

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Ingeniería Pesquera

“EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y GRADO DE  
PIGMENTACIÓN DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*)  
ALIMENTADAS CON DOS ALIMENTOS COMERCIALES  
DURANTE EL ESTADÍO DE ENGORDA”

TESIS

Presentada por:

Bach. Edith Diana Enaro Mamani

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO PESQUERO**

TACNA - PERÚ

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA**

**TESIS**

**“EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y GRADO DE  
PIGMENTACIÓN DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*)  
ALIMENTADAS CON DOS ALIMENTOS COMERCIALES  
DURANTE EL ESTADÍO DE ENGORDA”**

**SUSTENTADO Y APROBADO EL 27 DE DICIEMBRE DEL 2018, CUYO  
JURADO CALIFICADOR ESTÁ INTEGRADO POR:**

**Presidente :**

.....

**Ing. Nikita Iván Morales Cabrera**

**Secretario :**

.....

**Dr. Freddy Walter Delgado Cabrera**

**Vocal :**

.....

**Dr. Lorenzo-Walter Ibárcena Fernández**

**Asesor :**

.....

**M.Sc. Luis Antonio Espinoza Ramos**

## DEDICATORIA

*A mi madre, por su amor, trabajo, sacrificio y apoyo incondicional durante todos estos años, que me permite llegar a cumplir hoy una meta más.*

*A mi pequeña Fabianne mi motor y mi mayor inspiración, que a través de su amor y alegría ayuda a trazar mi camino.*

*A mi esposo Rómulo, por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente para lograr los objetivos propuestos, a través de sus consejos, su amor y paciencia.*

## AGRADECIMIENTOS

- *Primeramente agradecer a Dios por todas sus bendiciones y haberme permitido llegar a este momento tan importante de mi formación profesional.*
- *Mi mayor agradecimiento a la empresa Piscifactorías de los Andes S. A., que me acogió desde mis inicios como alumna en práctica, por la oportunidad y las facilidades brindadas para concretar este proyecto. Asimismo agradezco a la Gerente de Finanzas señora Eloísa Alarcón Espinoza por la confianza depositada en mí, de no ser por ella este proyecto no se habría realizado.*
- *Un especial reconocimiento al Biólogo Jorge Muñoz Ortega, un gran amigo, quien con su experiencia, conocimiento y motivación me orientó en esta investigación, asimismo a mi amiga Maribel Quenta, quien me mostró su apoyo incondicional de manera desinteresada y a quien estimo mucho.*
- *Agradezco a mi asesor de tesis MSc. Luis Antonio Espinoza Ramos por su acertado asesoramiento.*
- *A mis jurados: Ing. Nikita Morales Cabrera, Dr. Freddy Delgado Cabrera y Dr. Walter Ibárcena Fernández, quienes tuvieron acertadas correcciones.*

## ÍNDICE GENERAL

|   |       |
|---|-------|
| DEDICATORIA .....                                   | i     |
| AGRADECIMIENTOS .....                               | iv    |
| ÍNDICE GENERAL .....                                | v     |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                              | xi    |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                              | xiii  |
| ÍNDICE DE ANEXOS.....                               | xvi   |
| ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS.....                       | xvii  |
| RESUMEN .....                                       | xviii |
| ABSTRACT .....                                      | xx    |
| INTRODUCCIÓN .....                                  | 1     |
| CAPÍTULO I.....                                     | 3     |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                    | 3     |
| 1.1 Planteamiento del problema.....                 | 3     |
| 1.2 Formulación y sistematización del problema..... | 5     |
| 1.2.1 Interrogante general.....                     | 5     |

|   |           |
|---|-----------|
| 1.2.2 Interrogantes específicas .....       | 5         |
| 1.3 Delimitación de la investigación .....  | 5         |
| 1.4 Justificación.....                      | 6         |
| 1.5 Limitaciones .....                      | 7         |
| <b>CAPÍTULO II.....</b>                     | <b>8</b>  |
| <b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....</b>           | <b>8</b>  |
| 1.6 Objetivos .....                         | 8         |
| 1.6.1 Objetivo general.....                 | 8         |
| 1.6.2 Objetivos específicos .....           | 8         |
| 1.7 Hipótesis.....                          | 9         |
| 1.7.1 Hipótesis general .....               | 9         |
| 1.7.2 Hipótesis específica .....            | 9         |
| 1.8 Variables .....                         | 9         |
| 1.8.1 Indicadores de variables .....        | 9         |
| 1.8.2 Operacionalización de variables ..... | 10        |
| <b>CAPÍTULO III.....</b>                    | <b>11</b> |
| <b>MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....</b>      | <b>11</b> |
| 2.1 Conceptos generales y definiciones..... | 11        |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 2.2      | Enfoque teórico – técnico.....                          | 12 |
| 2.2.1    | La acuicultura en el mundo.....                         | 12 |
| 2.2.2    | La acuicultura en el Perú y en la región Puno.....      | 13 |
| 2.2.3    | La trucha.....  | 14 |
| 2.2.4    | Taxonomía de la trucha.....                             | 15 |
| 2.2.5    | Parámetros de cultivo.....                              | 16 |
| 2.2.6    | Alimentación.....                                       | 18 |
| 2.2.6.1  | Alimentación y nutrición de la trucha arco iris.....    | 18 |
| 2.2.6.2  | Requerimientos nutricionales.....                       | 19 |
| 2.2.6.3  | Alimento extruido.....                                  | 24 |
| 2.2.6.4  | Sistema de alimentación semi-automatizado de peces..... | 24 |
| 2.2.6.5  | Crecimiento.....  | 25 |
| 2.2.6.6  | Pigmentación.....                                       | 26 |
| 2.2.6.7  | Pigmentos.....  | 27 |
| 2.2.6.8  | Origen de los pigmentos.....                            | 27 |
| 2.2.6.9  | Carotenoides.....                                       | 27 |
| 2.2.6.10 | Fuente de los carotenoides para truchas.....            | 28 |
| 2.2.6.11 | Funciones de los carotenoides.....                      | 29 |

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| 2.2.6.12                               | Metabolismo de los carotenoides en las truchas .....   | 30        |
| 2.2.6.13                               | Factores de afectan la pigmentación de truchas.....  | 32        |
| 2.2.6.14                               | Evaluación de pigmentación del músculo en truchas ...  | 34        |
| 2.3                                    | Marco referencial.....   | 35        |
| <b>CAPÍTULO IV</b>                     | .....  | <b>39</b> |
| <b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> | .....  | <b>39</b> |
| 3.1                                    | Lugar de la experimentación .....  | 39        |
| 3.2                                    | Tipo de investigación.....   | 40        |
| 3.3                                    | Población y muestra .....  | 42        |
| 3.4                                    | Técnicas aplicadas en la recolección de la información .....   | 42        |
| 3.4.1                                  | Unidad de estudio .....  | 42        |
| 3.4.2                                  | Comparación del desempeño productivo de truchas arco iris<br>( <i>O. mykiss</i> ) alimentadas con dos alimentos comerciales<br>durante el estadio de engorda ..... | 42        |
| 3.4.2.1                                | Selección y conteo de peces de estudio.....  | 42        |
| 3.4.2.2                                | Actividades de manejo.....   | 44        |
| 3.4.2.3                                | Alimentación .....   | 44        |
| 3.4.2.4                                | Biometrías.....  | 46        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.4.3 Evaluación del grado de pigmentación de truchas arco iris<br>( <i>O. mykiss</i> ) alimentadas con dos alimentos comerciales<br>durante el estadio de engorda .....      | 47        |
| 3.4.3.1 Toma de muestra.....  | 47        |
| 3.4.3.2 Evaluación de color .....   | 48        |
| 3.4.4 Materiales .....  | 49        |
| 3.4.5 Equipos.....  | 50        |
| 3.5 Métodos estadísticos utilizados.....  | 50        |
| <b>CAPÍTULO V .....</b>   | <b>52</b> |
| <b>RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>   | <b>52</b> |
| 4.1 Comparación del desempeño productivo de truchas arco iris ( <i>O.</i><br><i>mykiss</i> ) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el<br>estadio de engorda. .... | 52        |
| 4.1.1 Incremento de peso .....  | 52        |
| 4.1.2 Tasa específica de crecimiento (SGR).....   | 56        |
| 4.1.3 Factor de conversión alimenticia (FCR) .....  | 60        |
| 4.1.4 Tasa de alimentación (SFR) .....  | 65        |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.2 Evaluación del grado de pigmentación de truchas arco iris ( <i>O. mykiss</i> ) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda. .... | 70        |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>  | <b>78</b> |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b>  | <b>79</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>  | <b>80</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>   | <b>89</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Tabla 1. Requerimientos de nutrientes para truchas en estadio de engorde.....   | 23          |
| Tabla 2. Principales carotenoides usados en nutrición acuícola.....   | 28          |
| Tabla 3. Distribución de tratamientos y repeticiones.....   | 41          |
| Tabla 4. Distribución de individuos trucha arco iris ( <i>O. mykiss</i> ) en las unidades experimentales. ....  | 43          |
| Tabla 5. Composición química de las dietas usadas durante el experimento. ....  | 46          |
| Tabla 6. Peso medio final (g) de truchas arco iris ( <i>O. mykiss</i> ) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda. ....                   | 53          |
| Tabla 7. Pesos medios (g) por fechas de muestreo de ( <i>O. mykiss</i> ) durante el experimento. ....   | 55          |
| Tabla 8. Tasa específica de crecimiento (SGR) para truchas arco iris ( <i>O. mykiss</i> ) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda. .... | 56          |
| Tabla 9. Valores de tasa específica crecimiento (SGR) promedios acumulados obtenidos y esperados por tratamiento.....   | 58          |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 10. Factor de conversión alimentaria (FCR) para truchas arco iris<br>( <i>O. mykiss</i> ) alimentadas con dos alimentos comerciales<br>durante el estadio de engorda. .... | 61 |
| Tabla 11. Valores de factor de conversión alimenticia (FCR) promedio<br>acumulado obtenidos y esperados por tipo de alimento. ....   | 63 |
| Tabla 12. Tasa de alimentación (SFR) para truchas arco iris<br>( <i>O. mykiss</i> ) alimentadas con dos alimentos comerciales<br>durante el estadio de engorda. ....             | 66 |
| Tabla 13. Valores de tasa de alimentación (SFR) promedio acumulado<br>obtenidos y esperados por tipo de alimento.....  | 68 |
| Tabla 14. Grado de pigmentación para truchas arco iris ( <i>O. mykiss</i> )<br>alimentadas con dos alimentos comerciales durante el<br>estadio de engorda. ....                  | 71 |
| Tabla 15. Evaluación de la pigmentación del músculo de la trucha<br>arco iris ( <i>O. mykiss</i> ) (%) para alimento "A". ....   | 75 |
| Tabla 16. Evaluación de la pigmentación del músculo de la trucha<br>arco iris ( <i>O. mykiss</i> ) (%) para alimento "B". ....   | 76 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| Figura 1. Vías metabólicas de la astaxantina en el pez. ....   | 32          |
| Figura 2. Ubicación del centro donde se realizó la investigación.....  | 39          |
| Figura 3. Biometría de truchas.....  | 47          |
| Figura 4. Evaluación del grado de pigmentación del filete de truchas<br>arco iris ( <i>O. mykiss</i> ) con la regla salmofan®.....   | 49          |
| Figura 5. Incremento de peso (g) de truchas arco iris ( <i>O. mykiss</i> )<br>alimentadas con dos alimentos comerciales durante el<br>estadio de engorda. ....                 | 53          |
| Figura 6. Incremento de peso medio de truchas arco iris ( <i>O. mykiss</i> )<br>suministradas con alimento “A” y “B”. ....   | 55          |
| Figura 7. Tasa específica de crecimiento (SGR) para truchas arco iris<br>( <i>O. mykiss</i> ) alimentadas con dos alimentos comerciales<br>durante el estadio de engorda. .... | 57          |
| Figura 8. Comparación del SGR obtenido y esperado para truchas<br>arco iris ( <i>O. mykiss</i> ) alimentadas con alimento “A” durante el<br>estadio de engorda. ....           | 59          |

|   |    |
|---|----|
| Figura 9. Comparación del SGR obtenido y esperado para truchas arco iris ( <i>O. mykiss</i> ) alimentadas con alimento “B” durante el estadio de engorda. ....              | 60 |
| Figura 10. Factor de conversión alimentaria (FCR) para truchas arco iris ( <i>O. mykiss</i> ) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda. .... | 62 |
| Figura 11. Factor de conversión alimentaria (FCR) promedio obtenido y esperado para alimento “B”.....   | 64 |
| Figura 12. Factor de conversión alimentaria (FCR) promedio obtenido y esperado para alimento “A”.....   | 65 |
| Figura 13. Tasa de alimentación (SFR) para truchas arco iris ( <i>O. mykiss</i> ) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda. ....             | 67 |
| Figura 14. Comparación de la tasa de alimentación (SFR) obtenida y esperada para alimento “B”.....  | 69 |
| Figura 15. Comparación de la tasa de alimentación (SFR) obtenida y esperada para alimento “A”.....  | 69 |
| Figura 16. Grado de pigmentación para truchas arco iris ( <i>O. mykiss</i> ) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda. ....                  | 71 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 17. Proceso de pigmentación ( $\geq$ a 24) para truchas arco iris<br>( <i>O. mykiss</i> ) alimentadas con alimento "A" durante el estadio<br>de engorda.....       | 73 |
| Figura 18. Proceso de pigmentación ( $\geq$ a 24) para truchas arco iris<br>( <i>O. mykiss</i> ) alimentadas con alimento "B" durante el estadio<br>de engorda.....       | 74 |
| Figura 19. Proceso de pigmentación ( $\geq$ a 24) para truchas arco iris<br>( <i>O. mykiss</i> ) alimentadas con alimento "A" y "B" durante el<br>estadio de engorda..... | 77 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| Anexo 1. Registro de alimentación diaria.....                    | 90          |
| Anexo 2. Registro de biometrías.....                             | 91          |
| Anexo 3. Registro de evaluación de color.....                    | 92          |
| Anexo 4. Registro de temperatura del agua de cultivo .....       | 93          |
| Anexo 5. Registro de mortalidad.....                             | 94          |
| Anexo 6. Modelo de crecimiento para truchas – alimento “A”.....  | 95          |
| Anexo 7. Modelo de crecimiento para truchas – alimento “B”.....  | 96          |
| Anexo 8. Fórmula de tasa de crecimiento.....                     | 97          |
| Anexo 9. Fórmula de factor de conversión alimenticia.....        | 97          |
| Anexo 10. Fórmula de tasa de alimentación.....                   | 97          |
| Anexo 11. Cálculo de la ración alimentaria.....                  | 98          |
| Anexo 12. Matriz de consistencia .....                           | 99          |
| Anexo 13. Alimentación semi-automática.....                      | 100         |
| Anexo 14. Truchas sacrificadas con esencia de clavo de olor..... | 100         |
| Anexo 15. Biometría de truchas.....                              | 101         |
| Anexo 16. Seleccionador y contadores automáticos .....           | 101         |

## ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

**DS** : Desviación estándar

**FCR** : Factor de conversión alimentaria

**g** : gramo

**OD** : Oxígeno disuelto (mg/l)

**SGR** : Tasa específica de crecimiento (% de peso corporal /día)

**SFR** : Tasa de alimentación (%)

**TA** : Tratamiento A

**TB** : Tratamiento B

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el desempeño productivo y el grado de pigmentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentados con dos alimentos comerciales (línea Skretting "A" y Salmofood "B"), en el estadio de engorda durante 95 días. Se trabajó con 71 603 individuos de peso promedio de  $143,39 \pm 27,98$  g; los que fueron distribuidos al azar equitativamente en 6 jaulas flotantes de  $600 \text{ m}^3$  cada uno, haciendo 2 tratamientos (alimentos "A" y "B") y con 3 repeticiones por tratamiento. Cada 15 días se realizaron biometrías para las evaluaciones del desempeño productivo y el grado de pigmentación en los peces. Los indicadores productivos obtenidos indicaron que el peso final para las truchas alimentadas con alimento "B", fueron significativamente superior ( $p < 0,05$ ) con  $531,47 \pm 135,45$  g frente a  $480,21 \pm 145,01$  g correspondiente al grupo de peces alimentadas con el alimento "A", respectivamente. En tanto en el SGR, al final del experimento, no fue posible encontrar diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre tratamientos (alimento "A" =  $2,13 \pm 0,71$  % y alimento "B" =  $1,97 \pm 0,6$ ). Así también El FCR y la SFR fueron significativamente superior ( $p < 0,05$ ) con la dieta "A" (1,05) en comparación con la dieta "B": 1,05 y 0,82; 1,896 y 1,381. Los resultados obtenidos de pigmentación  $\geq 24$  según la regla estandarizada salmofan® para los

alimentos “A” y “B” fueron de 29 % y 71 % respectivamente. Se concluye que el alimento con mejor desempeño productivo en cuanto a indicadores productivos y pigmentación es “B”.

**Palabras clave:** Trucha arco iris, indicadores productivos, pigmentación.

## ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the productive performance and the degree of pigmentation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with two commercial foods (Skretting line "A" and Salmofood "B"), at the stage of fattening for 95 days. We worked with 71 603 individuals of average weight of  $143,39 \pm 27,98$  g; those that were randomly distributed equally in 6 floating cages of 600 m<sup>3</sup> each, doing 2 treatments (food "A" and "B") and with 3 repetitions per treatment. Biometries were carried out every 15 days for the evaluations of the productive performance and the degree of pigmentation in the fish. The obtained productive indicators indicated that the final weight for the trout fed with feed "B", were significantly higher ( $p < 0.05$ ) with  $531,47 \pm 135,45$  g compared to  $480,21 \pm 145,01$  g corresponding to the group of fish fed with food "A", respectively. In the SGR, at the end of the experiment, it was not possible to find significant differences ( $p > 0,05$ ) between treatments (food "A" =  $2,13 \pm 0,71\%$  and food "B" =  $1,97 \pm 0,6$ ). . Also, FCR and SFR were significantly higher ( $p < 0,05$ ) with diet "A" (1,05) compared to diet "B": 1,05 and 0,82; 1,896 and 1,381. The results obtained from pigmentation  $\geq 24$  according to the standardized salmofan® rule for foods "A" and "B" were 29% and 71% respectively. It is concluded that the food with the best

productive performance in terms of productive indicators and pigmentation is “B”.

**Keywords:** Rainbow trout, productive indicators, pigmentation.

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura es el sector productor de alimentos de más rápido crecimiento a nivel mundial, constituye el 50 % de alimento acuático en el mundo y se percibe como la actividad con el mayor potencial para satisfacer la demanda de alimentos (García *et al.*, 2013), siendo la trucha arco iris una de las especies de mayor cultivo debido a la facilidad para aceptar alimento artificial, adaptarse a cambios de temperatura y manejo.

El Perú en el año 2015, llegó a cosechar 90 996 t de recursos hidrobiológicos, siendo la trucha la especie de mayor producción con un 41 % (PRODUCE, 2016). La región de Puno es la principal productora de trucha en el país, ocupando el noveno lugar como exportadora de trucha a nivel mundial, sin embargo la producción y comercialización tiene una orientación empírica en su mayoría (Yapuchura, 2002), la afirmación anterior nos lleva a mejorar y optimizar los procesos productivos buscando estrategias en el manejo alimentario, principalmente cuando se trabaja con importantes cantidades de peces y sobre todo si se desea lograr un desarrollo sostenible de la acuicultura (Kendal, 1988).

El éxito del cultivo depende de la calidad de alimentación que reciban los peces, por lo que se debe suministrar un alimento adecuado, en el

momento adecuado y la ración adecuada, la eficiencia del cultivo está relacionada directamente con el manejo de alimento (cantidad y calidad de alimento suministrado) (FONDEPES, 2014); no obstante el alimento tiene el costo más alto de producción que representa más del 70 %, puesto que el principal insumo es la harina de pescado que equivale el 50 % del costo del alimento, otro 20 % corresponde al aceite de pescado y el tercer elemento que también influye significativamente es el pigmento que puede llegar a representar hasta un 20 % del costo del alimento (Wurmann, 1997).

