla de alimentación para truchas de diferentes tallas mantenida en diferentes temperaturas (Kg. de alimento por 100 kg de peces/día) .....	67
Anexo 3: Diagrama de flujo de la elaboración del alimento balanceado para las truchas .....	68
Anexo 4: Metodologías para la determinación de la composición proximal .....	69
Anexo 5: Análisis fisicoquímico del alimento balanceado y las truchas realizadas con sus respectivas repeticiones .....	72
Anexo 6: Análisis de varianza y pruebas de LSD de los datos obtenidos en los alimentos balanceados y las truchas.....	74
Anexo 7: Costos de producción del alimento balanceado y la trucha .....	83

## RESUMEN

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) es una especie que tuvo una buena adaptación en las zonas altoandinas. Esto implica el reto de alimentar y mejorar el color de la carne de acuerdo a la demanda del mercado. El objetivo de la investigación fue formular un alimento balanceado para truchas arco iris en la etapa de engorde y, al mismo tiempo, determinar los costos de producción. Para ello, el alimento se formuló con 00, 20 y 30 por ciento de harina de chía, esto con la ayuda del programa Solver, teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales. Se trabajó con 84 truchas, cada una de ellas, con un peso promedio de 157g y una longitud promedio de 24.3 cm. Seguidamente, se evaluó la biometría y el grado de pigmentación haciendo un control cada 10 días durante 60 días; luego, se calcularon los costos de producción del alimento balanceado de las fórmulas. Los resultados obtenidos de las truchas alimentadas, según la formulación uno, tuvieron una talla final de 31.10 cm con una ganancia de 6.87cm; según la formulación dos, tuvieron una talla final de 32.07 cm con una ganancia de 7.84 cm y, según la formulación tres, obtuvieron una talla de 30.77 cm con una ganancia de 6.54 cm. En cuanto al peso, las truchas alimentadas con la formulación uno, tuvieron un peso final de 350 g con una ganancia de 193 g, con la formulación dos, tuvieron un peso final de 360 g con una ganancia de 203 g y, con la formulación tres, obtuvieron un peso final de 340 g con una ganancia de 183 g. Con respecto a la pigmentación, las truchas alimentadas con la formulación uno, mostraron una pigmentación final de 24.7, según la formulación dos, presentaron una pigmentación final de 26 y, mediante la formulación tres, registraron una pigmentación final de 23.3, según la escala de Salmo Fan de Roche. Por otro lado, el costo de producción del alimento balanceado por kilogramo, en la formulación uno, es de S/. 3.73; en la formulación dos, es de S/. 5.25 y en la formulación tres, es de S/. 6.01. Finalmente, en comparación a las formulaciones uno y tres, la formulación dos obtuvo mejores resultados con respecto al peso, longitud y pigmentación, pudiendo así atribuir una buena calidad de los insumos y formulación en los alimentos balanceados.

**Palabras claves:** Alimento balanceado, trucha arco iris, biometría, pigmentación, costos de producción.

## ABSTRACT

Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) is a species that has adapted well to high Andean areas. This implies the challenge of feeding and improving the color of the meat according to market demand. The objective of the research was to formulate a balanced feed for rainbow trout in the fattening stage and, at the same time, to determine production costs. For this purpose, the feed was formulated with 00, 20 and 30 percent chia meal, with the help of the Solver program, taking into account the nutritional requirements. We worked with 84 trout, each with an average weight of 157 g and an average length of 24.3 cm. The biometry and degree of pigmentation were then evaluated with a control every 10 days for 60 days; then, the production costs of the balanced feed of the formulas were calculated. The results obtained from the trout fed, according to formulation one, had a final size of 31.10 cm with a gain of 6.87 cm; according to formulation two, they had a final size of 32.07 cm with a gain of 7.84 cm and, according to formulation three, they obtained a size of 30.77 cm with a gain of 6.54 cm. Regarding weight, trout fed with formulation one, had a final weight of 350 g with a gain of 193 g, with formulation two, they had a final weight of 360 g with a gain of 203 g and, with formulation three, they obtained a final weight of 340 g with a gain of 183 g. With respect to pigmentation, trout fed with formulation one showed a final pigmentation of 24.7, with formulation two a final pigmentation of 26 and with formulation three a final pigmentation of 23.3, according to the Roche Salmo Fan scale. On the other hand, the production cost of the balanced feed per kilogram, in formulation one, is S/. 3.73; in formulation two, it is S/. 5.25 and in formulation three, it is S/. 6.01. Finally, in comparison to formulations one and three, formulation two obtained better results with respect to weight, length and pigmentation, thus being able to attribute a good quality of the inputs and formulation in the balanced feed.

**Key words:** Feed, rainbow trout, biometry, pigmentation, production costs.

## INTRODUCCIÓN

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) es una especie perteneciente a la familia salmonidae y en el año 2016 el departamento de Puno se ha convertido en el principal productor de esta trucha con más de 43 000 toneladas, que representa más del 80% de la producción nacional (PRODUCE, 2018). El éxito de la crianza de trucha depende de la eficiencia del alimento y este está directamente relacionada con la cantidad y calidad del alimento suministrado (FONDEPES, 2014). Para la alimentación de la trucha se desea encontrar la formulación adecuada con el fin de maximizar las tasas de crecimiento y el tiempo adecuado para alcanzar el peso requerido; asimismo, disminuir el tiempo de inversión y los gastos que se generan durante su crecimiento. En la formulación de alimento balanceado se debe tener en cuenta la composición de ingredientes, materias primas y suplementos que deben ser correctamente balanceados para el aporte de los nutrientes, con el fin de lograr una buena rentabilidad (Victoria & Landines, 2019). Los nutrientes y su palatabilidad tienen mucha relación con la apariencia y el color de su carne, rasgos que determinan la aceptación del consumidor y el precio en el mercado, es por ello que se utiliza la astaxantina, que es el responsable de la coloración naranja a rojo (Allen, 2015).

El costo más alto de la producción de truchas es el alimento balanceado, que representa el 70 por ciento. Hay que resaltar que el principal insumo es la harina de pescado que tiene un costo de 50 por ciento y el 20 por ciento que corresponde al pigmento (Eguia, 2017). Por otro lado, Allen (2015) indica que los carotenoides sintéticos son caros y representan el 15 a 20 por ciento del costo total de la alimentación para la acuicultura de los salmónidos.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La trucha es un producto hidrobiológico con mayor renombre en la región de Puno, se caracteriza por tener mayor demanda en el mercado, mejor valor nutricional y por su contenido de omegas 3 y 6, propiedades que incentivan al consumo de este salmónido (FONDEPES, 2014). La formulación de los alimentos balanceados en la acuicultura genera preocupaciones, uno de ellos es que la harina de pescado genera impactos negativos como son los nitritos, el dióxido de carbono y esto representa costos elevados; por ello, se busca desarrollar soluciones innovadoras que contribuyan al medio ambiente. Por otro lado, la harina de soya tiene anti nutrientes que afecta al crecimiento y la salud de los peces, por eso se sustituye parcialmente con la harina de chíá debido a que aporta el 20 por ciento de proteínas y 40 por ciento de aceites, sobre todo, por su alta concentración de antioxidantes que no permite la oxidación de las grasas.

En cuanto a la producción de trucha en la etapa de engorde, cada vez se busca mejorar el peso, la talla, la pigmentación y, sobre todo, que el alimento sea eficiente y que beneficie en la alimentación del consumidor. Los requerimientos de la trucha en la etapa de engorde, deben tener 40 por ciento de proteína como mínimo y 8 por ciento de grasa como mínimo Norma Técnica Peruana (NTP 209.255, 2009). Muchos productores buscan minimizar el tiempo de pigmentación adicionando exorbitantes porciones de astaxantina, lo cual genera un costo adicional; lo que DSM, (2015) recomienda es 80 ppm, puesto que solo es asimilado el 20 por ciento de astaxantina, en vista de que el consumidor requiere truchas con pigmentaciones atractivas y un tamaño adecuado para su comercialización. Por otro lado, es muy importante la apariencia del producto, ya que es uno de los principales criterios en los que los consumidores se basan para elegir y adquirirlos.

El aspecto económico está sujeto principalmente a los niveles de producción, costo del alimento balanceado, mano de obra, la capacitación técnica adquirida por el productor, entre otros; muchos de los productores desconocen acerca del consumo de alimento y del costo que generan alimentar sus truchas.

Es por ello que se realizó las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál será la formulación adecuada con el porcentaje de harina de chíá para truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la etapa de engorde?
- ¿Cuál será el índice de biometría y pigmentación de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la etapa de engorde?
- ¿Cuál será los costos de producción del alimento balanceado para la etapa de engorde?

## **1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1.1. Objetivo general**

- Formular un alimento balanceado para truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la etapa de engorde y determinar los costos de producción.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Formular un alimento balanceado con sustitución de 00, 20 y 30 por ciento de harina de chíá para truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la etapa de engorde.
- Evaluar el índice de biometría y pigmentación en truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la etapa de engorde alimentadas con sustituciones de harina de chíá de 00, 20 y 30 por ciento.
- Determinar el costo de producción de los alimentos balanceados con sustituciones de harina de chíá de 00, 20 y 30 por ciento.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

En los últimos años se ha observado una creciente preocupación por la alimentación de las truchas y el costo de los mismos. Los productores, tienen deficiencias en la formulación de alimentos balanceados, capacitaciones en elaboración de los mismos, entre otros factores, ya que, en la actualidad, existe información limitada sobre las formas de optimizar el procesamiento de los alimentos balanceados, el conocimiento de los requerimientos de nutrientes y la eficiencia económica. A medida que se va investigando los ingredientes se va incorporando tecnologías emergentes. Es por ello que se realizó esta investigación que tiene por objetivo utilizar harina de chía y, posterior a ello, evaluar el comportamiento del alimento balanceado en las truchas, para mejorar y generar ganancias en el peso, la talla y tener mejor fijación del pigmento. Estos alimentos aportan proteína, ácidos grasos como es el linolénico que cumple un rol muy importante como el de ser un antioxidante, lo cual evita el enranciamiento del alimento balanceado y la desnaturalización del pigmento. Hay estudios donde indican que los alimentos balanceados, que son elaborados a partir de vegetales, reducen el impacto en el medio ambiente. Con esta formulación se pretende obtener mejores tasas de crecimiento como la talla, el peso y la pigmentación (Astaxantina) en la carne de la trucha que tiene mucha relevancia para el consumidor, debido a que está asociado a un mejor sabor, textura y calidad.

La necesidad de obtener productos de buena calidad en el menor tiempo posible y con costos económicamente viables, es lo que se busca en el sector acuícola. La alimentación representa el costo principal, lo que conlleva a reducir los costos de producción, minimizar los impactos ambientales y reducir nuestra dependencia de los ingredientes de los alimentos. Los datos obtenidos en la investigación servirán como aporte para los productores y asociaciones de truchas; además, será de sugerencia para las diferentes plantas de piensos y criaderos en la región de Puno para revalorar el consumo de la trucha arco iris.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

Según Enaro (2019), plantea en su estudio evaluar el desempeño productivo y el grado de pigmentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentados con alimentos balanceados comerciales Skretting y Salmofood, por un periodo de 95 días. Estos peces iniciaron con un peso promedio de  $143.39 \pm 27,98$  g y cada 15 días se realizó las biometrías para evaluar el desempeño productivo y la pigmentación. El peso final para las truchas alimentadas con el alimento balanceado Salmofood fue significativamente superior con  $531.47 \pm 135.45$  g; en cuanto a la pigmentación fue mayor a 24 según la regla estandarizada Salmo fan. A través de este estudio, se concluye que el mejor alimento para las truchas es Salmofood.

Carrillo et al., (2018) realizó el efecto del crecimiento y otros parámetros fisiológicos juveniles en la trucha arco iris alimentadas con alimentos balanceados elaborados a base de gluten de maíz como sustituto de harina de pescado. Durante 90 días se administraron tres alimentos balanceados con sustituciones de 50, 75 y 100 por ciento de gluten de maíz (G50, G75 y G100 por ciento); las truchas iniciaron con un peso inicial de  $14.7 \pm 0.2$  g. En el estudio, se observó una disminución en el crecimiento (ganancia en peso y tasa de crecimiento) conforme aumentó el gluten de maíz en el alimento balanceado, presentaron un contenido significativamente menor de proteína en el tejido muscular. El aumento de gluten de maíz incrementó el consumo de oxígeno y la excreción de nitrógeno amoniacal, pero no afectó al número de linfocitos ni la actividad de macrófagos.

La investigación realizada, por Yapuchura *et al.*(2018), consistió en evaluar la eficiencia de las marcas de alimentos disponibles en el mercado, donde identificó los puntos de interés a partir de curvas de crecimiento, estructura de costos y rentabilidad. En los resultados del factor

de conversión alimenticia, se interpretan como la cantidad de alimento (kg) necesario para convertir a 1.0 kg de trucha fresca. Se observa que el T2, es más óptimo seguidos por T3; T4; T5 y T1, las diferencias observadas como las características de las marcas de alimento. Se observa que la estructura de costos tiene un alto componente de costos variables (78 por ciento del costo total), en base al costo total y la producción total de trucha fresca. El costo unitario fue de S/8.39 por kg, mientras que el ingreso total fue calculado como el valor de venta de la producción total a precios del productor (S/ 10.00 por kg) en la ciudad de Puno. El análisis del incremento de 10 por ciento en el precio de los alimentos, el beneficio neto redujo drásticamente a 41 por ciento, mientras que un incremento del 25 por ciento hizo que la economía deje de ser rentable.

En el estudio presentado por Salazar, Falcon, Gonzales & Choy (2008), se determinó el costo óptimo de la fabricación con la sustitución de los subproductos de trigo por harina de jora en alimentos balanceados para el crecimiento de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Se probaron tres tratamientos (formulaciones con 00, 10 y 30 por ciento de sustitución de los subproductos del trigo) en truchas con peso inicial promedio de 48.8 gr y talla promedio de 15cm durante 110 días. El costo de alimento por kg de ganancia de peso fue de S/. 6.12 para T1, S/.3.37 para T2 y S/. 2.86 para T3. El factor de conversión del alimento disminuyó al aumentar el porcentaje de sustitución de la jora y el alimento balanceado que contenía 30 por ciento de harina de jora fue la que presentó mejor resultado de crecimiento de las truchas con respecto al tratamiento sin sustitución. El costo de fabricación mensual del tratamiento T3 fue de S/. 61322,07, para 22 mil kg de alimento balanceado. El tratamiento estadístico demostró que existen diferencias significativas entre los tres tratamientos.

En el artículo presentado por Pokniak *et al.*(2001), se evaluó el grado de pigmentación, coloración, costo económico y la respuesta productiva de truchas arco iris frente a dos niveles de astaxantina (AXT) en alimentos balanceados. En el color, la pigmentación de los filetes de las truchas y el porcentaje de retención del pigmento, se observó diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ). En el color, entre los tratamientos, la pigmentación fue a favor del tratamiento testigo ( $p \leq 0,05$ ).

## **2.2. TRUCHA ARCO IRIS**

### **2.2.1. Generalidades**

La trucha “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*) es una especie originaria de las costas del Pacífico de América del Norte, debido a su fácil adaptación al cautiverio, su crianza ha sido difundida en casi todo el mundo. Se encuentra distribuida en Argentina, Brasil, Bolivia Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. La introducción de esta especie en el Perú fue en el año 1928 y en 1941 fueron transportadas 25,000 huevos de trucha desde la Estación Piscícola El Ingenio a la Estación Piscícola de Chucuito – Puno (PRODUCE, 2004).

La trucha se caracteriza por tener el cuerpo cubierto con finas escamas y es de forma alargada; la coloración de la trucha varía de acuerdo al ambiente en que vive, edad, estado de maduración sexual y otros factores. Su denominación se debe a la presencia de una franja de diferentes tonalidades de color, con predominio de una franja rojiza sobre la línea lateral en ambos lados del cuerpo (CEDEP, 2009). Por otro lado, la trucha arco iris tiene mayor docilidad, tolerancia y adaptación a densidades poblacionales, es menos agresivo que otras especies (Ortiz, 2015). Es un pez de hábito carnívoro y se alimenta en la naturaleza de presas vivas, como insectos en estado larvario, moluscos, crustáceos, gusanos, renacuajos y peces pequeños (FONDEPES, 2004). La trucha alcanza un tamaño para el mercado local de 400 a 650 gramos en 10 a 13 meses desde el momento de la eclosión (Le Francois *et al.*, 2010). Las truchas que mayor se comercializan son truchas con un peso de 250 gramos hasta 500 gramos, es más rentable.

### 2.2.2. Características taxonómicas

A continuación se muestra la clasificación taxonómica para la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), según el Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES, 2004):

Reino: Animalia

Sub reino: Metazoa

Phylum: Chordata

Sub Phylum: Vertebrata

Orden: Clupeiforme

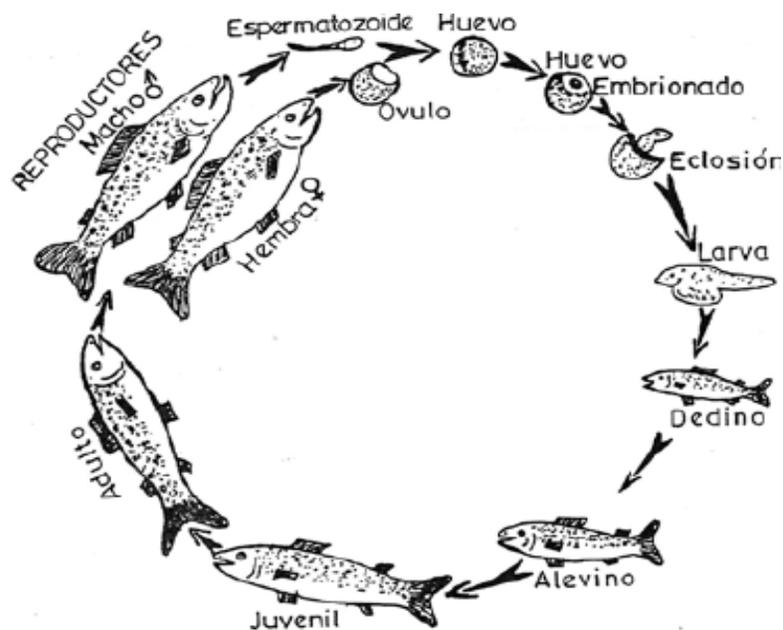
Familia: Salmonidae

Género: *Oncorhynchus*

Especie: *Oncorhynchus mykiss*

Nombre Común: Trucha Arco Iris

### 2.2.3. Ciclo biológico de la trucha



**Figura 1.** Ciclo biológico de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)

Fuente: (PRODUCE, 2010).

En la etapa de crecimiento las truchas alcanzan una longitud de 23 cm en promedio y un peso aproximado de 150 gramos; este desarrollo tarda unos 2 meses (Victoria & Landines, 2019). Por otro lado, PRODUCE (2019) indica que la longitud de la trucha es de 17 cm con peso promedio de 12 a 68 gramos y su alimento posee 42 por ciento de proteína como mínimo, para truchas en estado juvenil. El calibre de pellet es de 4.0x4.0 mm, según el crecimiento de los peces (Cuarite, 2015).

En la etapa de acabado FONDEPES (2004), indica que las truchas alcanzan el tamaño comercial a partir de 17.5 a 30 cm con un peso aproximado por 337.5 gramos y están orientados al mercado zonal, local y regional. En esta etapa su duración es de 5 meses, depende mucho de la talla comercial que se quiera cosechar, el periodo de cultivo desde la siembra inicial es de 13 meses en promedio. Mientras Llerena (2012) indica que la etapa de engorde empieza desde 17cm para obtener una talla comercial de 25 a 30 cm de longitud total, con peso aproximado de 250 a 330 gramos. En esta fase, los animales son alimentados con alimento balanceado tipo engorde que contiene alrededor de 35 a 40 por ciento de proteína. En esta etapa, se puede suministrar al alimento acabado con pigmento especial, con la finalidad de dar la coloración salmonada a la carne de la trucha o puede ser sin pigmentarla, ya depende de las necesidades del mercado (PRODUCE, 2019).

#### **2.2.4. Frecuencia de alimentación**

La frecuencia de alimentación es el número de veces por día que se debe suministrar el alimento a los peces. Normalmente, se divide la cantidad de alimento calculado para cada día en varias raciones; la frecuencia de alimentación está en función de la talla del pez y el método recomendado, debiéndose alimentar en seis días la cantidad de alimento de siete días (FONDEPES, 2004). Por otro lado, Allen (2015) indica que la alimentación de los peces se puede ajustar mediante una variedad de técnicas.

**Tabla 1: Alimentación de las truchas de acuerdo al estadio de crecimiento, según la talla y el peso**

<b>Estadio</b>	<b>Talla</b>	<b>Veces por día</b>	<b>Alimento</b>
<b>Alevines</b>	5 – 7 cm	04 veces al día	Inicio
	7 – 10 cm	03 veces al día	Crecimiento I
<b>Juveniles</b>	10 – 13 cm	03 veces al día	Crecimiento I
	13 – 18 cm	03 veces al día	Crecimiento II
<b>Adultos</b>	18 cm a +>	02 veces al día	Acabado/ Engorde
	30 días antes de la venta	02 veces al día	Acabado

Fuente: (Cuarite, 2015).

### **2.2.5. Parámetros para la crianza de truchas**

La interrelación óptima de los diferentes factores de crianza en un centro de producción truchícola, nos permitirá lograr un crecimiento uniforme, mínima mortandad, buena conversión alimenticia y menor tiempo de crianza (PRODUCE, 2010).

