

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE PESQUERIA**



**PERFORMANCE PRODUCTIVA Y RELACIONES  
MORFOMÉTRICAS DE TRUCHAS (*Oncorhynchus mykiss*)  
CABEZA DE ACERO Y ARCO IRIS EN ETAPA DE ENGORDE EN  
RACEWAYS**

**PRESENTADO POR:**

**ISSAC SAAVEDRA HIDALGO**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE:**

**INGENIERO PESQUERO**

**LIMA - PERU**

**2019**

## DEDICATORIA

Dedicado al conocimiento, la única habilidad que nos permite poder adaptarnos a un mundo de constantes cambios, palabras que tengo presente gracias a mis padres Luchito y Carmencita, razones por las que hoy me encuentro en un constante cambio e inquieto por la superación. Ruego a Dios poder mantenerme con ellos durante un largo tiempo, al igual que con mis hermanos Jackeline y Luis Alberto modelos a seguir, cada uno a su modo pero muy apreciables para mí.

# ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISION DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1. Cultivo de la Trucha.....	3
2.2. La Trucha <i>Oncorhynchus mykiss</i> .....	3
2.2.1. Características de la trucha Cabeza de acero.....	4
2.2.2. Características de la trucha Arco iris.....	5
2.3. Clasificación taxonómica de la trucha Cabeza de acero .....	5
2.4. Clasificación taxonómica de la trucha Arco iris .....	6
2.5. Condiciones para la producción de las truchas .....	6
2.5.1. Parámetros de calidad del agua .....	6
2.5.2. Manejo de la producción en la piscigranja .....	8
2.5.3. Alimentación .....	9
2.6. Parámetros productivos .....	10
2.7. Parámetros morfométricos .....	11
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>12</b>
3.1. Lugar de experimentación.....	12
3.2. Método del desarrollo experimental.....	12
3.2.1. Fase pre – experimental.....	12
3.2.2. Fase experimental.....	13
3.3. Material biológico .....	13
3.4. Material, insumos y equipos.....	14
3.5. Características de las instalaciones .....	15
3.5.1. Abastecimiento de agua .....	15
3.5.2. Unidades experimentales.....	15
3.6. Selección de los linajes de trucha.....	15
3.6.1. Acondicionamiento de los peces .....	15
3.6.2. Proceso de selección.....	16
3.7. Alimentación .....	16
3.7.1. Alimento utilizado.....	16
3.7.2. Análisis proximal del alimento.....	17
3.8. Evaluación de calidad del agua .....	17

3.8.1. Temperatura y Oxígeno Disuelto .....	17
3.8.2. Potencial de hidrogeno .....	18
3.9. Evaluación de parámetros productivos.....	18
3.9.1. Instrumentos de recolección de datos.....	18
3.9.2. Determinación de los parámetros productivos .....	18
3.10. Evaluación de parámetros morfométricos.....	20
3.10.1. Evaluaciones morfométricas durante el cultivo .....	20
3.10.2. Evaluación morfométrica en la cosecha .....	21
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>23</b>
4.1. Calidad del agua.....	23
4.2. Parámetros productivos .....	24
4.2.1. Factor de condición (k) .....	24
4.2.2. Tasa de crecimiento absoluta (TC).....	25
4.2.3. Tasa de crecimiento especifica (TCE).....	26
4.2.4. Factor de conversión alimenticia (FCA) .....	28
4.2.5. Supervivencia (S).....	31
4.3. Relaciones morfométricas .....	33
4.3.1. Relaciones morfométricas durante el cultivo .....	33
4.3.2. Relaciones morfométricas al momento de la cosecha.....	36
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>41</b>
<b>VIII. ANEXOS .....</b>	<b>44</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. FACTORES FÍSICO-QUÍMICOS EN LA CRIANZA DE TRUCHA ARCO IRIS O. MYKISS .....	7
CUADRO 2. FACTORES FÍSICO-QUÍMICOS EN LA CRIANZA DE TRUCHA CABEZA DE ACERO O. MYKISS .....	7
CUADRO 3. MANEJO DEL CULTIVO EN AMBIENTE CONTINENTAL .....	8
CUADRO 4. PARÁMETROS DE MANEJO DEL CULTIVO DE TRUCHA ARCO IRIS 8	
CUADRO 5. DIMENSIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES .....	15
CUADRO 6. RECOMENDACIÓN DE USO ALIMENTO NICOVITA CLASSIC .....	16
CUADRO 7. ANÁLISIS PROXIMAL DE LOS DIFERENTES ALIMENTOS .....	17
CUADRO 8. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS OBTENIDOS .....	23
CUADRO 9. RESULTADOS DEL FACTOR DE CONDICIÓN DE LOS LINAJES DE TRUCHA .....	24
CUADRO 10. RESULTADOS DE LA TASA DE CRECIMIENTO DE LOS LINAJE DE TRUCHA .....	25
CUADRO 11. RESULTADOS DE LA TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICA DE LOS LINAJES DE TRUCHA .....	27
CUADRO 12. DATOS DE LA TRUCHA CABEZA DE ACERO PARA LA OBTENCIÓN DEL PARAMETROS FCA .....	29
CUADRO 13. DATOS DE LA TRUCHA ARCO IRIS PARA LA OBTENCIÓN DEL PARAMETROS FCA .....	30
CUADRO 14. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL FACTOR DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA DE LOS LINAJES DE TRUCHA .....	31
CUADRO 15. RESULTADOS DEL PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE AMBOS LINAJE DE TRUCHA.....	32
CUADRO 16. PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS EN LA COSECHA DE LOS LINAJES DE TRUCHA. ....	36
CUADRO 17. RELACIONES MORFOMÉTRICAS EN LA COSECHA DE LOS LINAJES DE TRUCHA .....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CENTRO PISCÍCOLA WIKAY .....	12
FIGURA 2. PARAMETROS MORFOMETRICOS TOMADOS EN CADA O. MYKISS	21
FIGURA 3. COMPARACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO DE LOS LINAJES DE TRUCHA EN EL TIEMPO .....	26
FIGURA 4. COMPARACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO ESPECIFICA DE LOS LINAJES DE TRUCHA EN EL TIEMPO .....	27
FIGURA 5. COMPARACIÓN DEL FACTOR DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA DE LOS LINAJES DE TRUCHA EN EL TIEMPO.....	31
FIGURA 6. PROMEDIOS DE SUPERVIVENCIA DE LOS LINAJES DE TRUCHA QUINCENALMENTE.....	32
FIGURA 7. COMPARACIÓN DE LOS PARAMETROS MORFOMETRICOS DE LOS LINAJES DE TRUCHA A LOS 30 DÍAS .....	33
FIGURA 8. COMPARACIÓN DE LOS PARAMETROS MORFOMETRICOS DE LOS LINAJES DE TRUCHA A LOS 45 DÍAS .....	34
FIGURA 9. COMPARACIÓN DE LOS PARAMETROS MORFOMETRICOS DE LOS LINAJES DE TRUCHA A LOS 60 DÍAS .....	34
FIGURA 10. GRAFICAS DE COMPARACIÓN DE LOS PARAMETROS MORFOMETRICOS DE LOS LINAJES DE TRUCHA.....	35
FIGURA 11. RENTABILIDAD EN LA CARCASA DE LOS LINAJES DE TRUCHA ..	36
FIGURA 12. PARAMETROS MORFOMETRICOS EN LA COSECHA DE LOS LINAJES DE TRUCHA .....	37