En este contexto, el uso eficiente de alimentos reduciría los de costos de producción y tendría un impacto importante en la rentabilidad, principalmente en los sistemas de producción de escala avanzada y de mayor escala (Carpio y Tito, 2017).

Por consiguiente, los objetivos del presente de trabajo son: Evaluar el efecto de dos alimentos comerciales en el desempeño productivo mediante los indicadores (FCR, SGR y SFR) y el grado de pigmentación, durante el estadio de engorda.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Planteamiento del problema**

La creciente demanda mundial de productos pesqueros, se ha duplicado en la última década, mientras que la producción de pesca extractiva en su mayoría ha sido derivada a la industria, creando un ligero desabastecimiento de íctioproteína en la población mundial. En el año 2014, la contribución del sector acuícola superó por primera vez a la del pescado capturado del medio natural en el suministro de pescado para consumo humano. Esto ha conllevado a que dentro de la acuicultura, se desarrollen múltiples técnicas, métodos, sistemas y productos como piensos para la producción de peces, los cuales mejoren y aceleren el crecimiento de los mismos con el fin de obtener peces de talla comercial en el menor tiempo posible (FAO, 2016).

En el Perú una de las industrias piscícolas con gran potencial productivo y demanda internacional es la truchicultura, dicha actividad en los últimos diez años ha tenido favorables incrementos productivos, producto de la demanda y aceptación de este producto. Teniendo en cuenta que la producción de truchas está relacionado a múltiples factores físicos,

químicos, biológicos y de manejo, uno de estos factores viene a ser la alimentación durante todo el proceso productivo especialmente en el estadio de engorda etapa en la cual los productores buscan mejorar indicadores productivos tales como FCR, SFR, SGR y la pigmentación en truchas, para dichas mejoras hacen uso de diferentes alimentos existentes en el mercado quienes ofrecen mejorar la producción y en otros casos dicen ser mejores el uno del otro; los productores optan por uno o dos tipos de alimento muchas veces comprometiendo su producción.

La producción truchícola en la región Puno representa aproximadamente el 90 % de la producción nacional ubicándolo como primer productor de truchas en el Perú, pese a lo antes mencionado aún se presentan problemas productivos en estadios de engorda etapa en la cual los costos de producción aumentan significativamente y los productores buscan minimizar el tiempo de engorda para obtener peces de peso comercial con buen performance y alcanzar una pigmentación atractiva hacia los consumidores de trucha, quienes juzgan el tamaño y color como característica principal cualquiera sea su presentación final, constituyendo así un factor esencial el alimento y el desempeño del mismo en los peces para su comercialización.

## 1.2 Formulación y sistematización del problema

### 1.2.1 Interrogante general

¿Existirá diferencias en el desempeño productivo y grado de pigmentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda?

### 1.2.2 Interrogantes específicas

- ¿Cuál será el desempeño productivo de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda?
- ¿Cuál será el grado de pigmentación de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda?

## 1.3 Delimitación de la investigación

- **Geografía:** La investigación se desarrolló, en las instalaciones de la empresa Piscifactorías de los Andes S.A., abarcando dos etapas para su ejecución: La primera se desarrolló en el centro de cultivo y la segunda etapa ejecutada en la planta de procesamiento.
- **Tiempo:** La ejecución de la tesis abarcó 95 días.

#### 1.4 Justificación

El propósito de la investigación, se justifica en la búsqueda de la optimización de los procesos productivos, en este caso en la crianza de las truchas, evaluando el desempeño productivo y grado de pigmentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) utilizando dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda, bajo condiciones intensivas en un criadero comercial. El estudio pretende evaluar del mismo modo cuál alimento es conveniente en esta etapa y con un menor costo y reducción de tiempo de engorda, buscando mejorar los indicadores productivos: FCR, SFR, SGR y la pigmentación, considerando que el alimento representa el mayor costo de producción.

- **Científico:** Generación de conocimientos sobre el proceso productivo en el estadio de engorda de la trucha, así como generar datos que sirvan para la formulación de nuevas investigaciones en base a las recomendaciones realizadas.
- **Económico:** El estudio busca optimizar un proceso productivo y reducir los costos de producción en la etapa de engorda de la trucha, por lo que su contribución específica es la reducción de dichos costos en beneficio de empresas y productores privados.

- **Social:** Se espera contribuir con alternativas tecnológicas y de manejo de crianza, que puedan ser utilizadas por grupos sociales de productores, mejorando su condición actual.

### 1.5 Limitaciones

- **Factores climatológicos:** El estudio se realizó, bajo las condiciones del altiplano peruano, específicamente del lago Titicaca, por lo que los resultados y conclusiones del estudio son válidas para dicho espacio ambiental.
- **Tiempo:** El periodo de realización del estudio, se restringe a la etapa de engorda, por lo que las conclusiones del estudio se restringen a dicho periodo.

## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 1.6 Objetivos

##### 1.6.1 Objetivo general

Evaluar el desempeño productivo y grado de pigmentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda.

##### 1.6.2 Objetivos específicos

- Comparar el desempeño productivo de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda.
- Evaluar el grado de pigmentación de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda.

## **1.7 Hipótesis**

### **1.7.1 Hipótesis general**

El desempeño productivo y grado de pigmentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda es diferente.

### **1.7.2 Hipótesis específica**

- Existe diferencias en el desempeño productivo de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda.
- Existe diferencias en el grado de pigmentación de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda.

## **1.8 Variables**

### **1.8.1 Indicadores de variables**

- **Variables independientes:**

Tipo de alimento comercial (A, B).

– **Variables dependientes:**

Desempeño productivo (FCR, SFR, SGR) y grado de pigmentación.

**1.8.2 Operacionalización de variables**

Ver anexo 12

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

#### 2.1 Conceptos generales y definiciones

**Alimentación:** Es la aplicación de la nutrición en la producción animal (Sanz, 2009).

**Alimento balanceado:** Es una mezcla de ingredientes diseñada para cubrir el requerimiento nutricional de un animal, en función de su etapa metabólica, edad, peso y reproducción (Sanz, 2009).

**Astaxantina:** Es un carotenoide rojo liposoluble de gran capacidad antioxidante (Sanz, 2009).

**Biomasa:** Peso de todos los individuos organismos vivos, materia viva que puebla un área o un hábitat en particular en un tiempo instantáneo dado (FONDEPES, 2004).

**Biometría:** Obtención de datos merísticos de peso y talla promedio de la población de peces, permite conocer el crecimiento de estos (Mantilla, 2004).

**Crecimiento:** Ganancia de talla o peso de cualquier especie (Blondet, 1996).

**Factor de conversión alimentaria (FCR):** Es la relación entre la cantidad de alimento consumido y el incremento de peso en un período determinado (FONDEPES, 2004).

**Frecuencia de alimentación:** Es el número de veces por día que se suministra alimento a los peces (FONDEPES, 2004).

**Tasa específica de crecimiento (SGR):** Es el porcentaje de ganancia de peso diario respecto al peso total del individuo (Priede & Secomber, 1988).

**Tasa de alimentación (SFR):** Es la ración diaria de alimento a proporcionar a los peces, esta tasa varía según la temperatura del agua, el tamaño de los peces y el tipo de alimento (FONDEPES, 2004).

## **2.2 Enfoque teórico – técnico**

### **2.2.1 La acuicultura en el mundo**

El progreso de la acuicultura en las cuatro últimas décadas revela no solo la vitalidad de esta actividad como técnica productiva, sino también la capacidad de innovación, emprendimiento y aprovechamiento sostenible de los recursos disponibles. La acuicultura contribuye a la utilización eficaz

de recursos naturales, a la seguridad alimentaria y al desarrollo económico, con un limitado y controlado impacto sobre el medio ambiente. La producción de animales acuáticos en el 2014, procedentes de la acuicultura ascendió a 73,8 millones de t, China produjo 45,5 t (60 %) de la producción pesquera mundial que deriva de la acuicultura (FAO, 2016).

La producción mundial de trucha arco iris en el 2014 ha sido de 812,939 t, lo que supone una ligera disminución del 0,7 % con respecto al año anterior. Se trata del segundo año de la producción después de 50 años de continuo crecimiento y un máximo en 2012 de 882,187 t. Los principales países cultivadores de trucha arco iris son Chile con 151,773 t (18,7 % de la producción mundial), Irán con 126,52 t (15,6 %), Turquía con 112,345 t (13,8 %) y Noruega con 68,910 t (8,5 %). Otros países relevantes son Dinamarca, Italia, Francia, Perú, China, Rusia y los Estados Unidos (APROMAR, 2016).

### **2.2.2 La acuicultura en el Perú y en la región Puno**

La actividad truchícola en el Perú viene creciendo vertiginosamente en los últimos 10 años, principalmente a nivel intensivo, tanto en sistemas convencionales (estanques de concreto, mampostería de piedra, tierra y otros) y no convencionales (jaulas flotantes), este último ha logrado un mayor desarrollo. De acuerdo al comportamiento de las producciones

acuícolas de los últimos años, se estima que la tendencia a un constante crecimiento continuará incrementándose en forma significativa (FONDEPES, 2014). Tal es así que la producción acuícola en el 2016 alcanzó 93,4 mil t de producción, un crecimiento de 2,7 % respecto al año 2015 y el principal producto que ha impulsado este crecimiento es la trucha con 40 946,5 t cuyo aumento fue de 18,7 % (Miranda, 2017).

En la Región Puno la producción de trucha se incrementó gradualmente, gracias a la rentabilidad que esta actividad produce, la dedicación y el interés de los productores llegó a posicionar al departamento de Puno como el primer productor de trucha a nivel nacional con 27 000 t en el año 2014 (PRODUCE, 2016). La región Puno cuenta con el 98 % de producción en jaulas flotantes; el aporte entre las regiones Puno y Junín constituye alrededor del 88,4 % de la producción nacional de truchas (18 471,2 t/año y 3 412,53 t/año respectivamente) (FONDEPES, 2014).

### **2.2.3 La trucha**

Es una especie típica de aguas frías originaria de la vertiente del pacífico de norte américa cuyo nombre científico inicialmente fue propuesto en 1963 por Richardson como *Salmo gairdneri*. La trucha arco iris se

caracteriza por presentar cuerpo fusiforme, es de color plateado y parte ventral de color crema, presenta manchas, lunares negros y marrones (Mantilla, 2004).

#### **2.2.4 Taxonomía de la trucha**

|               |                              |
|---------------|------------------------------|
| REINO         | : Animalia                   |
| PHYLLUM       | : Chordata                   |
| SUB PHYLLUM   | : Vertebrata                 |
| GRUPO         | : Gnatosthomata              |
| SUPER CLASE   | : Pisces                     |
| CLASE         | : Osteichthyes               |
| SUB CLASE     | : Actinopterygii             |
| SUPER ORDEN   | : Clupeomorpha               |
| ORDEN         | : Salmoniformes              |
| SUB ORDEN     | : Salmonoidei                |
| FAMILIA       | : Salmonidae                 |
| GENERO        | : <i>Oncorhynchus</i>        |
| ESPECIE       | : <i>Oncorhynchus mykiss</i> |
| NOMBRE COMÚN: | Trucha Arco iris             |

Adaptado por Smith y Stearley de la Sociedad Americana de Ictiólogos y Herpetólogos a través del Comité de nombres científicos de peces, American Fisheries Society.

### **2.2.5 Parámetros de cultivo**

Los parámetros del agua estarán en relación a la zona de cultivo, además implican la interrelación entre los siguientes:

#### **– Temperatura**

Es la característica física más importante, influye en la concentración del oxígeno disuelto en ella, la concentración de productos metabólicos (amoníaco), así como el tiempo y grado de descomposición de los materiales depositados en el fondo que son importantes para la salud del pez, siendo el rango óptimo para el crecimiento entre 9 y 14 °C (PRODUCE, 2010).

El Lago Titicaca presenta variaciones de temperatura, todos los meses del año, oscilando entre 11, 25 °C como temperatura mínima en el mes de julio, y 14,35 °C como temperatura máxima en el mes de marzo, teniendo un promedio anual de 13 °C (Dejoux, C & Ittis, 1991).

#### **– Oxígeno disuelto:**

Es el elemento esencial para la supervivencia de peces, siendo precisamente los salmónidos una de las especies más exigentes, presentando signo de asfixia cuando su concentración es inferior a

5 mg/l y apareciendo mortalidad total a concentraciones de 3 mg/l (Yason, 1971, citado por Maximixe Consults S. A., 2010). La trucha arco iris requiere elevados tenores de oxígeno en el agua para satisfacer sus necesidades respiratorias, se estima que las truchas en crecimiento deben tener continuamente tasas mínimas de oxígeno de 5 a 5,5 mg/l (miligramos/litro).

Romero, (2011) menciona que los rangos óptimos de las propiedades físicas y químicas del cuerpo de agua para la truchicultura son las siguientes:

- Temperatura del agua : 10 a 16 °C
- Oxígeno disuelto : 6,5 a 9 ppm
- pH : 6,5 a 8,5
- CO<sub>2</sub> : < 7 ppm
- Alcalinidad : 20 a 200 mg/l CaCO<sub>3</sub>
- Dureza : 60 a 300 mg/l CaCO<sub>3</sub>
- NH<sub>3</sub> : No mayor de 0,02 mg/l
- H<sub>2</sub>S : Máximo aceptado de 0,002 mg/l

- Nitratos : No mayor de 100 mg/l
- Nitritos : No mayor de 0,055 mg/l
- Fosfatos : Mayor de 500 mg/l
- Sulfatos : Mayor de 45 mg/l
- Plomo : 0,03 mg/l

## **2.2.6 Alimentación**

### **2.2.6.1 Alimentación y nutrición de la trucha arco iris**

Es la aplicación de la nutrición en la producción animal, y especialmente en todo lo referido a la estimación de raciones y a su distribución (Guillaume *et al.* 2004). La alimentación es un aspecto muy importante que se debe tener en cuenta a fin de proporcionarles el alimento adecuado, la ración adecuada en el momento adecuado; de ella depende el éxito de la producción piscícola, tanto en calidad, tiempo en crecimiento y estado sanitario de las truchas; para lo cual se tiene que tener conocimiento de los hábitos y requerimientos nutricionales esenciales y la relación energía proteína (INCAGRO, 2008).

Durante el proceso de fabricación del alimento tienen como objetivo: producir un pellet de tamaño uniforme que sea parejo, estable y libre de polvo. Estas propiedades se interrelacionan parcialmente.

#### **2.2.6.2 Requerimientos nutricionales**

Los requerimientos nutricionales que necesitan consumir las truchas son: proteínas, minerales, vitaminas y fuentes de energía para el crecimiento y otras funciones fisiológicas normales. Una deficiencia en uno o más de los nutrientes esenciales ocasiona un índice reducido de comportamiento, puede producir enfermedades y algunas veces hasta la muerte (Novel, 1985, citado por Mache, 2015). Los salmónidos necesitan en sus dietas varios minerales, los cuales son utilizados para propósito estructural, osmorregulación, y como cofactores en las reacciones metabólicas, entre los minerales se incluyen: fosforo, manganeso, zinc, cobre, entre otros (Castro y Chirinos, 2008).

##### **– Proteína**

Son los principales materiales orgánicos en tejidos de peces, de los que obtienen aminoácidos. La proteína se digiere o hidroliza y libera aminoácidos libres que son absorbidos desde el tracto intestinal y se distribuyen por la sangre a los órganos y tejidos. El

consumo inadecuado de proteína en la dieta se refleja en los resultados como la reducción o interrupción del crecimiento y la pérdida de peso debido a la retirada de las proteínas de los tejidos menos vitales para mantener las funciones de los tejidos más vitales. Por otro lado si se suministra demasiada proteína a la dieta, solo una parte de ella se utiliza para hacer nuevas proteínas y el resto se convierte en energía (Halver y Hardy, 2002).

Para trucha arco iris es suficiente un 36 % de proteína en la dieta siempre y cuando el aporte energético sea elevado. Como la trucha aprovecha muy mal los carbohidratos para fines energéticos, hace falta un 40 % de proteína bruta si se quiere trabajar con altas cantidades de carbohidratos. Si es grasa el principal constituyente para fuente de energía, sólo se requiere de un 30 a 35 % de proteína (Noel, 2003).

#### – **Energía**

La energía se libera durante la oxidación metabólica, de los hidratos de carbono, grasas y aminoácidos. El consumo de energía es un requerimiento nutricional básico, porque el mantenimiento de los procesos de la vida tiene prioridad sobre el crecimiento y otras funciones. La concentración de energía debe ser la primera

consideración en la formulación de la dieta alimenticia de los peces. En la práctica, sin embargo, se suele dar prioridad en primer lugar a la proteína porque es más valiosa que otros componentes para el rendimiento de energía. La proteína y la energía deben mantenerse en equilibrio, una deficiencia en la dieta o un exceso de energía digestible puede reducir las tasas de crecimiento de los peces. Una dieta deficiente en energía en relación a la proteína significará que la proteína se utiliza para producir energía para satisfacer mantenimiento antes de crecimiento. En contraste, una dieta que contiene exceso de energía se puede reducir el consumo de alimento (Sanz, 2009).

#### – **Lípidos**

Son una importante fuente de energía alimentaria para todos los peces, pero tal vez en mayor medida para los peces de agua fría y marinos, que tienen una capacidad limitada para utilizar carbohidratos de la dieta para obtener energía. Los aceites incluidos en los alimentos para la trucha arco iris desarrollan su máximo efecto cuando están en proporción hasta el 24 % (National Research Council, 1993; Noel, 2003)

– **Carbohidratos**

Los peces de aguas cálidas pueden utilizar mayor cantidad de carbohidratos de la dieta que los peces marinos y de agua fría. Si los hidratos de carbono no se proporcionan en la dieta de peces, otros compuestos, tales como la proteína y lípidos, son catalizados para la energía y para la síntesis de diversos compuestos biológicamente importantes generalmente derivados de carbohidratos (National Research Council, 1993). Reportes indican que el consumo excesivo de carbohidratos producirá depósitos excesivos de glucógeno en hígado, y consumos continuos resulta en depósitos extensos de grasas en las vísceras. En ciprínidos ornamentales reportan que los excesos de carbohidratos producen cambios degenerativos hepáticos (Halver y Hardy, 2002).

– **Minerales**

El calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu) y selenio (Se) se derivan generalmente del agua para satisfacer parte de las necesidades nutricionales de los peces. Los fosfatos y sulfatos, sin embargo, están eficazmente obtenidos a partir de fuentes de alimentación.

En las funciones de los minerales incluyen la formación de la estructura del esqueleto, transferencia de electrones, regulación del equilibrio del ácido base y osmorregulación, asimismo son componentes importantes de hormonas y enzimas (Cahuana, 2015).

– **Vitaminas**

Son compuestos orgánicos, distinto de los aminoácidos, carbohidratos y lípidos que se requieren en ciertas cantidades de una fuente exógena, para el crecimiento normal y salud. Se clasifican en hidrosolubles (colina, inositol y vitamina C) y liposolubles (A, D, E y K). Los requerimientos son afectados por el tamaño, la edad, la tasa de crecimiento y factores medioambientales (National Research Council, 1993).

**Tabla 1.** Requerimientos de nutrientes para truchas en estadio de engorde.

| <b>Nutriente</b>     | <b>Estadio engorde</b> |
|----------------------|------------------------|
| Proteína (min)       | 40,0                   |
| Carbohidratos (máx.) | 25,0                   |
| Grasa (min)          | 10,0                   |
| Minerales (máx.)     | 10,0                   |
| Humedad (máx.)       | 10,0                   |
| Fibra (máx.)         | 3,0                    |

Fuente: Choquehuayta (2008).