Las propiedades físicas como temperatura, pH, oxígeno, transparencia, turbidez, etcétera, pueden estar sometidas a variaciones bruscas por la influencia de factores externos, fundamentalmente climáticos (CEDEP, 2009).

En la tabla 2 se muestran los valores de los parámetros fisicoquímicos del agua, necesario para un adecuado desarrollo de la trucha (PRODUCE, 2019).

**Tabla 2: Características fisicoquímicas del agua para la crianza de las truchas**

<b>Características</b>	<b>Rangos permisibles</b>	<b>Rangos óptimos</b>
Temperatura (°C)	6 – 18	10 – 15
pH	6.6 – 8	6 – 8.5
Oxígeno Disuelto (ppm)	6 – 10	6 – 8.5
Anhidrido Carbónico (ppm)	0 – 4	0 – 2
Dureza Total (ppm)	50 – 250	50 – 250
Alcalinidad Total (ppm)	150– 180	150– 180

Fuente: PRODUCE, (2019).

## **2.3. CALIDAD DE AGUA**

La calidad de agua es fundamental para mantener vivos a los peces u otros organismos acuáticos, por ello, debe mantenerse la calidad sanitaria necesaria para su desarrollo: es un requisito contar con agua de buena calidad (FONDEPES, 2004). La cantidad y calidad del agua determinan el éxito o el fracaso de la actividad truchícola. En cuanto a calidad del agua, ésta se cuantifica a partir de la determinación de los factores físico-químicos como: temperatura, oxígeno, turbidez, pH y amonio, los mismos que hacen favorables o desfavorables el crecimiento de la trucha desde un punto de vista técnico y económico (FONDEPES, 2014).

### **2.3.1. Oxígeno**

La trucha tiene altas exigencias con el oxígeno, es decir, si no hay buena cantidad de oxígeno disuelto en el agua, las truchas pueden enfermarse o morir. La cantidad o el caudal de la fuente de agua que se va utilizar debe medirse en la época seca, esto para conocer cuál es el mínimo caudal disponible, ya que también va a depender del número de trucha (FAO, 2014).

Los peces como todo ser viviente necesitan del oxígeno para vivir, estos captan el oxígeno disuelto en el agua mediante las branquias, el mismo que es transferido a la sangre y luego al corazón y este lo bombea al torrente sanguíneo. La cantidad de oxígeno disuelto captado por el pez en el agua está influenciado por la fluctuación de la temperatura del agua, presión atmosférica y sales disueltas que contenga el agua; a mayor temperatura menor cantidad de oxígeno, a menor presión atmosférica menor cantidad de oxígeno (FONDEPES, 2014). Por otro lado, uno de los factores más importantes es la temperatura que está directamente relacionado con el oxígeno disuelto en el agua: a temperaturas altas, el oxígeno disuelto es menor que a temperaturas bajas (Cuarite, 2015).

### **2.3.2. Temperatura**

La trucha, al igual que las demás especies, no tiene una capacidad de regular la temperatura y esto depende del medio acuático en el que vive. El rango permisible de la temperatura del agua para el engorde de truchas fluctúa entre 11 a 16 °C, teniendo el óptimo en las temperaturas superiores del rango 15 a 16°C, es decir, a temperaturas menores del rango se prolonga el periodo de crecimiento y a temperaturas mayores del rango existe riesgo de propagación de enfermedades (FONDEPES, 2014). La FAO (2014), indica que la temperatura del agua es muy importante porque regula el crecimiento de los peces, ya que estos no tienen

capacidad propia para regular su temperatura corporal. Si la temperatura es muy baja el crecimiento es lento, si la temperatura es más alta el desarrollo es más rápido; para ello, es recomendable realizar tres mediciones de temperatura en diferentes horarios para sacar un promedio y obtener datos reales de la temperatura diaria.

### **2.3.3. pH**

El pH que se muestra, ligeramente alcalino, es más conveniente para la crianza y desarrollo de las truchas entre 7 y 8, es el óptimo. Sin embargo, cuando el pH del agua es mayor a 9, se debe descartar para la crianza de la trucha ya que no es compatible con la vida de los peces. De la misma forma, con las aguas ácidas con pH inferior a 6 deben evitarse, ya que, si se tiene niveles inferiores a 6.5, pueden producir hemorragias en las branquias de las truchas y causar mortandad elevada (FONDEPES, 2014). Según FAO (2014), las mediciones rápidas y menos costosas, se pueden realizar mediante las tiras de papel indicador; se debe introducir el papel en el agua y comparar el color obtenido con los colores del instructivo, esto para determinar el PH del agua.

### **2.3.4. Dióxido de carbono**

Es el producto de la respiración de los peces y plantas, así como de la descomposición de la materia orgánica. En la truchicultura no es recomendable que la concentración de dióxido de carbono exceda los 6 ppm (FONDEPES, 2004).

### **2.3.5. Alcalinidad**

Se refiere a la presencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, los cuales causan que el agua sea alcalina. Los carbonatos y bicarbonatos tamponan el agua lo cual ayuda a mantener el pH constante; el rango adecuado para la crianza de truchas, oscila de 80 a 180 ppm (FONDEPES, 2014).

## **2.4. PARÁMETROS PRODUCTIVOS**

### **2.4.1. Biometría**

Se mide el peso y talla de la población de truchas por muestreo cada 10 o 15 días. Estos resultados ayudan a diferenciar el crecimiento, alimento requerido, densidad en jaulas, conversión alimenticia, condición de pez, etcétera (Llerena, 2012). Lo que indica FONDEPES (2004) es que los peces se alimentan diariamente, por ello, que se debe evaluar el crecimiento

y la conversión alimenticia en forma quincenal o mensual, de acuerdo a la jaula. Si esta se encuentra sobrepoblada se reduce la densidad y para ello se selecciona por tallas para luego transferirlo a otras jaulas una parte de la población.

#### **2.4.2. Conversión alimenticia**

Para los cálculos de la ración alimenticia, es importante tomar en consideración la relación entre el peso del pez, tamaño del pellet y temperatura del agua (Ortiz, 2015). FONDEPES (2004) afirma que la cantidad de alimento suministrado es en kilogramos. Para obtener un kilogramo de carne de pez, el factor de conversión alimenticia se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$FCA = \frac{\text{cantidad de alimento suministrado en el periodo (kg)}}{\text{Ganancia de peso de la población en el periodo (kg)}}$$

El alimento representa el factor económico más importante en la acuicultura y es de gran importancia utilizar el alimento suministrado eficientemente. Si se tiene una alimentación en exceso se tendrá una pérdida de alimento o si se suministra muy poco resultará una alimentación insuficiente, lo que daría como resultado una tasa de conversión de alimento deficiente. Debido a que el alimento representa el costo de producción variable principal, es fundamental optimizar el factor de conversión alimenticia así como la tasa de crecimiento (Allen, 2015).

#### **2.4.3. Tasa de alimentación**

La tasa de alimentación es el dato que se obtiene de la tabla de alimentación que es proporcionada por el proveedor de los alimentos, con los datos de la talla promedio, peso promedio y los datos de temperatura del agua obtenidos de los registros diarios realizados en la piscigranja. Se obtiene la tasa de alimentación expresada en porcentaje (PRODUCE, 2019). La medición del aumento de peso corporal y la tasa de conversión alimenticia de un ensayo de alimentación en un estanque o jaula, puede ser una forma muy sencilla de evaluar la calidad de los ingredientes (Allen, 2015).

#### **2.4.4. Producción**

Las principales regiones productoras de trucha (*Oncorhynchus mykiss*), se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 3: Principales regiones productoras de trucha en TM, en los años (2014 – 2019)**

Departamento	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Puno</b>	28236.12	34114.00	43290.02	45232.73	50914.45	32549.21
<b>Pasco</b>	89.27	127.76	234.11	332.09	2799.60	7213.34
<b>Huancavelica</b>	1443.95	3386.84	3704.05	3454.09	4111.79	4320.60
<b>Junín</b>	1614.74	1177.55	2262.96	2687.62	3000.08	3198.29

Fuente: (PRODUCE, 2020).

A nivel nacional se encontró los datos de la venta interna en la trucha, ya que es una actividad que en los últimos años elevó su crecimiento. En la tabla 4 nos muestra las ventas de truchas, por meses.

**Tabla 4: Venta interna de las truchas, 2019 (TM)**

Especie	Ene	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Trucha	389	306	3937	4285	3410	3852	1983	2901	2760	3276	3625	3328
	7.5	2.3	.70	.89	.34	.22	.85	.27	.40	.00	.42	.76
	0	1										

Fuente: (PRODUCE, 2020).

## 2.5. NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN

El alimento debe cubrir las necesidades de los peces tanto en la energía, así como en los diferentes tipos de aminoácidos y nutrientes que son requeridos para su desarrollo y crecimiento (CEDEP, 2009). Por otro lado, Turchini *et al.* (2010), indica que los lípidos, junto con las proteínas y los carbohidratos comprenden las principales clases de macronutrientes que se requieren para proporcionar los nutrientes esenciales para la producción de energía.

El éxito de la 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. Para determinar el tamaño apropiado del alimento para la trucha, debe realizarse del más pequeño de la población. Se utiliza un pellet en función a una talla por debajo de lo requerido por la talla promedio, de esta manera se asegurará la alimentación de los peces más pequeños (FONDEPES, 2004).

## **2.6. ASPECTOS IMPORTANTES SOBRE EL ALIMENTO BALANCEADO**

Los aspectos importantes que se debe tener en cuenta al formular un alimento balanceado para truchas, según (FONDEPES, 2004):

- El alimento debe presentar entre el 50 a 60 por ciento de los costos de producción.
- Un programa inadecuado de alimentación disminuye la rentabilidad.
- Una producción semi-intensiva e intensiva depende directamente del alimento.
- El manejo de las cantidades y los tipos de alimentos a suministrar deben ser controlados y evaluados periódicamente para evitar los costos excesivos.
- El sabor del animal depende de la alimentación suministrada.

## **2.7. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA LAS TRUCHAS**

Un buen alimento balanceado debe garantizar el aporte de los elementos nutricionales. Los principales nutrientes son los siguientes:

### **2.7.1. Proteínas**

Las proteínas son los nutrientes más importantes para el crecimiento del pez. Para la alimentación de los peces en sus diferentes estadíos, se debe tener en cuenta el nivel de proteína con el que se obtiene el máximo crecimiento. Por lo general, las truchas crecen mejor con alimentos que contienen entre 40 a 45 por ciento de proteína (FONDEPES, 2004). Según la FAO (2014), el pescado representa, a nivel mundial, el 17 por ciento del consumo de proteínas de origen animal y son importantes para la formación de distintos órganos del cuerpo, por lo tanto, para la trucha esta proteína debe ser mayormente de origen animal. El contenido de proteína en el alimento balanceado se reduce a medida que los peces crecen y los niveles de energía del alimento balanceado, aumentan al aumentar la cantidad de pescado y aceite vegetal (Le Francois *et al.*, 2010). Por otro lado FONDEPES (2014), indica que existen dos fuentes de proteínas: de origen animal y de origen vegetal. Las materias primas que aportan proteínas de origen animal es la harina de pescado y sangre; las harinas de origen vegetal se obtienen del polvillo de arroz, maíz, torta de soya, pasta de algodón, trigo, etcétera.

Los peces alimentados con alimentos balanceados deficientes en proteínas, pueden provocar un aumento de infecciones bacterianas en los peces y, por lo tanto, ser más susceptibles a infecciones patógenas (Cheng-Sheng *et al.*, 2015). Por otro lado, Allen (2015) indica que un alimento balanceado deficiente en energía, en relación con la proteína, significa que la proteína

de la misma se usa como energía para satisfacer el crecimiento. Un alimento balanceado que contenga exceso de energía puede reducir el consumo de alimentos y disminuir la ingesta de la cantidad necesaria de proteínas y otros nutrientes esenciales para un crecimiento máximo. El exceso de energía en nutrientes puede conducir a la acumulación de grandes cantidades de grasa corporal, que pueden ser indeseables en los alimentos de pescados.

### **2.7.2. Lípidos**

Los lípidos para el alimento de trucha tienen dos funciones principales: recursos de energía metabólica inmediata y recursos de ácidos grasos esenciales. En la formulación es conveniente usar valores de grasa, entre 7 a 8 por ciento. Es importante saber que cuando un alimento contiene grasa durante su almacenamiento puede producirse rancidez, de manera que puede dañar la calidad del alimento (FONDEPES, 2004). Los lípidos juegan un papel importante en el crecimiento, reproducción, salud y calidad de la carne de pescado, también ayudan en la absorción de vitaminas liposolubles (Turchini *et al.*, 2010).

Los lípidos son principalmente una fuente de energía, por lo que la cantidad requerida en la dieta dependerá del contenido de otras fuentes de energía dietética, como proteínas y carbohidratos. El exceso de grasas en la carne afecta a la carcasa y las cualidades del producto, incluida la textura y la pigmentación, lo que tiene un impacto negativo tanto en los procesadores como en los consumidores (Cheng-Sheng *et al.*, 2015).

Los lípidos del alimento balanceado contienen ácidos grasos saturados e insaturados. La mayoría de peces no pueden sintetizar los ácidos grasos poliinsaturados de las series omega 3 y omega 6, por lo que deben incluirse en los alimentos balanceados (Allen, 2015). También, Ortiz (2015) indica que las truchas arco iris alimentadas con los alimentos balanceados que contienen ácidos grasos de la serie omega 3, presentaron un buen desarrollo a diferencia de los que fueron alimentados con alimentos balanceados que contenían omega 6. Las truchas arco iris, requieren en su alimentación ácidos grasos esenciales del tipo omega 3 altamente insaturados, como son los ácidos grasos Eicosapentaenoico (EPA) y Docosahexanoico (DHA), (Victoria & Landines, 2019).

### **2.7.3. Carbohidratos**

Los carbohidratos son componentes que están en los alimentos para peces debido a las propiedades aglutinantes del almidón, que ayudan en gran medida la calidad de los gránulos que

aporta a la energía dietética. También, pueden servir como aglutinantes, mejoradores de la viscosidad y agentes de suspensión en la alimentación de los peces. En la trucha arco iris, la mala utilización de carbohidratos en su alimento está relacionada con el aumento de la producción de glucosa hepática en condiciones de alto consumo de grasas. Por otro lado, el exceso de carbohidratos en truchas arcoíris manifestaron cambios en la histología del hígado, debido a las grandes reservas de glucógeno porque se les administraron altos niveles de carbohidratos en el alimento balanceado (Cheng-Sheng *et al.*, 2015). Según Allen (2015), los carbohidratos son esenciales para la fabricación de los alimentos balanceados, por los niveles de inclusión no solo se basan en los requisitos de nutrientes, sino también en los requisitos de los peces.

Los peces herbívoros y omnívoros utilizan mejor los carbohidratos, comparado con los peces carnívoros, siendo conveniente para el caso de alimentos de truchas valores entre 2.5 a 3.5 por ciento del total de la formulación (FONDEPES, 2004). Los carbohidratos son la forma menos costosa de energía dietética; en ausencia de carbohidratos o lípidos digeribles, los peces solo tienen proteínas disponibles para satisfacer sus necesidades energéticas, por eso es necesario incluir en su alimento balanceado los requerimientos necesarios (Victoria & Landines, 2019).

#### **2.7.4. Minerales**

Los minerales son importantes, ya que afectan a los procesos de osmorregulación (intercambio de sales) a nivel de las células. También, influye en la formación de huesos, escamas y dientes (FONDEPES, 2004). Por otro lado, FAO (1995) resalta que la deficiencia de minerales como el fósforo, calcio, potasio, magnesio y manganeso puede reducir el crecimiento, escasa eficiencia del alimento balanceado, desmineralización de huesos, anorexia, enanismo y aumento de la mortandad.

#### **2.7.5. Vitaminas**

Las vitaminas son compuestos orgánicos obtenidos de los aminoácidos, carbohidratos y lípidos. Se requieren en cantidades mínimas de una fuente exógena, generalmente del alimento balanceado, el crecimiento, la reproducción y la salud normal. Las vitaminas liposolubles A, D, E y K se absorben en el intestino junto con las grasas del alimento balanceado (Cheng-Sheng *et al.*, 2015). Según FONDEPES (2004), indica que la mayoría de las vitaminas no son sintetizadas

por los peces, por lo tanto deben ser suplidas por un alimento balanceado. También, estas vitaminas, son importantes dentro de los factores de crecimiento, ya que catalizan todas las reacciones metabólicas.

Las vitaminas liposolubles funcionan como parte integral de membranas celulares, y algunas de ellas pueden tener una función similar a las hormonas. Las vitaminas solubles en agua actúan como coenzimas que aceleran las reacciones enzimáticas. La deficiencia de cualquier vitamina produce síntomas de insuficiencia, hasta puede provocar la muerte (Allen, 2015). Por otro lado, FAO (1995) indica que la acumulación excesiva de vitaminas liposolubles e hidrosolubles pueden provocar la hipervitaminosis y generar deficiencias en las truchas como: anorexias, menor crecimiento, pigmentación oscura, hemorragia intestinal y aumento de la tasa de mortandad.

## **2.8. ALIMENTO BALANCEADO**

Según la NTP 209.255 (2009), un alimento balanceado para truchas, sería la mezcla de ingredientes que está diseñado para cubrir los requerimientos nutricionales de un animal, en función a su etapa metabólica, edad, peso, reproducción y tamaño. El que elabora el alimento balanceado debe garantizar que las materias primas utilizadas deben suplir las necesidades nutricionales de las truchas.

Los ingredientes proteicos utilizados en los alimentos para truchas incluyen subproductos de animales y aves de corral, ingredientes de proteínas vegetales como harina de soya, concentrado de proteína de soya, harina de maíz y concentrados de proteínas. La extrusión por cocción es el método principal de peletización en alimentos balanceados para truchas; en este proceso se gelatiniza el almidón, aumentando así la digestibilidad del almidón, la estabilidad del agua y la dureza de los gránulos (Le Francois *et al.*, 2010). Los alimentos balanceados de engorde suelen ser gránulos secos comprimidos con vapor o extruidos y están formulados para asegurar un rápido crecimiento de los peces. También, pueden producirse alimentos balanceados de alto contenido energético, es decir, que contienen un alto contenido de grasas (Turchini *et al.*, 2010).

En la formulación de alimentos balanceados se debe determinar las cantidades de los ingredientes y aditivos para mezclar, con el fin de crear alimentos compuestos que cumplan con

los requisitos de nutrientes y logren los objetivos de producción a un costo bajo. La formulación de alimentos balanceados en la acuicultura ofrece varias oportunidades de crecimiento para abordar las preocupaciones actuales y desarrollar soluciones innovadoras que satisfagan los requisitos del mercado. Varios ingredientes de origen vegetal se han convertido en componentes vitales en las formulaciones de alimentos acuícolas. Sin embargo, el uso de alimentos balanceados alternativos es todavía muy poco conocido y deberían ser considerados más a fondo. Si la acuicultura va a contribuir a la mejora de la producción mundial de proteínas, debemos mejorar las tecnologías de cultivo, la genética y los alimentos balanceados. La alimentación representa el costo principal en la cría de animales y la fuente inicial de contaminantes en la acuicultura. El desarrollo de la alimentación eficiente y rentable es fundamental para el futuro de la industria, por eso debemos continuar reduciendo los costos de producción, minimizar los impactos ambientales y reducir nuestra dependencia de los ingredientes (Allen, 2015).

Un alimento bien formulado y con ingredientes de alta calidad, producirá un mejor crecimiento y sobrevivencia; por consiguiente, se logrará un mejor rendimiento. Una adecuada utilización del alimento tendrá como resultado mejores tasas de conversión alimenticia y reducirá el impacto en el medio ambiente, originado por la producción de peces (García & Calvario, 2003). Cuando no se cumplen con los requisitos nutricionales, las cantidades excesivas de algunos nutrientes, incluidas las vitaminas liposolubles, los ácidos grasos esenciales y los aminoácidos, provocan efectos negativos (FAO, 1995).

El alimento balanceado seco tiene una humedad de 10 a 12 por ciento y es el método más económico para alimentos de truchas; también, se puede producir alimentos de varios diámetros de 2.5 a 11mm. El diámetro del alimento debe estar acorde al tamaño del pez, de manera que así permita una fácil ingesta (Ortiz, 2015). Las principales materias primas utilizadas en las formulaciones de alimentos balanceados para peces se pueden agrupar de la siguiente forma: fuentes proteicas de origen animal (harina de pescado, harinas de subproductos de animales terrestres, harinas de insectos), fuentes proteicas de origen vegetal (subproductos de cereales, semillas oleaginosas y sus derivados), fuentes de lípidos (aceites de origen marino, aceites de animales terrestres, aceites vegetales) (Victoria & Landines, 2019).

## 2.9. COMPONENTES DEL ALIMENTO BALANCEADO

Según la NTP 209.255 (2009), los ingredientes que son usados en la fabricación de un alimento balanceado, deben cumplir con los estándares de inocuidad y bromatología, ya que los componentes del alimento balanceado deben contener las cantidades suficientes equilibradas de sustancias energéticas. Estos alimentos deben estar diseñados y desarrollados cubriendo los requerimientos nutricionales en cada fase de su estadío.

**Tabla 5: Requisitos fisicoquímicos del alimento balanceado para las truchas**

Requisitos	Métodos de Ensayo			
	Inicio	Crecimiento	Engorde/ acabado	
Proteína cruda (% min.)	45	42	40	NTP ISO 5983 AOAC 990.03
Grasa (% min.)	8	8	8	AOAC 920.39 – C NTP 201.016
Humedad (% max.)	14	14	14	NTP – ISO 6496
Cenizas (% max.)	15	12	12	AOAC 942.05
Fibra cruda (% max.)	3	4	4.5	AOCS Ba 6-84
Carbohidratos (% max.)	25	25	25	Por diferencia

Fuente: NTP 209.255 (2009).