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. FORMATOS .....	44
ANEXO 2. PANEL FOTOGRAFICO .....	45
ANEXO 3. RESULTADOS DEL ANALISIS ESTADISTICO .....	45

## RESUMEN

Se determinó la mejor performance productiva de dos linajes de trucha *O. mykiss* cabeza de acero y arco iris en la etapa de engorde, poniendo en comparación 12,000 ejemplares por linaje con 4 repeticiones cultivadas bajo las mismas condiciones de manejo, calidad de agua y alimentación durante tres meses. Se comparó los parámetros productivos: factor de condición (k), tasa de crecimiento (tc), factor de conversión alimenticia (fca) y sobrevivencia (s) y las relaciones entre los parámetros morfométricos: índice víscera somática, carcasa generada, longitud estándar / longitud total, longitud de la cabeza / longitud estándar, ancho de la carcasa/ longitud del tronco, ancho de la carcasa / altura de la carcasa y altura de la carcasa / longitud del tronco. En el valor k se encontró diferencia a los 60 días ( $P < 0.05$ ), los valores de tc mostraron diferencia a los 15 y 75 días ( $P < 0.05$ ) y el fca mostro diferencia a los 45 días. En las relaciones morfométricas se encontró diferencia significativa en el índice viscerosomático ( $P = 0$ ) y en la carcasa generada ( $P = 0$ ).

**Palabras clave:** Trucha cabeza de acero, performance productivo, parámetros productivos, parámetros morfométricos y conversión alimenticia.

## I. INTRODUCCION

En los últimos años la producción de trucha arco iris registró una tasa de crecimiento promedio anual del 21% durante el periodo de 2011 al 2017. Según datos expuestos por el ministro de la producción en el 2017, se ha proyectado que la producción de trucha arcoíris en 2021 podría llegar a las 78.820 toneladas, con una expansión de casi 45% en cuatro años.

Entre todas las provincias productoras de trucha; la de Oyón, en el departamento de Lima cuenta con un gran potencial de crecimiento para su cultivo. Es así que Lima se ubicó en el tercer puesto entre los departamentos de mayor producción de esta especie, según datos del Ministerio de la Producción en el 2016. La trucha *Oncorhynchus mykiss* es de gran importancia debido a su alto valor nutricional, valor comercial y es una de las pocas especies utilizada en la pesca recreativa (Núñez y Niklitschek, 2010). A lo largo de su historia la trucha ha ido diversificándose fenotípicamente, por lo cual a la fecha, existe una gran variedad de truchas con atributos para su cultivo, entre estas: la población anádroma (cabeza de acero) y la residente (arco iris) (Behnke, 2002 y Sloat et al., 2014).

El Perú no cuenta con centros de producción de ovas de trucha suficientes para abastecer la demanda nacional. Para incrementar la producción se requeriría elevar la cantidad de ovas embrionadas importadas según informe del Ministerio de la Producción, 2016. La productividad del pez al igual que la disponibilidad y adaptabilidad de las ovas son unos de los factores que determinaran la preferencia de los productores al elegir entre los linajes de trucha *O. mykiss* para ser cultivadas (Waples et al., 2007). Una creciente demanda de la carne de trucha a nivel mundial impulsara a los piscicultores a investigar y comparar los parámetros productivos entre linajes de truchas y los rendimientos de la carne sin la disminución de su calidad, lo cual es un reto para los productores (Bugeon et al., 2010). Sin embargo, son varias las razones por la cual pudiera variar la calidad de la trucha como: el tamaño del pez, periodos de alimentación (Einen et al., 1999), tipo de alimento (Rasmussen, 2001) o línea genética (Smith et al., 1988). Parámetros productivos y morfométricos servirán como base para determinar la rentabilidad de la producción de un tipo de linaje de trucha.