Los alimentos formulados durante la última década son más altos en energía digestible, lo que significa que tienen una mayor eficiencia, siendo menos la producción de desechos sólidos y solubles (Vandenberg et al.,2012).

#### **2.2.6.3 Alimento extruido**

Los alimentos extruidos vienen formuladas en relación con los requerimientos nutritivos de la trucha, que cumple con sus funciones de crecimiento y desarrollo normal (Sierra Exportadora, 2011). Los alimentos extruidos necesitan más capital, mayor costo de mantenimiento y energía (mayor cocción), mayor temperatura de operación, operaciones más complicadas, sin embargo este procedimiento genera menos finos y presenta una alta digestibilidad (Cañas, 1995).

#### **2.2.6.4 Sistema de alimentación semi-automatizado de peces**

Se realiza utilizando equipos que cuentan con el apoyo de sopladores que impulsan el alimento y que, al estar unidos a una tolva de almacenamiento, permiten la entrega de una dosificación exacta a los peces. Este es un sistema de apoyo para los operarios que trabajan en alimentación (Oyarzo, 2016).

#### **2.2.6.5 Crecimiento**

Es un fenómeno de ganancia de peso y talla que logra el pez en el desarrollo de su vida, dependiendo este fenómeno de las características tanto fisicoquímicas, biológicas como del alimento que consigan y además de su condición en relación al medio que lo rodea. El crecimiento en longitud o talla es la ganancia del tamaño, mientras la ganancia en peso, es la misma ganancia en longitud, pero expresada proporcionalmente a la tercera potencia (Blondet, 1996).

El crecimiento en longitud describe normalmente una curva de tipo exponencial, suele ser muy rápido al principio, cuando el pez es muy joven, pero se va haciendo más y más lento a medida que aumenta la edad y a medida que éste alcanza el tamaño o la longitud máxima que cada individuo puede alcanzar.

El crecimiento en peso describe una curva del tipo sigmoideo. En las etapas muy tempranas de la vida del pez el incremento en peso es muy lento. El crecimiento se va acelerando luego, hasta desarrollar una velocidad máxima cuando el pez ha alcanzado un peso que es aproximadamente  $1/3$  de su peso máximo. Luego se produce una inflexión y el crecimiento se va haciendo más y más lento cada vez, con lo cual el pez se va acercando asintóticamente a su peso máximo (Csirke, 1993).

#### **2.2.6.6 Pigmentación**

La calidad de las truchas puede ser medida a través de la textura, contenido graso y del color, siendo este último uno de los criterios más importantes a la hora de la comercialización, el color está determinado por el depósito de pigmentos como la astaxantina y cantaxantina que se identifican en el grupo de los carotenoides, los cuales deben ser incluidos en la dieta para poder lograr el color característico de los peces, el cual se encuentra afectado por numerosos factores que dependen principalmente del alimento, de la genética del pez y condiciones ambientales (Vidal, 2003).

Las truchas no poseen la habilidad metabólica inherente para sintetizar los pigmentos por esto son necesario incluirlos dentro de la dieta como moléculas preformadas que son absorbidas y depositadas en los tejidos, dando como resultado una coloración rosada de las truchas, la coloración está dada por la presencia de carotenoides oxigenados en su tejido muscular, como la cantaxantina y en forma abundante la astaxantina, aunque también se pueden encontrar pequeñas cantidades de otros carotenoides como zeaxantina, luteína, capsantina, etc. (Bjerkeng, 2000).

#### **2.2.6.7 Pigmentos**

Son aditivos que se añaden a niveles mili o micro gramos por kilo en los piensos para cambiar el aspecto de producto final, gran variedad de plantas y animales contienen pigmentos naturales que pueden colorear la carne, piel y huevos del pez en amarillo, naranja o rojo (Sanz, 2009).

#### **2.2.6.8 Origen de los pigmentos**

Son sustancias muy extendidas en el reino vegetal y animal, actualmente se conocen seiscientos carotenoides, la pigmentación de los salmónidos depende esencialmente de la retención de los pigmentos carotenoides (Guillaume et al., 2004).

#### **2.2.6.9 Carotenoides**

Son pigmentos liposolubles, cuya gama de color va desde el amarillo hasta el rojo oscuro, son uno de los grupos más importantes de pigmentos naturales. El pez no puede sintetizarlo por lo que los pigmentos deben estar presentes en la dieta. En los salmónidos la astaxantina es la responsable del color naranja o rojo en la carne (Guillaume et al., 2004).

**Tabla 2.** Principales carotenoides usados en nutrición acuícola.

| <b>Carotenoide</b> | <b>Absorción (*)</b> | <b>Estructura</b>         |
|--------------------|----------------------|---------------------------|
| Astaxantina        | *****                | Retinol y deshidroretinol |
| Cantaxantina       | ***                  | Retinol y deshidroretinol |
| Zeaxantina         | *                    | Retinol y deshidroretinol |
| B – carotino       | *                    | Retinol                   |
| Luteína            | *                    | Deshidroretinol           |
| Isozeaxantina      | *                    | Deshidroretinol           |

Fuente: Torrisen y Christiansen, (1995).

(\*) El número de asteriscos denota el grado de absorción del carotenoide.

#### **2.2.6.10 Fuente de los carotenoides para truchas**

Bajo condiciones naturales (lagunas, ríos o mar), las truchas obtienen su color característico debido a la ingesta de crustáceos, zooplancton y pequeños peces, cuyo pigmento es la astaxantina, este ha sido utilizado con éxito durante los últimos años, por ser el único pigmento disponible a gran escala en la truchicultura, mientras que en condiciones de cultivo, la pigmentación de las truchas a base de carotenoides, corresponde mayoritariamente a astaxantina sintética (Larrain, 2002).

Existen numerosas fuentes de pigmentos: las materias primas brutas (levaduras, algas y krill), los derivados industriales (desechos de cangrejos o de langostinos) y preparaciones especiales (harina de langostino). Los carotenoides derivados de materias primas y derivados industriales existen en mayor cantidad y tiene un coste atractivo (Guillaume et al., 2004).

### **2.2.6.11 Funciones de los carotenoides**

La astaxantina, zeaxantina y cantaxantina son precursores de vitamina A en truchas, el rango de incorporación es dependiente del peso, edad y la concentración de vitamina adentro del organismo (Torrissen *et al.*, 1989).

La astaxantina es promotor de crecimiento , al trabajar con alevines de primera alimentación reportan que una concentración de 3,8 ppm produce menores mortalidades y tasas de crecimiento satisfactorias, cuando se compara con dietas sin astaxantina, lo que también se observa en juveniles de salmónidos y truchas, por lo tanto se infieren que la astaxantina tiene un valor nutricional y que es esencial en las truchas, no debiendo considerarse un aditivo sino un nutriente dentro de la dieta (Torrissen y Christiansen, 1997).

Por otro lado en truchas congeladas por 18 meses se encontró que en aquellas alimentadas con 40 ppm de astaxantina frente a las que recibieron 70 y 100 ppm, con adición de vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol) a las dietas, la astaxantina actúa como antioxidante sólo en estados tempranos de oxidación lipídica mientras que  $\alpha$ -tocoferol lo hace en estados más avanzados de oxidación lipídica , siendo más efectivo como antioxidante (Jensen *et al.*, 1998).

#### **2.2.6.12 Metabolismo de los carotenoides en las truchas**

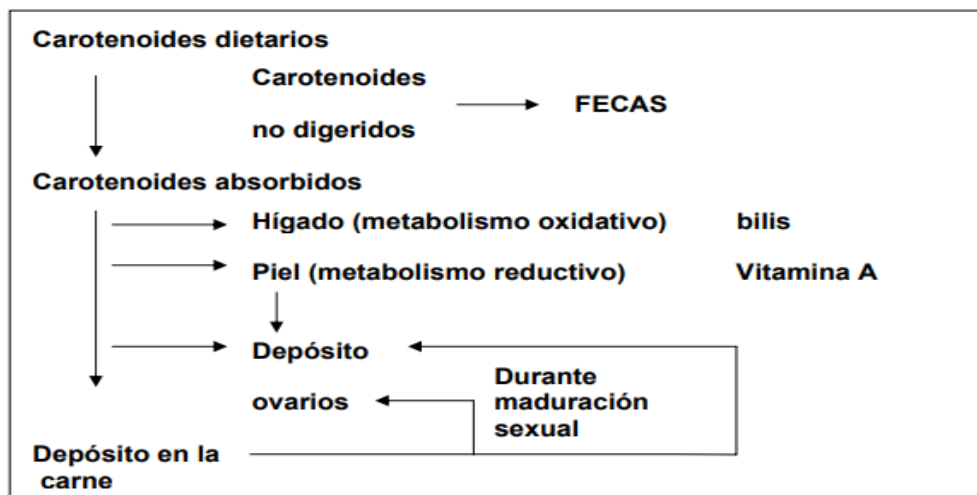
En el proceso metabólico de la astaxantina, ocurren varios pasos que pueden alterar la cantidad y la tasa de depositación de pigmento en el músculo, los cuales son dependientes de su digestión, eficiencia de absorción, capacidad de transporte, mecanismo de depósito en diferentes tejidos, metabolismo y excreción (Nickell y Bromage, 1998).

La absorción de los carotenoides es afectada por la digestión de los pigmentos de distintas fuentes, la trucha arco iris absorbe astaxantina del intestino en su forma libre, atribuyéndose esto a la limitada capacidad de hidrolizar ésteres y diésteres de astaxantina en la pared intestinal; esta limitación, en la hidrólisis de los ésteres, indica que la eficiencia en la pigmentación de la carne depende de la forma molecular de la astaxantina, por lo tanto la astaxantina mono y diéster no son de uso habitual en las dietas de truchas, empleándose la astaxantina sintética (forma libre) (Torrissen et al., 1989); Nickell y Bromage, 1998). La astaxantina es más digestible que la cantaxantina, debido a diferencias estructurales, que hacen que tenga menor absorción a nivel intestinal, menor fijación y menor estabilidad en el músculo que la astaxantina (Larraín, 2002; Nickell y Bromage, 1997). La absorción de la astaxantina ocurre en el ciego pilórico, mientras que la cantaxantina se absorbe a lo largo del tracto digestivo; los

carotenoides al ser liposolubles probablemente emulsificados incorporándose en el micelio junto a la bilis y otros componentes lipofílicos, siendo metabolizados en el hígado (Torrissen *et al.*, 1990).

Las truchas poseen diferencias en concentración de astaxantina en el músculo con respecto a diversas áreas de estos, considerando la figura del pez linealmente, por lo tanto, se ha estimado que la zona caudal contiene entre un 30 a 40 % superior en relación a la parte anterior y posterior del filete (Torrissen *et al.*, 1990). Por otro lado se determinó un incremento radial en pigmentación hacia la espina dorsal, cortes en áreas dorsales y medias contienen más carotenoides que los tejidos adiposos (Mc Callum *et al.*, 1987).

Al alimentar truchas de la variedad arco iris con astaxantina libre se encontró una tasa de retención del 10 %, pero los valores de digestibilidad son más altos con un rango de 25 a 90 %, esto sugiere que un alto porcentaje de carotenoides dietarios son absorbidos y metabolizados a otros productos o bien excretados por la bilis, el hígado actúa como principal almacenador de compuestos transportado por lipoproteínas y consecuentemente una alta proporción de carotenoides absorbidos son metabolizados en él, lo que hacen que no estén disponibles para la pigmentación muscular (Bravo, 2000).



**Figura 1.** Vías metabólicas de la astaxantina en el pez.

Fuente: Torrissen *et al.*, (1989), (Hardy *et al.*, 1989).

### 2.2.6.13 Factores de afectan la pigmentación de truchas

- **Factores genéticos**

Existe una gran variedad en la tasa de retención de pigmento en diferentes especies de salmonídeos; destacándose mayormente a la trucha arco iris, seguida por el salmón coho y finalmente el salmón del atlántico (Almendras & Sabelle, 1999).

- **Peso del pez**

Aproximadamente 100 g es el peso mínimo que debe tener la trucha para iniciar la pigmentación, ya que a partir de este peso los carotenoides son depositados eficientemente en el musculo (March *et al*, 1990; citado por Lázaro, 2014).

– **Maduración sexual**

Durante este estadio los pigmentos son transportados desde el musculo hacia los ovarios; en esta época el proceso de pigmentación es ineficiente y extremadamente difícil (Torrissen *et al.*, 1989 y (Hardy *et al.*, 1994).

– **Estado de salud del pez**

Las truchas afectadas con enfermedades o cualquier otra actividad estresante, disminuirán notablemente el consumo de alimento, por ende, la recepción de pigmento será menor (Almendras & Sabelle, 1999).

Choubert, (1992) menciona que durante condiciones de ayuno existe una redistribución interna del pigmento dentro del organismo de la trucha. El aumento en el contenido de lípidos en la dieta tiene un efecto positivo en la depositación de pigmento en las truchas debido probablemente a un aumento en la absorción intestinal (Nickell & Bromage, 1998).

– **Tipo de pigmento**

El coeficiente de retención de la astaxantina es 1,3 y 1,5 veces mayor en relación con la cantaxantina debido a diferencias de digestibilidad y a que la astaxantina se une firmemente a la actomiosina en el músculo que la cantaxantina; además con

astaxantina se logra un color del músculo mucho más rojizo (Storebakken & No, 1992).

– **Temperatura del agua**

Las truchas cultivadas a temperaturas cálidas (15 °C) poseen mayores depósitos de pigmento en el músculo (No & Storebakken, 1991).

#### **2.2.6.14 Evaluación de pigmentación del músculo en truchas**

Es una medición cualitativa, la estimación del color por este método es el comúnmente usado, la principal razón es su bajo costo, comparado con métodos instrumentales, y lo fácil de usar. Este método consiste en la comparación visual del color de la carne del pez con los tonos presentes en la regla salmoFan.

La regla SalmoFan de Roche® reemplaza a la carta, tiene una gama más amplia de colores que va desde el 20 al 34. Dependiendo de la especie y del mercado varía la preferencia del consumidor. Se ha observado que hay una relación directa entre el color del músculo medido visualmente y la concentración de astaxantina hasta un cierto nivel que corresponde más o menos 6 a 7 mg/kg. El ojo humano tiene una capacidad limitada para distinguir diferencias en el color de la carne con concentraciones superiores a éstas (Bjerkeng, 2000).

### 2.3 Marco referencial

Morales (2004). Evaluó el crecimiento y la conversión alimenticia en truchas cultivadas en jaulas flotantes, con la finalidad de determinar la ración óptima a suministrar y estudiar el efecto sobre el factor de condición corporal de los peces (k). El experimento consideró tres tratamientos (5 000 truchas arco iris para cada grupo) a las cuales se les asignó diferentes estrategias de alimentación, las distintas raciones de alimento fueron (J1: alimentación ad-líbitum), (J2: ración de alimento) y (J3: ración de mantenimiento). El experimento se realizó durante cuatro meses, donde obtuvieron diferencias significativas para la longitud, peso corporal y factor de condición (J1>J2>J3), J2 mantuvo un K similar a la inicial y J3 sufrió una constante pérdida de K. Al culminar la prueba el FCA resultó ser mayor para J1 (FCA: 1,32) y menor para J2 (FCA: 1,13). Aunque no fueron estadísticamente diferentes. La ración diaria óptima corresponde al 2,9 % del peso corporal. En síntesis, se debería alimentar ad-líbitum cuando las temperaturas son óptimas y no recomiendan extender las raciones de mantenimiento.

(Gomez, 2017). En Chucasuyo -Juli, evaluó el crecimiento de trucha arco iris cultivado en jaulas flotantes en la etapa de engorde, para las que diseño 4 jaulas de 300 peces cada una; J1 y J2 fueron alimentados

convencionalmente con alimento Ewos y Nicovita respectivamente; J3 y J4 recibieron alimentación ad-libitum con alimento Ewos y Nicovita respectivamente; la ración de alimentación ad-libitum fue el triple de la ración que correspondía a la alimentación convencional. Al cabo de tres meses de alimentación convencional obtuvo un incremento de 335,7 g para J1, 296,1 g para J2, mientras que J3 aumentó 532,4 g y J4 subió 442,9 g. Asimismo, con la alimentación convencional obtuvo un FCR promedio de 0,77 para J1 y 0,90 para J2, mientras que el FCR promedio para las jaulas alimentadas ad-libitum fue 1,02 a 1. El SGR obtenido fue 1,66 % para los peces alimentados convencionalmente, mientras 2,06 % para los peces alimentados ad-libitum.

Yapuchura *et al* (2018). La investigación se realizó en el Lago Titicaca (lugar Callejón), teniendo como objetivo de evaluar cinco marcas de alimento disponibles en el mercado, obteniendo los mayores incrementos de pesos y mejores tasas de conversión alimenticia para los alimentos Ewos y Nicovita: 167,86; 118,43 y 0,87; 1,13 respectivamente.

Rosales (2016). En la piscigranja “La Cabaña” ubicado en el Distrito Acostambo – Huancavelica, evaluó los índices productivos en 50 169 truchas en fase engorde de 15 cm de longitud, cultivados por 11 semanas en estanques circulares de 78,5 m<sup>3</sup> y alimentados con alimento

comercial “Nicovita”, sometidas a cuatro frecuencias de alimentación: T1: frecuencia de alimentación 3 veces/día, T2: frecuencia de alimentación 2 veces/día, T3: frecuencia de alimentación 4 veces/día y T4: frecuencia de alimentación 6 veces/día. Al finalizar la investigación obtuvieron una conversión alimenticia (CA) menor de  $1,09 \pm 1,01$  a y  $1,09 \pm 0,90$  a para T1 y T2 respectivamente, una tasa específica de crecimiento (SGR) mayor de  $1,96 \pm 0,00$  a para T2, valores con diferencias significativas para los cuatro tratamientos.

Flores (2014). En Muelle Barco Lago Titicaca, evaluó durante tres meses el crecimiento de la trucha arco iris producidas con alimento fresco y balanceado en jaulas flotantes, donde obtuvo un incremento de peso 357,04 g para los peces alimentados con alimento balanceado, asimismo el FCR tuvo un valor de 1,07.

Pokniak *et al* (2001). Realizaron el ensayo “Pigmentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) tipo mar alimentadas con dos niveles de astaxantina en dietas de crecimiento - engorda”, utilizaron 200 truchas arco iris a las que distribuyeron al azar 4 estanques circulares de 1 m<sup>3</sup> a cada tratamiento, con 25 peces cada uno considerando una carga que al término de la experiencia fuese de 10 a 12 kg peso vivo/m<sup>3</sup>, con un peso inicial promedio de 180 g a la dieta base se le agregó AXT (Carophyll Pink 8%®),

formulando una dieta con 25 ppm de AXT y otra dieta con 80 ppm (testigo) que fueron entregadas a saciedad. La respuesta productiva se evaluó por medio del peso promedio, donde no hubo diferencia significativa entre tratamientos, en cuanto a la pigmentación de los filetes evaluados con el abanico colorímetro salmo-Fan Roche, observaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre el testigo y la prueba de 31a\* y 30 b\* respectivamente, sobrepasando el color de exigencia mínima.