### 2.9.1. Harina de pescado

La harina de pescado se utiliza en la alimentación animal porque tiene una alta concentración de proteínas y es una buena fuente de calcio, fósforo y otros minerales. La harina de pescado es popular en los alimentos para la acuicultura debido a su alto contenido de proteínas y su excelente equilibrio de aminoácidos para los animales acuáticos. En 2011, 23,2 millones de toneladas de peces fueron capturados para usos no alimentarios, principalmente para fabricar harina de pescado y aceite de pescado (Cheng-Sheng *et al.*, 2015). La harina de pescado se ha utilizado como ingrediente principal porque ha sido una fuente de proteínas de alta calidad ampliamente disponible (Le Francois *et al.*, 2010). La harina de pescado es una fuente relativamente buena de proteínas de alta calidad y constituye una fuente importante de proteínas

en los animales carnívoros que aporta minerales (Ca, P y oligoelementos) y vitaminas del complejo B (Gonzalez, 2002).

Hay mucha investigación sobre reemplazos de harina y aceite de pescado en los alimentos para la acuicultura ya se ha logrado una reducción considerable en las tasas de inclusión de estos dos ingredientes. Sin embargo, se debería recibir una atención aún mayor, debido al uso global del pescado y el aceite de pescado sigue aumentando debido al rápido crecimiento de la acuicultura basada en alimentos balanceados (Turchini *et al.*, 2010). La harina de pescado tiene una alta proporción de aminoácidos esenciales altamente digeribles; es una muy buena fuente de lisina, leucina, arginina y valina. Además, es rica en ácidos grasos polinsaturados y el contenido de ácidos grasos varía entre 27 y 35 por ciento (García *et al.*, 2007).

### **2.9.2. Harina de chía**

*Salvia hispánica* conocida comúnmente como chía representa a la fuente vegetal con más concentración de omega 3, ya que posee el 33 por ciento de aceite el cual representa el 62 por ciento de ácido linolénico y el 20 por ciento linoleico. La chía tiene el 82 por ciento de ácido graso esencial y es un buen conservante de grasas (Di Sarpio *et al.*, 2008). Por otro lado, las semillas de chía están constituidos por los ácidos grasos, aminoácidos, antioxidantes, vitaminas, minerales y tiene una buena fuente de flavonoides (Carrillo *et al.*, 2017). La utilización de semillas oleaginosas con alto contenido de ácido linolénico en la alimentación es una herramienta interesante para aumentar el aporte de ácidos grasos a la dieta de los peces (Jiménez *et al.*, 2013).

Los alimentos balanceados para peces requieren aceite suplementario en su formulación y el nivel puede variar mayores a 10 por ciento, dependiendo de su dieta y especies que deben alimentarse. Se pueden utilizar varios tipos de aceite en la alimentación acuática, incluido el aceite de pescado, aceite de origen vegetal como aceites oleaginosos; cada aceite tiene diferentes ácidos grasos y son requeridos por diferentes especies acuáticas. Las semillas oleaginosas tienen precios competitivos y un contenido de proteínas que va desde 38 a 52 por ciento, por lo cual se ha convertido en una fuente importante de proteínas y lípidos para los alimentos balanceados (Allen, 2015).

### **2.9.3. Harina de soya**

La soya, *Glycine máxima*, es una leguminosa que ha sido reconocida como una excelente fuente de proteínas y utilizada con éxito en la alimentación de organismos acuáticos (García *et al.*, 2007). Por lo cual, es la principal fuente de proteína de origen vegetal que ha sido utilizada en las formulaciones de alimentos balanceados para numerosas especies de peces; hasta el 50 por ciento de la harina de soya se puede reemplazar con harina de semillas oleaginosas (Ortiz, 2015).

El tratamiento térmico adecuado es fundamental para lograr la calidad óptima de la harina de soya. Esta, poco cocida, seguirá teniendo factores antinutritivos (inhibidores de proteasa, alérgenos, oligosacáridos, fitina, lipoxigenasa, lectinas y saponina). Por otro lado, la harina de soya demasiado cocida dará como resultado aminoácidos dañados, lo cual perjudica a los peces (Allen, 2015).

### **2.9.4. Harina de trigo**

El gluten de trigo se incorpora en las dietas en niveles más bajos, debido a su precio elevado y por sus propiedades aglutinantes de su proteína, que tienen efectos indeseables sobre la calidad del alimento balanceado. El uso del trigo y sus subproductos no solo son una fuente de almidón, sino también, una fuente de gluten y proteínas. La mayoría de las especies, utilizan el almidón cocido mejor que el almidón crudo (García *et al.*, 2007).

### **2.9.5. Aceite de soya**

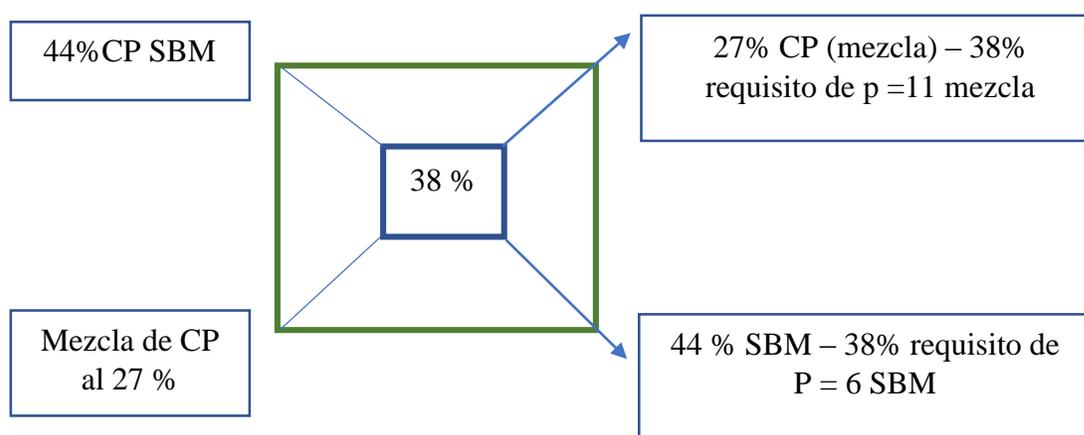
El aceite de soya es un aceite rico en ácido linoleico, es un aceite líquido altamente insaturado con estabilidad oxidativa limitada (Turchini *et al.*, 2010). Además de su riqueza en ácido oleico y linoleico, contiene cantidades significativas de ácido linolénico (Astiasarán & Martínez, 2003).

## **2.10. MÉTODOS DE FORMULACIÓN EN LOS ALIMENTOS BALANCEADOS**

La formulación de piensos evolucionó desde métodos de cálculo manual hasta métodos aplicados que se utilizan en el contenido de nutrientes crudos de las materias primas en los programas informáticos más avanzados, solo se incorporan valores de disponibilidad en nutrientes de numerosos ingredientes y aditivos (Allen, 2015).

### 2.10.1. Método de Pearson modificado

El cuadrado de Pearson, también conocido como el método del cuadrado, consiste en equilibrar dos o más ingredientes que se aplican principalmente en alimentos acuícolas elaborados en granjas. Si los niveles están por debajo de los requerimientos, es necesario aplicar el método del cuadrado de Pearson, utilizando nuevos nutrientes; es posible que las soluciones no sean factibles si el valor de este nutriente no es intermedio entre los ingredientes o mezclas disponibles. Las expresiones algebraicas se resuelven más fácilmente a mano que con hojas de cálculo de computadora. Se recomienda probar diferentes sustituciones para cumplir con los requisitos de nutrientes y minimizar el costo (Allen, 2015).



**Figura 2.** Método de Pearson modificado y aplicado en la acuicultura

Fuente: Allen (2015).

### 2.10.2. Método de formulación computarizada

Los programas informáticos avanzados se han vuelto esenciales para facilitar y acelerar la formulación de los alimentos balanceados. La programación computacional ofrece herramientas matemáticas efectivas para gestionar la amplia gama de información disponible y propone soluciones optimizadas. La mayoría de las empresas de alimentos balanceados compran software de formulación comercial que incluye conjuntos de ecuaciones preprogramados avanzados. Sin embargo, los profesionales con conocimientos básicos de programación informática pueden desarrollar su propio sistema de modelos matemáticos utilizando hojas de cálculos (Victoria & Landines, 2019).

### **2.10.3. Programación lineal**

La programación lineal es una técnica matemática para optimizar soluciones, lo cual tiene como objetivo optimizar una variable dependiente como es el costo de la fórmula del alimento, en función a las variables independientes, los cuales son los ingredientes. Esta aplicación de la programación lineal permitió a los nutricionistas y fabricantes de alimentos balanceados incorporar los ingredientes en las fórmulas de piensos, disponibles comercialmente, para proporcionar a las especies de ganado cantidades seguras de nutrientes (García & Calvario, 2003).

### **2.10.4. Programación no lineal**

La no linealidad en la formulación de alimentos consiste en implementar prácticas de prueba y error dentro del método de programación lineal. El formulador cambia manualmente la composición de nutrientes o el precio de los ingredientes hasta que se logra un resultado satisfactorio para resolver cada aproximación lineal obtenida por algoritmos que están preprogramados, ya que los programas de formulación no lineal generan fórmulas alimenticias que no difieren mucho en términos de contenido de nutrientes y costo de alimentación. Los formuladores de alimentos tienen un conocimiento fragmentario sobre el efecto del procesamiento, la composición de nutrientes y la interacción de los alimentos, así como los requisitos de varias especies en diferentes etapas (Allen, 2015). Este software de optimización comercial satisface las limitaciones de formulación y minimiza el costo de la solución final; es más conocida como "formulación de menor costo" (Turchini *et al.*, 2010).

## **2.11. PIGMENTACIÓN EN LAS TRUCHAS**

### **2.11.1. Pigmentación en la carne de las truchas**

Las truchas alimentadas con alimentos suplementados con astaxantina, que es un pigmento carotenoide que se encuentra en los alimentos naturales de los salmónidos silvestres, desarrollan filetes de color salmón; mientras que los peces alimentados con alimentos balanceados sin pigmentos, las carnes son blancas. En los Estados Unidos, la producción de trucha se divide uniformemente entre carnes rojas y blancas (Le Francois *et al.*, 2010).

Los carotenoides son pigmentos que están ampliamente distribuidos en plantas, levaduras, algas y animales con más de 800 compuestos diferentes actualmente identificados. Estos compuestos orgánicos de polienos no son sintetizados por los peces y deben obtenerse a

través de fuentes dietéticas, ya que los salmónidos depositan los carotenoides ingeridos en los tejidos musculares y en la carne. El grado o la intensidad de la pigmentación en los salmónidos cultivados afecta a la aceptación del producto de consumo, así como el precio del mercado. Los principales pigmentos carotenoides utilizados en los alimentos para salmónidos son la astaxantina y cantaxantina, siendo el primero el pigmento carotenoide sintético más utilizado en alimentos para acuicultura para lograr un nivel de pigmentación aceptable en la trucha arco iris, ya que los carotenoides se suplementan en el alimento balanceado en concentraciones que oscilan entre 30 a 80 mg / kg. La adición de astaxantina en los alimentos formulados puede influir de 15 a 20 por ciento en los costos totales de alimentación (DSM, 2015).

Entre los diferentes carotenoides, la astaxantina es el más importante y eficaz para la pigmentación en salmónidos y crustáceos. Se ha informado que son responsables de la coloración en la carne, de naranja a rojo. La mayoría de los productos de astaxantina disponibles en el mercado provienen de fuentes producidas sintéticamente y algunas marcas cosechan las microalgas que producen astaxantina en grandes cantidades. Una de las principales ventajas de utilizar en forma natural la astaxantina es su estabilidad (*Pokniak et al.*, 2001).

La importancia del color significa que los acuicultores deben esforzarse por pigmentar todos sus pescados al nivel de calidad aceptable para el mercado. El producto final debe tener buena presentación (fresco entero o fresco eviscerado, pigmentado y/o blanco), para comercializar en los mercados locales, regionales, nacionales (Llerena, 2012). Por otro lado, los acuicultores y los fabricantes de piensos deben optimizar la eficacia de los alimentos balanceados y los pigmentos, la capacidad para lograr un producto atractivo, asequible y seguro para el consumo humano (Allen, 2015).

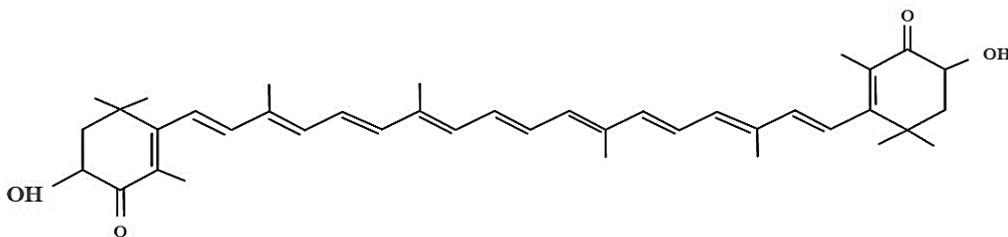
Presentar un color adecuado es probablemente uno de los factores más importantes, ya que existe una respuesta inmediata por parte del consumidor. Por lo tanto, es bastante común manipular los niveles de carotenoides para minimizar los cambios de color adverso, de manera que así se mejore el color y la calidad del producto. Otros suplementos incluyen: aglutinantes, suplementos de enzimas, agentes estabilizantes como antioxidantes o inhibidores de moho, así como los que se utilizan para ayudar a mejorar la calidad de la carne (Le Francois *et al.*, 2010).

### **2.11.2. Astaxantina**

La astaxantina se encuentra en microalgas verde-azules que son consumidas por crustáceos y estos son consumidos por los salmónidos, cuyo pigmento, al ser consumido, se

deposita de forma libre en el tejido muscular del salmón o la trucha; estos se depositan en la piel y gónadas como mono y diésteres. También, la astaxantina tiene el potencial de mejorar el estado de salud de los peces, mejorando la función hepática y aumentando la capacidad de contrarrestar el estrés oxidativo (Lázaro, 2014).

Según DSM (2015), la fórmula química de la astaxantina (3,30-dihidroxiB-caroteno-4,40-dione).



**Figura 3:** Molécula de astaxantina

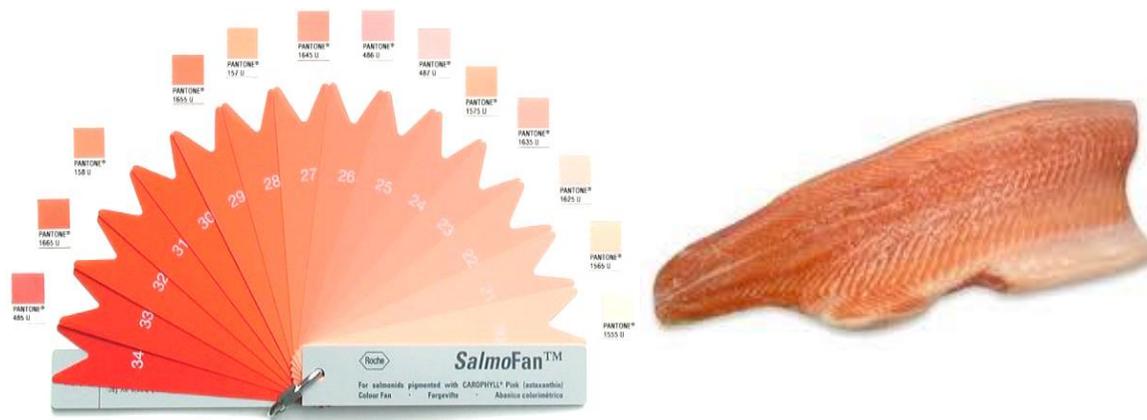
Fuente: DSM (2015).

### 2.11.3. Medición del color en las truchas

Los peces poseen cromatóforos que transportan los carotenoides. Los colores de los animales juegan un papel importante en la comunicación y las interacciones ecológicas. Los peces convierten la astaxantina del alimento balanceado en tunaxantina y la depositan en la piel. Las coloraciones que ocurren comúnmente en peces pigmentados son: tunaxantina (amarillo), luteína (amarillo verdoso), B-caroteno (naranja), b-doradexantinas (amarillo), zeaxantina (amarillo-naranja), cantaxantina (naranja-rojo), astaxantina (rosa-rojo), eichinenona (rojo) y taraxantina (amarillo). Entre estos, el carotenoide dominante es la astaxantina, que es común en color naranja a rojo (Allen, 2015).

Para la medición práctica del color de los salmónidos se refiere a la escala de color. Para medir el color de la carne pigmentada con astaxantina, el Salmo Fan que es un método reconocido internacionalmente, aceptado como un dispositivo de medición visual estándar. Aunque originalmente se diseñó para medir el color en el salmón Atlántico y la trucha arco iris, también se ha convertido en el estándar para otros cultivos, así como el salmón coho y el salmón chinook. El método de medición implica un procedimiento estandarizado con un panel

capacitado que utiliza la regla salmo fan bajo una fuente de luz del día fluorescente. Los colores de los abanicos se observan con una escala de rango de 20 a 34 (Raman *et al.*, 2016).



**Figura 4.** Medición de color con la regla Salmo Fan de roche en la carne de la trucha

Fuente: <https://nextnature.net/story/2012/dyeing-salmon-pink-for-farms-and-profit>

## 2.12. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS EN LAS TRUCHAS

### 2.12.1. Humedad

La determinación de la humedad es muy importante debido a que es un índice de la estabilidad y calidad de los alimentos. Con esta determinación se puede determinar el contenido de agua libre y por diferencia se calcula la cantidad de sólidos totales que contiene. En la actualidad existen muchos métodos, pero el más empleado es el secado de la muestra en estufa al vacío (Ledesma *et al.*, 2010).

### 2.12.2. Proteína

Con esta determinación se obtiene el contenido total del nitrógeno del alimento por medio del método Kjeldahl. Se determina el nitrógeno inorgánico, urea, ácidos nucleicos, aminas, amidas y muchas otras sustancias, por lo que a veces se sobre estima el valor del contenido de proteínas. Existen varios métodos así como el de Dumas, el de Folin-Ciocalteu-Lowry, Biuret, gravimétricos, electroforesis, sedimentación, espectrofotometría infrarroja, rayos X, etcétera (Ledesma *et al.*, 2010).

### 2.12.3. Grasas

Los lípidos forman parte de un grupo de compuestos que tienen mucha importancia en los alimentos, la nutrición y la tecnología de alimentos. Muchos métodos de determinación de

los lípidos están basados en las diferencias en solubilidad, adsorción, sedimentación o volatilidad. Por lo general, se lleva a cabo extrayendo la muestra con un solvente orgánico como el éter, por lo que también se denomina extracto etéreo; además de extraer la grasa, el éter también sustrae pigmentos, vitaminas liposolubles, esteroides, ácidos grasos libres y otras sustancias. Los solventes más empleados son el éter, alcohol, acetona, benceno, cloroformo, hexano, cloruro de metileno entre otros (Ledesma *et al.*, 2010).

#### **2.12.4. Cenizas**

El contenido de cenizas de un alimento se considera como la pérdida de peso que sufre durante la incineración de las muestras a una temperatura suficientemente alta para que toda la materia orgánica se queme y las cenizas no sufran descomposición o pérdidas por volatilización. Con esta determinación se obtiene el contenido de ceniza o materia inorgánica total de un alimento. La técnica más empleada es la calcinación a 550°C. La presencia de partículas negras en las cenizas indica generalmente la presencia de materia orgánica, aunque también puede indicar la presencia de hierro en la forma de óxido ferroso o alguna sal de silicón como el carbonato; la calcinación se puede hacer tanto en seco como en húmedo (Ledesma *et al.*, 2010).

### **2.13. COSTOS DE PRODUCCIÓN**

Es conveniente tener los registros del proceso de producción con la finalidad de determinar costos (FONDEPES, 2004). Los costos se define como el valor de los insumos que requieren las unidades económicas para realizar su producción de bienes y servicios, en otras palabras, se consideran los pagos a los factores de la producción (Yancachajlla, 2017). En el costo de fabricación se identifican tres principales elementos: las materias primas, la mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación, los cuales deben agrupar los valores necesarios para cumplir con el proceso productivo (Murulanda, 2017).

**Materia prima directa:** Constituye el insumo esencial sometido a procesos de transformación con el propósito de obtener un producto terminado o semielaborado. Se caracteriza por ser fácilmente identificable y cuantificable en el producto elaborado (Vallejos & Chiliquinga, 2017).

**Mano de obra directa:** Es la fuerza de trabajo que intercede de manera directa en la transformación de la materia prima en productos terminados y este puede intervenir manualmente, utilizando maquinarias o equipos (Vallejos & Chiliquinga, 2017).

### **2.13.1. Costos indirectos**

Son todos los costos que no están clasificados como mano de obra directa ni como materiales directos. Son los gastos generados en ventas generales, mano de obra indirecta, de materiales indirectos; la administración se considera como costos indirectos (Yancachajlla, 2017). También, son aquellos costos que indirectamente influyen en los gastos generales de producción o de fabricación y costos generales de fabricación. Para ello, cada área de la empresa debe tener su hoja de gastos indirectos de fabricación, con el fin de llevar un buen manejo y control (Pacheco, 2019).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. LUGAR DEL ESTUDIO**

Las pruebas de formulación del alimento balanceado y la crianza de truchas se realizaron en la Asociación de Productores de Trucha Agente Económico Organizado Villa-Socca, Ácora de la región Puno. Los análisis fisicoquímicos se realizaron en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Puno.

#### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

Se instaló tres jaulas cuadradas, cada uno de 2.5x2.5 metros; después, con un seleccionador, se escogió la trucha por tamaño. Se colocó 28 truchas a cada jaula, los cuales fueron alimentados con diferentes formulaciones 00, 20 y 30 por ciento de harina de chía. Posterior a ello, se los evaluó durante dos meses (60 días), hasta que alcance el peso de comercialización. Cada 10 días se realizó la biometría y la pigmentación de la trucha y el análisis fisicoquímico se realizó al inicio y al final la investigación.

#### **3.3. MATERIA PRIMA, MATERIALES Y REACTIVOS**

##### **3.3.1. Materia prima e insumos**

- Trucha
- Harina de pescado
- Harina de soya
- Harina de trigo
- Harina de chía

- Aceite soya
- Pigmento (Astaxantina)
- Premix
- Sal

### **3.3.2. Materiales**

- 02 unid. Bandejas de polipropileno
- 01 unid. Balde de plástico de 10L
- 01 unid. Cuchillo para filetear el pescado
- 02 unid. Espátula
- 02 unid. Morteros de porcelana KYNTEL (Capacidad: 300ml)
- 01 unid. Pinza metálica
- 01 unid. Chinguillo
- 01 unid. Regla salmo fan de Roche
- 18 unid. cartuchos de papel filtro Whatman N°1
- 10 unid. Crisoles de porcelana x 150ml

### **3.3.3. Materiales de vidrio**

- 02 unid. Varilla de vidrio
- 18 unid. Lunas de reloj pyrex (Capacidad: 15 cm de diámetro)
- 03 unid. probetas graduadas Isolab Germany (Capacidad: 50, 100, 250 y 500 ml))
- 12 unid. Matraz aforado pyrex Isolab Germany (Capacidad: 100 ml)
- 02 unid. pipetas volumétricas Isolab Germany (Capacidad: 5 y 10ml)
- 06 unid. vasos precipitados pyrex Isolab Germany (Capacidad: 250 ml)
- 02 unid. Bureta pyrex Kartell (Capacidad: 50ml)

- 03 unid. Matraz Erlenmeyer Isolab Germany (Capacidad: 100, 250 y 500 ml)
- 04 unid. balones de digestión Kjeldahl pyrex (Capacidad 500 ml)

#### **3.3.4. Reactivos**

- Agua destilada Triamed de 4L
- Hidróxido de sodio (NaOH) al 40 %
- Ácido sulfúrico concentrado (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) al 98.5 %
- Ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) al 2%
- Éter etílico anhidro (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>O PM: 74.12 g/mol
- Indicador Tashiro (Rojo de metilo - azul de metileno), PM 291.29 g/mol
- Catalizador (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + CuSO<sub>4</sub>)

#### **3.3.5. Equipos e instrumentos**

- Balanza analítica, marca NAHITA
- Estufa eléctrica, marca SELECTA
- Mufla eléctrica horizontal, marca SELECTA
- Balanza electrónica digital Guersa (Capacidad: 50 kg)
- Campana extractora de gases, marca cromtek
- Ictiómetro 40 cm, marca KAJAFFC
- Equipo de destilación Kjeldahl modelo 1002 de TECATOR
- Cronómetro
- Maquina peletizadora para peces, KNOWN, modelo KN-DGP40C (Capacidad t/h: 0.03-0.04)
- Multiparámetro 7 en 1 – LUTRON, modelo WA-2017SD
- Campana desecadora, marca ENDO glassware

### **3.4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

#### **3.4.1. Formulación de alimento balanceado para las truchas**

Se formularon los alimentos balanceados para truchas con distintas concentraciones de harina de chíá 00, 20 y 30 por ciento, con la ayuda del programa Solver y teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales. Posteriormente, se realizó el análisis fisicoquímico a los alimentos balanceados elaborados para verificar el porcentaje de nutrientes que está aportando; luego, se suministró el alimento a cada jaula experimental. Se inició con una población de 28 truchas en cada jaula, haciendo una suma total de 84 truchas. Para iniciar el estudio se verifica los parámetros del agua con un multiparametro como es la temperatura 14.7 °C, pH 6.72, oxígeno disuelto 6.7 y salinidad 0.07, con la finalidad de determinar la cantidad del alimento balanceado. Cada diez días se muestreó cuatro truchas al azar, para identificar el índice de biometría y la pigmentación.

#### **3.4.2. Evaluación del índice de biometría y pigmentación de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)**

La biometría y la pigmentación se realizaron cada 10 días por un periodo de dos meses, con los cuales, se realizó el muestreo correspondiente: en cada jaula cuatro truchas para su evaluación. Se evaluó la medición de la talla, el cual se realizó con un ictiómetro; después, el pesado de la trucha; simultáneamente, se evaluó la pigmentación de la carne de trucha mediante la regla de Salmo Fan de roche. Esta posee una escala de tonalidades estandarizada entre el rango 20 y 34, con un bajo color pálido para la tonalidad 20 hasta un color rojo profundo para la tonalidad 34. Cada análisis se realizó con sus respectivas repeticiones.

Después se realizó el análisis fisicoquímico de las truchas muestreadas. Este análisis se realizó al inicio y al final de la ejecución del proyecto, con el fin de identificar las mejoras que se tuvo en el proceso de engorde:

- Determinación de humedad (método de estufa), que indica detalladamente en el Anexo 4.
- Determinación de proteína total (método de Kjeldahl Nx6.25), que indica detalladamente en el Anexo 4.
- Determinación de grasa (método de Soxhlet), que indica detalladamente en el Anexo 4.

- Determinación de cenizas (método de incineración), que indica detalladamente en el Anexo 4.

### **3.4.3. Determinación de costos de producción del alimento balanceado**

Se evaluó el costo de producción en la formulación del alimento balanceado, como son las materias primas, costo de mano de obra y gastos de fabricación.

## **3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL**

Los datos de cada análisis fueron analizados mediante el software R y Excel.

## **3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

### **3.6.1. Formulación del alimento balanceado**

Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA), con valor de  $p < 0.05$ , utilizando el diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones.

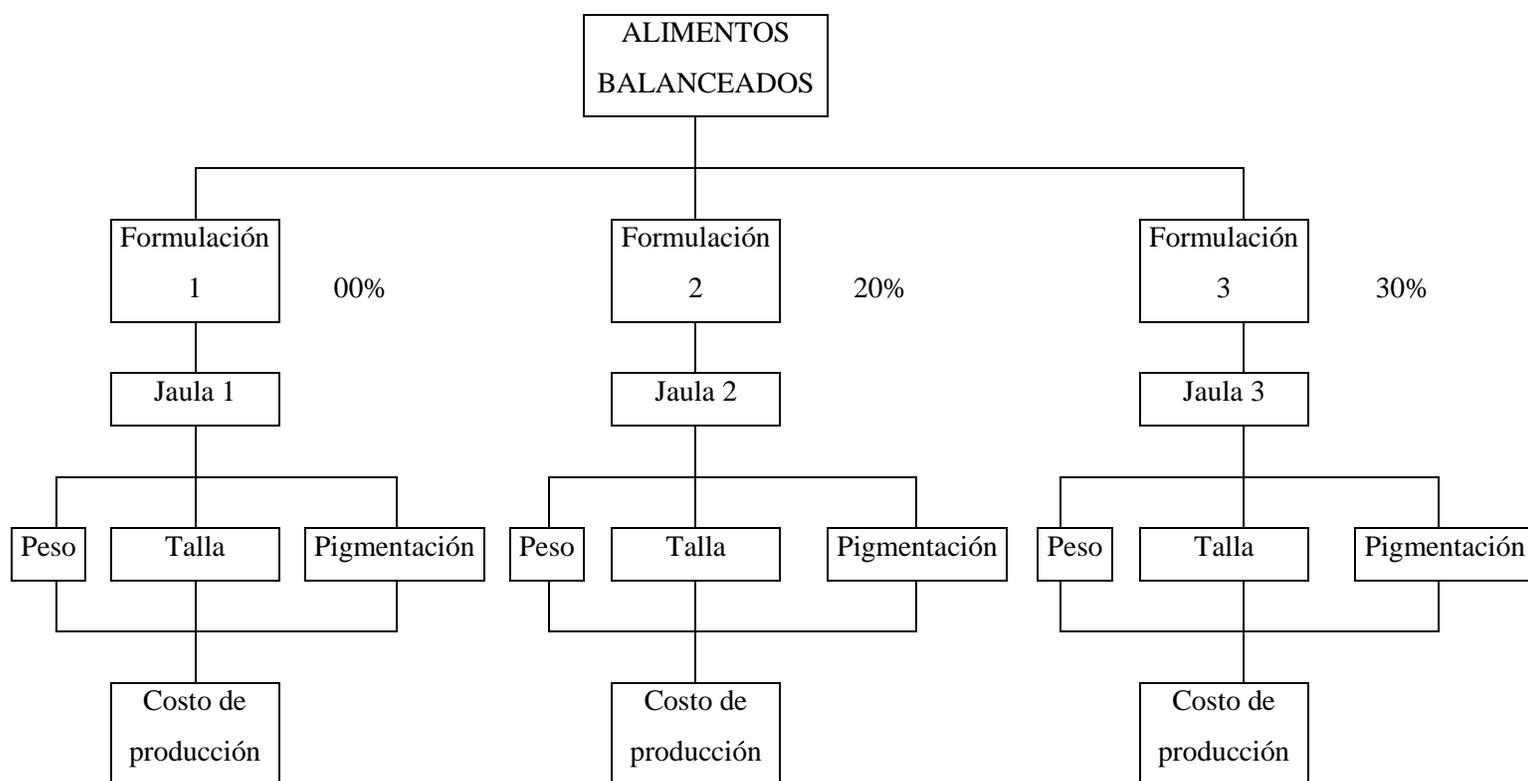
### **3.6.2. Evaluación del índice de biometría y pigmentación**

La diferencia de peso, talla y pigmentación, se realizó mediante el análisis de varianza (ANOVA) con valor de  $p < 0.05$ , mediante el diseño completamente al azar, a través del software estadístico R.

### **3.6.3. Análisis proximal del alimento balanceado y las truchas**

La diferencia del porcentaje de humedad, ceniza, proteína y grasas se evaluó mediante el análisis de varianza (ANOVA) a un nivel de significancia del 5 por ciento, utilizando el software estadístico R.

La formulación se realizó mediante la herramienta Solver con el fin de optimizar la formulación de los alimentos balanceados, teniendo en cuenta los requerimientos de la trucha. Luego fueron evaluados en talla, peso y pigmentación por un periodo de dos meses y, una vez culminado la ejecución, se realizó los costos de producción del alimento.



**Figura 5.** Diseño experimental de la formulación y evaluación de la trucha arco iris en la etapa de engorde

### 3.6.4. Evaluación de las formulaciones

Las muestras fueron evaluadas mediante el análisis de varianza (ANOVA), con un valor  $p < 0.05$  por ciento.

**Tabla 6: Matriz del diseño estadístico**

	FORMULACIONES		
	FORMULACIÓN 1	FORMULACIÓN 2	FORMULACION 3
Repetición 1	<b>T, 1</b>	<b>T, 1</b>	<b>T, 1</b>
Repetición 2	<b>T, 2</b>	<b>T, 2</b>	<b>T, 2</b>
Repetición 3	<b>T, 3</b>	<b>T, 3</b>	<b>T, 3</b>

Para seleccionar el tratamiento de la formulación adecuada, se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) con valor de  $p < 0,05$  que se considera estadísticamente significativo;

mediante el Diseño Completamente al Azar (DCA), con un error de cinco por ciento. Además, se aplicó la prueba LSD de Fisher, utilizando el programa R, cuyo modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$ = valor observado de la formulación de alimentos balanceados, biometría y determinación de las características fisicoquímicas de los alimentos balanceados y las truchas.

$\mu$ = promedio de las medias

$\tau_i$ = diferencia del promedio

$\varepsilon$ = error experimental

### **3.7. HIPÓTESIS**

#### **3.7.1. Hipótesis general**

- La formulación de un alimento balanceado con sustitución de harina de chía para truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la etapa de engorde influyen en la biometría, pigmentación y en sus costos de producción.

#### **3.7.2. Hipótesis específicas**

- Los alimentos balanceados sustituidos al 00, 20 y 30 por ciento de harina de chía son diferentes.
- El índice de biometría y pigmentación de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la etapa de engorde depende de la sustitución de harina de chía considerando la formulación del alimento balanceado.
- El porcentaje de harina de chía sustituido al 00, 20 y 30 por ciento influye en el costo de producción del alimento balanceado.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. FORMULACIÓN DEL ALIMENTO BALANCEADO PARA TRUCHAS ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*)

Las formulaciones de los alimentos balanceados se realizaron utilizando la herramienta Solver, con sustitución de harina de chía del 00, 20 y 30 por ciento, según sus requerimientos nutricionales de la trucha en la etapa de engorde; se muestran en las siguientes tablas 7, 8 y 9.

**Tabla 7: Formulación 1 con sustitución del 00 por ciento de harina de chía**

	<b>INSUMOS</b>	<b>PORCENTAJE</b>
	HARINA CHIA	0.000
	HARINA SOYA	40.200
	HARINA PESCADO	25.000
	HARINA TRIGO	7.333
	MELASA	1.333
<b>FORMULACIÓN 1</b>	ACEITE SOYA	16.333
	AGUA	8.972
	PREMIX	0.417
	SAL	0.400
	ASTAXANTINA	0.008
	<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>

**Tabla 8: Formulación 2 con sustitución del 20 por ciento de harina de chíá**

	<b>INSUMOS</b>	<b>PORCENTAJE</b>
	HARINA CHIA	20.000
	HARINA SOYA	20.167
	HARINA PESCADO	25.000
	HARINA TRIGO	7.333
	MELASA	1.333
<b>FORMULACIÓN 2</b>	ACEITE SOYA	16.333
	AGUA	9.000
	PREMIX	0.417
	SAL	0.400
	ASTAXANTINA	0.008
	<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>

**Tabla 9: Formulación 3 con sustitución del 30 por ciento de harina de chíá**

	<b>INSUMOS</b>	<b>PORCENTAJE</b>
	HARINA CHIA	30.000
	HARINA SOYA	10.167
	HARINA PESCADO	25.000
	HARINA TRIGO	7.333
	MELASA	1.333
<b>FORMULACIÓN 3</b>	ACEITE SOYA	16.333
	AGUA	9.000
	PREMIX	0.417
	SAL	0.400
	ASTAXANTINA	0.008
	<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>

#### 4.1.1. Análisis proximal en los alimentos balanceados

Se realizó el análisis fisicoquímico del alimento balanceado, donde se muestra los siguientes resultados:

**Tabla 10: Análisis fisicoquímico de los alimentos balanceados con 00, 20 y 30 por ciento de sustitución de harina de chía**

ANÁLISIS	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
% Humedad	11.323 c	11.576 a	11.356 b
% Proteínas	34.010 a	32.260 b	30.976 c
% Grasas	25.450 c	26.536 b	27.845 a
% Cenizas	10.756 c	10.983 b	11.280 a
% Carbohidratos	18.460 c	18.643 a	18.540 b

Las letras diferentes en la misma fila difieren significativamente ( $p < 0.05$ ).

El análisis de varianza realizado para el porcentaje de humedad en los alimentos balanceados, aportó las evidencias estadísticas de un valor  $P = 4.31e-08$  (ver anexo 6 tabla 18), el cual es menor al nivel de significancia, lo que demuestra que hay diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de humedad de las formulaciones del alimento balanceado. Además, se muestra que en el grupo A está la formulación dos que tiene un porcentaje de humedad del 11.576 y por otro lado está el grupo C, que pertenece a la formulación uno con un porcentaje de 11.323, según la prueba de LSD (anexo 6, tabla 19).

Los alimentos balanceados con orientación para truchas arco iris tienen los requerimientos necesarios que contienen un 10 por ciento de humedad para la etapa de engorde con la marca de Salmofood en Perú (VITAPRO S.A., 2015).

Así mismo, AQUATECH (2019), su alimento balanceado contiene un 12 por ciento de humedad; mientras que los alimentos extruidos para truchas arco iris, brindan el siguiente requerimiento nutricional 10 por ciento de humedad para la etapa de engorde (NICOVITA, 2000). Los alimentos balanceados para la etapa de engorde presentan un 10 por ciento de humedad (AVIKAMAN, 2020). Según la Norma Técnica Peruana NTP 209.255 (2009), los requerimientos mínimos y máximos del alimento balanceado en la etapa de engorde o acabado para truchas presentan un 14 por ciento como máximo de humedad. Los alimentos formulados con sustituciones de 00, 20 y 30 por ciento de harina de chía presentaron una humedad de 11.323

por ciento como mínimo para la formulación uno y 11.576 por ciento como máximo, para la formulación dos. El porcentaje de humedad es similar al de las marcas comerciales, además está dentro de lo que indica para el contenido de humedad, la NTP 209.255 (2009).

El análisis de varianza realizado para el porcentaje de proteínas en los alimentos formulados con sustituciones de harina de chíá, aportó las evidencias estadísticas de un valor  $P = 1.172e-12$  (se muestra en el Anexo 6, Tabla 20), el cual es menor al nivel de significancia, lo que indica que hay diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de proteínas en las formulaciones del alimento balanceado. Además, se muestra que se tiene tres clasificaciones; en el grupo A está la formulación uno que tiene un porcentaje de proteína del 34.010 por ciento y por otro lado está el grupo C, que pertenece a la formulación tres con un porcentaje de 30.977 por ciento, según la prueba de LSD (se muestra en anexos 6, Tabla 21).

Los alimentos balanceados para truchas arco iris contiene un 41 por ciento de proteína para la etapa de engorde con la marca de SALMOFOOD en Perú (VITAPRO S.A., 2015). Para que los alimentos balanceados sean eficientes deben estar elaborados según los requerimientos nutricionales de la trucha en la etapa de engorde, presentando rangos de 34 a 40 por ciento de proteína cruda, los cuales están elaborados para asegurar una digestibilidad sin generar desperdicios (EWOS, 2012). Según AQUATECH (2019), busca satisfacer las necesidades productivas que conlleva a producciones cada vez más eficientes y rentables para lograr los mejores crecimientos y factores de conversión económico; el alimento balanceado está diseñada con un rango de 32 a 42 por ciento de proteína. Por otro lado, los alimentos extruidos para truchas arco iris brindan un 40 por ciento de proteína, (NICOVITA, 2000). Los alimentos balanceados formulados presentan un 40 por ciento de proteína, (AVIKAMAN, 2020). Según la Norma Técnica Peruana NTP 209.255 (2009), los requerimientos mínimos y máximos del alimento balanceado en la etapa de engorde o acabado para truchas es de 40 por ciento como mínimo de proteína. Los alimentos formulados con sustituciones de 00, 20 y 30 por ciento de harina de chíá presentaron porcentajes de proteína como mínimo 30.976 por ciento para la formulación tres y 34.010 por ciento para la formulación uno, el cual no satisface los requerimientos de la NTP 209.25 (2009), pero sí está dentro de los rangos para los alimentos de las marcas Ewos y Aquatech.

El análisis de varianza realizado para el porcentaje de grasas en los alimentos balanceados muestra las evidencias estadísticas de un valor  $P = 2.351e-13$  (anexo 6, tabla 22),

el cual es menor al nivel de significancia, lo que indica que hay diferencias, estadísticamente, significativas en el contenido de grasa. Además, se puede observar mediante la prueba de LSD (anexo 6 tabla 23), en el grupo A está la formulación tres con un 27.846 por ciento, seguido del grupo B en donde se encuentra la formulación dos con un porcentaje de 26.536 y finalmente, se encuentra el grupo C con la formulación tres con 15.450 por ciento.

Los alimentos balanceados para truchas arco iris, contiene un 24 por ciento de lípidos, este alimento balanceado se comercializa para la etapa de engorde con la marca de SALMOFOOD en Perú (VITAPRO S.A., 2015). Estos alimentos son eficientes; ya que, están elaborados según los requerimientos nutricionales presentando 24 a 28 por ciento de grasas, los cuales están elaborados para asegurar una digestibilidad sin generar desperdicios (EWOS, 2012). Por otro lado, AQUATECH (2019), busca satisfacer las necesidades productivas donde sus alimentos tienen de 16 a 25 por ciento de lípidos. Según la Norma Técnica Peruana NTP 209.255 (2009), los requerimientos mínimos y máximos del alimento balanceado en la etapa de engorde o acabado para truchas, es de 8 por ciento como mínimo de grasas. Los alimentos formulados con sustituciones de 00, 20 y 30 por ciento de harina de chía presentaron el siguiente porcentaje de grasas: para la formulación uno se obtuvo un porcentaje de 25.450 eso como mínimo y como máximo para la formulación tres con 27.845 por ciento estos datos están dentro de la NTP 209.255 (2009), lo que indica como mínimo del 8 por ciento mas no el porcentaje máximo. Por otro lado, podemos afirmar que los alimentos balanceados para la etapa de engorde están dentro de los rangos que presentan los alimentos comerciales para las truchas.

El análisis de varianza realizado para el porcentaje de cenizas en los alimentos balanceados, muestra las evidencias estadísticas de un valor  $P = 2.141e-09$  (anexo 6, tabla 24), el cual es menor al nivel de significancia, lo que indica que hay diferencias estadísticamente significativas en el contenido de cenizas. Además, se puede observar mediante la prueba de LSD (anexo 6, tabla 25), la siguiente clasificación: en el grupo A se encuentra la formulación uno con el porcentaje de 11.280, seguido del grupo B con un porcentaje de 10.983 y finalmente con 10.757 el grupo C de la formulación uno.