El propósito de la presente tesis es definir y comparar, los parámetros productivos y morfométricos que se obtendrán durante la etapa de engorde de dos linajes de trucha *O. mykiss*: es decir la cabeza de acero (steelhead) y arco iris. Ambos linajes serán acondicionados bajo un mismo sistema de manejo, calidad de agua y alimentación. Asimismo se evaluarán los parámetros físico-químicos del agua de cultivo de ambas poblaciones cultivadas en un sistema raceway. De esta manera se determinara cuál de las dos poblaciones presenta la mejor performance.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Cultivo de la Trucha

La trucha (*Oncorhynchus mykiss*), es una especie que se ha adaptado a las zonas alto andinas del Perú y actualmente se viene cultivando a nivel comercial en toda la sierra peruana, predominando en su producción las regiones de Puno, Junín y Lima. Su comercialización se realiza tanto en el mercado nacional e internacional. En el departamento de Lima, que ocupa el tercer puesto de la producción nacional según datos del Ministerio de la producción en el 2017, se han identificado 667 lagunas y 12 ríos principales con un gran número de ríos tributarios que discurren en dirección este a oeste. Los diferentes recursos hídricos de la región presentan características limnológicas, batimétricas y topográficas adecuadas para el cultivo de la trucha. Si la crianza de truchas empieza a aumentar de forma intensiva en Lima, tomando en cuenta los ríos y lagunas aún no explotados, se lograría una producción de 5 000 TM/Año para el 2020 (MAXIMIXE, 2010).

Adicionalmente al contar con los recursos hídricos inexplorados para el crecimiento de la piscicultura en específico de la trucha, se debe conocer el linaje que mejor se acople a las condiciones medioambientales del centro productivo. Diferentes empresas extranjeras ofertan ovas embrionadas de distintos linajes de trucha, estas ovas son la principal fuente de semilla para productores que cultivan a nivel intensivo, debido que el Perú no cuenta con un centro de producción de semillas que abastezca su mercado (PRODUCE, 2016).

### 2.2. La Trucha *Oncorhynchus mykiss*

Perteneciente a la familia de los salmónidos se distribuye y es fácilmente cultivada en todos los continentes dentro de sistemas acuáticos de aguas frías y templadas (Montory et al., 2011). Oriunda de las cuencas del océano Pacífico en Norte América, logrando habitar de forma natural desde Alaska hasta baja california (Blanco, 1995). De todos los salmónidos, ninguno esta tan predispuesto a la cautividad ni es tan tolerante a diferentes

rangos de temperatura, salinidad y a concentraciones de oxígeno relativamente bajas. Estas características, junto con su rápido crecimiento la convierten en una de las especies preferidas para el cultivo. La trucha presenta varias características biológicas ventajosas para su crecimiento en hábitats con distintos parámetros de calidad de agua, como resultado de esto se encuentra entre una de las especies con mayores diversificaciones entre las especies continentales (Taylor, 1991) y una gran distribución geográfica gracias a su plasticidad fenotípica que le permite adaptarse y sobrevivir en diferentes ecosistemas (Ondarza, 2011). Según Sloat y Reeves (2014), linajes anádromos y residentes de aguas continentales se encuentran afectados por los factores de su hábitat, por lo que sus características morfológicas, morfométricas y productivas llegan a ser diferentes.

Según Keeley (2006), existe diferencias morfológicas y morfométricas entre poblaciones de trucha, en el caso de linajes migratorios (anádromas) que viven en un ecosistema sin barrera hacia el mar y realizan este recorrido desde aguas continentales hasta el mar para alcanzar la madurez, presentan un mayor ancho de su aleta caudal, que les permite desplazarse a mayor velocidad y tramos largos. A diferencia de los linajes que no realizan estas migraciones, conocidas como truchas residentes, las cuales llegan a la madurez en aguas continentales (Quinn, 2005).

### **2.2.1. Características de la trucha Cabeza de acero**

El ciclo de vida de esta población se resume en tres etapas: 1) desove de truchas adultas en ambientes continentales, seguido del desarrollo de ovas embrionadas hasta alevines en ríos y lagos, 2) en la migración de los peces juveniles al océano se produce la esmoltificación o algunos sustancialmente residen en estuarios mientras evolucionan fisiológicamente y morfológicamente para soportar el ambiente marino y 3) crecimiento de las truchas hasta la madurez en ambientes marinos, una vez alcanzada la madurez estas retornar a su lugar de nacimiento, como a cualquier otro río o laguna que tenga libre acceso para el posterior desove (Keeley, 2006). Generalmente el ciclo de vida en el agua dulce de estas truchas dura entre uno a dos años, sin embargo distintas cohortes de truchas cabezas de acero pueden mostrar diferencias morfométricas y morfológicas entre ellos, debido a lo irregular que es el tiempo de permanencia en aguas continentales, estuarios y el mar (Quinn, 2005). Si bien es cierto desde alevines hasta la etapa juvenil no se distingue

diferencia alguna entre las truchas cabeza de acero y arco iris, es después de la esmoltificación del pez, cuando la trucha cabeza de acero pierde el colorido de su piel y la parte dorsal de su cuerpo se vuelve negra con lados plateados y una línea lateral rosada. Adicionalmente, debido a su migración al océano esta logra alcanzar un tamaño superior al de la trucha arco iris (longitud: de 1,14 m a mas, edad: 11 años a más) (ADFyG, 2018).

### **2.2.2. Características de la trucha Arco iris**

La trucha arco iris completa todo su ciclo de vida en ambientes continentales (ríos o lagos), lo cual significa que no atraviesa por el proceso de esmoltificación (Quinn, 2005). Esta población se caracteriza por tener una superficie dorsal plateada, que está cubierta en manchas negras que se extienden hacia las aletas y la superficie lateral. También hay una banda rosada horizontal en el punto medio en la superficie dorsal y esta banda aumenta la intensidad de su color según la edad del pez. Irradiando hileras de manchas negras que se encuentran en la parte dorsal, aleta caudal y adiposa, y las aletas restantes con pocas manchas, la longitud máxima de 90 centímetros a una edad de 3 años (COSEWIC, 2014).