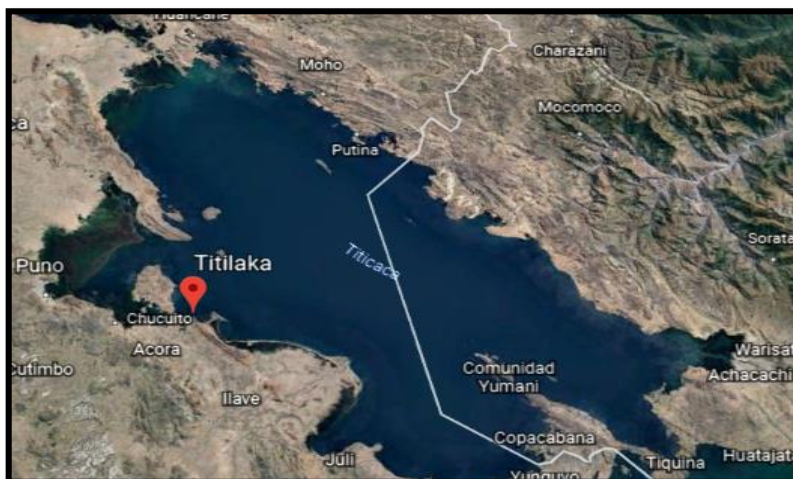
Lázaro (2014). En su estudio “Pigmentación de la trucha arco iris (*oncorhynchus mykiss*) en fase de acabado, durante el almacenamiento en refrigeración y proceso de cocción” en el centro piscícola “El Ingenio”, donde uno de sus objetivos fue: determinar el efecto de pigmentación del musculo de trucha arco iris, en la fase de acabado, adicionando al alimento balanceado dos pigmentantes: deltaxantina y carofhyll rosado, para ello se utilizaron trucha arco iris con  $165 \pm 5$  g de peso y 22 cm de talla, que fueron distribuidas en un diseño completamente al azar con 2 tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos fueron: T1: dieta con 90 ppm de carophyll rosado y T2: dieta con 100 ppm de deltaxantina. A los 45 días culminada la prueba, con la regla Salmofan evalúa el color del músculo donde encuentra diferencia significativa ( $p < 0,05$ ), para el carophyll rosado  $28,00 \pm 0,17$  y para la deltaxantina  $24,33 \pm 0,17$ .

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Lugar de la experimentación

La investigación se desarrolló en las instalaciones de la granja piscícola de la empresa Piscifactorías de los Andes S.A., ubicada en el Sector Huencalla, Centro Poblado de Titilaka, distrito de Platería a 3 820 m.s.n.m., en la región Puno, el acceso es mediante carretera asfaltada (Vía Puno – Desaguadero) hasta el distrito de Acora, luego a través de una carretera afirmada se realiza el ingreso hacia la zona del Lago por la vía Acora – Santa Rosa de Yanaque hasta el km 13.



**Figura 2.** Ubicación del centro donde se realizó la investigación.

**Fuente:** Google Earth.

### **3.2 Tipo de investigación**

El presente trabajo corresponde a una investigación experimental, donde se manipuló intencionadamente el factor de estudio (tipo de alimento), las variables de respuesta son medidas como efecto de dicho factor, siendo la unidad de análisis el grupo de peces sometidos al factor de estudio, además el estudio utiliza tres repeticiones para obtener confiabilidad de los resultados.

Las biometrías y el análisis de pigmentación, son instrumentos que permitieron obtener la información necesaria sobre la variable de estudio. El instrumento fue tomado, validado e ingresado al fishtalk, de manera el software pudo calcular la tasa de alimentación diaria, factor de conversión, tasa específica de crecimiento, factor de condición, así mismo la confiabilidad se realizó a través del análisis estadístico.

Los tratamientos y sus repeticiones utilizados en la investigación se muestran en la tabla 3, los mismos que se detallan a continuación:

**Tabla 3.** Distribución de tratamientos y repeticiones.

|              | Tratamientos |            |
|--------------|--------------|------------|
|              | Alimento A   | Alimento B |
| Repetición 1 | A, 1         | B, 1       |
| Repetición 2 | A, 2         | B, 2       |
| Repetición 3 | A, 3         | B, 3       |
| Total        | A, 3         | B, 3       |

Fuente: Elaboración propia (2017).

El modelo lineal aditivo del diseño usado en la investigación es el siguiente:

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

Donde:

$Y_{ij}$  = Variables de respuesta (tasa de crecimiento, índice de crecimiento,

factor de conversión, pigmentación)

$\mu$  = Promedio general

$\tau_i$  = Efecto del i-ésimo alimento comercial

$\varepsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental

### **3.3 Población y muestra**

La población de estudio fueron las truchas en estadio engorda que se cultivaron en la empresa Piscifactorías de los Andes S.A. y la muestra fueron las truchas del lote con el que se desarrolló la investigación.

### **3.4 Técnicas aplicadas en la recolección de la información**

#### **3.4.1 Unidad de estudio**

Las unidades experimentales destinadas para la investigación estuvieron conformadas por seis jaulas ubicadas de una misma sección de crianza (1; 2; 3; 4; 5 y 6) de dimensiones 10\*10\*6 (600 m<sup>3</sup>.)

#### **3.4.2 Comparación del desempeño productivo de truchas arco iris (*O. mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda**

##### **3.4.2.1 Selección y conteo de peces de estudio**

Con la finalidad de obtener peces con similar potencial de crecimiento, se realizó la clasificación de truchas en estadio “engorde 1” correspondientes a un mismo lote, constituido por 7 1603 truchas con un peso promedio de 143,39 g, las que fueron distribuidas de la siguiente manera:

**Tabla 4.** Distribución de individuos trucha arco iris (*O. mykiss*) en las unidades experimentales.

| <b>Jaula</b> | <b>Número de unidades</b> | <b>peso promedio inicial (g)</b> |
|--------------|---------------------------|----------------------------------|
| 1            | 11,954                    | 140,15                           |
| 2            | 11,899                    | 140,69                           |
| 3            | 11,968                    | 130,98                           |
| 4            | 11,903                    | 138,24                           |
| 5            | 11,930                    | 146,07                           |
| 6            | 11,949                    | 164,22                           |
|              | 71,603                    | 143,39                           |

Fuente: Elaboración propia (2018).

La selección se realizó empleando un seleccionador automático marca “Faivre”, garantizando una selección precisa, rápida, sin lesiones, sobre todo al mínimo manipuleo y estrés en los peces. Esta actividad se ejecutó con la finalidad de disminuir el coeficiente de variación y obtener una población con pesos promedios similares, simultáneamente a la selección los peces se inventariaron con contadores automáticos “Faivre”. Previamente al empezar la prueba se restringió la alimentación a todas las unidades experimentales por un periodo de 3 días con el objeto de iniciar la alimentación a los peces con el estómago totalmente vacío.

### **3.4.2.2 Actividades de manejo**

Antes de entregar la ración de alimento a los peces, diariamente se realizó el retiro, la cuantificación, el registro e ingreso de la mortalidad al software fishtalk, con el objetivo de ajustar la biomasa y la cantidad de alimento a suministrar; asimismo se realizó la verificación integral de cada jaula con el fin de descartar fugas o rupturas en la infraestructura las cuales pudieron afectar el desarrollo de la investigación, de igual forma se llevó a cabo el cambio periódico de bolsa (cada 10 días aproximadamente), para facilitar el paso y recambio de agua al interior de la jaula y lo que permitió tener las mismas condiciones físico-químicas en todas las unidades experimentales

### **3.4.2.3 Alimentación**

Los alimentos comerciales dispuestos en la investigación fueron 2 tipos de alimento extruido: alimento A y alimento B, cuyas composiciones se detallan en la tabla 5, el cálculo de la ración diaria fue realizado por el software siguiendo el modelo de crecimiento de cada alimento, éste fue variando en función al peso promedio de la trucha y la temperatura del agua. El alimento consumido por las truchas antes del experimento fue Crecimiento 2 (calibre 4 mm) de Nicovita, el suministro de alimento se llevó a cabo con un alimentador semiautomático marca “ Ocea” (capacidad de

tolva de 20 kg) (ver anexo 13), el cual permitió regular la velocidad, cantidad de pellets a entregar y dispersar uniformemente el alimento, durante la ejecución de la investigación el alimentador semiautomático fue manipulado por una sola persona responsable para todas las unidades experimentales en prueba; la frecuencia de alimentación entre 2 y 3 veces al día, en las mañanas se alimentó el 75 % (una o dos veces) y en las tardes el 25 % (una vez) aproximadamente del total de la ración diaria; la verificación del consumo de alimento fue efectuado mediante la visualización por monitores conectadas a cámaras acuáticas sumergidas en cada jaula. Antes de iniciar la alimentación, se realizó la medición de temperatura, porcentaje de saturación de oxígeno y oxígeno disuelto (O.D.); utilizando un oxímetro digital marca Ecosense ODO 200. Para iniciar la alimentación se corroboró que el tenor de O.D. sea  $\geq$  a 5 mg/l. Todas las mediciones antes mencionadas fueron registradas e ingresadas diariamente al software fishtalk.

**Tabla 5.** Composición química de las dietas usadas durante el experimento.

|                     | Alimento A | Alimento B |
|---------------------|------------|------------|
|                     | Kori 350P  | Lemuy 500P |
| Proteína %          | 40         | 38         |
| Lípidos %           | 18         | 25         |
| Carbohidratos %     | 25         | -          |
| Humedad %           | 10         | 10         |
| fibra %             | 3,5        | 2,5        |
| cenizas %           | 7          | 10         |
| Energía bruta MJ/Kg | 20,9       | 23,9       |
| Astaxantina (ppm)   | 80         | 75         |

Fuente: SKRETTING ( Nutreco Company) – VITAPRO, 2016 .

#### **3.4.2.4 Biometrías**

Para efectuar la prueba, primero se realizó una biometría inicial (peso y talla) de 200 individuos de cada unidad experimental, posteriormente las biometrías se realizaron cada 15 días, aplicando el muestreo probabilístico se llevó a cabo la captura en forma aleatoria de 200 individuos por cada unidad experimental, las mismas que fueron sacrificadas en una solución de esencia de clavo de olor “Frutarom” para las que se vertieron 2 ml / 20 l de agua, para luego ser trasladadas en cubetas hasta la orilla del lago y realizar las biometrías en tierra firme con el objetivo de evitar la variación de pesos, para tal actividad se utilizó una balanza digital marca ciapesa y un ictiómetro (regla milimetrada) (Ver figura 3), los datos se anotaron en el registro de biometrías y posteriormente se ingresaron al fishtalk.



**Figura 3.** Biometría de truchas.

Fuente: Elaboración propia (2018).

### **3.4.3 Evaluación del grado de pigmentación de truchas arco iris (*O. mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda**

#### **3.4.3.1 Toma de muestra**

Aplicando el muestreo probabilístico se llevó a cabo la captura en forma aleatoria de 40 individuos por cada unidad experimental, las mismas que fueron sacrificados en una solución de esencia de clavo de olor “Frutarom” 2 ml / 20 l de agua (anexo 14), una vez las truchas sacrificadas en las cubetas rotuladas se llevaron a la orilla del lago, para ser trasladadas en un camión isotérmico, con destino a la planta de procesamiento ubicada en Salcedo-Puno.

### **3.4.3.2 Evaluación de color**

En la planta de procesamiento se realizó el eviscerado, fileteado y pesado, seguidamente la muestra se estratificó en ventral, dorsal, caudal y se colocaron sobre una bandeja de fondo blanco, bajo las mismas condiciones de iluminación se efectuó la evaluación visual de pigmentación a 40 muestras (una a una) por unidad experimental usando la regla estandarizada salmofan®, que tiene una escala de 20 a 34 tonalidades que van de un color rosado pálido a un rojo anaranjado respectivamente. En algunas muestras se observó distintas tonalidades, que fueron consideradas como filetes con pigmentación “bandereada”, la evaluación visual se realizó con la supervisión y visto bueno de una persona capacitada del área de Aseguramiento de la Calidad, la información fue registrada para su evaluación, (ver figura 4).



**Figura 4.** Evaluación del grado de pigmentación del filete de truchas arco iris (*O. mykiss*) con la regla salmofan®.

Fuente: Elaboración propia (2018).

#### **3.4.4 Materiales**

- ✓ Ictiómetro
- ✓ Regla de color estandarizado salmofan®
- ✓ Baldes de plástico (20 l)
- ✓ Eugenol (Esencia de clavo de olor)
- ✓ Chinguillos
- ✓ Tinas (80 l)
- ✓ cubetas
- ✓ Guantes
- ✓ Mascarillas descartables
- ✓ Formatos para el registro de información

### **3.4.5 Equipos**

- ✓ Balanza digital ( Ciapesa )
- ✓ Alimentador semiautomático (Ocea)
- ✓ Cámaras acuáticas
- ✓ Oxímetro (marca Ecosense ODO 200)
- ✓ Bote
- ✓ Laptop marca Toshiba

### **3.5 Métodos estadísticos utilizados**

La recolección de datos se realizó en registros adecuados para la investigación, para las variables de respuesta se utilizaron registros en cada fecha de medición de las mismas (Anexos del 1 al 5).

Los datos obtenidos fueron presentados en tablas resumen, utilizando estadística descriptiva como el valor máximo, mínimo, el promedio, el coeficiente de variabilidad y una medida de desviación.

Para probar las hipótesis se utilizó la prueba de “t” de Student, efectuadas con el software XLSTAT-V2016-02, que permite comparar si los dos promedios son estadísticamente diferentes, en nuestro caso la utilizamos para comparar si el promedio de las variables de respuesta (índice de crecimiento, tasa de alimentación, factor de conversión y

pigmentación) son diferentes entre sí, si la prueba resulta significativa se asume que los promedios son diferentes, de lo contrario se acepta la hipótesis nula de que no son diferentes. La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$t_s = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{\bar{X}}}$$

Donde:

- Valor calculado de “t” de Student
- Promedio de los valores a comparar del primer grupo (A)
- Promedio de los valores a comparar del segundo grupo (B)
- Desviación estándar combinada

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### **4.1 Comparación del desempeño productivo de truchas arco iris (*O. mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda.**

##### **4.1.1 Incremento de peso**

En la tabla 6, se muestra el peso medio final en el la etapa de engorde del cultivo de trucha arco iris obtenido en 95 días de investigación; para el alimento "A" se obtuvo un peso mínimo de 90 g y máximo de 822 g, con una media de  $480,21 \pm 145,01$  g y para el alimento "B" se determinó un mínimo de 128 g y máximo de 963 g con una media de fue de  $531,47 \pm 135,45$  g respectivamente. En tanto al realizar la prueba "t" de Student, se encontró diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el peso final de trucha arco iris; es decir el peso medio final fue significativamente mayor en el grupo de peces alimentados con el alimento "B" (ver figura 5). Al respecto (Okumus y Mazlum, 2002) también encontraron diferencias significativas en el peso final en la etapa de engorde de trucha arco iris al alimentar a con dos alimentos comerciales pero con la diferencia que estos autores

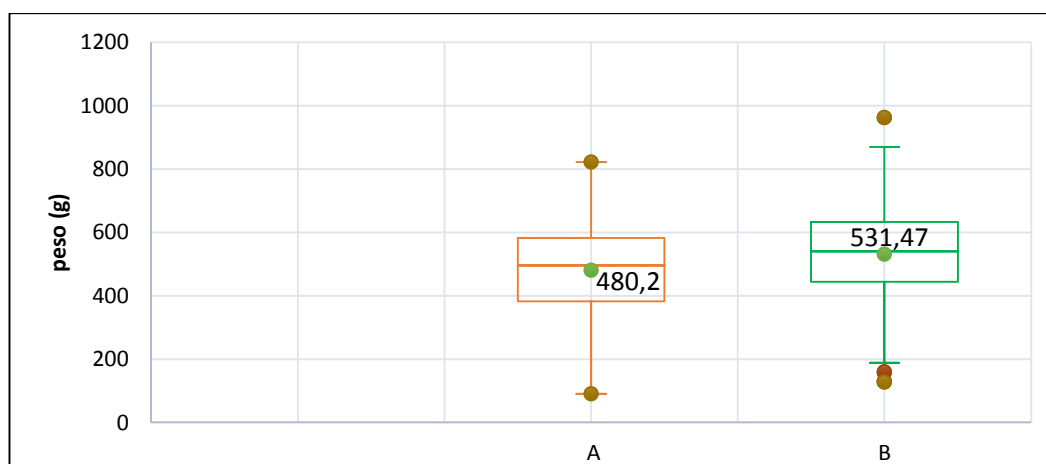
trabajaron con porcentajes de proteína superiores (entre 42 y 43 %) a lo empleado en el presente experimento.

**Tabla 6.** Peso medio final (g) de truchas arco iris (*O. mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda.

| <b>Estadísticos/alimentos</b> | <b>A</b>            | <b>B</b>            |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|
| N°. de observaciones          | 600                 | 600                 |
| Mínimo                        | 90                  | 128                 |
| Máximo                        | 822                 | 963                 |
| Media                         | 480,21 <sup>a</sup> | 531,47 <sup>b</sup> |
| Desviación estándar           | 145,01              | 135,45              |

Datos con letras desiguales en superíndices en una misma fila indica que si hay diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).

Fuente: Elaboración propia (2018).



**Figura 5.** Incremento de peso (g) de truchas arco iris (*O. mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda.

Fuente: Elaboración propia (2018).

### **Contrastación de hipótesis con la prueba t de “Student”**

$$t_c = 6,319 > t_{t(1198,0.05)} = 1,962 \text{ Sig. } (p = 0,0001)$$

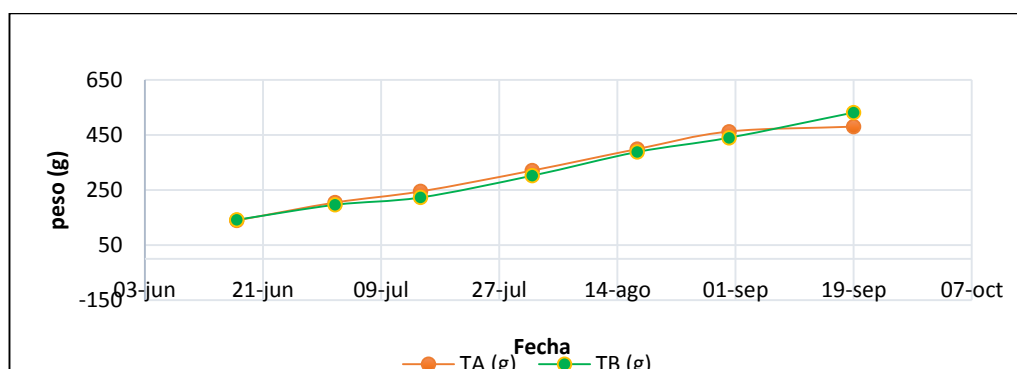
En la figura 6 se observa la dinámica del incremento del peso de trucha arco iris; en general se observa que el crecimiento en ambos tratamientos fue similar hasta el muestreo 7 (31 de agosto), pero ya hacia el final del experimento, el peso medio de los peces alimentados con la dieta “A”, solamente incrementaron en 38 g; mientras que en el grupo de peces alimentados con la dieta “B”, el incremento en peso fue de 91 g (tabla 7). Por lo tanto al final del experimento, hubo un incremento en el peso medio desde el inicio y hasta el final del experimento de 340 g con el alimento “A” y 389 g con el alimento “B”. Gómez (2017), consiguió en tres meses un incremento de 335,1 g en truchas alimentadas con alimento balanceado Ewos y convencionalmente (tablas) que contenía 23 % de lípidos, incremento de peso que fue similar al de las truchas que consumieron alimento “A”, elaborada con 18 % de lípidos; en cambio las truchas que consumieron alimento “B” que estuvo constituida por 25 % de lípidos obtuvieron mayor incremento de peso, estos resultados coinciden con la investigación de (Lee & Putnam, 1973) quienes consiguieron un mayor crecimiento aumentando el contenido de energía (lípidos) y disminuyendo los niveles de proteína en la dieta. Del mismo modo y

haciendo una comparación entre las dietas evaluadas por Gómez (2017) y la dieta “B” que contenía en su composición 25% de lípidos con respecto a 18% de dieta “A”; estos mayores niveles de lípidos en reemplazo de la proteína como fuente energética permitieron un significativo aumento en el peso final de las q consumieron la dieta “B”.

**Tabla 7.** Pesos medios (g) por fechas de muestreo de (*O. mykiss*) durante el experimento.

| FECHA  | A (g) | B (g) |
|--------|-------|-------|
| 17-jun | 140   | 142   |
| 02-jul | 205   | 197   |
| 15-jul | 245   | 223   |
| 01-ago | 321   | 302   |
| 17-ago | 399   | 388   |
| 31-ago | 462   | 440   |
| 19-Set | 480   | 531   |

Fuente: elaboración propia (2018).