Los alimentos balanceados con orientación para truchas arco iris, contiene un 10 por ciento de ceniza para la etapa de engorde en la marca de SALMOFOOD en Perú (VITAPRO S.A., 2015). Mientras que AQUATECH (2019), sus alimentos contienen en un rango de 10 a 12 por ciento de ceniza. Según la Norma Técnica Peruana NTP 209.255 (2009), los

requerimientos mínimos y máximos del alimento balanceado en la etapa de engorde o acabado para truchas es de 12 por ciento como máximo de cenizas. Los alimentos formulados con sustituciones de 00, 20 y 30 por ciento de harina de chía presentaron el siguiente porcentaje de cenizas: como mínimo que se obtuvo es de 10.756 por ciento para la formulación uno, mientras 11.280 por ciento para la formulación tres. Estos datos están dentro de lo que estipula la norma técnica, además es similar a los requerimientos que indican las marcas comerciales.

El análisis de varianza realizado para el porcentaje de carbohidratos en los alimentos balanceados, aportó las evidencias estadísticas de un valor  $P = 0.000153$  (anexo 6 tabla 26), el cual es menor al nivel de significancia, lo que demuestra que hay diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de carbohidratos de las formulaciones de alimentos balanceados. Además, se puede observar que se tiene tres clasificaciones, en el grupo A está la formulación dos que tiene un porcentaje de carbohidratos de 18.643 por ciento; en el grupo B, que pertenece a la formulación tres, tiene un porcentaje de 18.540 y, por último, la formulación uno que tiene 18.460 por ciento del grupo C, según la prueba de LSD (anexo 6, tabla 27).

Según la Norma Técnica Peruana NTP 209.255 (2009), los requerimientos mínimos y máximos del alimento balanceado en la etapa de engorde o acabado para truchas es de 25 por ciento de carbohidratos como máximo. Los alimentos elaborados contenían valores entre los rangos de 18.460 como mínimo y 18.643 para la formulación dos, que es el máximo. Estos resultados están dentro de los requerimientos que indica la NTP 209.255 (2009).

Según la FAO (2014), los alimentos deben contener cinco componentes básicos: proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales. Los subproductos vegetales tienen deficiencias de proteínas y aminoácidos, debido a que contiene factores anti nutricionales; por ejemplo, la harina de soya contiene inhibidores anti nutricionales como es la tripsina, carbohidratos no digeribles, lectinas, saponinas y fitatos dificultando la digestión de la trucha (Adelizi *et al.*, 1998). La chía es apreciado por su gran contenido de ácidos grasos, entre ellos el omega 3 que es útil para contrarrestar los triglicéridos; también, es una fuente vegetal con mayor contenido de ácidos grasos esenciales (Xingú *et al.*, 2017). Es por ello que se utilizó la harina de chía, ya que sirve como fuente de antioxidantes.

#### 4.2. EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE BIOMETRÍA Y PIGMENTACIÓN DE LAS TRUCHAS ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*)

La evaluación se realizó cada 10 días durante 60 días. Los parámetros a medir fueron el peso, talla y la pigmentación, para lo cual se realizó análisis de biometría, pigmentación y físico-químico de las truchas en un inicio y son los que se muestran en la tabla 11.

**Tabla 11: Característica de las truchas al inicio de la investigación**

Trucha	% Humedad	% Proteínas	% Grasas	% Cenizas	Peso	Talla	Escala de Color
1	77.82	17.81	2.8	1.58	156.7	24.23	16
2	77.40	18.65	2.39	1.55	157.0	24.23	16
3	77.83	18.51	2.24	1.42	157.3	24.23	16
Promedio	77.68	18.32	2.48	1.52	157.0	24.23	16

En lo que concierne a la talla tuvieron un promedio de 24.23 cm y un peso promedio de 157 gramos, llegando en la escala de color 16, ya que la totalidad de las truchas fueron seleccionadas a fin de lograr que estas tengan similares características.

##### 4.2.1. Evaluación de la talla con respecto a los días en las truchas en etapa de engorde

La evaluación de la talla se realizó durante 60 días, alimentando a cada jaula con alimento balanceado que tenía sustitución de harina de chía al 00, 20 y 30 por ciento. Se muestreó cuatro truchas de forma aleatoria de cada jaula, luego se sacrificó y se analizó la talla de la trucha, correspondientemente el cual se muestra en la tabla 12.

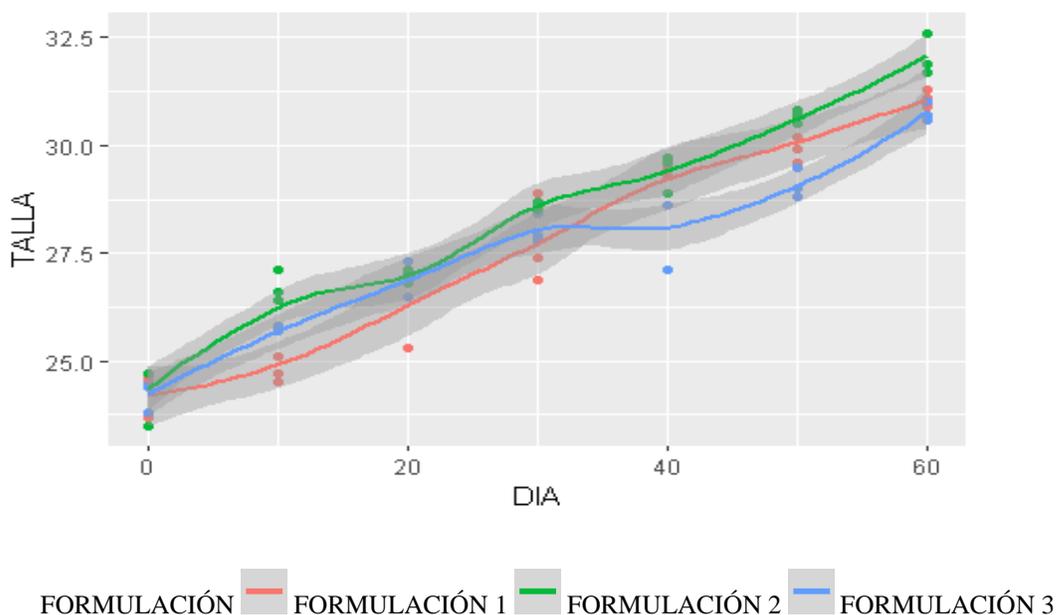
**Tabla 12: Talla de las truchas arco iris alimentados con 00, 20 y 30 por ciento de harina de chía**

Días	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
0	24.23	24.23	24.23
10	24.77	26.70	25.73
20	26.30	26.97	26.81
30	27.73	28.60	28.03
40	29.23	29.40	28.10
50	29.90	30.67	29.10
60	31.10	32.07	30.77

El análisis de varianza realizado para las tallas nos muestra un  $P= 0.8372e-07$  (anexos 6, tabla 38), el cual es menor al nivel de significancia, lo que indica que hay diferencias estadísticamente significativas para las tallas de las truchas alimentadas con distintas sustituciones de harina de chía (formulaciones). Además, se puede observar el promedio de las tallas según la prueba de LSD (anexo 6, tabla 39), donde la formulación dos tiene mejor ganancia de talla de 28.38 centímetros que las truchas alimentadas con el alimento uno y el alimento tres que tienen un promedio de 27.61 y 27.55 centímetros, respectivamente.

Las truchas alimentadas con la formulación uno que vendrían a ser las que contienen un cero por ciento de harina de chía tiene una ganancia de 6.87 cm llegando como talla final hasta 31.10 cm, aproximadamente. Por otro lado, las truchas alimentadas con la formulación dos tienen una ganancia de talla de 7.84 cm llegando hasta una talla final de 32.07 cm y finalmente, está el grupo de las truchas alimentadas con la formulación tres que contenía un 30 por ciento de harina de chía, el cual tiene una ganancia de talla de 6.54, logrando alcanzar una talla de 30.77. Se puede apreciar en la figura 6.

### GRAFICO DIA VS TALLA



**Figura 6.** Gráfico de la evolución de la talla obtenido en las muestras de truchas

En la Figura 6, se aprecia un crecimiento progresivo en la talla de las truchas. Con el pasar de los días, se observa que la formulación de 00 por ciento de harina de chía y la formulación con 30 por ciento de harina de chía, fueron los que menor evolución presentaron durante 60 días; mientras que la formulación del 20 por ciento de harina de chía, presentó mejor resultado con respecto a las dos formulaciones. Por lo que podemos concluir que la formulación que contiene un 20 por ciento de harina de chía presenta mejores resultados con respecto a la talla.

En la determinación del alimento balanceado más adecuado, se evaluó por un periodo de un mes con 50 truchas con una longitud inicial de 25.25 cm, en los resultados del estudio se puede observar que en la cuarta semana obtuvo una talla de 28.88 cm con una ganancia de 3.42 cm, los que fueron alimentadas con 42 por ciento de proteínas y 8 por ciento de lípidos (Echevarría, 2014). En otro estudio se utilizaron truchas en la etapa de engorde con una longitud inicial promedio de 15cm, éstas se evaluaron durante 10 semanas, fueron asignados aleatoriamente donde la formulación 2 es la que obtuvo buenos resultados. Para la semana 8 que vendría a ser 60 días, se obtuvo un valor 23.8 cm ganando una talla de 8.8 cm. (Rosales, 2016). En otro estudio, se evaluó en jaulas flotantes, en la etapa de engorde con alimentación ad libitum y convencional; se inició con una talla promedio inicial de 19 cm y los tratamientos se realizaron con alimento balanceado Ewos y Nicovita, para lo cual se tuvo 04 jaulas. Estos se evaluaron cada 15 días durante tres meses, el cual para el segundo mes los resultados fueron los siguientes: para el grupo alimentado con Ewos mediante alimentación convencional se tuvo una ganancia de talla de 7.1 cm, mientras que para el grupo alimentado con Nicovita se tuvo una ganancia de 6.1 cm, mediante la alimentación ad libitum con Ewos se ganó 8.4 cm, así mismo con Nicovita se ganó un peso de 7.9 cm (Gómez, 2017).

Las truchas criadas en el lago Titicaca del departamento de Puno, alimentadas con sustituciones de 00, 20 y 30 por ciento de harina de chía, mostraron como resultado una ganancia de tallas de 6.87 cm; para el que contenía cero por ciento de chía, 7.84 cm; para la formulación que contenía una sustitución del 20 por ciento de harina de chía y finalmente, 6.54 cm para el alimento tres que contiene el 30 por ciento de sustitución de harina de chía. No se encontró estudios realizados con harina de chía, es por ello que se utilizó como fuente a estudios que utilizan indicadores de biometría alimentados con alimentos balanceados comerciales en los que se puede observar que son similares a la ganancia de talla con los resultados obtenidos de la

formulación uno y tres, mientras que la formulación dos es muy representativa. Esto depende mucho de las condiciones en que se encuentre la crianza de truchas, así como el alimento proporcionado o las veces que se le suministra. También está la incorporación parcial de ingredientes que contienen altos niveles de grasa, como las semillas oleaginosas que pueden aumentar la rentabilidad del alimento balanceado, ya que los resultados tienen un buen crecimiento con respecto a la talla y el peso (Adelizi *et al.*, 1998). También, influye el contenido equilibrado de proteínas y grasas, asimismo otros componentes como los minerales.

#### **4.2.2. Evaluación del peso con respecto a los días en las truchas en etapa de engorde**

La evaluación del peso se realizó durante 60 días, alimentando a cada jaula con alimento balanceado que tenía sustitución de harina de chíá al 00, 20 y 30 por ciento. Se muestreó tres truchas de cada jaula y de forma aleatoria, luego se sacrificó y se pesó a las truchas, correspondientemente el cual se muestra en la tabla 13.

**Tabla 13: Peso de la trucha arco iris alimentados con 00, 20 y 30 por ciento de harina de chíá**

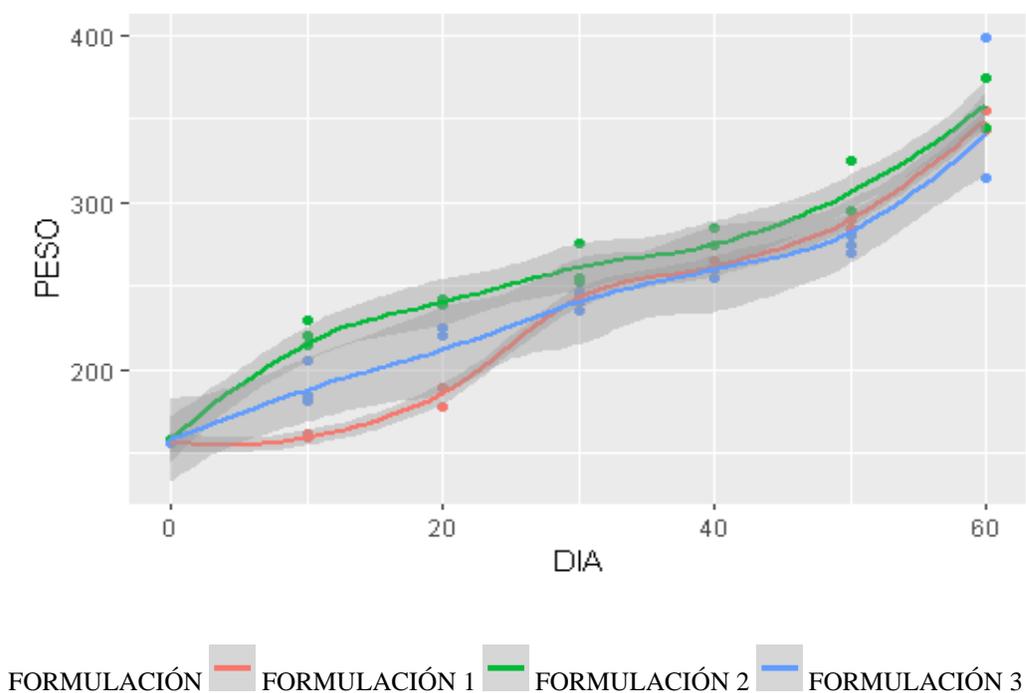
<b>PESO DE LAS TRUCHAS</b>			
	<b>FORMULACIÓN 1</b>	<b>FORMULACIÓN 2</b>	<b>FORMULACIÓN 3</b>
<b>DÍA</b>	g	g	g
<b>0</b>	157	157	157
<b>10</b>	160	220	190
<b>20</b>	190	240	210
<b>30</b>	240	260	240
<b>40</b>	260	280	260
<b>50</b>	290	310	280
<b>60</b>	350	360	340

El análisis de varianza realizado para los pesos de las truchas, nos muestra un  $P= 8.538e-06$  (anexos 6, tabla 40), el cual es menor al nivel de significancia, lo que indica que hay diferencias estadísticamente significativas comparativas en el incremento de peso para los distintos grupos de truchas alimentadas con distintas formulaciones de alimento balanceado. Además, se puede observar mediante la prueba de LSD (anexo 6, tabla 41), donde la formulación

dos tiene un promedio de 259.81 gramos perteneciendo al grupo A, mientras el grupo B está conformado por la formulación tres que tiene un promedio de 239.76 gramos y la formulación uno que tiene un peso promedio de 234.86 gramos.

Las truchas alimentadas con la formulación uno que vendría a ser las que contienen un cero por ciento de harina de chía tienen una ganancia de 193 gramos y un peso promedio final de 350 gramos. Similar efecto sucedió para las truchas alimentadas con la formulación tres que contiene 30 por ciento de harina de chía en el alimento balanceado ganando el peso de 183 gramos y llegando a un peso final de 340 gramos. Mientras para la formulación dos que contenía 20 por ciento de harina de chía tuvo una ganancia de peso de 203 gramos y como peso promedio final de 360 gramos siendo esta formulación la mejor porque nos aportó una buena ganancia de peso.

### GRAFICO DIA VS PESO



**Figura 7.** Evolución del peso en la trucha arco iris con diferentes formulaciones

Además, podemos apreciar que las truchas alimentadas con la formulación dos tienen una buena aceptación y asimilación, esto nos demuestra con el peso generado en la figura 7, llegando en 60 días a un peso comercial de 350 gramos. Se evaluaron formulaciones para determinar la formulación más adecuada, para ello se evaluó por un periodo de un mes con 50

truchas en cada jaula con un peso inicial de 195.87 g y se evaluó los datos biométricos. En la cuarta semana se obtuvo un peso promedio de 269.59 gramos con una ganancia de 73.72 gramos, estos fueron alimentos que contenían un 42 por ciento de proteínas y un 8 por ciento de lípidos (Echevarría, 2014). Se utilizaron truchas en etapa de engorde con un peso promedio inicial de 43.98 gramos por 10 semanas. El incremento de peso para la semana 8 que vendría a ser como 60 días, tuvo un peso de 132.8 gramos ganando un peso de 88.82 gramos (Rosales, 2016). También, se evaluaron en jaulas flotantes en la etapa de engorde con alimentación ad libitum y convencional; se inició con un peso promedio inicial de 91.3 g los tratamientos se realizaron con alimentos balanceados Ewos y Nicovita, para lo cual se tuvo 04 jaulas, se evaluaron cada 15 días durante tres meses. Para el segundo mes los resultados fueron los siguientes: para el grupo alimentado con Ewos mediante alimentación convencional se tuvo una ganancia de peso de 166.2 gramos, mientras para el grupo alimentado con Nicovita tuvo una ganancia de 148 gramos, por otro lado, mediante la alimentación ad libitum con Ewos, se ganó 258.9 gramos. Así mismo con Nicovita se ganó un peso de 246.6 gramos (Gómez, 2017).

Las truchas criadas en el lago Titicaca del departamento de Puno, alimentadas con sustituciones de 00, 20 y 30 por ciento de harina de chía, mostraron como resultado una ganancia de peso de 193 gramos, el que contenía cero por ciento de chía; 203 gramos para la formulación que contenía una sustitución del 20 por ciento de harina de chía y finalmente, 183 gramos para el alimento tres que contenía el 30 por ciento de sustitución de harina de chía. No se encontró estudios realizados con harina de chía, es por ello que se utilizó como fuente a estudios que utilizaron alimentos comerciales en los que se puede observar los datos obtenidos que son mayores a las condiciones convencionales en lo que concierne a la ganancia de peso. Esto depende mucho de las condiciones en que se encuentre la crianza de truchas, así como el alimento proporcionado o las veces que se le suministra, la variedad de trucha, peso inicial, entre otros factores. También está la incorporación parcial de ingredientes que contienen altos niveles de grasa, como las semillas oleaginosas que pueden aumentar la rentabilidad del alimento balanceado, ya que los resultados tienen un buen crecimiento con respecto a la talla y el peso (Adelizi *et al.*, 1998).

#### 4.2.3. Evaluación de la pigmentación con respecto a los días en las truchas en etapa de engorde

La evaluación de pigmentación se observa en la tabla 14, el que se realizó por un periodo de 60 días. Para ello se muestreó cuatro truchas de forma aleatoria de cada jaula, luego se sacrificó y se procedió a medir el color de la carne de trucha.

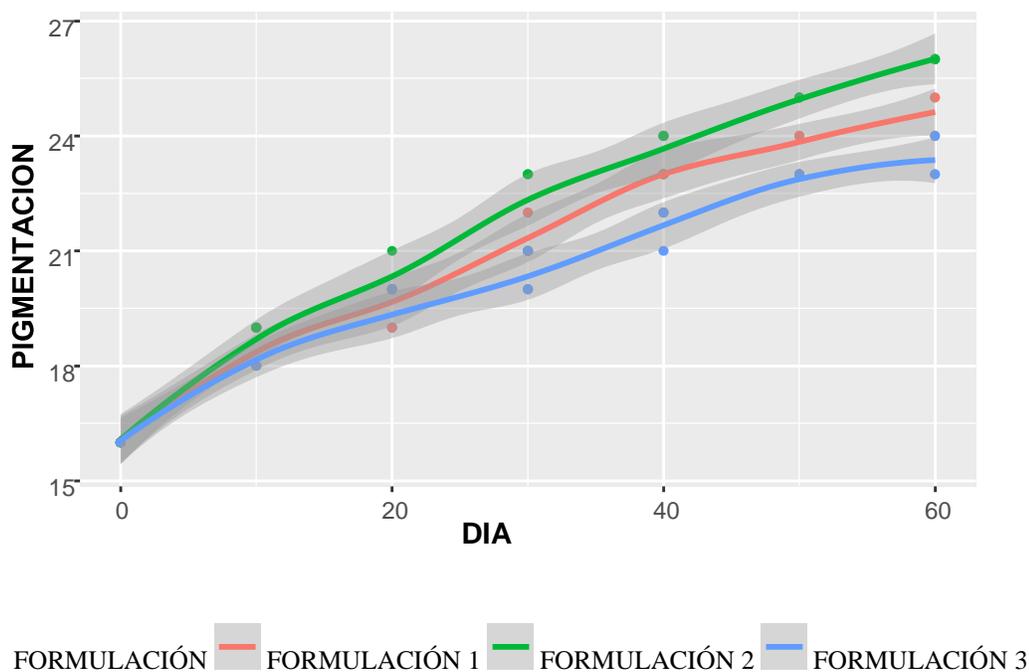
**Tabla 14: Evaluación cualitativa de la pigmentación en la carne de la trucha según la regla colorimétrica Salmo Fan de Roche**

Días	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
0	16	16	16
10	18.7	19	18.3
20	19.7	20.3	19.3
30	21.3	22.3	20.3
40	23	23.7	21.7
50	23.7	25	23
60	24.7	26	23.3

El análisis de varianza realizado para la pigmentación, nos muestra un  $P= 3.528e-11$  (anexo 6, tabla 42), el cual es menor al nivel de significancia, lo que indica que hay diferencias estadísticamente significativas comparativas en el contenido de pigmentación en las truchas alimentadas con distintos alimentos balanceados por 60 días. Además, se puede observar mediante la prueba de LSD (anexo 6, tabla 43), donde la formulación dos tiene mejor pigmentación con un promedio de 21.76 y está en el grupo A, mientras en el grupo B se encuentra la formulación uno que tiene 21.00 y por último en el grupo C está la formulación tres con 20.29 en la escala del Salmo Fan de Roche.