### **2.3. Clasificación taxonómica de la trucha Cabeza de acero**

Reino	: <i>Animal</i>
Sub Reino	: <i>Metazoa</i>
Phylum	: <i>Chordata</i>
Sub Phylum	: <i>Vertebrata</i>
Clase	: <i>Osterrichtyes</i>
Sub Clase	: <i>Actinopterygii</i>
Orden	: <i>Isospondyli</i>
Sub Orden	: <i>Salmonidei</i>
Familia	: <i>Salmonidae</i>
Género	: <i>Oncorhynchus</i>
Especie	: <i>Oncorhynchus mykiss</i>
Nombre común	: Trucha cabeza de acero
Tomado de Blanco (1995)	

## **2.4. Clasificación taxonómica de la trucha Arco iris**

Reino	: <i>Animal</i>
Sub Reino	: <i>Metazoa</i>
Phylum	: <i>Chordata</i>
Sub Phylum	: <i>Vertebrata</i>
Clase	: <i>Osterichtyes</i>
Sub Clase	: <i>Actinopterygii</i>
Orden	: <i>Isospondyli</i>
Sub Orden	: <i>Salmonidei</i>
Familia	: <i>Salmonidae</i>
Género	: <i>Oncorhynchus</i>
Especie	: <i>Oncorhynchus mykiss</i>
Nombre común	: Trucha arco iris

Tomado de Blanco (1995)

## **2.5. Condiciones para la producción de las truchas**

### **2.5.1. Parámetros de calidad del agua**

Conocer y mantener la calidad del agua es fundamental para prosperar en la producción de la trucha, debido a que es el lugar en donde el pez habita y se desarrolla. Parámetros básicos como oxígeno, temperatura y pH son algunos de los principales que se deben controlar y mantener en rangos estándares (Cuadro 1), para obtener peces sanos, con las características y rendimientos deseados. Los siguientes datos son obtenidos a partir de la trucha arco iris en etapa de engorde como especie en producción.

**Cuadro 1. Factores físico-químicos en la crianza de trucha arco iris *O. mykiss***

Parámetro	Rango optimo	Unidad
Oxígeno disuelto	6,0-8,5 (60% de saturación)	$mg.l^{-1}$
Temperatura	9,0-14,0	°C
potencial de hidrogeno	6,6-7,9	
Alcalinidad	80-180	$mg.l^{-1}$
Dureza total	50 a 400	$mg.l^{-1}$
Dióxido de carbono ( $CO_2$ )	<20	$mg.l^{-1}$
Nitrógeno amoniacal	<0,012	$mg.l^{-1}$
Nitrato	<0,55	$mg.l^{-1}$
Nitritos	<0,055	$mg.l^{-1}$
Ácido sulfhídrico ( $H_2S$ )	<0,002	$mg.l^{-1}$

FUENTE: Boyd y Tucker, 1998.

En una producción del linaje cabeza de acero la cual es normalmente producida en un ambiente marino o salobre los datos de parámetros físico-químicos son distintos. La empresa Pacific Seafood viene produciendo este linaje en la etapa de engorde en el rio Columbia en Washington, EEUU. Por lo cual se extrajo los parámetros físico-químicos promedios por años de este rio y son presentados en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Factores físico-químicos en la crianza de trucha cabeza de acero *O. mykiss***

Parámetro	Rango	Fuente
Temperatura	14 ° C a 16 ° C	NOAA (2013)
Oxígeno disuelto	7 mg/L con una saturación del 80%	
Salinidad	Máximo de 30 ppm	
pH	Promedio de 8	Kilho et al. (1998)
CO2	Promedio de 18 ppm	
Alcalinidad	Promedio de 2 (meq/L)	
Nitrato	Máximo de 70 (ppm)	

## 2.5.2. Manejo de la producción en la piscigranja

Buenos parámetros de calidad de agua y un manejo apropiado dentro de la piscigranja es lo fundamental para contar con una producción rentable. Este factor puede variar según el lugar de cultivo, experiencia laboral del personal o evaluaciones que se quieran poner a prueba. Entre algunos autores se puede destacar a Blanco (1995) quien indica que para cualquier linaje de trucha *O. mykiss*, con pesos unitarios de 100 a 200 gramos cultivados en ambientes con una temperatura promedio de 11 °C, se aconseja densidades de 100 a 125 peces/m<sup>2</sup>. La Municipalidad distrital de Ragash en asociación con la empresa Antamina en el 2009 propuso realizar el siguiente manejo para la trucha arco iris, presentado en el Cuadro 3.

**Cuadro 3. Manejo del cultivo en ambiente continental**

Talla	Peso	Densidad	Carga	Caudal
centímetros	gramos	peces/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	litro/minuto por 10 000 peces
18	66	160	10,6	800
20	90	125	12	1150
22	120	100	12,5	1450
24	156	80	12,8	1740
26	198	65	13,3	2075

Fuente: Antamina (2009).

Mientras (FAO, 2011) propone el siguiente manejo para la especie *O. mykiss*, representado en el Cuadro 4.

**Cuadro 4. Parámetros de manejo del cultivo de trucha arco iris**

Cantidad de peces y agua	Juveniles		Engorde	
	25 g/pez		100 g/pez	
	de	a	de	a
Carga (kg/m <sup>3</sup> )	10	20	10	25
Densidad (peces/m <sup>3</sup> )	400	800	100	250
Caudal a 5°C (m <sup>3</sup> /minuto)	4	8	3	8
Caudal a 20°C (m <sup>3</sup> /minuto)	6	11	5	11

Fuente: FAO (2011).