**Figura 6.** Incremento de peso medio de truchas arco iris (*O. mykiss*) suministradas con alimento “A” y “B”.

Fuente: Elaboración propia (2018).

#### 4.1.2 Tasa específica de crecimiento (SGR)

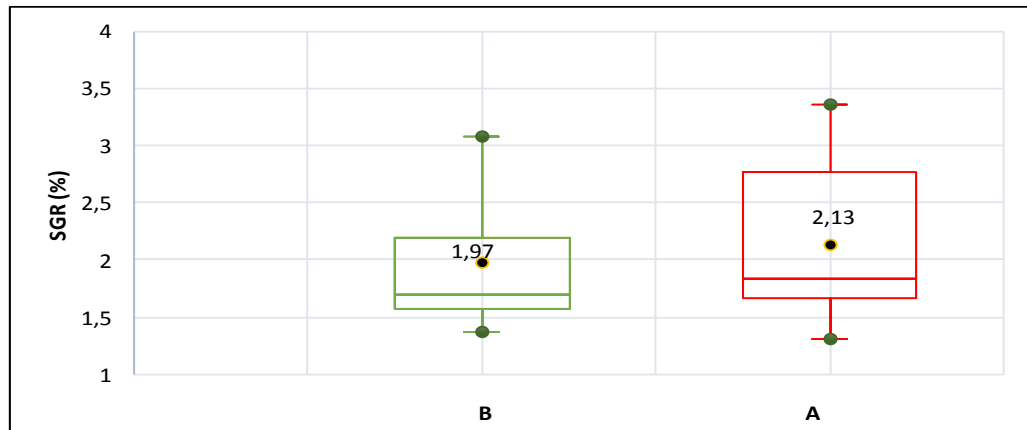
En la tabla 8, se muestra los valores del SGR en el estadio de engorda de trucha arco iris. Para el grupo de peces que consumieron la dieta “A”, se obtuvo un valor mínimo de 1,31 y un máximo de 3,37; con una media de 2,13 %. Mientras que el grupo de peces que consumieron la dieta “B”, se determinó un mínimo de 1,37 y máximo de 3,08 y la media fue de 1,97 %. Al realizar la prueba “t” de Student, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en el SGR de trucha arco iris al ser alimentadas con los dos tipos de alimento (ver figura 7).

**Tabla 8.** Tasa específica de crecimiento (SGR) para truchas arco iris (*O. mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda.

| <b>Estadísticos/alimentos</b> | <b>A</b>          | <b>B</b>          |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|
| No. de observaciones          | 18                | 18                |
| Mínimo                        | 1,31              | 1,37              |
| Máximo                        | 3,37              | 3,08              |
| Media                         | 2,13 <sup>a</sup> | 1,97 <sup>a</sup> |
| Desviación estándar           | 0,71              | 0,6               |

Datos con letras iguales en superíndices en una misma fila indica que no hay diferencia significativa ( $p > 0,05$ ).

Fuente: Elaboración propia (2018).



**Figura 7.** Tasa específica de crecimiento (SGR) para truchas arco iris (*O. mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda.

Fuente: Elaboración propia (2018).

### Contrastación de hipótesis con la prueba “t” de Student

$$t_c = 0,690 < t_{t(34,0.05)} = 2,032 \text{ Sig. } (p = 0,495)$$

Por otra parte, en la tabla 9 se observa lo siguiente: en el último muestreo las truchas alimentadas con la dieta “B” obtuvieron un SGR superior a las que consumieron la dieta “A” y la media acumulada del SGR durante la prueba para las truchas que consumieron las dietas “A” y “B” mostraron un SGR en el periodo de 2,02 % y 1,84 %, respectivamente; sin embargo debemos considerar que este crecimiento es con respecto al peso

total (ver tabla 7), en otras palabras los peces que consumieron el alimento “B”, lograron un SGR mayor. De modo similar Gómez (2017) obtuvo un SGR de 1,66 % y Rosales (2016) obtuvo 1,96 % valores que se asemejan al alimento “A”.

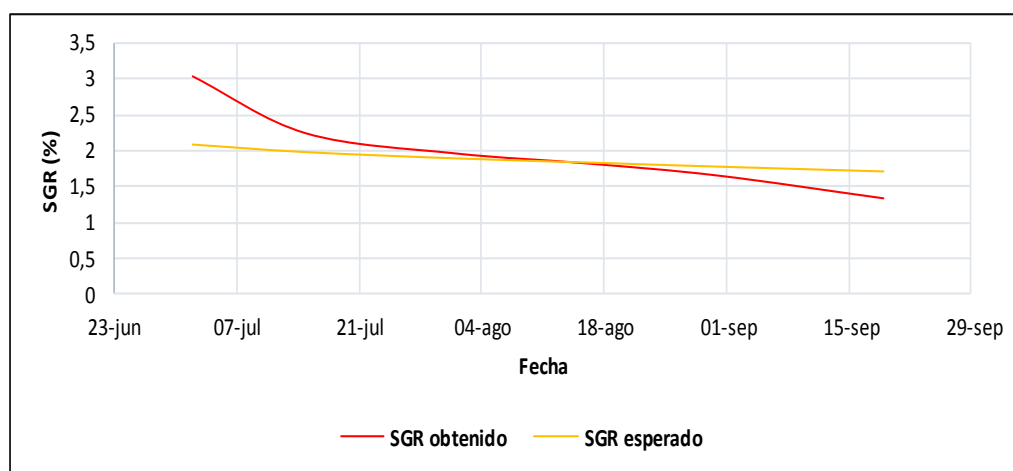
**Tabla 9.** Valores de tasa específica crecimiento (SGR) promedios acumulados obtenidos y esperados por tratamiento.

| Fecha     | A                |                  | B                |                  |
|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|           | SGR obtenido (%) | SGR esperado (%) | SGR obtenido (%) | SGR esperado (%) |
| 2-Jul     | 3,05             | 2,1              | 2,72             | 1,73             |
| 15-Jul    | 2,25             | 1,99             | 1,8              | 1,65             |
| 1-Ago     | 1,97             | 1,9              | 1,79             | 1,57             |
| 16-Ago    | 1,83             | 1,84             | 1,7              | 1,52             |
| 31-Ago    | 1,66             | 1,78             | 1,57             | 1,49             |
| 19-Set    | 1,34             | 1,71             | 1,43             | 1,41             |
| $\bar{X}$ | 2,02             | 1,89             | 1,84             | 1,56             |

Fuente: Fishtalk (2018).

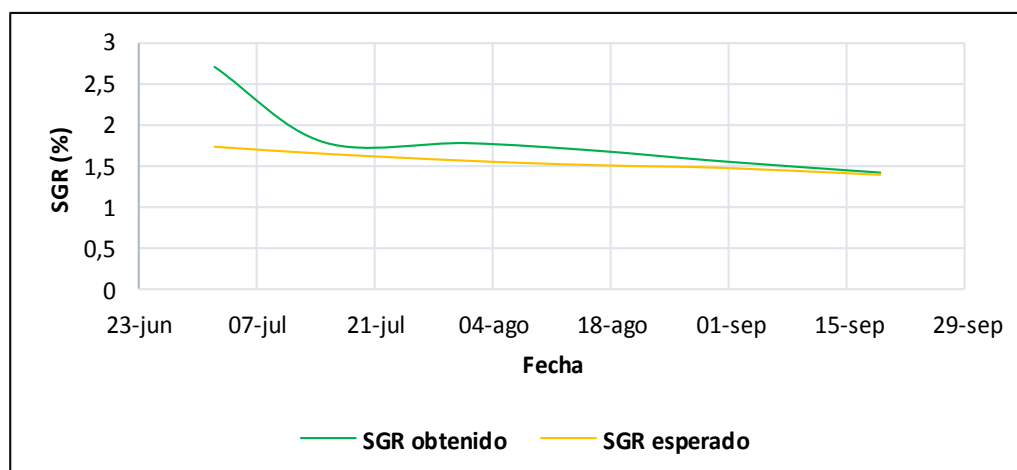
En la figura 8, se observa la variación en el tiempo del SGR obtenido y esperado para el grupo que consumió alimento “A” durante la ejecución del experimento; se observa para ambos casos que los valores del SGR disminuyen en el tiempo (figuras 8 y 9), lo cual es lógico en peces que van creciendo y aumentando su edad. Asimismo se observa al final del trabajo que numéricamente el SGR obtenido es inferior en comparación al SGR esperado.

En la figura 9, se aprecia que las truchas alimentadas con alimento “B” muestran un SGR obtenido con tendencia muy similar al SGR esperado (del modelo de crecimiento), sin embargo durante el mayor tiempo de investigación el porcentaje de ganancia de peso obtenido es superior al esperado; esto nos hace presumir que con una tasa de alimentación más alta se pudo obtener mayor incremento de peso, ya que realizar biometrías periódicas nos hubiese ayudado a sincerar los pesos reales y como consecuencia incrementar la tasa y obtener mayor crecimiento.



**Figura 8.** Comparación del SGR obtenido y esperado para truchas arco iris (*O. mykiss*) alimentadas con alimento “A” durante el estadio de engorda.

Fuente: Elaboración propia (2018).



**Figura 9.** Comparación del SGR obtenido y esperado para truchas arco iris (*O. mykiss*) alimentadas con alimento “B” durante el estadio de engorda.

Fuente: Elaboración propia (2018).

#### 4.1.3 Factor de conversión alimenticia (FCR)

En la Tabla 10, se muestra el FCR en el estadio de engorda de trucha arco iris, para el alimento “A” se obtuvo un FCA mínimo de 0,56 y máximo de 1,58 con una media de 1,05; mientras que para el alimento “B” se determinó un mínimo de 0,44, un máximo de 1,01 y a media fue de 0,82. Al realizar la prueba “t” de Student, se determinó que si existen diferencias significativas entre los tratamientos; es decir con un valor de FCA de 1,05 el grupo de peces alimentados con la dieta “A” fue significativamente

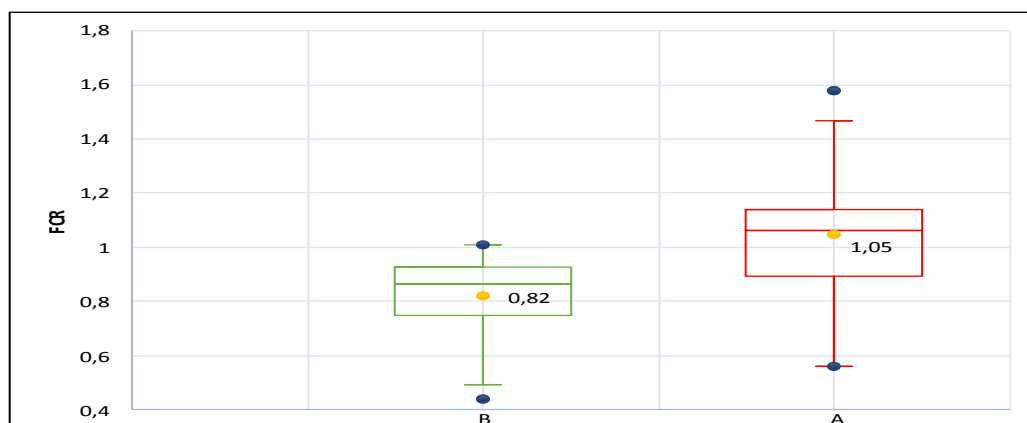
superior ( $p < 0,05$ ) en comparación con el grupo de peces alimentados con el grupo “B”, respectivamente (ver figura 10).

**Tabla 10.** Factor de conversión alimentaria (FCR) para truchas arco iris (*O. mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda.

| <b>Estadísticos/alimentos</b> | <b>A</b>          | <b>B</b>          |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|
| No. de observaciones          | 18                | 18                |
| Mínimo                        | 0,56              | 0,44              |
| Máximo                        | 1,58              | 1,01              |
| Media                         | 1,05 <sup>a</sup> | 0,82 <sup>b</sup> |
| Desviación estándar           | 0,28              | 0,16              |

Datos con letras diferentes en superíndices en una misma fila indica que si hay diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).

Fuente: Elaboración propia (2018).



**Figura 10.** Factor de conversión alimentaria (FCR) para truchas arco iris (*O. mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda.

Fuente: Elaboración propia (2018).

### Contrastación de hipótesis con la prueba “t” de Student

$$t_c = 3,037 > t_{t(34,0.05)} = 2,032 \text{ Sig. } (p = 0,005)$$

Al culminar la investigación, la media acumulada del FCR para las truchas que consumieron alimento “B” obtuvieron un valor de 0,82; es decir que por cada 0,82 kilos de alimento que se suministró a las truchas se obtiene 1 kilo de biomasa; sin embargo, las truchas alimentadas con alimento “A” resultaron con un FCR de 1,05 (ver tabla 11), en otras palabras, que por cada 1,05 kilos de alimento que se suministró a las truchas se obtiene 1 kilo de biomasa. Gómez (2017) obtuvo valores de 0,77 y 0,90 en truchas alimentadas convencionalmente con alimento

balanceado Ewos y Nicovita respectivamente, al igual que Yapuchura *et al* (2018) que lograron FCR de 0,87 y 1,13 con alimentos Ewos y Nicovita respectivamente; valores muy similares que obtuvimos para el grupo de truchas que consumieron alimento “B” y con mayor crecimiento; de igual manera ocurre con Flores (2014) que obtuvo un FCR de 1,13 en truchas que consumieron alimento balanceado Nicovita; todos estos cultivados en el lago Titicaca.

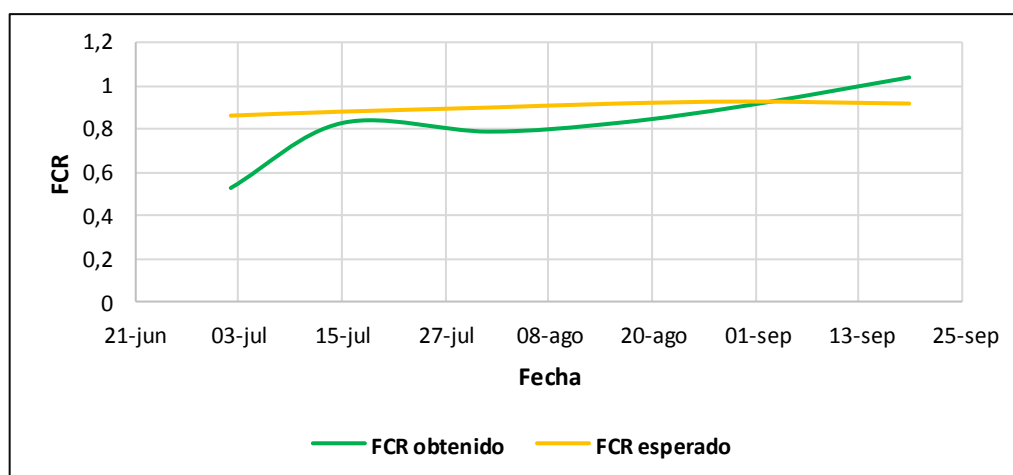
Los resultados anteriores concuerdan con los de (Cho & Kaushik, 1990), quienes obtuvieron mejor respuesta en crecimiento y eficiencia de FCR en truchas alimentadas con una dieta que contenía 36 % de proteínas y 25 % de lípidos, composición muy parecida al alimento “B” (38 % de proteína y 25 % de lípidos).

**Tabla 11.** Valores de factor de conversión alimenticia (FCR) promedio acumulado obtenidos y esperados por tipo de alimento.

|           | ALIMENTO “A” |              | ALIMENTO “B” |              |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|           | FCR obtenido | FCR esperado | FCR obtenido | FCR esperado |
| 2-Jul     | 0,64         | 1,00         | 0,53         | 0,86         |
| 15-Jul    | 0,88         | 1,00         | 0,83         | 0,88         |
| 1-Ago     | 1,0          | 1,00         | 0,79         | 0,9          |
| 16-Ago    | 1,05         | 1,00         | 0,83         | 0,92         |
| 31-Ago    | 1,15         | 1,01         | 0,91         | 0,93         |
| 19-Set    | 1,39         | 1,04         | 1,04         | 0,92         |
| $\bar{X}$ | 1,05         | 1,01         | 0,82         | 0,90         |

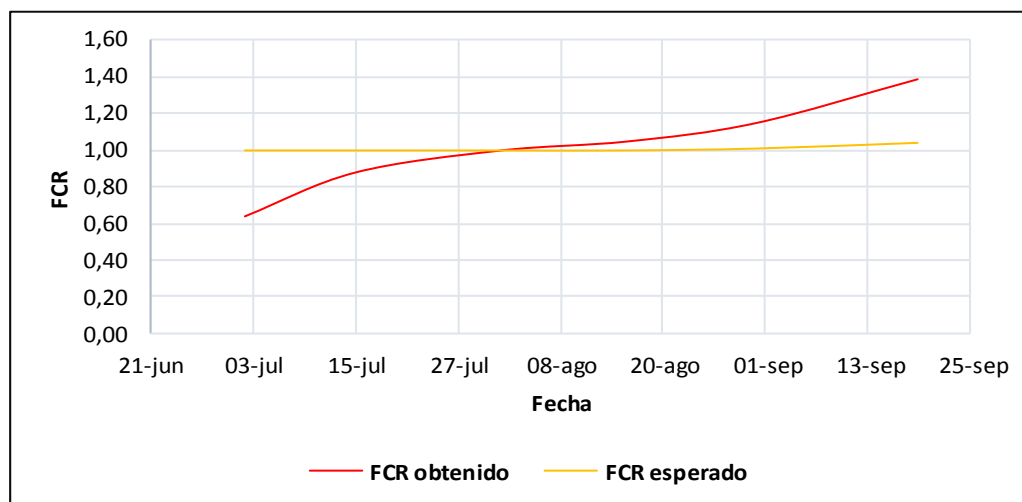
Fuente: Fishtalk (2018).

Como complemento mostramos la variación del FCR obtenido en función al esperado, en caso al grupo que consumió alimento “B” el FCR obtenido se mantuvo ligeramente por debajo del esperado, sin embargo el último mes incrementó sus valores incluso por encima del FCR esperado (ver figura 11). En caso de las truchas alimentadas con alimento “A”, los primeros 45 días del experimento mostraron un valor de FCR inferior al esperado, pero luego el FCR empezó a incrementarse lo que nos indica que la tasa fue muy alta y posiblemente se haya desperdiciado alimento; en síntesis el FCR del alimento “B” se asemejó a su modelo.



**Figura 11.** Factor de conversión alimentaria (FCR) promedio obtenido y esperado para alimento “B”.

Fuente: Elaboración propia (2018).



**Figura 12.** Factor de conversión alimentaria (FCR) promedio obtenido y esperado para alimento “A”.

Fuente: Elaboración propia (2018).

#### 4.1.4 Tasa de alimentación (SFR)

En la Tabla 12, se muestra el SFR en el estadio de engorda de trucha arco iris, para el alimento “A” se obtuvo un SFR mínimo de 1,76 y máximo de 1,97, con una media de 1,896 %; para las que consumieron alimento “B” se determinó un mínimo de 1,32 y máximo de 1,5 y la media fue de 1,381 %. Al realizar la prueba “t” de Student, se determinó que si existen diferencias significativas entre los tratamientos; es decir con un valor de SFR de 1,896 % el grupo de peces alimentados con la dieta “A” fue

significativamente superior ( $p < 0,05$ ) en comparación con el grupo de peces alimentados con el grupo “B”, respectivamente (ver figura 13).

**Tabla 12.** Tasa de alimentación (SFR) para truchas arco iris (*O. mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda.