Las truchas alimentadas con la formulación uno que vendría a ser las que contienen un cero por ciento de harina de chíá tienen 24.7 puntos en la escala de pigmentación, mientras las truchas alimentadas con la formulación tres, que contiene 30 por ciento de harina de chíá en el alimento balanceado, tienen 23.3 puntos en la escala de coloración y por último la formulación dos que contenía 20 por ciento de harina de chíá logró tener 26 de pigmentación en la escala del Salmo Fan de Roche lineal, siendo el mejor y se muestra en figura 8.

## GRÁFICO DÍA VS PIGMENTACIÓN



**Figura 8.** Gráfico de evaluación en la pigmentación de la carne de trucha según la regla Salmo Fan de Roche

En la Figura 8, se puede apreciar que la formulación con 00 y 30 por ciento de harina de chía hay una pigmentación lenta por debajo de la formulación dos que contenía 20 por ciento de harina de chía. Por lo que podemos concluir que la formulación con sustitución del 20 por ciento de harina de chía dio mejores resultados de pigmentación; seguido por la formulación 00 por ciento de sustitución de harina de chía, lo que nos da a conocer que no necesariamente a mayor concentración de harina de chía, se obtendrá mejor resultados.

En la pigmentación es importante identificar la coloración roja de carne de la trucha, el cual se identifica mediante el impacto visual de la aceptación del producto según la necesidad del mercado. Una buena pigmentación es de 24 a 29 según la escala Salmo Fan de Roche, es recomendable iniciar una pigmentación a partir de 180 a 200 gramos para obtener un producto de 250 a 270 gramos (4und/kg) (Sierra Exportadora, 2011). La pigmentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentados con dos alimentos comerciales (línea Skretting “A” y Salmofood “B”) durante 95 días da como resultado que el 75 por ciento de las truchas que consumieron alimento “B”, tienen una media de pigmentación de 25.83 a diferencia del alimento “A”, donde el 50 por ciento tiene un grado de pigmentación media de 22.91(Enaro, 2019). En

otro estudio se adicionó, al alimento balanceado, dos pigmentantes: deltaxantina y carophyll rosado. Durante la investigación los tratamientos fueron: T1, Dieta con 90 ppm de carophyll rosado y T2, Dieta con 100 ppm de deltaxantina. Para comparar el efecto de ambos pigmentantes, se evaluó durante 45 días y el que mejor resultado obtuvo fue la concentración de 90 ppm de pigmento sintético, el carophyll rosado tuvo mejores valores en carne de la trucha arco iris llegando a 28; mientras que la deltaxantina llegó a 24.33 en la fase de acabado (Lázaro, 2014).

Las truchas criadas en el lago Titicaca del departamento de Puno, alimentadas con sustituciones de 00, 20 y 30 por ciento de harina de chía, mostró que las truchas alimentadas con la formulación uno, que vendría a ser las que contienen un cero por ciento de harina de chía, tienen 24.7 puntos en la escala de pigmentación, mientras las truchas alimentadas con la formulación tres que contiene 30 por ciento de harina de chía en el alimento balanceado tiene 23.3 puntos en la escala de coloración y por último la formulación dos que contiene 20 por ciento de harina de chía, logró obtener una pigmentación de 26, en la escala del Salmo Fan de Roche lineal. No se encontró estudios realizados con harina de chía, es por ello que se utilizó como fuente a estudios que utilizaron alimentos comerciales, los que indican que el contenido de astaxantina a incorporar al alimento es de 30 a 80 ppm. También, cabe indicar que el contenido de estos no influye en la talla y el peso, el exceso de lípidos no asegura una buena pigmentación; sin embargo, lípidos en adecuadas proporciones pueden dar buena fijación de color. Para lograr un nivel de pigmentación aceptable en la trucha arco iris estos carotenoides se suplementan en el alimento balanceado en concentraciones que oscilan entre 30 a 80 mg / kg y solo se retiene el 16 mg/kg de astaxantina en los músculos de la trucha (Allen, 2015). 50 mg de astaxantina por kg de alimento pueden ser suficientes durante 10 semanas para mejorar la capacidad antioxidante de la trucha arco iris juvenil, lo que puede ejercer una serie de efectos beneficiosos sobre la salud humana (Raman *et al.*, 2016).

#### **4.2.4. Análisis proximal de las truchas**

El contenido de proteína de cada formulación es casi el mismo, con una ligera variación, siendo el mayor contenido en el alimento balanceado de la formulación F1; que tal como se indica, no influiría en el crecimiento de las truchas, ya que es una variable casi constante. El contenido de grasa y de fibra es mayor en la formulación F3.

**Tabla 15: Análisis fisicoquímico de la trucha al final del estudio, alimentados con formulaciones de 00, 20 y 30 por ciento de harina de chíá**

<b>Alimento Balanceado</b>	<b>% Humedad</b>	<b>% Proteína</b>	<b>% Grasas</b>	<b>% Cenizas</b>
<b>Formulación 1</b>	72.33 b	20.11 b	3.52 b	4.04 c
<b>Formulación 2</b>	72.04 c	20.17 a	3.71 a	4.08 b
<b>Formulación 3</b>	72.94 a	19.83 c	3.07 c	4.16 a

El análisis de varianza realizado para el porcentaje de humedad en la carne de trucha después de 60 días, aportó las evidencias estadísticas de un valor  $P = 5.12e-11$  (anexo 6 tabla 44), el cual es menor al nivel de significancia, lo que demuestra que hay diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de humedad. Además, se puede observar que tiene tres clasificaciones: en la categoría A está la formulación tres que tiene un porcentaje de 72.94, en la categoría B se encuentra la formulación uno con 72.33 por ciento y en la categoría C se encuentra la formulación dos con un porcentaje de 72.04, según la prueba de LSD (anexo 6, tabla 45).

El análisis de varianza realizado para el porcentaje de proteínas en la carne de trucha después de 60 días, aportó las evidencias estadísticas de un valor  $P = 1.27e-09$  (anexo 6, tabla 46), el cual es menor al nivel de significancia, lo que demuestra que hay diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de proteínas. Además, se puede observar que se tiene tres clasificaciones: en la categoría A está la formulación uno que tiene 20.17 por ciento de proteínas, seguido de la categoría B con 20.10 por ciento que pertenece a la formulación dos y, por último, la categoría C que tiene un porcentaje de 19.82 de la formulación tres, según la prueba de LSD (anexo 6, tabla 47).

El análisis de varianza realizado para el porcentaje de grasas en la carne de trucha después de 60 días, aportó las evidencias estadísticas de un valor  $P = 3.85e-10$  (anexo 6, tabla 48), el cual es menor al nivel de significancia, lo que demuestra que hay diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de grasa. Además, se puede observar que se tiene tres clasificaciones: en el grupo A está la formulación uno que tiene 3.71 por ciento, seguido del grupo B con 3.52 por ciento que pertenece a la formulación dos y, por último, en el

grupo C que tiene un porcentaje de 3.07 de la formulación tres, según la prueba de LSD (anexo 6, tabla 49).

El análisis de varianza realizado para el porcentaje de cenizas en la carne de trucha después de 60 días, aportó las evidencias estadísticas de un valor  $P = 2.59e-06$  (anexo 6, tabla 50), el cual es menor al nivel de significancia, lo que demuestra que hay diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de cenizas. Además, se puede observar que se tiene tres clasificaciones: en el grupo A está la formulación tres con 4.16 por ciento de cenizas, seguido del grupo B con 4.08 por ciento que pertenece a la formulación dos y, por último, el grupo C que tiene un porcentaje de 4.04 el cual pertenece a la formulación uno, según la prueba de LSD (anexo 6, tabla 51).

Se realizó una comparación de la composición proximal de la trucha en cautiverio y vida libre, donde las proteínas representan 20.66 y 18.72, el porcentaje de grasa fue de 1.7 y 3.72, la humedad 77.3 y 76.4 y cenizas 1.33 y 1.69 (Caballero *et al.*, 2002). Mientras que en un estudio para la prueba testigo, alimentado con Tomasino peletizado, fue de 74.21 por ciento de humedad, 25.79 por ciento de materia seca, 1.43 por ciento de ceniza, 18.93 por ciento de proteína y 7.60 por ciento de grasa (Mamani, 2017). Por otra parte, se evaluó piensos con altas sustituciones de harina de pescado por una mezcla de harinas vegetales, formada, principalmente, por torta de soja y gluten de trigo. Se realizó la composición nutricional en las truchas alimentadas con los tres piensos, durante 76 días; no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Respecto a las proteínas brutas el HP20 fue mayor con 16.70 por ciento y el menor fue el HP10 con 16.02 por ciento. En caso de la grasa bruta lo que más resaltó fue HP20 con 9.82 por ciento y un menor de GP0 con 8.16 por ciento, en cenizas, el que mayor predominio tuvo en el estudio, fue HP10 con 2.56 por ciento y un menor cantidad la HP20 con 2.41 por ciento (Jerusalén, 2017).

El contenido de humedad en las truchas alimentadas con sustituciones de harina de chía presentó valores desde 72.04 a 72.94 por ciento, estas son menores a los mencionados por Caballero *et al.*, (2002) y Mamani (2017). Por otro lado, el porcentaje de proteínas en la carne de la trucha oscila entre 19.83 a 20.17, resultados mayores a Jerusalén (2017) y similares a lo reportado por Caballero *et al.*, (2002). En cambio, el contenido de grasas está entre 3.07 a 3.71, ya que son similares según lo indicado por Caballero *et al.*, (2002) y por muy debajo de los autores Mamani, (2017) y Jerusalén, (2017); esto depende mucho del alimento que se suministra

al momento de su alimentación y, también, de los factores ambientales. El contenido de cenizas está entre un rango de 4.04 a 4.16 por ciento, según los autores anteceditos donde muestran datos inferiores al estudio que oscilan entre 1.33 a 2.56 por ciento. El contenido de ceniza para los alimentos balanceados podría influir en la cantidad sustituida de harina de chía y la premezcla Premix.

#### **4.3. DETERMINACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LOS ALIMENTOS BALANCEADOS**

Se determinó los costos de producción en los alimentos balanceados para las tres formulaciones, empleados en el estudio. Se detallan en el anexo 7 (a, b y c).

**Tabla 16: Costos de los alimentos balanceados para la etapa de engorde**

<b>Descripción</b>	<b>Formulación 1</b>	<b>Formulación 2</b>	<b>Formulación 3</b>
<b>Materia Prima e insumos</b>	S/. 16.36	S/. 25.48	S/. 30,04
<b>Elaboración de alimento balanceado (Servicio)</b>	S/. 6.00	S/. 6.00	S/. 6.00
<b>Costo total</b>	S/. 22.36	S/. 31.48	S/. 36.04
<b>Costo unitario</b>	S/. 3.73	S/. 5.25	S/. 6.01
<b>Costo de alimento balanceado en 25 Kg.</b>	S/. 93.19	S/. 131.17	S/. 150.17

En la tabla 16, se presenta los costos de producción de los alimentos balanceados con sustituciones de harina de chía al 00, 20 y 30 por ciento, donde la formulación uno tiene un costo unitario de S/. 3.73 soles por un kilogramo y en 25 kg tiene un costo de S/. 93.19; en cambio, en la formulación dos tiene un costo unitario de S/. 5.25 y el costo para 25 kg es de 131.17. Finalmente, para la formulación tres el costo unitario es de S/. 6.01 y el costo para 25 Kg es de S/. 150.17. Se puede apreciar que, a mayor incorporación de harina de chía, se incrementa el precio del alimento balanceado debido al costo de la chía.

**Tabla 17: Precio de los alimentos balanceados expendidos en la región de Puno para la etapa de engorde con pigmento**

<b>Marcas de Alimentos balanceados</b>	<b>Pecio unitario</b>	<b>Precio por 25 Kg</b>
<b>Trucha Andina</b>	S/. 5.92	S/. 148.00
<b>Chawlla feed</b>	S/. 5.72	S/. 143.00
<b>Avikaman</b>	S/. 5.30	S/. 132.50
<b>Salmofood</b>	S/. 6.66	S/. 166.50

El alimento balanceado en Salmofood, costo por kilogramo, está en S/. 6.66 y por 25 Kg de alimento balanceado, en S/.166.50. Por otro lado, para la Trucha Andina, el costo unitario de su alimento balanceado, con pigmento para la etapa de engorde, tiene un precio de S/. 5.92 y por 25 kg el precio es de S/. 148.00. El alimento más económico sería Avikaman que tiene un costo unitario de S/. 5.30 y por 25 kg es de S/. 132.00. Los costos de producción para los alimentos formulados oscilan en un rango de 3.71 a 6.66 y para el caso de 25 Kg es de 93.19 a 150.17; por lo tanto, se puede indicar que están dentro de los costos de los productos que se comercializan como son las marcas comerciales: Trucha Andina y Salmofood. Entonces, podemos afirmar que los alimentos con mayor porcentaje de lípidos y proteínas tiene un costo elevado debido al costo de los insumos y materias primas para el alimento balanceado, ya que las mismas son de calidad y poseen un buen balanceo de nutrientes.

Según Allen (2015), hoy en día, la tendencia en pescados carnívoros, es utilizar dietas ricas en energía, formuladas con altos niveles de lípidos. Sin embargo, la incorporación de niveles mayores de lípidos en relación con las proteínas, encarece el costo de los alimentos balanceados (González, 2002). Por lo que se hace necesario contar, no solo con un alimento balanceado, sino que cumpla con los requerimientos nutricionales de la especie. También, debe considerarse la cantidad y la forma que se va alimentar a los peces en su fase de engorde, con el fin de regular su uso y maximizar las ganancias (Wicki *et al.*, 2016).

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

Primero, se logró formular los alimentos balanceados con sustituciones de 00, 20 y 30 por ciento de harina de chía, donde el contenido proximal de las formulaciones mostró lo siguiente: humedad de 11.323 a 11.576 por ciento, proteínas de 30.977 a 34.010 por ciento, grasas de 25.450 a 27.845 por ciento, cenizas de 10.756 a 11.280 por ciento y carbohidratos de 18.460 a 18.643 por ciento.

Segundo, se realizó las evaluaciones respectivas a las truchas nutridas con alimentos balanceados, con sustitución de 00, 20 y 30 por ciento. Los resultados para la formulación uno, mostraron una talla de 24.23 a 31.10 cm, con una ganancia de 6.87 cm; con un peso de 157 a 350 gr, con una ganancia de 198 gr y una pigmentación de 24.7, según la escala de salmo Fan de Roche. Para la formulación dos, se obtuvo una talla de 24.23 a 32.07 cm, con una ganancia de 7.84 cm; con un peso de 157 a 360 gr, con una ganancia de 203 gr y una pigmentación de 26, según la escala de salmo Fan de Roche. Finalmente, la formulación tres, mostró una talla de 24.23 a 30.77 cm, con una ganancia de 6.54 cm; con un peso de 157 a 340 gr, con una ganancia de 183 gr y una pigmentación de 23.3, según la escala de salmo Fan de Roche. La fórmula dos, que contiene 20 por ciento de harina de chía, fue la más adecuada para las truchas en la etapa de engorde, porque permitió una buena biometría y pigmentación de los salmónidos, ya que el alimento balanceado contenía proteína de 32.260 por ciento, grasa 26.536 por ciento, ceniza 10.983 por ciento y carbohidratos 18.643 por ciento. De tal forma que el alimento es asimilado adecuadamente con la finalidad de beneficiar en el crecimiento y en el color de la trucha.

Tercero, se evaluó los costos de producción de los alimentos sustituidos con harina de chía. Para la formulación uno, se le atribuye un precio de 93.19 soles para 25 kg y un costo

unitario de 3.73 soles; para la formulación dos, se le atribuye un costo de 131.17 soles para 25 kg y un costo unitario de 5.25 soles; finalmente, para la formulación tres, se obtuvo 150.17 soles para 25 kg y un costo unitario de 6.01 soles. Estos costos son elevados debido a la incorporación de harina de chía, pero los precios calculados están dentro del valor de los alimentos comerciales expendidos en la región Puno.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar estudios en cada etapa del crecimiento (alevinaje, crecimiento I, crecimiento II) de las truchas, donde se le suministre el alimento balanceado con sustitución del 20 por ciento de harina chía.
- Se recomienda utilizar la carne de la trucha con una adecuada biometría y una buena pigmentación, según los requerimientos del mercado. Dichas características favorecen en la transformación de filetes de trucha envasado al vacío, conservas de trucha, filete de trucha ahumado, hamburguesas, Nuggets, como alternativa para la diversificación en el mercado.
- Se recomienda alimentar a las truchas con sustitución de harina de chía al 20 por ciento, ya que son una buena alternativa. Sin embargo, a partir de estos resultados se debe continuar haciendo estudios para lograr alimentos balanceados de bajo costo y amplia disponibilidad en el mercado, con el fin de desarrollar alimentos que contribuyan al medio ambiente y que beneficien a los acuicultores artesanales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adelizi, P., Rosati, R., Warner, K., Wu, Y., Muench, T., White, M., & Brown, P. (1998). Evaluation of fish-meal free diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Nutrition*, 4, 255–262.
- Allen, D. (2015). *Feed and feeding practices in aquaculture*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/c2014-0-02662-7>
- AQUATECH. (2019). *Características nutricionales AQUATECH truchas smart LH y smart AE*. <https://aquatech.pe/truchas/>
- Astiasarán, I., & Martínez, J. (2003). *Alimentos: composición y propiedades* (Segunda Ed). McGraw-Hill.
- AVIKAMAN. (2020). *Alimento balanceado para animales CHAWLLA FEED, calidad y confianza para su crianza*.
- Caballero, M., Obach, A., Rosenlund, G., Montero, D., Gisvold, M., & Izquierdo, M. (2002). Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 214, 253–271. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00852-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00852-3)
- Carrillo, C., Gutiérrez, M., Muro, M., Martínez, R., & Torres, O. (2017). La chía como súper alimento y sus beneficios en la salud de la piel. *El Residente*, 12, 18–24. <http://www.medigraphic.com/pdfs/residente/rr-2017/rr171c.pdf>
- Carrillo, J., Sanchez, D., Hernandez, L., Angeles, O., & Fernandez, M. (2018). *Reemplazo de harina de pescado con gluten de maiz en dietas de juveniles de trucha arcoiris (Oncorhynchus mykiss): efectos en crecimiento y otros parametros fisiologicos*. 28(3), 257–263. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2018v28n3>
- CEDEP Centro de Estudios para el Desarrollo y la Participación. (2009). *Manual de crianza de trucha (Oncorhynchus mykiss)*. [http://www.gbcbiotech.com/genomicaypesca/documentos/peces/trucha/Manual de crianza truchas.pdf](http://www.gbcbiotech.com/genomicaypesca/documentos/peces/trucha/Manual%20de%20crianza%20truchas.pdf)

- Cheng-Sheng, L., Chhorn, L., Delbert, G., & Carl, W. (2015). *Dietary nutrients, additives, and fish health* (Woley Blac).
- Cuarite, J. (2015). *¿Cómo alimentar a mis truchas? Recomendaciones y aplicación de fórmulas*. JPG Corporación S.A.C.
- Di Sarpio, O., Bueno, M., Busilacchi, H., & Severin, C. (2008). Chía : Importante Antioxidante Vegetal. *Revista Agromensajes de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 2–4.
- DSM. (2015). *Carophyll Pink 10 % - cws, product information and product data sheet*. Nutricional Products Ltd.
- Echevarría, M. (2014). *Determinación de la formulación más adecuada de dieta para trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en sus diferentes etapas de desarrollo* [Universidad Nacional de Trujillo].  
[http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4430/ECHEVARRÍA RUIZ MARLON YORDANO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4430/ECHEVARRÍA_RUIZ_MARLON_YORDANO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Eguia, M. (2017). *Influencia de dos marcas comerciales de alimento en crecimiento y pigmentacion muscular de la trucha (Oncorhynchus mykiss) en estanques*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Enaro, E. (2019). *Evaluacion del desempeño productivo y grado de pigmentacion de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- EWOS. (2012). *Dieta clasica para truchas arcoiris en la etapa de acabado*.  
<https://induaqua.co/portfolio/alimento-balanceado-para-trucha-ewos-van/>
- FAO Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. (1995). *Ictiopatología nutricional: Signos morfológicos de la carencia y toxicidad de los nutrientes en los peces cultivados*.
- FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *Manual práctico para el cultivo de la trucha arcoíris*. <http://www.fao.org/3/a-bc354s.pdf>
- FONDEPES. (2014). *Manual de crianza de trucha en ambientes convencionales*.

[https://www.fondepes.gob.pe/src/manuales/MANUAL\\_TRUCHA.pdf](https://www.fondepes.gob.pe/src/manuales/MANUAL_TRUCHA.pdf)

FONDEPES Fondo nacional de desarrollo pesquero. (2014). *Manual de crianza de trucha en ambientes convencionales*. EINS PERÚ S.A.C.  
[https://www.fondepes.gob.pe/src/manuales/MANUAL\\_TRUCHA.pdf](https://www.fondepes.gob.pe/src/manuales/MANUAL_TRUCHA.pdf)

FONDEPES Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero. (2004). *Manual de cultivo de trucha arco iris en jaulas flotantes*.