### **2.5.3. Alimentación**

La alimentación es uno de los factores más influyentes en la eficiencia productiva del cultivo, debido a que la alimentación representa el mayor costo operativo en la crianza de las truchas y contribuye con el crecimiento de los peces (Huguenin y Ansuini, 1978). Es de esencial importancia alimentar a las truchas con un alimento que cumpla todos los requerimientos nutricionales según cada estadio e identificar para fines de esta tesis el linaje de trucha que mejores rendimientos muestre.

Normalmente las empresas que elaboran el alimento balanceado elaboran tablas de alimentación, con las cuales los productores se pueden guiar para poder dar la cantidad adecuada de alimento según el estadio de las truchas. Sin embargo estos deben elaborar su propia tabla de alimentación según avance en la producción y que será a las correspondientes condiciones medios ambientales a las cuales se encuentra su centro de producción (Woynarovich y Hopisty, 2011).

El alimento suministrado debe cubrir las necesidades requeridas por los peces tanto en energía, nutrientes y en los diferentes tipos de aminoácidos que son requeridos para su desarrollo y crecimiento. El alimento de las truchas está compuesto de varios nutrientes los cuales son esenciales tales como: proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales. La fuente de proteína animal es la más usada en el caso de la trucha, debido a su alta digestibilidad y a la combinación de aminoácidos esenciales presentes. Los porcentajes óptimos en la dieta de alevines de trucha son 45-50%, mientras que los juveniles requieren entre 40% y truchas maduras 35%. Los lípidos son necesarios por aportar con la mayor cantidad de energía en el alimento y participar en la formación y funcionamiento de la membrana celular, están constituidos por los ácidos grasos en especial el  $\omega 3$  y  $\omega 6$ , los cuales no pueden ser sintetizados por el pez. El alimento balanceado contiene entre 6 a 14% de lípidos, sin embargo, al aumentar la edad del pez aumenta el requerimiento de lípidos en la alimentación. El contenido de carbohidratos puede variar según el alimento balanceado, pero es sugerido que no supere el 20 por ciento. La cantidad de vitaminas y minerales presentes en el alimento balanceado son variables según la etapa del pez, estos son de gran importancia ya que permiten un rápido crecimiento, menor mortalidad y resistencia a enfermedades (Hilton y Slinger, 1981).

La pérdida de apetito de los peces es el síntoma más obvio de presencia de problemas. Puede indicar entre otros, insuficiencia de oxígeno en el agua o desarrollo de alguna enfermedad. Por ello, la alimentación diaria y regular, constituye una oportunidad para la observación de los peces y así pueden detectarse problemas existentes e inclusive prevenirlos. La calidad de los alimentos adquiridos se mantiene, solo cuando estos son guardados apropiadamente. Por esta razón, deben resguardarse en galpones secos, apropiados y los contenedores no deben estar en contacto directo con el suelo para estar protegidos de roedores e insectos (FAO, 2011)

## **2.6. Parámetros productivos**

La forma de conocer la rentabilidad de producir en ciertos ambientes y usar tecnologías de producción definidas para el cultivo de la trucha, se obtiene a través de los parámetros productivos, éstos nos permiten conocer la rapidez, eficiencia en el crecimiento y el estado actual de composición de tallas y peso. Tales valores son:

Factor de condición (k)

La variable k se desprende de la fórmula original de Le Cren (1951). El factor tiene como utilidad relacionar la longitud de un pez con su peso y viceversa. En la fórmula se debe asumir que el crecimiento de los peces es de forma isométrica.

Tasa de crecimiento absoluto (TC)

Se define como el cociente entre la ganancia de peso sobre el tiempo de evaluación de la ganancia de peso. Dicho parámetro lo propone Ricker (1979).

Tasa de crecimiento específico (TCE)

La tasa de crecimiento específico se calculó a través de la fórmula de El-Sherif (2009) con el uso de los pesos promedios y el tiempo en días que hubo entre cada biometría.

Factor de conversión alimenticia (FCA)

Se define como el cociente entre la cantidad de alimento entregado y la ganancia en peso vivo. Dicho factor se desprende del modelo original de Uysal y Alpaz (2002).

## Supervivencia (S)

Parámetro que indica en porcentaje la cantidad del total de truchas sembradas que aún siguen con vida (Gulland, 1971).

## 2.7. Parámetros morfométricos

Las características morfométricas determinadas para evaluar la diferencia entre los linajes cabeza de acero y arco iris fueron registradas previamente por Keeley (2006), las cuales le permitieron diferenciar externamente a poblaciones de truchas arco iris *O. mykiss* según el ecosistema que habitaban. Las medidas fueron: longitud total, longitud estándar, longitud de la cabeza, altura de la carcasa, longitud de la carcasa, ancho de la carcasa.

Bugeon et al. (2010), proponen obtener los siguientes parámetros morfométricos: peso total (BW), peso de las vísceras (VW), peso de carcasa (CW), y obtener los siguientes relaciones: índice viscerosomático ( $VSI=VW/BW$ ), carcasa generada ( $CW=CW/BW$ ), para encontrar diferencias en la calidad de distintos rendimiento de carcasa de trucha arco iris.

Hurlbut y Clay (1998) proponen obtener las siguientes relaciones morfométricas: longitud estándar / longitud total (LS / LT), longitud de la cabeza / longitud estándar (LC / LS), ancho de la carcasa / longitud del tronco (ACR / LTR), ancho de la carcasa / altura de la carcasa (ACR / ALCR) y altura de la carcasa / longitud del tronco (ALCR / LTR). Dicho método fue utilizado por Bombardelli y Sanches (2008) para encontrar las características morfométricas del *Pterodoras granulosus*.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de experimentación

El trabajo experimental se realizó en las instalaciones del centro de producción acuícola Wilkay (Figura 1), perteneciente a la empresa ACUATROUT S.A.C, situado en la comunidad campesina Picoy, distrito de Oyon, provincia de Oyon, departamento de Lima a una latitud de 10.91S y longitud de 76.73W, con una altitud de 3 370 m.s.n.m.