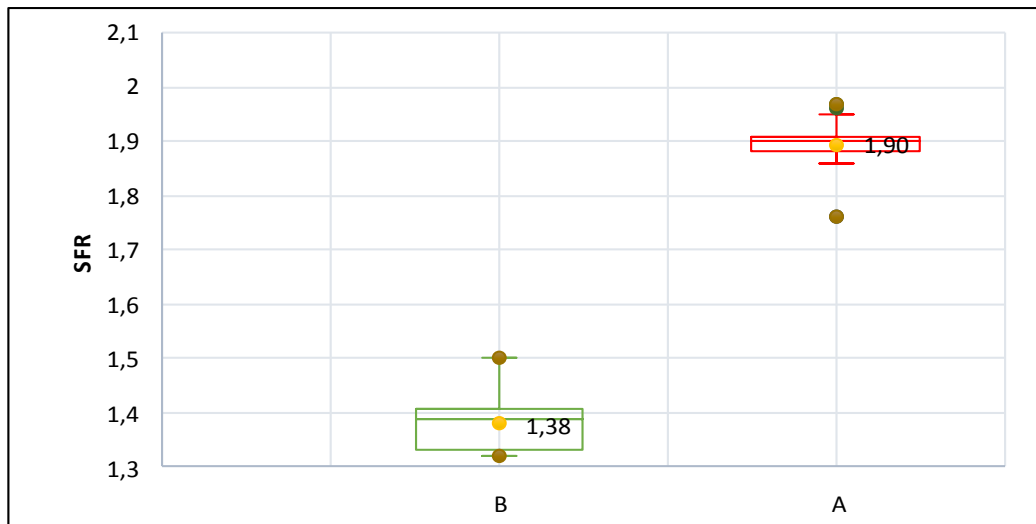
| <b>Estadísticos/alimentos</b> | <b>A</b>           | <b>B</b>           |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|
| No. de observaciones          | 18                 | 18                 |
| Mínimo                        | 1,76               | 1,32               |
| Máximo                        | 1,97               | 1,15               |
| Media                         | 1,896 <sup>a</sup> | 1,381 <sup>b</sup> |
| Desviación estándar           | 0,046              | 0,047              |

Datos con letras diferentes en superíndices en una misma fila indica que si hay diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).

Fuente: Elaboración propia, (2018).

### **Contrastación de hipótesis con la prueba “t” de Student**

$$t_c = 33,121 > t_{t(34,0.05)} = 2,032 \text{ Sig. } (p = 0,0001)$$



**Figura 13.** Tasa de alimentación (SFR) para truchas arco iris (*O. mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda.

Fuente: Elaboración propia (2018).

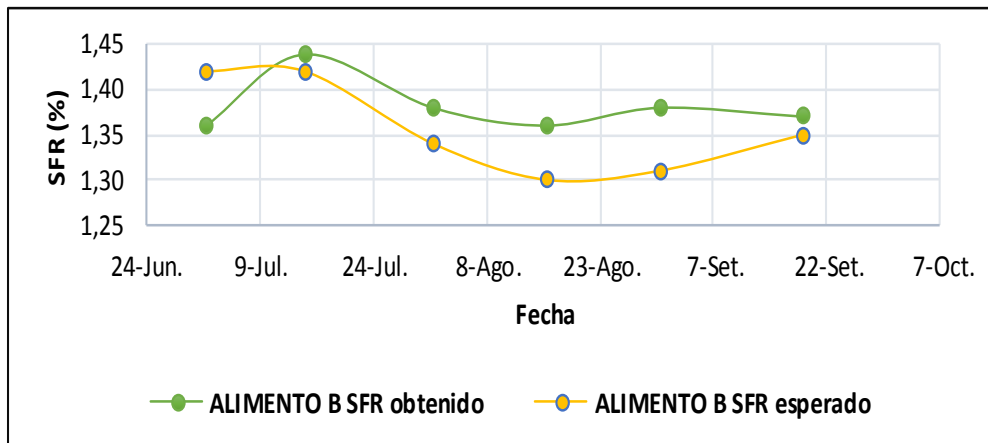
Por otra parte, en las figuras 14 y 15 se observa el desempeño del SFR acumulado para ambos alimentos (tabla 13), donde el comportamiento del SFR obtenido para el alimento “B” es superior al esperado en el tiempo que duró la investigación, puesto que las biometrías se realizaron aproximadamente 2 veces por mes, lo que impidió realizar los ajustes de peso en un menor tiempo. El SFR obtenido del alimento “B” pone en evidencia que el crecimiento pudo ser mayor con un SFR del modelo de crecimiento más alto, debido a que los peces consumían el alimento “B” al 100 % la ración proporcionada.

De igual forma, durante el segundo mes del experimento el desempeño del SFR obtenido del alimento A (figura 15) estuvo por encima del esperado, sin embargo el último mes éste se invirtió, debido a que los peces no consumían su ración al 100 %, a causa de una elevada ingestión de alimento resultando un menor consumo al día siguiente, más aun si las biometrías se realizaron 2 veces al mes lo que impidió sincerar los pesos promedio y por ende no se llevó a cabo el ajuste en el tiempo pertinente; por lo tanto se alimentó con un SFR más alto que el modelo.

**Tabla 13.** Valores de tasa de alimentación (SFR) promedio acumulado obtenidos y esperados por tipo de alimento.

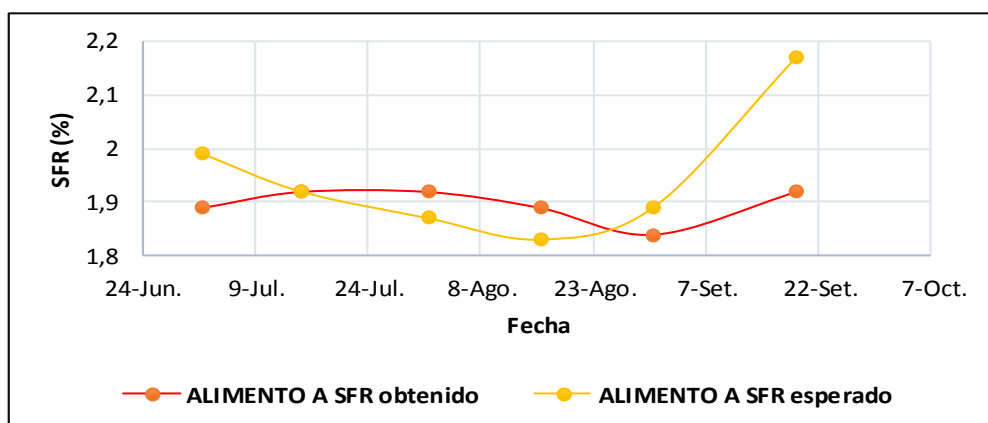
|           | ALIMENTO A       |                  | ALIMENTO B       |                  |
|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|           | SFR obtenido (%) | SFR esperado (%) | SFR obtenido (%) | SFR esperado (%) |
| 2-Jul     | 1,89             | 1,99             | 1,36             | 1,42             |
| 15-Jul    | 1,92             | 1,92             | 1,44             | 1,42             |
| 1-Ago     | 1,92             | 1,87             | 1,38             | 1,34             |
| 16-Ago    | 1,89             | 1,83             | 1,36             | 1,3              |
| 31-Ago    | 1,84             | 1,89             | 1,38             | 1,31             |
| 19-Set    | 1,92             | 2,17             | 1,37             | 1,35             |
| $\bar{X}$ | 1,90             | 1,95             | 1,38             | 1,36             |

Fuente: Fishtalk (2018).



**Figura 14.** Comparación de la tasa de alimentación (SFR) obtenida y esperada para alimento “B”.

Fuente: Elaboración propia (2018).



**Figura 15.** Comparación de la tasa de alimentación (SFR) obtenida y esperada para alimento “A”.

Fuente: Elaboración propia (2018).

#### **4.2 Evaluación del grado de pigmentación de truchas arco iris (*O. mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda.**

En la tabla 14, se muestra el grado de pigmentación en el estadio de engorda de trucha arco iris, para el alimento "A", se determinó un mínimo de 20 y un máximo de 29, con una media de 22,91. Para el alimento "B", se obtuvo un mínimo de 20 y máximo de 29, la media fue de 25,83. Al realizar la prueba "t" de Student, se determinó que si existen diferencias significativas entre los tratamientos; es decir con un valor de 25,83, el grupo de peces alimentados con la dieta "B", fue significativamente superior ( $p < 0,05$ ) en comparación con el grupo de peces alimentados con el grupo "A" (22,91), respectivamente (ver figura 16).

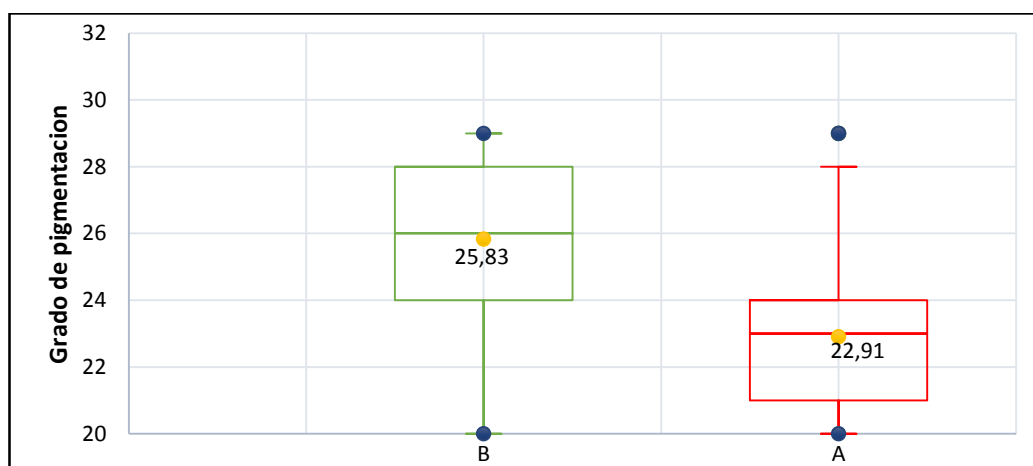
El 75 % de las truchas que consumieron alimento "B", tienen un grado de pigmentación por encima de 24, a diferencia del alimento "A", donde el 50% tiene un grado de pigmentación por debajo de 23.

**Tabla 14.** Grado de pigmentación para truchas arco iris (*O. mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda.

| Estadísticos/alimentos | A                  | B                  |
|------------------------|--------------------|--------------------|
| No. de observaciones   | 150                | 150                |
| Mínimo                 | 20                 | 20                 |
| Máximo                 | 29                 | 29                 |
| Media                  | 22,91 <sup>a</sup> | 25,83 <sup>b</sup> |
| Desviación estándar    | 2,34               | 2,22               |

Datos con letras diferentes en superíndices en una misma fila indica que si hay diferencia significativa ( $p < 0,05$ )

Fuente: Elaboración propia (2018).



**Figura 16.** Grado de pigmentación para truchas arco iris (*O. mykiss*) alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorda.

Fuente: Elaboración propia (2018).

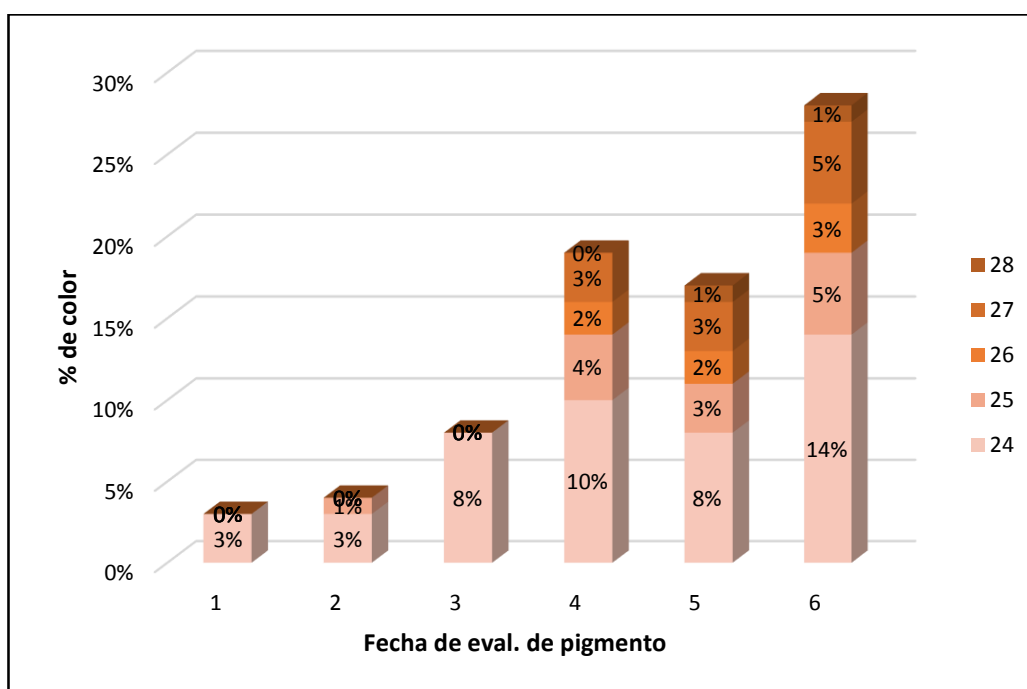
### Contrastación de hipótesis con la prueba “t” de Student

$$t_c = 11,102 > t_{t(297,0.05)} = 1,968 \text{ Sig. } (p = 0,0001)$$

Los resultados de la investigación para el alimento “B”, con respecto al color sobrepasan la exigencia mínima, Lázaro (2014) adicionó a la dieta carophyll rosado con una concentración de 90 ppm obteniendo  $28,00 \pm 0,17$  colores más intensos a los que obtuvimos en la investigación. Cabe detallar que las truchas del experimento iniciaron su pigmentación a partir de los 100 g (antes de empezar el experimento) como menciona (Bjerkeng *et al.*, 1992; citado por Téllez, 1998) por debajo de los 100 g los carotenoides se depositarían principalmente en la piel y órganos y muy poco en el tejido muscular lo que evidencia Torrisen *et al.* (1995).

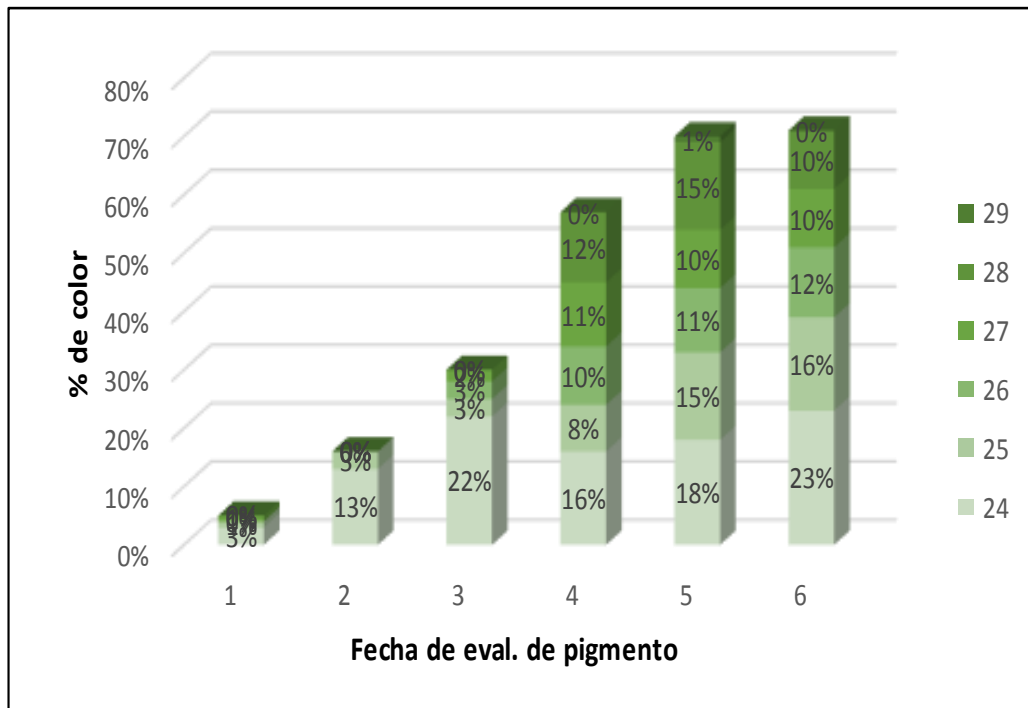
El efecto positivo de pigmentación con alimento “B”, sería consecuencia del alto contenido de lípidos (25 %) en la dieta suministrada, en otras palabras las grasas reducen la digestibilidad de los carotenoides y lo incorporan al musculo influyendo positivamente en su retención (Nickell y Bromage, 1998), asimismo Guillaume *et al.* (2004) refiere que los carotenoides son liposolubles lo que afirmaría la relación antes descrita.

En las figuras 17 y 18, se observa desde la primera evaluación el alimento “B” obtuvo un porcentaje superior de pigmentación con respecto al alimento “A”, a pesar de que éste incluyó mayor porcentaje de astaxantina en su formulación (tabla 5), durante el experimento el alimento “B” mantuvo esa tendencia superior, finalizando con 71 %, 29 % color  $\geq 24$  para alimento “B” y “A” respectivamente (tabla 15 y 16)



**Figura 17.** Proceso de pigmentación ( $\geq$  a 24) para truchas arco iris (*O. mykiss*) alimentadas con alimento “A” durante el estadio de engorda.

Fuente: Elaboración propia (2018).



**Figura 18.** Proceso de pigmentación ( $\geq$  a 24) para truchas arco iris (*O. mykiss*) alimentadas con alimento “B” durante el estadio de engorda.

Fuente: elaboración propia (2018).

**Tabla 15.** Evaluación de la pigmentación del músculo de la trucha arco iris  
(*O. mykiss*) (%) para alimento “A”.

| <b>Fecha</b>    | <b>8-Jul</b> | <b>1-Ago</b> | <b>16-Ago</b> | <b>31-Ago</b> | <b>13-Set</b> | <b>19-Set</b> |
|-----------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Color</b>    | <b>%</b>     | <b>%</b>     | <b>%</b>      | <b>%</b>      | <b>%</b>      | <b>%</b>      |
| 20              | 56           | 42           | 52            | 45            | 32            | 23            |
| 21              | 19           | 26           | 19            | 10            | 19            | 16            |
| 22              | 17           | 24           | 9             | 12            | 18            | 13            |
| 23              | 6            | 5            | 13            | 15            | 16            | 18            |
| 24              | 3            | 3            | 8             | 10            | 8             | 14            |
| 25              | 0            | 1            | 0             | 4             | 3             | 5             |
| 26              | 0            | 0            | 0             | 2             | 2             | 3             |
| 27              | 0            | 0            | 0             | 3             | 3             | 5             |
| 28              | 0            | 0            | 0             | 0             | 1             | 1             |
| 29              | 0            | 0            | 0             | 0             | 0             | 0             |
| <b>TOTAL</b>    | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>    | <b>100</b>    | <b>100</b>    | <b>100</b>    |
| <b>% ≥ a 24</b> | <b>3</b>     | <b>4</b>     | <b>8</b>      | <b>19</b>     | <b>17</b>     | <b>29</b>     |

Fuente: Elaboración propia (2018).