García, A., & Calvario, O. (2003). *Manual de buenas prácticas de producción acuícola de trucha para la inocuidad alimentaria*.  
<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Manual+de+buenas+pr?cticas+de+producci?n+acu?cola+de+camar?n+para+la+inocuidad+alimentaria.#0>

García, T., Villarreal, H., & Fenucci, J. (2007). *Manual de ingredientes proteicos y aditivos empleados en la formulación de alimentos balanceados para camarones peneidos* (Editorial).

Gomez, Y. (2017). *Crecimiento de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en jaulas flotantes en la etapa de engorde alimentadas ad libitum y convencionalmente, en Chucasuyo - Juli*. Universidad Nacional del Altiplano- Puno.

Gonzalez, C. (2002). *Efecto de diferentes razones de proteínas y lípidos en las dietas sobre la respuesta productiva y características de la canal del salmon del pacifico (Oncorhynchus kisutch)*. Universidad de Chile.

González, C. (2002). *Efecto de diferentes razones de proteínas y lípidos en las dietas sobre la respuesta productiva y características de la canal del salmón del pacífico (Oncorhynchus kisutch)* [Universidad de Chile]. <https://doi.org/10.5354/0717-8883.1983.23025>

Jerusalén, E. (2017). *Efecto de la sustitución de harina de pescado por una mezcla de turtó de soja y gluten de trigo en piensos para trucha arcoiris (Oncorhynchus mykiss)*. Universitat Politècnica de Valencia.

- Jiménez, P., Masson, L., & Quitral, V. (2013). Composición química de semillas de chía, linaza y rosa mosqueta y su aporte en ácidos grasos omega-3. *Revista Chilena de Nutrición*, 40, 155–160.
- Lázaro, R. (2014). *Pigmentación de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en fase de acabado, durante el almacenamiento en refrigeración y proceso de cocción en el centro piscícola el Ingenio*. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Le Francois, N., Jobling, M., Carter, C., Blier, P., & Savoie, A. (2010). *Finfish aquaculture diversification*. CAB International. <https://doi.org/10.1079/9781845934941.0100>
- Ledesma, J., Chávez, A., Pérez, F., Mendoza, E., & Calvo, C. (2010). *Composición de alimentos: Valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo* (Segunda Ed). McGraw-Hill Interamericana editores S.A.
- Llerena, T. (2012). *Asistencia técnica dirigida en control sanitario en la crianza de truchas*.
- Mamani, M. (2017). Análisis bromatológico de la canal de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) producidas con alimento fresco y balanceado en jaulas flotantes, Chucuito-2014. *Revista de Investigaciones de La Escuela de Posgrado*, 6, 135–143.
- Murulanda, O. (2017). *Costos y presupuestos*.
- NICOVITA. (2000). *Alimento balanceado Nicovita classic truchas*.
- NTP Norma Técnica Peruana. (2009). *Acuicultura: Trucha, Alimento balanceado. Requisitos y definiciones* (Segunda Ed).
- Ortiz, J. (2015). *Acuicultura producción dulce acuícola en Ecuador I*. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10164/3/Acuicultura.pdf>
- Pacheco, F. (2019). *Módulo costos de producción*. Universidad Santo Tomas. <https://doi.org/10.15332/li.lib.2019.00035>
- Pokniak, J., Cornejo, S., Bravo, I., & Battaglia, J. (2001). Pigmentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) tipo mar alimentadas con dos niveles de astaxantina en dietas de crecimiento - engorda. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 33, 155–164.
- PRODUCE Ministerio de la producción. (2004). *Piscicultura de la trucha*.

- PRODUCE Ministerio de la producción. (2018). *Acuicultura de la trucha Arco Iris*.
- PRODUCE Ministerio de la producción. (2019a). *Cultivo, procesamiento y comercialización, con valor agregado de la trucha*.
- PRODUCE Ministerio de la producción. (2019b). *Principios para optimizar el cultivo de trucha Arco Iris en la categoría AREL*.
- PRODUCE Ministerio de la producción. (2020). *Anuario estadístico pesquero y acuicola 2019*.  
<https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oe-documentos-publicaciones/publicaciones-anuales/item/949-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2019>
- PRODUCE Ministerio de la Producción. (2010). *Elaboración de estudio de mercado de la trucha en Arequipa, Cusco, Lima, Huancayo y Puno*.
- Raman, M., Khosravi, S., Chang, K., & Lee, S. (2016). Effects of dietary inclusion of astaxanthin on growth, muscle pigmentation and antioxidant capacity of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Preventive Nutrition and Food Science*.  
<https://doi.org/10.3746/pnf.2016.21.3.281>
- Rosales, E. (2016). *Evaluación de índices productivos en truchas sometidas a cuatro frecuencias de alimentación en la piscigranja “La Cabaña”-Acostambo* [Universidad Nacional del Centro del Perú].  
[http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/2636/Garcia\\_Ventocilla-Mamani\\_Gamarra.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/2636/Garcia_Ventocilla-Mamani_Gamarra.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Salazar, R., Falcon, P., Gonzales, S., & Choy, M. (2008). *Determinacion del costo optimo de fabricacion industrial del alimento balanceado para truchas arco iris (Oncorhynchus mykiss W.) en la etapa de crecimiento a partir de la cebada y jora de maiz rojo (Huarotambo)*. 1(1).
- Sierra Exportadora. (2011). Cartilla de difusión de buenas prácticas en acuicultura de trucha en jaulas flotantes. *Lima-Perú*. 14p, 3–5.
- Turchini, G., Ng, W., & Tocher, D. (2010). *Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781439808634>

- Vallejos, H., & Chiliquinga, M. (2017). *Costos modalidad órdenes de producción*.
- Victoria, P., & Landines, M. (2019). *Fundamentos de acuicultura continental* (Tercera Ed). Comsila.
- VITAPRO S.A. (2015). *Protocolo técnico de registro sanitario de piensos usados en acuicultura*.
- Wicki, G., Dapello, G., & Luchini, L. (2016). Optimización del uso del alimento balanceado en acuicultura de agua dulce. Uso de tablas y recomendaciones para tres especies: Randia (Rhamdia quelen), Pacú (Piaractus mesopotamicus) y tilapia (Oreochromis niloticus). *Centro Nacional de Desarrollo Acuícola*.
- Xingú, A., González, A., Cruz, E., Sangerman, D., Orozco, G., & Rubí, M. (2017). Chía (Salvia hispanica L.) situación actual y tendencias futuras. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8, 1619–1631.
- Yancachajlla, L. (2017). *Incidencia de los costos de producción en la rentabilidad de la crianza artesanal de truchas en jaulas del distrito de Conima en el periodo 2014-2015*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Yapuchura, C., Mamani, S., Pari, D., & Flores, E. (2018). Curvas de crecimiento y eficiencia en la alimentación de truchas arcoiris (Oncorhynchus mikyss) en el costo de producción. *Comuni@cción*. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2219-71682018000100007&lang=pt%0Ahttp://www.scielo.org.pe/pdf/comunica/v9n1/a07v9n1.pdf](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2219-71682018000100007&lang=pt%0Ahttp://www.scielo.org.pe/pdf/comunica/v9n1/a07v9n1.pdf)

## ANEXOS

**Anexo 1: Imágenes del proceso de elaboración del alimento balanceado y las truchas (*Oncorhynchus mykiss*).**



*Figura 1: Pesado de harina de chía*



*Figura 2: Pesado de harina de pescado*



*Figura 3: Pesado de harina de trigo*



*Figura 4: Pesado de aceite de soya*



*Figura 5: Pesado de sal de mesa*



*Figura 6: Titulación de las muestras*



*Figura 7: Mezclado de las harinas*



*Figura 8: Tamizado de las harinas*



*Figura 9: Harina de trigo*



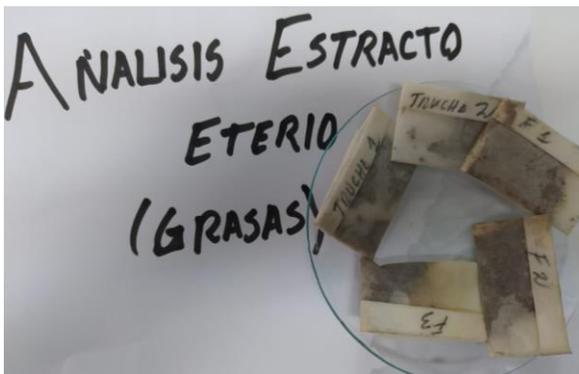
*Figura 10: Alimento balanceado*



*Figura 11: Carne de trucha al inicio*



*Figura 12: Medición del color*



*Figura 13: Análisis de grasas en truchas*



*Figura 14: Análisis de cenizas*



*Figura 15: Extracción de grasa de las muestras*



*Figura 16: Titulación de los pellets*



Figura 17: Pesado de muestras de pellets



Figura 18: Titulación de muestras



Figura 19: Análisis de proteínas



Figura 20: Alimentación de truchas



Figura 21: Pesado de truchas



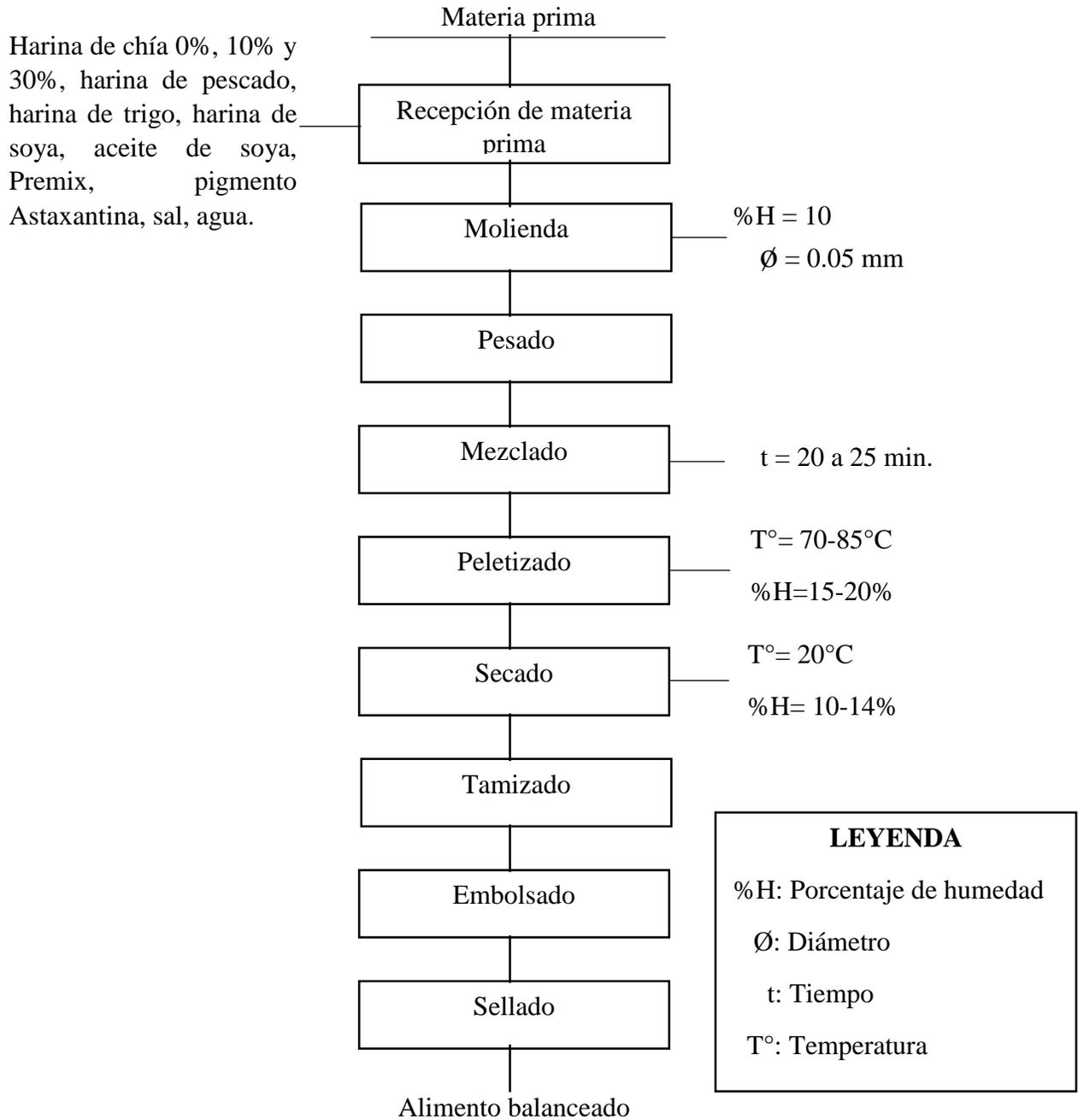
Figura 22: Medición de talla

**Anexo 2: Tabla de alimentación para truchas de diferentes tallas mantenida en diferentes temperaturas (Kg. de alimento por 100 kg de peces/día)**

	TALLA	Temperatura del Agua (°C)					
	T°	10°	11°	12°	13°	14°	15°
	9.00	2.49	2.84	3.20	3.55	3.91	4.26
	10.00	2.24	2.56	2.87	3.19	3.51	3.83
	11.00	2.03	2.32	2.61	2.9	3.19	3.48
	12.00	1.86	2.13	2.39	2.66	2.92	3.19
	13.00	1.82	2.08	2.33	2.59	2.85	3.11
	14.00	1.77	2.02	2.27	2.52	2.77	3.02
	15.00	1.65	1.88	2.12	2.35	2.88	2.82
	16.00	1.54	1.76	1.98	2.2	2.42	2.64
	17.00	1.45	1.66	1.86	2.07	2.28	2.48
	18.00	1.37	1.57	1.76	1.95	2.15	2.34
	19.00	1.30	1.48	1.67	1.85	2.04	2.22
	20.00	1.23	1.41	1.58	1.76	1.93	2.11
	21.00	1.17	1.34	1.51	1.67	1.84	2.01
	22.00	1.12	1.28	1.44	1.6	1.76	1.92
	23.00	1.07	1.22	1.38	1.53	1.68	1.83
	24.00	1.03	1.17	1.32	1.46	1.61	1.75
	25.00	0.99	1.12	1.26	1.4	1.54	1.68
	26.00	0.95	1.08	1.22	1.35	1.48	1.62
	27.00	0.91	1.04	1.17	1.3	1.43	1.56
	28.00	0.88	1.00	1.13	1.25	1.38	1.5
	29.00	0.85	0.97	1.09	1.21	1.33	1.45
	30.00	0.82	0.94	1.05	1.17	1.28	1.4
	31.00	0.79	0.91	1.02	1.13	1.24	1.36
	32.00	0.77	0.88	0.99	1.09	1.2	1.31

Fuente: (PRODUCE, 2019a).

### Anexo 3: Diagrama de flujo de la elaboración del alimento balanceado para las truchas



#### **Anexo 4: Metodologías para la determinación de la composición proximal**

##### **a. Metodología para determinar la humedad** (Ledesma *et al.*, 2010).

**Materiales:** Placas Petri, pinzas metálicas.

**Equipos e instrumentos:** Estufa, balanza analítica, campana desecadora.

##### **Método:**

Preparación de la muestra:

Pesar en una balanza analítica de 5 a 10 gramos de muestra en una placa Petri.

Colocar las muestras en la estufa a una temperatura de 100°C, durante 6 a 10 horas hasta obtener peso constante.

Retirar de la estufa y colocarlas en la campana desecadora y dejar enfriar.

Pesar las muestras en la balanza analítica y registrar los pesos de las muestras.

##### **Cálculos y expresión de resultados:**

$$\%Humedad = \frac{(A - B)}{PM} * 100$$

Donde:

A = Peso de la placa Petri + muestra húmeda

B = Peso de la placa Petri + muestra seca

PM = Peso muestra inicial

##### **b. Metodología para determinar ceniza** (Ledesma *et al.*, 2010).

**Materiales:** Crisoles de porcelana, pinzas metálicas.

**Equipos e instrumentos:** Mufla, balanza analítica, campana desecadora

##### **Método:**

Preparación de la muestra:

Pesar 2 a 5 gramos de muestra en un crisol de porcelana, luego colocar en la mufla a 525°C por un tiempo de 3 horas aproximadamente, hasta tener las cenizas blancas o grises sin partículas de carbón, al concluir se apaga el equipo y se deja enfriar por un tiempo de 5 horas.

Los crisoles con muestras se sacan de la mufla con las pinzas metálicas colocándolos en la campana de desecación.

Dejar enfriar por 1 hora o más, después se realiza el pesado de las muestras.

### **Cálculos y expresión de resultados:**

$$\%Ceniza = \frac{(A - B)}{PM} * 100$$

Donde:

A = Peso del crisol + cenizas

B = Peso del crisol vacío

PM = Peso de la muestra inicial

### **c. Metodología para la determinación de proteínas** (Ledezma *et al.*, 2010).

**Materiales:** Matraz Kjeldahl, papel filtro, matraz Erlenmeyer, bureta, probeta.

**Equipos e instrumentos:** Balanza analítica, destilador Kjeldahl, campana extractora de gases.

**Reactivos:** Ácido sulfúrico concentrado, hidróxido de sodio al 40 por ciento, ácido bórico al 2 por ciento, indicador tashiro, agua destilada.

#### **Método:**

Preparación de la muestra

En general esta técnica consta de tres pasos:

#### **I. Digestión**

Pesar 0.5 a 1 gramos en papel filtro y colocarlo a un matraz Kjeldahl.

Luego se añadieron 10 ml de ácido sulfúrico concentrado y posteriormente 0.20 gramos de catalizador (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+CuSO<sub>4</sub>).

La muestra se colocó en una campana de extracción de gases, este proceso duró hasta que la solución muestre un color verde manzana transparente, posteriormente enfriar.

#### **II. Destilación**

Colocar el matraz Erlenmeyer de 500 ml, que contenga 50 ml de la solución de ácido bórico al dos por ciento, adicionando 5 gotas de indicador tashiro y abrir la llave del agua de los refrigerantes del equipo Kjeldahl.

Por otro lado, se adiciona 150 ml de agua destilada en el matraz con la muestra digerida y 15 ml de hidróxido de sodio al 40 por ciento y agitarlo lentamente.

Conectar el matraz al bulbo conector de Kjeldahl, destilar aproximadamente 150 ml luego apagar y sacar el matraz Erlenmeyer del equipo Kjeldahl.

### III. Titulación

Una vez terminada la destilación, titular con la solución de ácido sulfúrico 0.1 N hasta que vire a color rosa intenso y registrar el volumen de gasto del ácido sulfúrico.

#### Cálculos y expresión de resultados:

$$\%Nitrógeno = \frac{V * N * 1.4}{PM} * 100$$

Donde:

V= ml de  $H_2SO_4$  gastado en la valoración

N = Normalidad del ácido

PM = Peso de la muestra en gr.

%Proteína = %N \*Factor

Factor: 6.25

#### d. Metodología para la determinación de grasa (Ledesma *et al.*, 2010).

**Materiales:** Cartucho de papel filtro, espátula, placas Petri.

**Equipos e instrumentos:** Balanza analítica, campana desecadora, estufa, extractor soxhlet.

**Reactivos:** Éter etílico anhidro

#### Método:

Pesar 2 a 5 gramos de muestra dentro del cartucho de papel filtro.

Introducir los cartuchos en el equipo Soxhlet y adicionar el solvente de 60 a 80 ml de éter etílico para extraer las grasas en el balón previamente tarado.

Dejar en extracción aproximadamente de 4 a 6 horas

Colocar el balón con grasa a la estufa de secado a 60°C, para estar seguros de eliminar residuos del solvente, pasar al desecador para que enfríe durante 15 a 20 minutos y pesar el contenido de grasa extraído.

#### Cálculos y expresión de resultados:

$$\%Grasa = \frac{A - B}{PM} * 100$$

Donde:

A = Peso del balón recolector vacío que hace parte del equipo extractor.

B = Peso del balón que contiene la grasa extraída

PM = Peso de la muestra

**Anexo 5: Análisis fisicoquímico del alimento balanceado y las truchas realizadas con sus respectivas repeticiones**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA**  
**LABORATORIO DE PASTOS Y FORRAJES**



**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

**ASUNTO: ANÁLISIS DE PULPA DE TRUCHA Y MUESTRAS DE ALIMENTOS BALANCEADOS.**

**PROCEDENCIA** : PARCIALIDAD CHAULLUTA, C.P. VILLA SOCCA, DISTRITO DE ACORA - PUNO  
**INTERESADA** : MIRIAM SENAYDA CASTRO RAFAEL.  
**MOTIVO** : ANÁLISIS FISICO-QUIMICO.  
**FECHA DE MUESTREO** : 09/06/2021 (por la interesada).  
**FECHA DE ANALISIS** : 09/06/2021.