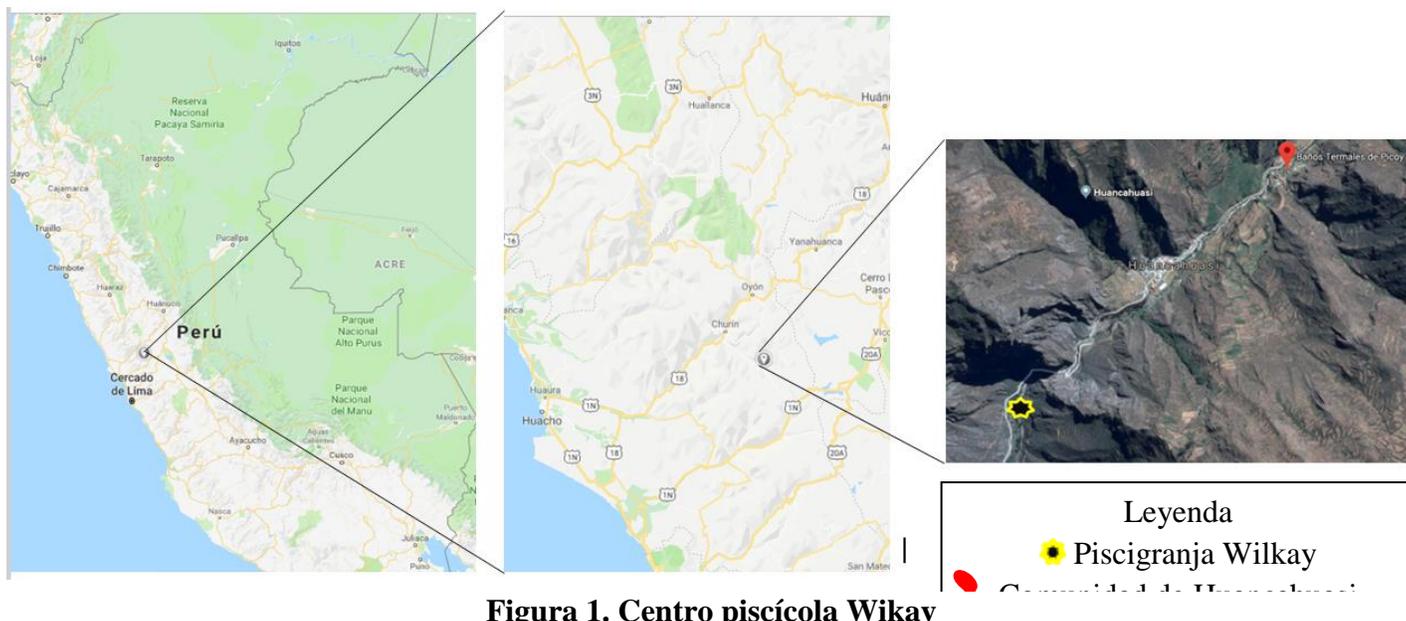


Figura 1. Centro piscícola Wilkay

#### 3.2. Método del desarrollo experimental

##### 3.2.1. Fase pre – experimental

Previo a la parte experimental se aseguró una misma metodología de cultivo para los linajes de trucha. Esta metodología incluyeron los siguientes aspectos: la alimentación (ración y marca de alimento), calidad de agua y manejo de ovas hasta el estadio juvenil de las truchas cabeza de acero y arco iris. En la etapa de ovas de ambas líneas, la re-incubación se realizó a fines del mes de noviembre, luego los alevines fueron sembradas en

bastidores de acero inoxidable, donde se mantuvieron por un mes. En la etapa de juveniles los peces fueron sembrados en estanques de concreto donde permanecieron durante dos meses. Al finalizar esta etapa las truchas alcanzaron un peso promedio de 70 a 80 gramos y una talla promedio de 16 a 17 centímetros. Ocho estanques de concreto con una capacidad de 72 m<sup>3</sup> fueron encalados, desinfectados y cargados con agua, para acondicionar los linajes de trucha en estos.

### **3.2.2. Fase experimental**

Culminando la fase pre – experimental se procedió con la fase experimental, la cual tuvo una duración de tres meses. Durante el desarrollo de esta fase las actividades diarias fueron las siguientes: alimentación, extracción de peces muertos, monitoreo de la calidad del agua de los estanques y verificación del estado y comportamiento de los peces por las mañanas (entre las 9:00 y 11:00 horas) y en las tardes (entre las 15:00 y 17:00 horas). Quincenalmente se realizaron muestreos de los peces para poder monitorear los parámetros morfométricos y productivos. Al finalizar, se continuo con la cosecha, momento en el cual se tuvo que sacrificar a todos los peces en evaluación para registrar parámetros morfométricos y productivos de una muestra significativa por cada unidad experimental. Adicionalmente, se recopiló todos los datos morfométricos y productivos para procesarlos en la computadora y poder comparar los resultados de ambas poblaciones estadísticamente.

### **3.3. Material biológico**

#### **a. Población**

Juveniles de trucha cabeza de acero de la empresa RIVERENCE LLC y juveniles de trucha arco iris de la empresa TROUTLODGE.

#### **b. Muestra**

La muestra consistió de 48 000 truchas cabeza de acero entre 70 a 80 gramos y 48 000 truchas arco iris entre 70 a 80 gramos, ambas muestras fueron seleccionadas de una población de truchas de 200 000 de cabeza de acero y 200 000 de arco iris.