**Tabla 16.** Evaluación de la pigmentación del músculo de la trucha arco iris  
(*O. mykiss*) (%) para alimento “B”.

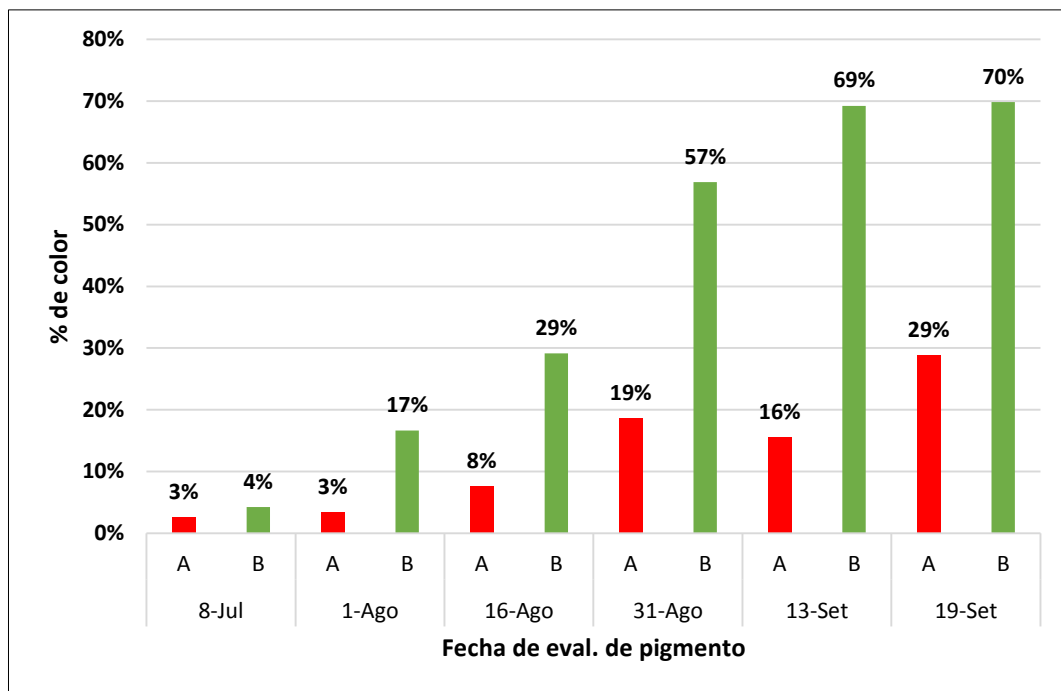
| <b>Fecha<br/>color</b> | <b>8-Jul<br/>%</b> | <b>1-Ago<br/>%</b> | <b>16-Ago<br/>%</b> | <b>31-Ago<br/>%</b> | <b>13-Set<br/>%</b> | <b>19-Set<br/>%</b> |
|------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 20                     | 36                 | 5                  | 17                  | 6                   | 3                   | 3                   |
| 21                     | 27                 | 23                 | 6                   | 9                   | 4                   | 3                   |
| 22                     | 25                 | 23                 | 22                  | 7                   | 12                  | 4                   |
| 23                     | 8                  | 32                 | 27                  | 20                  | 11                  | 20                  |
| 24                     | 3                  | 13                 | 22                  | 16                  | 18                  | 23                  |
| 25                     | 1                  | 3                  | 3                   | 8                   | 15                  | 16                  |
| 26                     | 0                  | 0                  | 3                   | 10                  | 11                  | 12                  |
| 27                     | 1                  | 0                  | 2                   | 11                  | 10                  | 10                  |
| 28                     | 0                  | 0                  | 0                   | 12                  | 15                  | 10                  |
| 29                     | 0                  | 0                  | 0                   | 0                   | 1                   | 0                   |
| <b>TOTAL</b>           | <b>100</b>         | <b>100</b>         | <b>100</b>          | <b>100</b>          | <b>100</b>          | <b>100</b>          |
| <b>% ≥ a 24</b>        | <b>5</b>           | <b>16</b>          | <b>30</b>           | <b>57</b>           | <b>70</b>           | <b>71</b>           |

Fuente: elaboración propia (2018).

En la figura 19, se visualiza para ambos alimentos el proceso de pigmentación desde el inicio hasta el final de la investigación, destacando en todas las evaluaciones el alimento “B”.

La trucha arcoíris logra un color comercial muy tarde en relación a su corto periodo productivo, probablemente influenciado por los mayores niveles de lípidos presentes en el músculo que actuarían enmascarando el color, por lo que recomiendan restricción nutricional (menor contenido de grasa en la dieta) previo a la cosecha con el objeto de disminuir la

concentración de lípidos en el musculo y de esta forma resaltar el color “escondido” (Sabelle, 1997; citado por Téllez, 1998).



**Figura 19.** Proceso de pigmentación ( $\geq$  a 24) para truchas arco iris (*O. mykiss*) alimentadas con alimento “A” y “B” durante el estadio de engorda.

Fuente: Elaboración propia (2018).

## CONCLUSIONES

1. Durante el desarrollo de la investigación, se concluye que el alimento con mejor desempeño productivo y pigmentación es el alimento "B" presentando los siguientes resultados respecto al alimento "A". Peso promedio final de 531,47 g y 480,21 g. Los indicadores productivos presentan el siguiente promedio acumulado para alimento "B" y "A" respectivamente: SGR: 1,84 y 2,02; FCR: 0,82 y 1,02; SFR 1,38 y 1,9.
2. Se encontró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) para el peso promedio final, FCR y SFR. No se encontró diferencia significativa ( $p \geq 0,05$ ) para el SGR.
3. El grado de pigmentación promedio al final del de la fase de engorda para el alimento B (25,83) es estadísticamente superior al alimento A (22,91) ( $p = 0,0001$ ); obteniendo 71 % y 29 % de aprobación con grado de pigmentación  $\geq$  a 24 para los alimentos "B" y "A" respectivamente, observándose una mejor pigmentación con el alimento "B".

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los fabricantes de alimento balanceado de truchas, ajustar sus modelos de crecimiento a las condiciones ambientales del lago Titicaca.
2. Realizar biometrías periódicas, para reajustar la biomasa y la tasa de alimentación, con la finalidad de suministrar el alimento con una ración adecuada y analizar los indicadores productivos para conocer el crecimiento, la cantidad de alimento consumido y la conversión alimenticia.
3. Realizar investigaciones con otras dietas comerciales, para optimizar sus formulaciones los cuales se ajusten a las características productivas de truchas tipo Pansize de modo que aseguren una buena pigmentación, buen crecimiento y una eficiente conversión alimenticia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almendras, F., & Sabelle, M. (1999). *Guía de práctica: Uso de pigmentos en salmónidos bajo condiciones comerciales* (Productos).
- APROMAR. (2016). La Acuicultura en España 2016, 89.
- Bjerkeng, B. (2000). Carotenoid pigmentation of salmonid fishes-recent progress. Yucatán, Mérida: Universidad Autónoma.
- Blondet, A. (1996). *Dinámica de poblaciones de peces*. (U. N. del Altiplano, Ed.). Puno- Perú.
- Bravo, I. (2000). *Evaluación de la pigmentación de la trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en respuesta a la incorporación de dos niveles de astaxantina a la dieta de crecimiento-engorda*. Universidad de Chile.
- Cahuana, F. (2015). *Digestibilidad aparente de los macronutrientes de los alimento comerciales para trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en etapa de engorde*. Universidad nacional del altiplano - Puno.
- Cañas, R. (1995). *Alimentación y nutrición animal*. Santiago de Chile.
- Carpio, E., & Tito, E. (2017). Escalas Productivas y Nivel de riesgo del producto de trucha, Puno - Perú, 13.

Castro, J y Chirinos, D. (2008). *Manual de formulación de raciones balanceadas para animales*. (CONCYTEC, Ed.) (primera ed). Perú.

Cho, C., & Kaushik, S. (1990). Nutritional Energetics in Fish: Energy and Protein utilization in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). *World Review of Nutrition and Dietetics*.

Choquehuayta, A. (2008). *Manual de crianza de truchas en estanques y lombricultura*. Puno- Perú.

Choubert, G. (1992). Pigmentation of the salmonidae: dynamics and factors of variation. *Productions-Animals*, 235–246.

Csirke, J. (1993). *Introducción a la dinámica de poblaciones de peces*. Callao- Perú.

Dejoux, C & Iltis, A. (1991). *El lago Titicaca síntesis del conocimiento limnológico actual*. (E. HISBOL, Ed.). La Paz-Bolivia.

FAO. (2016). *El estado mundial de la pesca y acuicultura*. Roma- Italia.

Fishtalk. (n.d.). FISHTALK. Retrieved from <https://www.akvagroup.com/software-s/fishtalk-control>

Flores, M. (2014). *Crecimiento de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) producidas con alimento fresco y balanceado en jaulas flotantes*,

*muelle Barco lago Titicaca-2013*. Universidad Nacional del Altiplano Puno-Perú.

FONDEPES. (2004). Manual de cultivo de trucha arco iris en jaulas flotantes. In Al. Palomino (Ed.) (p. 123). Lima- Perú.

FONDEPES. (2014). *Manual de crianza de trucha en ambientes convencionales*. (Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero, Ed.) (primera Ed). Lima- Perú.

García, D., Gallego, I., Espinoza, A., García, A., & Arriaga, C. (2013). Desarrollo de la producción de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en el Centro de México, 2006–2010.

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.

Google Earth. (n.d.). Retrieved from <https://www.google.com/intl/es/earth/>

Guillaume, J; Kaushik, S; Bergot, P y Métailler, R. (2004). *Nutrición y alimentación de peces y crustáceos*. (E. Mundi-prensa, Ed.). Madrid-España.

Halver, J and Hardy, R. (2002). *Fish Nutrition*. (E. Elsevier, Ed.) (Third Edit).  
USA.

Hardy, R., Castro, E., & Capdeville, A. (1994). Pigmentations of salmonids: sources, retention, programs and regulations. In *Documento técnico fundación Chile* (p. 19). Santiago de Chile.

Hardy, R., Torrissen, O., & Shearer, K. (1989). Pigmentation of salmonids- carotenoid deposition and metabolism. *CRC. Crit. Rev. Aquat.Sci*, 209–225.

Incagro. (2008). *“Manual de producción de truchas en jaulas flotantes”*  
*Choclococha-Santa Inés*. Huancavelica- Perú.

Jensen, C; Birk, E; Jokumsem, A; Skibsten, L y Bertelsen, G. (1998). Effect of dietary levels of fat,  $\alpha$ -tocopherol and astaxanthin on color and lipid oxidation during storage of flozen rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and during all storage of smoked trout, 189–196.

Kendal, R. (1988). *Progresive fish culturist*. Sociedad americana de ictiopatólogos y herpetólogos. Sociedad americana de pesquería.

Larrain, C. (2002). Alternativas de pigmentación. *Salmonicultura*, 78–79.

Lázaro, R. (2014). *Pigmentación de la 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. Tingo María- Perú.

Lee, D., & Putnam, G. (1973). The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet.

Mache, C. (2015). *Incremento de biomasa de truchas juveniles arco iris (Oncorhynchus mykiss) alimentadas con alimento comercial crecimiento 3 por 49, 76, 103 y 130 días en la piscigranja "La Cabaña."* Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo- Perú.

Mantilla, B. (2004). *Acuicultura: cultivo de truchas en jaulas flotantes.* (E. P. E.I.R.L., Ed.) (primera ed). Lima- Perú.

Maximixe Consults S. A. (2010). *Elaboración de Estudio de Mercado de la trucha en Arequipa, Cusco, Lima, Huancayo y Puno, 24.*

Mc Callum, M; Cheng, K y March, B. (1987). Carotenoid pigmentation in two strains of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) and their crosses. *Aquaculture*, 291–300.

Miranda, A. (2017). *Pesca y acuicultura para el consumo humano en el Perú presente y futuro.*

Morales, G. (2004). *Crecimiento y eficiencia alimentaria de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en jaulas bajo diferentes regímenes de alimentación*. Universidad de Buenos Aires, Argentina.

National Research Council. (1993). *Nutrient Requirements of fish*. Washintong D. C., USA.

Nickell, D and Bromage, N. (1997). *Problems of pigmentation: lipids and maturation*. University of Stirling, Stirling.

Nickell, D and Bromage, N. (1998). The effect of timing and duration of feeding astaxanthin on the development and variation of fillet colour and efficiency in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 233–246.

No, H., & Storebakken, T. (1991). Color stability of rainbow trout fillets during frozen storage. *Of Food Sciencie*, 969–971.

Noel, W. (2003). *Formulación y elaboración de dietas para peces y crustáceos*. Tacna-Perú.

Okumus, I., & Mazlum, M. (2002). Evaluation of Commercial Trout Feeds : Feed Consumption , Growth , Feed Conversion , Carcass Composition and Bio-economic Analysis, *107*, 101–107.

Oyarzo, M. (2016). *Sistema de Control de Gestión para los Procesos de Alimentación de Salmo Salar para la empresa Productos del Mar Ventisqueros S . A .* Universidad Austral de Chile.

Pokniak, J; Cornejo, S; Bravo, I y Battaglia, J. (2001). Pigmentación de trucha arco iris ( *oncorhynchus mykiss* ) tipo mar alimentadas con dos niveles de astaxantina en dietas de crecimiento-engorda. *Redalyc*, 33, 11.

Priede, I., & Secomber, C. (1988). *The biology of fish production.*

PRODUCE. (2010). *Manual de alimento balanceado para truchas.* Puno-Perú 2010.

PRODUCE. (2016). *Anuario estadístico pesquero y acuícola 2015.* Mministerio de la producción. Perú.

Romero, J. (2011). *Diseño de criaderos y cultivo de truchas y tilapias.* Universidad Nacional del Callao.

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.

Sanz, F. (2009). *La nutrición y alimentación en piscicultura.* (S. L. DiScript

Preimpresión, Ed.). Madrid-España.

Sierra Exportadora, sede P. (2011). *Guía para la producción, alimentación y sanidad de truchas en jaulas flotantes*. (B. N. de Perú, Ed.). Lima-Perú.

SKRETTING. (2016). Retrieved from <https://www.skretting.com/es-CL/>

Sterarley; Smith. (n.d.). Sociedad Americana de Ictiólogos y herpetólogos a través del comité de nombres científicos de peces, American Fisheries Society.

Storebakken, T., & No, H. (1992). Pigmentation of rainbow trout. *Aquaculture*, 209–229.

Téllez, V. (1998). *Dinámica de pigmentación en *Oncorhynchus kisutch*, *Oncorhynchus mykiss* y *Salmo salar**. Universidad Austral de Chile.

Torrissen, O. y Christiansen, R. (1995). Requirements for carotenoids in fish diets. *Journal of Applied Ichthyology*, 225–230.

Torrissen, O. y Christiansen, R. (1997). Effects of dietary astaxantina supplementation on fertilization and egg survival in Atlantic (*Salmo Salar* L.). *Aquaculture*, 51–62.

Torrissen, O; Hardy, R; Shearer, K; Scott, T y Stone, F. (1990). Effects of

dietary canthaxanthin level and lipid level on apparent digestibility coefficients for canthaxanthin in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 351–362.

Vandenberg, G; Boucher, E; Proulx, E; Proulx, D; Dubé, A and Ouellet, G. (2012). Characterization of waste generated by trout fed commercial feed currently used in Canada.

Vidal, L. (2003). Las preferencias de los consumidores del salmón. *Salmonicultura*, 33–36.

VITAPRO. (2016). No Title. Retrieved from <https://www.alicorp.com.pe/alicorp/marcas/nutricion-animal.html>

Wurmann, C. (1997). Alimentos para peces: se ajusta al mercado. Aquanot.

Yapuchura, C; Mamani, S; Pari, D; Flores, E. (2018). Curvas de crecimiento y eficiencia en la alimentación de trucha arcoiris (*Oncorhynchus Mykiss*) en el costo de producción.

Yapuchura, A. (2002). *Producción y comercialización de truchas en el departamento de Puno y nuevo paradigma de producción*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Registro de alimentación diaria

|  |
|--|
| <b>Registro de alimentación diaria</b> |
|--|

Fecha de entrega alimento: \_\_\_\_\_

| Sección | Jaula (N°) | Peso Promedio Trucha (g) | Alimento Calculado Fishtalk | Alimento solicitado |                  | Alimento recibido | Devolución alimento | Consumo total Kg. |
|---------|------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
|         |            |                          |                             | Kg                  | Tipo de Alimento | kg Entregado      |                     |                   |
|         |            |                          |                             |                     |                  |                   |                     |                   |
|         |            |                          |                             |                     |                  |                   |                     |                   |
|         |            |                          |                             |                     |                  |                   |                     |                   |
|         |            |                          |                             |                     |                  |                   |                     |                   |
|         |            |                          |                             |                     |                  |                   |                     |                   |
|         |            |                          |                             |                     |                  |                   |                     |                   |

Condiciones para alimentar:

|             |
|-------------|
| Conforme    |
| No conforme |

Observaciones.....

Fuente: Piscifactorías de los Andes S.A.(2018).

## Anexo 2. Registro de biometrías

| Registro de biometrías |               |               |               |               |               |               |               |               |  |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--|
| FECHA:.....            |               |               |               |               |               |               |               |               |  |
| ITEM                   | PESO UNIT (g) | LONGITUD (cm) | PESO UNIT (g) | LONGITUD (cm) | PESO UNIT (g) | LONGITUD (cm) | PESO UNIT (g) | LONGITUD (cm) |  |
| 1                      |               |               | 51            |               | 101           |               |               | 151           |  |
| 2                      |               |               | 52            |               | 102           |               |               | 152           |  |
| 3                      |               |               | 52            |               | 103           |               |               | 153           |  |
| 4                      |               |               | 54            |               | 104           |               |               | 154           |  |
| 5                      |               |               | 55            |               | 105           |               |               | 155           |  |
| 6                      |               |               | 56            |               | 106           |               |               | 156           |  |
| 7                      |               |               | 57            |               | 107           |               |               | 157           |  |
| 8                      |               |               | 58            |               | 108           |               |               | 158           |  |
| 9                      |               |               | 59            |               | 109           |               |               | 159           |  |
| 10                     |               |               | 60            |               | 110           |               |               | 160           |  |
| 11                     |               |               | 61            |               | 111           |               |               | 161           |  |
| 12                     |               |               | 62            |               | 112           |               |               | 162           |  |
| 13                     |               |               | 63            |               | 113           |               |               | 163           |  |
| 14                     |               |               | 64            |               | 114           |               |               | 164           |  |
| 15                     |               |               | 65            |               | 115           |               |               | 165           |  |
| 16                     |               |               | 66            |               | 116           |               |               | 166           |  |
| 17                     |               |               | 67            |               | 117           |               |               | 167           |  |
| 18                     |               |               | 68            |               | 118           |               |               | 168           |  |
| 19                     |               |               | 69            |               | 119           |               |               | 169           |  |
| 20                     |               |               | 70            |               | 120           |               |               | 170           |  |
| 21                     |               |               | 71            |               | 121           |               |               | 171           |  |
| 22                     |               |               | 72            |               | 122           |               |               | 172           |  |
| 23                     |               |               | 73            |               | 123           |               |               | 173           |  |
| 24                     |               |               | 74            |               | 124           |               |               | 174           |  |
| 25                     |               |               | 75            |               | 125           |               |               | 175           |  |
| 26                     |               |               | 76            |               | 126           |               |               | 176           |  |
| 27                     |               |               | 77            |               | 127           |               |               | 177           |  |
| 28                     |               |               | 78            |               | 128           |               |               | 178           |  |
| 29                     |               |               | 79            |               | 129           |               |               | 179           |  |
| 30                     |               |               | 80            |               | 130           |               |               | 180           |  |
| 31                     |               |               | 81            |               | 131           |               |               | 181           |  |
| 32                     |               |               | 82            |               | 132           |               |               | 182           |  |
| 33                     |               |               | 83            |               | 133           |               |               | 183           |  |
| 34                     |               |               | 84            |               | 134           |               |               | 184           |  |
| 35                     |               |               | 85            |               | 135           |               |               | 185           |  |
| 36                     |               |               | 86            |               | 136           |               |               | 186           |  |
| 37                     |               |               | 87            |               | 137           |               |               | 187           |  |
| 38                     |               |               | 88            |               | 138           |               |               | 188           |  |
| 39                     |               |               | 89            |               | 139           |               |               | 189           |  |
| 40                     |               |               | 90            |               | 140           |               |               | 190           |  |
| 41                     |               |               | 91            |               | 141           |               |               | 191           |  |
| 42                     |               |               | 92            |               | 142           |               |               | 192           |  |
| 43                     |               |               | 93            |               | 143           |               |               | 193           |  |
| 44                     |               |               | 94            |               | 144           |               |               | 194           |  |
| 45                     |               |               | 95            |               | 145           |               |               | 195           |  |
| 46                     |               |               | 96            |               | 146           |               |               | 196           |  |
| 47                     |               |               | 97            |               | 147           |               |               | 197           |  |
| 48                     |               |               | 98            |               | 148           |               |               | 198           |  |
| 49                     |               |               | 99            |               | 149           |               |               | 199           |  |
| 50                     |               |               | 100           |               | 150           |               |               | 200           |  |

Fuente: Piscifactorías de los Andes S.A.(2018)

**Anexo 3.** Registro de evaluación de color

**Registro de evaluación de color**

Fecha:    /    /

N° de jaula:

| Muestra | color Salmofan Lineal | OBS. | Muestra | color Salmofan Lineal | OBS. |
|---------|-----------------------|------|---------|-----------------------|------|
| 1       |                       |      | 21      |                       |      |
| 2       |                       |      | 22      |                       |      |
| 3       |                       |      | 23      |                       |      |
| 4       |                       |      | 24      |                       |      |
| 5       |                       |      | 25      |                       |      |
| 6       |                       |      | 26      |                       |      |
| 7       |                       |      | 27      |                       |      |
| 8       |                       |      | 28      |                       |      |
| 9       |                       |      | 29      |                       |      |
| 10      |                       |      | 30      |                       |      |
| 11      |                       |      | 31      |                       |      |
| 12      |                       |      | 32      |                       |      |
| 13      |                       |      | 33      |                       |      |
| 14      |                       |      | 34      |                       |      |
| 15      |                       |      | 35      |                       |      |
| 16      |                       |      | 36      |                       |      |
| 17      |                       |      | 37      |                       |      |
| 18      |                       |      | 38      |                       |      |
| 19      |                       |      | 39      |                       |      |
| 20      |                       |      | 40      |                       |      |

Fuente: Elaboración propia (2018).