**RESULTADOS FISICO-QUIMICOS:**

CLAVE	% Humedad	% Proteínas	% Grasas	% Cenizas	% Carbohidratos	Energía Kcal.
F-1 (pellets)	11.31	34.01	25.45	10.77	18.46	438.93
	11.33	34.03	25.44	10.75	18.45	438.88
	11.33	33.99	25.46	10.75	18.47	438.98
F-2 (pellets)	11.58	32.26	26.55	10.99	18.62	442.47
	11.57	32.27	26.53	10.98	18.65	442.45
	11.58	32.25	26.53	10.98	18.66	442.41
F-3 (pellets)	11.36	30.96	27.84	11.27	18.57	448.68
	11.35	30.98	27.85	11.28	18.54	448.73
	11.36	30.99	27.85	11.29	18.51	448.65

CLAVE	% Humedad	% Proteínas	% Grasas	% Cenizas	Energía Kcal.
TRUCHA 01	77.81	17.81	2.79	1.59	105.35
	77.81	17.82	2.81	1.56	105.57
	77.83	17.79	2.79	1.59	105.27
TRUCHA 02	77.41	18.64	2.40	1.55	105.16
	77.39	18.65	2.38	1.58	105.02
	77.41	18.67	2.39	1.53	105.19
TRUCHA 03	77.83	18.52	2.25	1.40	103.33
	77.82	18.50	2.24	1.44	103.16
	77.84	18.51	2.23	1.42	103.11

ANALISTA  
 PUNO - PUNO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO –  
PUNO**  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA  
LABORATORIO DE PASTOS Y FORRAJES



## RESULTADOS DEL ANÁLISIS

ASUNTO: ANÁLISIS DE PULPAS DE TRUCHA

PROCEDENCIA : PARCIALIDAD CHAULLUTA, C.P. VILLA SOCCA, DISTRITO DE ACORA - PUNO  
 INTERESADA : MIRIAM SENAYDA CASTRO RAFAEL.  
 MOTIVO : ANÁLISIS FISICO-QUIMICO.  
 FECHA DE MUESTREO : 09/08/2021 (por la interesada).  
 FECHA DE ANALISIS : 09/08/2021.

**RESULTADOS FISICO-QUIMICOS:**

CLAVE	% Humedad	% Proteínas	% Grasas	% Cenizas	Energía Kcal.
TRUCHA 01	72.32	20.11	3.52	4.05	112.12
	72.33	20.11	3.53	4.03	112.21
	72.34	20.10	3.51	4.05	111.99
TRUCHA 02	72.03	20.17	3.72	4.08	114.16
	72.04	20.16	3.71	4.09	114.03
	72.05	20.17	3.70	4.08	113.98
TRUCHA 03	72.93	19.83	3.08	4.16	107.04
	72.94	19.82	3.07	4.17	106.91
	72.94	19.83	3.07	4.16	106.95

P.E. Renato Fernández Gallopoza  
 ANALISTA DE PASTOS, FORRAJES, INGENIERIA DE AGUAS  
 PLANTAS, ORNAMENTALES, ALIMENTOS Y FERTILIZANTES

**Anexo 6: Análisis de varianza y pruebas de LSD de los datos obtenidos en los alimentos balanceados y las truchas**

**Tabla 18: Análisis de ANOVA para el porcentaje de humedad de los alimentos balanceados**

<b>HUMEDAD</b>					
	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
Formulación	2	0.11369	0.056844	852.67	4.31e-08
Residuals	6	0.00040	0.000067		
Signif. Codes.	0.001	0.01	0.05	0.1	1

**Tabla 19: Prueba de LSD para el porcentaje de humedad de los alimentos balanceados**

	<b>HUMEDAD</b>	<b>groups</b>
Formulación 2	11.57667	a
Formulación 3	11.35667	b
Formulación 1	11.32333	c

**Tabla 20: Análisis de ANOVA para el porcentaje de proteínas de los alimentos balanceados**

<b>PROTEÍNAS</b>					
	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
Formulación	2	13.01000	6.9553	28453	1.172e-12
Residuals	6	0.0015	0.0002		
Signif. Codes:	0.001	0.01	0.05	0.1	1

**Tabla 21: Prueba de LSD para el porcentaje de proteínas de los alimentos balanceados**

	<b>PROTEINA</b>	<b>groups</b>
Formulación 1	34.01000	a
Formulación 2	32.26000	b
Formulación 3	30.97667	c

**Tabla 22: Análisis de ANOVA para el porcentaje de grasas de los alimentos balanceados**

<b>GRASAS</b>					
	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
Formulación	2	8.6410	4.3205	48605	2.351e-13
Residuals	6	0.0005	0.0001		
Signif. Codes:	0.001	0.01	0.05	0.1	1

**Tabla 23: Prueba de LSD para el porcentaje de grasas de los alimentos balanceados**

	<b>GRASAS</b>	<b>groups</b>
Formulación 3	27.84667	a
Formulación 2	26.53667	b
Formulación 1	25.45000	c

**Tabla 24: Análisis de ANOVA para el porcentaje de cenizas de los alimentos balanceados**

<b>CENIZAS</b>					
	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
Formulación	2	0.41327		2324.6	2.141e-09
			0.206633		
Residuals	6	0.00053	0.000089		
Signif. Codes:	0.001	0.01	0.05	0.1	1

**Tabla 25: Prueba de LSD para el porcentaje de cenizas de los alimentos balanceados**

	<b>CENIZAS</b>	<b>groups</b>
Formulación 3	11.28000	a
Formulación 2	10.98333	b
Formulación 1	10.75667	c

**Tabla 26: Análisis de ANOVA para el porcentaje de carbohidratos de los alimentos balanceados**

<b>CARBOHIDRATOS</b>					
	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
Formulación	2	0.050689		53.047	0.0001534
			0.0253444		
Residuals	6	0.002867	0.0004778		
Signif. Codes:	0.001	0.01	0.05	0.1	1

**Tabla 27: Prueba de LSD para el porcentaje de carbohidratos de los alimentos balanceados**

	<b>CARBOHIDRATOS</b>	<b>groups</b>
Formulación 2	18.64333	a
Formulación 3	18.54000	b
Formulación 1	18.46000	c

**Tabla 28: Análisis de ANOVA para el porcentaje de energía de los alimentos balanceados**

<b>ENERGÍA</b>					
	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
Formulación	2	146.51	73.258	43376	3.308e-13
Residuals	6	0.01	0.002		
Signif. Codes:	0.001	0.01	0.05	0.1	1

**Tabla 29: Prueba de LSD para el porcentaje de energía de los alimentos balanceados**

	<b>ENERGÍA</b>	<b>groups</b>
Formulación 3	448.6867	a
Formulación 2	442.4433	b
Formulación 1	438.9300	c

**Tabla 30: Análisis de ANOVA para el porcentaje de humedad en las truchas al inicio de la investigación**

<b>HUMEDAD</b>					
	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
Trucha	2	0.35307	0.176533	1444.4	8.905e-09
Residuals	6	0.00073	0.000122		
Signif. Codes:	0.001	0.01	0.05	0.1	1

**Tabla 31: Prueba de LSD para el porcentaje de humedad al inicio de la evaluación de truchas**

	<b>HUMEDAD</b>	<b>groups</b>
Formulación 3	77.83000	a
Formulación 1	77.81667	a
Formulación 2	77.40333	b

**Tabla 32: Análisis de ANOVA para el porcentaje de proteínas al inicio de la evaluación de truchas**

<b>PROTEÍNAS</b>					
	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
Formulación	2	1.23207	0.61603	3261.4	7.762e-10
Residuals	6	0.00113	0.00019		
Signif. Codes:	0.001	0.01	0.05	0.1	1

**Tabla 33: Prueba de LSD para el porcentaje de proteínas al inicio de la evaluación de truchas**

	<b>PROTEÍNAS</b>	<b>groups</b>
Formulación 2	18.65333	a
Formulación 3	18.51000	b
Formulación 1	17.80667	c

**Tabla 34: Análisis de ANOVA para el porcentaje de grasas al inicio de la evaluación de truchas**

<b>GRASAS</b>					
	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
Formulación	2	0.49776	0.248878	2239.9	2.393e-09
Residuals	6	0.00067	0.000111		
Signif. Codes:	0.001	0.01	0.05	0.1	1

**Tabla 35: Prueba de LSD para el porcentaje de grasas al inicio de la evaluación de truchas**

	<b>GRASAS</b>	<b>groups</b>
Formulación 1	2.796667	a
Formulación 2	2.390000	b
Formulación 3	2.240000	c

**Tabla 36: Análisis de ANOVA para el porcentaje de cenizas al inicio de la evaluación de truchas**

<b>CENIZAS</b>					
	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
Formulación	2	0.044089	0.0220444	49.6	0.0001855
Residuals	6	0.002667	0.0004444		
Signif. Codes:	0.001	0.01	0.05	0.1	1

**Tabla 37: Prueba de LSD para el porcentaje de cenizas al inicio de la evaluación de truchas**

	<b>CENIZAS</b>	<b>groups</b>
Formulación 1	1.580000	a
Formulación 2	1.553333	a
Formulación 3	1.420000	b

**Tabla 38: Análisis de ANOVA en la talla de truchas para diferentes formulaciones 00, 20 y 30 por ciento**

TALLA					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr (>F)
Formulación	2	8.95	4.473	19.8892	8.372e-07
Día	6	325.74	54.291	241.3773	<2.2e-16
Formulación- Día	12	8.02	0.668	2.9705	0.004443
Residuals	42	9.45	0.225		
Signif. Codes:	0.001	0.01	0.05	0.1	1

**Tabla 39: Prueba de LSD en la talla de truchas para diferentes formulaciones 00, 20 y 30 por ciento**

	TALLA	groups
Formulación 2	28.37619	a
Formulación 3	27.60952	b
Formulación 1	27.54762	b

**Tabla 40: Análisis de ANOVA en el peso de truchas para diferentes formulaciones 00, 20 y 30 por ciento**

PESO					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr (>F)
Formulación	2	7340	3670	16.6	8.538e-06
Día	6	226999	37833	150.5	<2.2e-16
Residuals	54	13574	251		
Signif. Codes:	0.001	0.01	0.05	0.1	1

**Tabla 41: Prueba de LSD en el peso de truchas para diferentes formulaciones 00, 20 y 30 por ciento**

	<b>PESO</b>	<b>groups</b>
Formulación 2	259.8095	a
Formulación 3	239.7619	b
Formulación 1	234.8575	b

**Tabla 42: Análisis de ANOVA en la pigmentación de truchas para diferentes formulaciones 00, 20 y 30 por ciento**

<b>PIGMENTACIÓN</b>					
	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
Formulación	2	22.9	11.44	45.062	3.53e-11
Día	6	513.0	85.50	336.646	<2e-16
Formulación- Día	12	8.4	0.70	2.771	0.00724
Residuals	42	10.7	0.25		
Signif. Codes:	0.001	0.01	0.05	0.1	1

**Tabla 43: Prueba de LSD en la pigmentación de truchas para diferentes formulaciones 00, 20 y 30 por ciento**

	<b>PIGMENTACIÓN</b>	<b>groups</b>
Formulación 2	21.76190	a
Formulación 1	21.00000	b
Formulación 3	20.28571	c

**Tabla 44: Análisis de ANOVA para el porcentaje de humedad de la trucha al finalizar la investigación**

<b>HUMEDAD</b>					
	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
Trucha	2	1.25616	0.62808	8075.3	5.122e-11
Residuals	6	0.00047	0.00008		
Signif. Codes:	0.001	0.01	0.05	0.1	1

**Tabla 45: Prueba de LSD para el porcentaje de humedad de la trucha al finalizar la investigación**

	<b>HUMEDAD</b>	<b>groups</b>
Formulación 3	72.93667	a
Formulación 1	72.33000	b
Formulación 2	72.04000	c

**Tabla 46: Análisis de ANOVA para el porcentaje de proteínas de la trucha al finalizar la investigación**

<b>PROTEÍNAS</b>					
	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
Trucha	2	0.19745	0.09873	2768	1.27e-09
Residuals	6	0.00021	0.00004		
Signif. Codes:	0.001	0.01	0.05	0.1	1

**Tabla 47: Prueba de LSD para el porcentaje de proteínas de la trucha al finalizar la investigación**

	<b>PROTEÍNAS</b>	<b>groups</b>
Formulación 2	20.16667	a
Formulación 1	20.10633	b
Formulación 3	19.82667	c

**Tabla 48: Análisis de ANOVA para el porcentaje de grasas de la trucha al finalizar la investigación**

<b>GRASAS</b>					
	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
Trucha	2	0.64096	0.32048	4120.4	3.851e-10
Residuals	6	0.00047	0.00008		
Signif. Codes:	0.001	0.01	0.05	0.1	1

**Tabla 49: Prueba de LSD para el porcentaje de grasas de la trucha al finalizar la investigación**

	<b>GRASAS</b>	<b>groups</b>
Formulación 2	3.710000	a
Formulación 1	3.520000	b
Formulación 3	3.073333	c

**Tabla 50: Análisis de ANOVA para el porcentaje de cenizas de la trucha al finalizar la investigación**

<b>CENIZAS</b>					
	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
Trucha	2	0.021977		215.46	2.59e-06
			0.010988		
Residuals	6	0.000306	0.000051		
Signif. Codes:	0.001	0.01	0.05	0.1	1

**Tabla 51: Prueba de LSD para el porcentaje de cenizas de la trucha al finalizar la investigación**

	<b>CENIZAS</b>	<b>groups</b>
Formulación 3	4.163333	a
Formulación 2	4.083333	b
Formulación 1	4.044667	c

**Anexo 7: Costos de producción del alimento balanceado y la trucha**

**a. Costos de producción de la formulación 1 con 00 por ciento de sustitución de harina de chía.**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
Cantidad de alimento balanceado con 00 por ciento de harina de chía	6	Kilos
Duración	2	Meses
Nº Truchas	28	
Precio Unit.	13	Soles
Peso 1 Kg	4	Truchas
Cantidad de truchas en kg.	7	Kilos
Venta total de truchas	91	Soles

## COSTO DE PRODUCCIÓN DEL ALIMENTO BALANCEADO

<b>1. Materia Prima e insumos directo</b>				
<b>Formulación</b>	Requerimiento	6	Kilos	
<b>Ingredientes</b>	<b>Unid. Medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Costo total</b>
			<b>unitario</b>	
Harina de chíá	Kg	0.000	10.00	S/. 0.00
Harina de pescado	Kg	1.500	3.00	S/. 4.50
Harina de trigo	Kg	0.440	2.10	S/. 0.92
Harina de soya	Kg	2.412	2.40	S/. 5.79
Aceite de soya	Kg	0.980	3.10	S/. 3.04
Melaza	Kg	0.080	3.33	S/. 0.27
Sal	Kg	0.024	1.00	S/. 0.02
Agua	ml	0.538	0.83	S/. 0.45
PREMIX	Kg	0.025	30.00	S/. 0.75
Pigmento (astaxantina)	Kg	0.00048	1306.24	S/. 0.63
<b>Sub total</b>		<b>6.00</b>		<b>S/. 16.36</b>
<b>2. Mano de obra indirecta</b>				
Servicio por elab. de alimento balanceado	Kg	6	1.00	S/. 6.00
<b>TOTAL</b>				<b>S/.22.36</b>

## COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA LA ALIMENTACIÓN DE TRUCHAS

1.	<b>Materia prima directa</b>				
Descripción	Unid. medida	Cantidad	Costo unitario	Costo total	
Truchas juveniles	Unidad	28	1.851	S/.	51.83
Alimento balanceado	Kg	6	3.73	S/.	22.38
<b>Sub total</b>					<b>S/.</b>
					<b>74.21</b>
2.	<b>Mano de obra indirecta</b>				
Lavado de mallas	Unidad	3	2	S/.	6.00
Alimentado de truchas	Unidad	52	0.167	S/.	8.68
<b>Sub total</b>					<b>S/.</b>
					<b>14.68</b>
3.	<b>Costo indirecto de fabricación</b>				
Alquiler de jaulas	Unidad	2	3	S/.	6.00
<b>Sub total</b>					<b>S/.</b>
					<b>6.00</b>
	<b>TOTAL</b>				<b>S/.</b>
					<b>94.89</b>

## VENTA DEL ALIMENTO BALANCEADO Y LA TRUCHA

<b>Costo unitario de la trucha</b>	3.39	Soles
<b>Costo de 1 kg de trucha</b>	13.56	Soles
<b>Costo para 1 kg de alimento balanceado</b>	3.73	Soles
<b>Costo para 25 kg de alimento balanceado</b>	93.19	Soles
<b>Punto de equilibrio del alim. balanceado</b>	127.25	Kg. mensuales

**b. Costos de producción de la formulación 2 con 20 por ciento de sustitución de harina de chía.**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
Cant. de alimento balanceado elaborado	6	Kilos
Duración	2	Meses
Nº truchas	28	
Precio Unitario	13	Soles
Peso de 1 kg	4	Truchas
Cant. de kilo en 28 truchas	7	Kilos
Venta de truchas	91	Soles

**COSTO DE PRODUCCIÓN DEL ALIMENTO BALANCEADO**

<b>1. Materia Prima e insumos directo</b>					
<b>Formulación</b>	Requerimiento	6	Kilos		
<b>Ingredientes</b>	<b>Unid. Medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>	
Harina de chía	kg	1.200	10.00	S/. 12.00	
Harina de pescado	Kg	1.500	3.00	S/. 4.50	
Harina de trigo	Kg	0.440	2.10	S/. 0.92	
Harina de soya	Kg	1.210	2.40	S/. 2.90	
Aceite de soya	Kg	0.980	3.10	S/. 3.04	
Melaza	Kg	0.080	3.33	S/. 0.27	
Sal	Kg	0.024	1.00	S/. 0.02	
Agua	ml	0.538	0.83	S/. 0.45	
PREMIX	Kg	0.025	30.00	S/. 0.75	
Pigmento (astaxantina)	kg	0.00048	1306.24	S/. 0.63	
<b>Sub total</b>		<b>6.00</b>			<b>S/. 25.48</b>
<b>2. Mano de obra indirecta</b>					
Servicio por elab. de alimento balanceado	Kg	6	1.00	S/. 6.00	
<b>TOTAL</b>					<b>S/. 31.48</b>

## COSTOS DE PRODUCCIÓN EN LA ALIMENTACIÓN DE TRUCHAS

1.	<b>Materia prima directa</b>				
	<b>Descripción</b>	<b>Unid. medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
	Truchas juveniles	Unidad	28	1.852	S/. 51.84
	Alimento balanceado	Kg	6	5.25	S/. 31.50
	<b>Sub total</b>				<b>S/. 83.34</b>
2.	<b>Mano de obra indirecta</b>				
	Lavado de mallas	Unidad	3	2	S/. 6.00
	Alimentado de truchas	Unidad	52	0.167	S/. 8.68
	<b>Sub total</b>				<b>S/. 14.68</b>
3.	<b>Costo indirecto de fabricación</b>				
	Alquiler de jaulas	Unidad	2	3	S/. 6.00
	<b>Sub total</b>				<b>S/. 6.00</b>
	<b>TOTAL</b>				<b>S/. 104.03</b>

## VENTA DEL ALIMENTO BALANCEADO Y LA TRUCHA

<b>Costo unitario de la trucha</b>	3.72	Soles
<b>Costo de 1 kg de trucha</b>	14.86	Soles
<b>Costo para 1 kg de alimento balanceado</b>	5.25	Soles
<b>Costo para 25 kg de alimento balanceado</b>	131.17	Soles
<b>Punto de equilibrio de alim. balanceado</b>	99.25	Kg. mensuales

**c. Costos de producción de la formulación 3 con 30 por ciento de sustitución de harina de chía.**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
Cant. de alimento balanceado elaborado	6	Kilos
Duración	2	Meses
Nº truchas	28	
Precio Unitario	13	Soles
Peso de 1 kg	4	Truchas
Cant. de kilo en 28 truchas	7	Kilos
Venta de truchas	91	Soles

**COSTO DE PRODUCCIÓN DEL ALIMENTO BALANCEADO**

<b>1. Materia Prima e insumos directo</b>					
<b>Formulación</b>	Requerimiento	6	Kilos		
<b>Ingredientes</b>	<b>Unid. Medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>	
Harina de chía	kg	1.800	10.00	S/. 18.00	
Harina de pescado	Kg	1.500	3.00	S/. 4.50	
Harina de trigo	Kg	0.440	2.10	S/. 0.92	
Harina de soya	Kg	1.610	2.40	S/. 1.46	
Aceite de soya	Kg	0.980	3.10	S/. 3.04	
Melaza	Kg	0.080	3.33	S/. 0.27	
Sal	Kg	0.024	1.00	S/. 0.02	
Agua	ml	0.540	0.83	S/. 0.45	
PREMIX	Kg	0.025	30.00	S/. 0.75	
Pigmento (astaxantina)	kg	0.00048	1306.24	S/. 0.63	
<b>Sub total</b>		<b>6.00</b>		<b>S/. 30.04</b>	
<b>2. Mano de obra indirecta</b>					
Servicio por elab. de alimento balanceado	Kg	6	1.00	S/. 6.00	
<b>TOTAL</b>				<b>S/. 36.04</b>	

## COSTOS DE PRODUCCIÓN EN LA ALIMENTACIÓN DE TRUCHAS

1.	<b>Materia prima directa</b>				
Descripción	Unid. medida	Cantidad	Costo unitario	Costo total	
Truchas juveniles	Unidad	28	1.8515	S/. 51.84	
Alimento balanceado	Kg	6	6.01	S/. 36.06	
<b>Sub total</b>				<b>S/. 87.90</b>	
2.	<b>Mano de obra indirecta</b>				
Lavado de mallas	Unidad	3	2	S/ 6.00	
Alimentado de truchas	Unidad	52	0.167	S/ 8.68	
<b>Sub total</b>				<b>S/. 14.68</b>	
3.	<b>Costo indirecto de fabricación</b>				
Alquiler de jaulas	Unidad	2	3	S/. 6.00	
<b>Sub total</b>				<b>S/. 6.00</b>	
<b>TOTAL</b>				<b>S/. 108.59</b>	

## VENTA DEL ALIMENTO BALANCEADO Y LA TRUCHA

<b>Costo unitario de la trucha</b>	3.88	Soles
<b>Costo de 1 kg de trucha</b>	15.51	Soles
<b>Costo para 1 kg de alimento balanceado</b>	6.01	Soles
<b>Costo para 25 kg de alimento balanceado</b>	150.17	Soles
<b>Punto de equilibrio del alim. balanceado</b>	90.50	Kg. mensuales



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**

*“Universidad Pública de Calidad”*



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**

*“Universidad Pública de Calidad”*