### **3.4. Material, insumos y equipos**

#### a. Material de campo

- 1 Bota Muslera
- 1 Balanza digital
- 5 Baldes de plástico de 20 litros de capacidad cada uno
- 2 Canastas de nylon de capacidad de 30 kg cada uno
- Una malla cerco tipo anchovetera
- Malla tipo canasta
- 2 Escobillones
- 1 Ictiometro
- 1 Calibrador Vernier
- Formato de mortalidad y alimentación mensual

#### b. Insumos

- Alimento balanceado NICOVITA:  
Nicovita Classic Trucha #60 y #150  
Nicovita Classic Trucha Pigmentado #150
- Sal industrial

#### c. Equipos

- Computadora personal
- Calculadora científica
- miniDOT LOGGER
- INSTRUTHERM pH-1700.
- Hanna 9892 multiparametro

### 3.5. Características de las instalaciones

#### 3.5.1. Abastecimiento de agua

El punto de captación del agua es una infraestructura de concreto que se bifurca en dos canales de concreto con sus respectivas compuertas. Un canal es destinado para la zona de engorde, mientras que el otro es destinado para la zona de alevines presentando un desarenador. El caudal de abastecimiento es  $23,7 \text{ m}^3/\text{min}$  que se divide en  $18,3 \text{ m}^3/\text{min}$  para la zona de engorde y  $5,4 \text{ m}^3/\text{min}$  para la zona de alevines.

#### 3.5.2. Unidades experimentales

Las unidades experimentales fueron estanques de concreto tipo raceways. Se empleó un total de ocho estanques con las mismas características (Cuadro 5). La muestra de truchas cabeza de acero se distribuyeron en cuatro estanques y las truchas arco iris fueron distribuidas en los cuatro restantes, ambas distribuidas al azar. Previo a la siembra de los peces, estos estanques fueron acondicionados (limpieza y encalado). Finalmente se colocó las rejillas de fierro con 8 milímetros de separación entre varillas y las tablillas respectivas para controlar el nivel del agua del estanque.

**Cuadro 5. Dimensión de las unidades experimentales**

Dimensiones	Unidades experimentales
Longitud (m)	18
Ancho(m)	4
Profundidad (m)	1,5
Tirante de agua (m)	1
Área ( $\text{m}^2$ )	72
Capacidad ( $\text{m}^3$ )	72

### 3.6. Selección de los linajes de trucha

#### 3.6.1. Acondicionamiento de los peces

Veinticuatro horas antes de comenzar con la selección de los peces, se detiene la alimentación, para evitar una alta mortalidad post-selección debido al alto estrés al que son sometidos. Los materiales empleados son lavados y desinfectados con una solución de cloro de 100 partes por millón y enjuagados con agua. El tirante de agua es disminuido a la

mitad, después con el cerco anchovetero se arrastran a los peces a la salida del estanque y se procede con la selección.

### 3.6.2. Proceso de selección

La única selección realizada en la parte experimental fue antes de la siembra de las truchas utilizando un seleccionador de 18 milímetros. La finalidad de esto fue homogenizar las unidades experimentales por tallas. Los peces con tallas promedio de 16 a 18 centímetros pasaron a un corral para ser colocados en las unidades experimentales y los de menor tamaño se quedaron en los estanques.

## 3.7. Alimentación

### 3.7.1. Alimento utilizado

El alimento balanceado suministrado durante el experimento fue de la marca NICOVITA® y los calibres utilizados fueron los recomendados por la tabla de alimentación respectiva (Cuadro 6). El suministro de este alimento fue a saciedad (ad libitum) y por boleo, teniendo en cuenta la calidad del agua. La alimentación se realizó tres veces al día: por la mañana entre las 08:00 y las 9:00 horas, la segunda entre las 12:00 y 13:00 horas y la tercera en la tarde entre 16:00 y 17:00 horas. El alimento suministrado fue pesado y registrado.

**Cuadro 6. Recomendación de uso alimento Nicovita Classic**

Tipo de alimento	Calibre (mm)	Peso Pez (g)	
		Desde	Hasta
NCT 60	4	60	150
NCT150	6	150	500
NCTP 150	6	150	cosecha

NCT: Nicovita Classic Trucha

NCTP: Nicovita Classic Trucha Pigmentado

### 3.7.2. Análisis proximal del alimento

La empresa NICOVITA® presenta en sus dietas para peces *O. mykiss* diferentes porcentajes proximales. Estas diferencias se presentan ya que el pez a lo largo de su crecimiento tiene diferentes requerimientos nutricionales (Hilton y Slinger, 1981), los cuales deben ser suministrados para su óptimo crecimiento. A continuación en el Cuadro 7 se presenta los porcentajes proximales según los tipos de alimento.

**Cuadro 7. Análisis proximal de los diferentes alimentos**

	NTC 60	NTC 150	NTCP 150
Proteína	Mín 42%	Mín 40%	Mín 40%
Grasa	Mín 15%	Mín 13%	Mín 15%
Humedad	Máx 12%	Máx 12%	Máx 12%
Ceniza	Máx 12%	Máx 12%	Máx 12%
Fibra	Máx 3.5%	Máx 3.5%	Máx 3.5%

NCT: Nicovita Classic Trucha

### 3.8. Evaluación de calidad del agua

Los parámetros temperatura y oxígeno disuelto del agua se tomaron diariamente, el caudal fue medido manualmente siguiendo el método de FONDEPES (2014) y la cantidad de sólidos en el agua fue medida solo en el mes de julio con el instrumento Hanna 9829 multiparametro. Contando solo con una unidad por cada equipo, se utilizó un equipo por unidad experimental semanalmente. Durante un mes se habrían medido dos estanques del linaje cabeza de acero y dos de la arco iris. Los datos mensuales reflejaran los promedios de las cuatro unidades experimentales por mes.