## Anexo 6. Modelo de crecimiento para truchas – alimento “A”

| SGR | 0.15 | 0.5  | 1   | 2.5  | 5   | 10   | 15  | 20   | 30  | 40   | 50   | 60  | 80  | 100 | 200  | 300  | 400  | 500  | 750  |
|-----|------|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| 6   |      |      |     |      |     |      | 1.9 | 1.8  | 1.6 | 1.43 | 1.27 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 0.87 | 0.8  | 0.75 | 0.67 | 0.62 |
| 7   | 4.5  | 4.09 | 3.5 | 3.2  | 2.7 | 2.45 | 2.2 | 2.07 | 1.8 | 1.63 | 1.47 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1    | 0.85 | 0.81 | 0.78 | 0.73 |
| 8   | 5.2  | 4.71 | 4   | 3.63 | 3   | 2.8  | 2.6 | 2.43 | 2.1 | 1.87 | 1.63 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.2  | 1.1  | 1    | 0.89 | 0.83 |
| 9   | 5.8  | 5.26 | 4.5 | 4.09 | 3.4 | 3.15 | 2.9 | 2.7  | 2.3 | 2.07 | 1.83 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.3  | 1.2  | 1.13 | 1.01 | 0.93 |
| 10  | 6.5  | 5.88 | 5   | 4.55 | 3.8 | 3.5  | 3.2 | 3    | 2.6 | 2.33 | 2.07 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.5  | 1.35 | 1.25 | 1.12 | 1.04 |
| 11  | 7.2  | 6.5  | 5.5 | 5.01 | 4.2 | 3.85 | 3.5 | 3.3  | 2.9 | 2.6  | 2.3  | 2   | 2   | 2   | 1.6  | 1.5  | 1.38 | 1.23 | 1.14 |
| 12  | 7.8  | 7.02 | 5.9 | 5.41 | 4.6 | 4.2  | 3.8 | 3.57 | 3.1 | 2.8  | 2.5  | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 1.75 | 1.6  | 1.49 | 1.34 | 1.25 |
| 13  | 8.5  | 7.68 | 6.5 | 5.9  | 4.9 | 4.55 | 4.2 | 3.93 | 3.4 | 3.03 | 2.67 | 2.3 | 2.3 | 2.3 | 1.9  | 1.75 | 1.63 | 1.46 | 1.35 |
| 14  | 9.1  | 8.19 | 6.9 | 6.3  | 5.3 | 4.9  | 4.5 | 4.2  | 3.6 | 3.23 | 2.87 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.1  | 1.9  | 1.75 | 1.57 | 1.46 |
| 15  | 9.8  | 8.85 | 7.5 | 6.83 | 5.7 | 5.25 | 4.8 | 4.5  | 3.9 | 3.5  | 3.1  | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.2  | 2.05 | 1.87 | 1.68 | 1.56 |
| 16  | 10.3 | 9.31 | 7.9 | 7.23 | 6.1 | 5.6  | 5.1 | 4.8  | 4.2 | 3.77 | 3.33 | 2.9 | 2.9 | 2.9 | 2.4  | 2.2  | 2.01 | 1.79 | 1.67 |
| 17  | 11   | 9.97 | 8.5 | 7.75 | 6.5 | 5.95 | 5.4 | 5.07 | 4.4 | 3.97 | 3.53 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 2.5  | 2.3  | 2.13 | 1.91 | 1.77 |
| 18  | 11   | 9.97 | 8.5 | 7.75 | 6.5 | 5.95 | 5.4 | 5.07 | 4.4 | 3.97 | 3.53 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 2.1  | 1.95 | 1.78 | 1.62 | 1.5  |

| FC | 0.15 | 0.5 | 1   | 2.5 | 5   | 10  | 15  | 20  | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 750 |
|----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| FC | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1.1 | 1.1 |

| SFR | 0.15  | 0.5  | 1    | 2.5  | 5    | 10   | 15   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 80   | 100  | 200  | 300  | 400  | 500  | 750  |
|-----|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 6   | 0     |      | 0    | 0    | 0    | 0    | 1.71 | 1.62 | 1.60 | 1.43 | 1.27 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 0.87 | 0.80 | 0.75 | 0.74 | 0.68 |
| 7   | 3.60  | 3.27 | 2.80 | 2.56 | 2.43 | 2.21 | 1.98 | 1.86 | 1.80 | 1.63 | 1.47 | 1.30 | 1.30 | 1.30 | 1.00 | 0.85 | 0.81 | 0.86 | 0.80 |
| 8   | 4.16  | 3.77 | 3.20 | 2.90 | 2.70 | 2.52 | 2.34 | 2.19 | 2.10 | 1.87 | 1.63 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.20 | 1.10 | 1.00 | 0.98 | 0.91 |
| 9   | 4.64  | 4.21 | 3.60 | 3.27 | 3.06 | 2.84 | 2.61 | 2.43 | 2.30 | 2.07 | 1.83 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.30 | 1.20 | 1.13 | 1.11 | 1.02 |
| 10  | 5.20  | 4.70 | 4.00 | 3.64 | 3.42 | 3.15 | 2.88 | 2.70 | 2.60 | 2.33 | 2.07 | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.50 | 1.35 | 1.25 | 1.23 | 1.14 |
| 11  | 5.76  | 5.20 | 4.40 | 4.01 | 3.78 | 3.47 | 3.15 | 2.97 | 2.90 | 2.60 | 2.30 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 1.60 | 1.50 | 1.38 | 1.35 | 1.25 |
| 12  | 6.24  | 5.62 | 4.72 | 4.33 | 4.14 | 3.78 | 3.42 | 3.21 | 3.10 | 2.80 | 2.50 | 2.20 | 2.20 | 2.20 | 1.75 | 1.60 | 1.49 | 1.47 | 1.38 |
| 13  | 6.80  | 6.14 | 5.20 | 4.72 | 4.41 | 4.10 | 3.78 | 3.54 | 3.40 | 3.03 | 2.67 | 2.30 | 2.30 | 2.30 | 1.90 | 1.75 | 1.63 | 1.61 | 1.49 |
| 14  | 9.10  | 6.55 | 6.90 | 6.30 | 5.30 | 4.90 | 4.50 | 4.20 | 3.60 | 3.23 | 2.87 | 2.50 | 2.50 | 2.50 | 2.10 | 1.90 | 1.75 | 1.57 | 1.46 |
| 15  | 9.80  | 7.08 | 7.50 | 6.83 | 5.70 | 5.25 | 4.80 | 4.50 | 3.90 | 3.50 | 3.10 | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 2.20 | 2.05 | 1.87 | 1.68 | 1.56 |
| 16  | 10.30 | 7.45 | 7.90 | 7.23 | 6.10 | 5.60 | 5.10 | 4.80 | 4.20 | 3.77 | 3.33 | 2.90 | 2.90 | 2.90 | 2.40 | 2.20 | 2.01 | 1.79 | 1.67 |
| 17  | 8.80  | 7.98 | 6.80 | 6.20 | 5.85 | 5.36 | 4.86 | 4.56 | 4.40 | 3.97 | 3.53 | 3.10 | 3.10 | 3.10 | 2.50 | 2.30 | 2.13 | 2.10 | 1.95 |
| 18  | 8.80  | 7.98 | 6.80 | 6.20 | 5.85 | 5.36 | 4.86 | 4.56 | 4.40 | 3.97 | 3.53 | 3.10 | 3.10 | 3.10 | 2.10 | 1.95 | 1.78 | 1.78 | 1.65 |

Fuente: Nutreco Company (2016).

## Anexo 7. Modelo de crecimiento para truchas – alimento “B”

| SGR        | <2.5 | 2.5-5.0 | 5.0-7.0 | 7.0-9.8 | 9.8-12.0 | 12.0-14.5 | 14.5-17.5 | 17.5-20.0 | 20.0-22.0 | 22.0-25.0 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|------------|------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| Peso (grs) | 0    | 0.18    | 1.42    | 4.5     | 12.5     | 22.2      | 40        | 66.6      | 100       | 142.8     | 200  | 300  | 400  | 500  | 600  | 800  | 1000 | 1500 | 2000 |  |
| T°         | 0.18 | 1.42    | 4.5     | 12.5    | 22.2     | 40        | 66.6      | 100       | 142.8     | 200       | 300  | 400  | 500  | 600  | 800  | 1000 | 1500 | 2000 | 4000 |  |
| 8          | 4.5  | 3.8     | 2.9     | 2.5     | 1.9      | 1.5       | 1.5       | 1.4       | 1.2       | 1.1       | 1    | 0.86 | 0.76 | 0.64 | 0.55 | 0.45 | 0.33 | 0.25 | 0.23 |  |
| 9          | 0    | 0       | 0       | 0       | 0        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 1.1  | 0.95 | 0.86 | 0.73 | 0.64 | 0.55 | 0.42 | 0.33 | 0.27 |  |
| 10         | 5.2  | 4.4     | 3.3     | 2.8     | 2.2      | 1.7       | 1.7       | 1.5       | 1.4       | 1.3       | 1.2  | 1.05 | 0.95 | 0.82 | 0.73 | 0.64 | 0.50 | 0.42 | 0.31 |  |
| 11         | 0    | 0       | 0       | 0       | 0        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 1.25 | 1.14 | 1.05 | 0.91 | 0.82 | 0.73 | 0.58 | 0.50 | 0.38 |  |
| 12         | 6    | 5       | 3.8     | 3.2     | 2.5      | 2         | 2         | 1.8       | 1.6       | 1.4       | 1.3  | 1.19 | 1.14 | 1.00 | 0.91 | 0.82 | 0.67 | 0.58 | 0.46 |  |
| 13         | 6.8  | 5.7     | 4.4     | 3.7     | 2.9      | 2.3       | 2.2       | 2         | 1.8       | 1.5       | 1.4  | 1.24 | 1.19 | 1.09 | 1.00 | 0.91 | 0.75 | 0.67 | 0.54 |  |
| 14         | 7    | 6       | 5       | 4       | 3.2      | 2.6       | 2.6       | 2.2       | 2         | 1.6       | 1.5  | 1.33 | 1.24 | 1.14 | 1.09 | 1.00 | 0.83 | 0.75 | 0.62 |  |
| 15         | 7.8  | 6.6     | 5       | 4       | 3.2      | 2.6       | 2.6       | 2.2       | 2         | 1.6       | 1.6  | 1.43 | 1.33 | 1.18 | 1.14 | 1.09 | 0.92 | 0.83 | 0.69 |  |
| 16         | 8.9  | 7.5     | 5.8     | 4.6     | 3.8      | 3.2       | 3         | 2.8       | 2.2       | 1.8       | 1.7  | 1.52 | 1.43 | 1.27 | 1.18 | 1.14 | 1.00 | 0.92 | 0.77 |  |
| 17         | 9.2  | 7.8     | 6       | 5       | 4.2      | 3.4       | 3.2       | 3         | 2.3       | 1.9       | 1.65 | 1.48 | 1.38 | 1.23 | 1.14 | 1.09 | 0.96 | 0.83 | 0.69 |  |
| 18         | 0    | 0       | 0       | 0       | 0        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 1.6  | 1.43 | 1.33 | 1.18 | 1.09 | 1.00 | 0.83 | 0.75 | 0.62 |  |
| Ajuste     |      |         |         |         |          |           |           |           |           |           | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |  |
| Peso (grs) | 0    | 0.18    | 1.42    | 4.5     | 12.5     | 22.2      | 40        | 66.6      | 100       | 142.8     | 200  | 300  | 400  | 500  | 600  | 800  | 1000 | 1500 | 2000 |  |
| FCR        | 0.18 | 1.42    | 4.5     | 12.5    | 22.2     | 40        | 66.6      | 100       | 142.8     | 200       | 300  | 400  | 500  | 600  | 800  | 1000 | 1500 | 2000 | 4000 |  |
|            |      |         |         |         |          |           |           |           |           |           | 1    | 1.05 | 1.05 | 1.1  | 1.1  | 1.1  | 1.2  | 1.2  | 1.3  |  |
| Peso (grs) | 0    | 0.18    | 1.42    | 4.5     | 12.5     | 22.2      | 40        | 66.6      | 100       | 142.8     | 200  | 300  | 400  | 500  | 600  | 800  | 1000 | 1500 | 2000 |  |
| SFR        | 0.18 | 1.42    | 4.5     | 12.5    | 22.2     | 40        | 66.6      | 100       | 142.8     | 200       | 300  | 400  | 500  | 600  | 800  | 1000 | 1500 | 2000 | 4000 |  |
| 8          | 4.5  | 3.8     | 2.9     | 2.5     | 1.9      | 1.5       | 1.5       | 1.4       | 1.2       | 1.1       | 1    | 0.9  | 0.8  | 0.7  | 0.6  | 0.5  | 0.4  | 0.3  | 0.3  |  |
| 9          |      |         |         |         |          |           |           |           |           |           | 1.1  | 1    | 0.9  | 0.8  | 0.7  | 0.6  | 0.5  | 0.4  | 0.35 |  |
| 10         | 5.2  | 4.4     | 3.3     | 2.8     | 2.2      | 1.7       | 1.7       | 1.5       | 1.4       | 1.3       | 1.2  | 1.1  | 1    | 0.9  | 0.8  | 0.7  | 0.6  | 0.5  | 0.4  |  |
| 11         |      |         |         |         |          |           |           |           |           |           | 1.25 | 1.2  | 1.1  | 1    | 0.9  | 0.8  | 0.7  | 0.6  | 0.5  |  |
| 12         | 6    | 5       | 3.8     | 3.2     | 2.5      | 2         | 2         | 1.8       | 1.6       | 1.4       | 1.3  | 1.25 | 1.2  | 1.1  | 1    | 0.9  | 0.8  | 0.7  | 0.6  |  |
| 13         | 6.8  | 5.7     | 4.4     | 3.7     | 2.9      | 2.3       | 2.2       | 2         | 1.8       | 1.5       | 1.4  | 1.3  | 1.25 | 1.2  | 1.1  | 1    | 0.9  | 0.8  | 0.7  |  |
| 14         | 7    | 6       | 5       | 4       | 3.2      | 2.6       | 2.6       | 2.2       | 2         | 1.6       | 1.5  | 1.4  | 1.3  | 1.25 | 1.2  | 1.1  | 1    | 0.9  | 0.8  |  |
| 15         | 7.8  | 6.6     | 5       | 4       | 3.2      | 2.6       | 2.6       | 2.2       | 2         | 1.6       | 1.6  | 1.5  | 1.4  | 1.3  | 1.25 | 1.2  | 1.1  | 1    | 0.9  |  |
| 16         | 8.9  | 7.5     | 5.8     | 4.6     | 3.8      | 3.2       | 3         | 2.8       | 2.2       | 1.8       | 1.7  | 1.6  | 1.5  | 1.4  | 1.3  | 1.25 | 1.2  | 1.1  | 1    |  |
| 17         | 9.2  | 7.8     | 6       | 5       | 4.2      | 3.4       | 3.2       | 3         | 2.3       | 1.9       | 1.65 | 1.55 | 1.45 | 1.35 | 1.25 | 1.2  | 1.15 | 1    | 0.9  |  |
| 18         |      |         |         |         |          |           |           |           |           |           | 1.6  | 1.5  | 1.4  | 1.3  | 1.2  | 1.1  | 1    | 0.9  | 0.8  |  |
| Ajuste     |      |         |         |         |          |           |           |           |           |           | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |  |

Fuente: Vitapro S. A. (2016).

## FÓRMULAS DE INDICADORES PRODUCTIVOS

### Anexo 8. Fórmula de tasa de crecimiento

$$SGR = \frac{\ln(Pf) - \ln(Pi)}{t} \times 100$$

Donde:

$\ln(pf)$ : logaritmo natural del peso final expresado en gramos.

$\ln(Pi)$ : logaritmo natural del peso inicial expresado en gramos.

$T$ : tiempo

Fuente: Priede y Scomber (1998)

### Anexo 9. Fórmula de factor de conversión alimenticia

$$FCR \text{ economico} = \frac{\text{alimento suministrado (Kg)}}{\text{biomasa ganada(kg) + biomasa cosechada}}$$

$$FCR \text{ biológico} = \frac{\text{alimento suministrado (Kg)}}{\text{biomasa ganada(kg) + biomasa cosechada + biomasa muertos(kg)}}$$

### Anexo 10. Fórmula de tasa de alimentación

$$SFR \text{ o } \%PC = \frac{\text{Cantidad de alimento entregado(Kg)}}{\text{Biomasa por jaula (kg)}} \times 100$$

**Anexo 11.** Cálculo de la ración alimentaria

$$\text{Alimento diario} = \frac{\% \text{ del peso corporal} \times \text{biomasa}}{100}$$

## Anexo 12. Matriz de consistencia

| Problema   | Objetivos  | Hipótesis   | tipo de variable  | Variable             | Indicador             | Método       | prueba estadística                               |
|--|--|---|-------------------|----------------------|-----------------------|--------------|--|
| ¿Cuál será el desempeño productivo de truchas arco iris <i>Oncorhynchus mykiss</i> alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorde?  | Comparar el desempeño productivo de truchas arco iris <i>Oncorhynchus mykiss</i> alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorde | Existe diferencias en el desempeño productivo de truchas arco iris <i>Oncorhynchus mykiss</i> alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorde.  | Por su Naturaleza | desempeño productivo | FSR, FCR y SGR        | Biometria    | estadística descriptiva y prueba de t de student |
| ¿Cuál será el grado de pigmentación de truchas arco iris <i>Oncorhynchus mykiss</i> alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorde? | Evaluar el grado de pigmentación de truchas arco iris <i>Oncorhynchus mykiss</i> alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorde | Existe diferencias en el grado de pigmentación de truchas arco iris <i>Oncorhynchus mykiss</i> alimentadas con dos alimentos comerciales durante el estadio de engorde. | Por su Naturaleza | pigmentacion         | grado de pigmentacion | colorimetria | estadística descriptiva y prueba de t de student |

Fuente: Elaboración propia (2018).

**Anexo 13.** Alimentación semi-automática.



**Anexo 14.** Truchas sacrificadas con esencia de clavo de olor.



**Anexo 15. Biometría de truchas.**



**Anexo 16. Seleccionador y contadores automáticos**