#### 3.8.1. Temperatura y Oxígeno Disuelto

Con el uso de la miniDOT Logger se realizó el registro de la temperatura y oxígeno disuelto en las unidades experimentales. Este equipo fue puesto al azar durante una semana dentro de un estanque, al finalizar la semana se copiaba los datos en la computadora y al día siguiente era puesto en un nuevo estanque. El equipo era situado aproximadamente en el medio geométrico del estanque con ayuda de un palo extendido hacia el centro, sujeto por una piedra.

### 3.8.2. Potencial de hidrogeno

El INSTRUTHERM pH-1700, equipo para medir el potencial hidrogeno, era utilizado en la mañana, medio día y tarde antes de alimentar diariamente. Situándome en el medio del estanque y sujetando el equipo, lo acercaba al centro y lo movía haciendo círculos hasta que la medida se estabilizara. Este equipo debía ser calibrado semanalmente con un buffer de pH7, para poder obtener datos reales.

## 3.9. Evaluación de parámetros productivos

### 3.9.1. Instrumentos de recolección de datos

Para los parametros factor de condición, tasa de crecimiento y factor de conversión alimenticia fue necesario calcular el peso y talla promedio unitario por unidad experimental. Estos fueron obtenidos con biometrías realizadas quincenalmente desde la siembra de las truchas hasta un mes antes de la cosecha de ambos linajes. Para calcular el peso se extrajo al azar peces de cada unidad experimental, estos fueron pesados en un balde con agua, se contabilizaron los peces presentes en el rango de pesos entre uno a dos kilos, con las seis repeticiones se extrajo el peso promedio unitario por unidad experimental; para medir la longitud fue necesario el uso de un ictiometro y se midieron todos los peces usados para calcular el peso promedio. En el caso de la conversión alimenticia se requiere la cantidad de alimento consumido en 15 días por unidad experimental, este dato es extraído de los formatos de alimentación diaria. Y por último en el parámetro de supervivencia se utilizó la cantidad de truchas sembradas y el número de truchas descartadas durante todo el periodo experimental, el cual es extraído del formato de mortalidad diaria.

### 3.9.2. Determinación de los parámetros productivos

El peso promedio y longitud promedio fueron usados en la fórmula de Le Cren (1951) para obtener el factor de condición. El cual nos permite determinar el estado nutricional de los peces y relacionarlo con la contextura de los mismos (Millán, 1987)

$$k = \frac{W}{L^3}$$

Donde, W: peso del pez (gramos) y L: longitud total del pez (centímetros)

La tasa de crecimiento absoluto se calculó a través de la fórmula de Ricker (1979) con el uso de los peso promedio y el tiempo en días que hubo entre cada biometría.

$$TC = \frac{W_T - W_o}{t}$$

Dónde: peso en gramos en el tiempo t ( $w_t$ ), peso inicial en gramos ( $w_o$ ) y tiempo en días (t)

La tasa de crecimiento específico se calculó a través de la fórmula de El-Sherif (2009) con el uso de los pesos promedios y el tiempo en días que hubo entre cada biometría.

$$TCE = \left( \frac{\ln W_t - \ln W_o}{t_t - t_o} \right) \times 100$$

El factor de conversión alimenticia fue calculado a través de la fórmula de Uysal y Albaz (2002) usando la cantidad de alimento consumido y el peso ganado en términos de biomasa en el lapsos de 15 días. La biomasa fue calculada multiplicando el peso unitario promedio por unidad experimental, obtenido en los muestreos quincenales, con el número de truchas sembradas restando la mortalidad a la fecha.

$$FCA = \frac{\text{alimento consumido (kg)}}{\text{peso ganado (kg)}}$$

El parámetro de supervivencia fue calculado con la fórmula de Gulland (1971) usando el número de truchas sembradas y el número de muertos.

$$S = \left( \frac{T - M}{T} \right) \times 100$$

Donde, T: total de truchas sembradas y M: total de truchas muertas.

Al contar con una población distribuida normalmente, se realizaron las pruebas de F de ANOVA. Todas las pruebas se realizaron utilizando un nivel de significancia de  $\alpha$ : 0,05.

Se realizaron dos hipótesis:

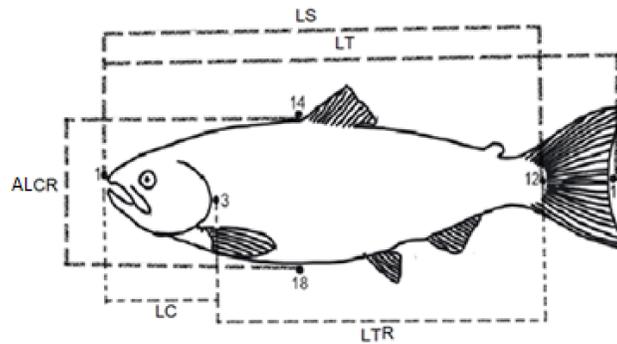
Hipótesis nula: las medias del parámetro de producción del linaje cabeza de acero (CA) y la de arco iris (AI) son iguales y no hay diferencia significativa ( $p > 0,05$ ).

Hipótesis alterna: las medias del parámetro de producción del linaje cabeza de acero (CA) y la de arco iris (AI) no son iguales, hay diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).

### 3.10. Evaluación de parámetros morfométricos

#### 3.10.1. Evaluaciones morfométricas durante el cultivo

Las evaluaciones de los linajes se realizaron a los 30, 45 y 60 días cuando los peces contaban con un peso unitario promedio de 134,6, 179,1 y 208,5 gramos respectivamente para el caso de la trucha cabeza de acero. Para la trucha arco iris el peso unitario promedio fue de 125, 139,5 y 170,9 gramos respectivamente. Para la medición fue necesario el uso de dos baldes de plástico con capacidad de 20 litros, con la ayuda del carcal se extrajo al azar los peces los cuales fueron distribuidos entre los dos baldes. La muestra por las cuatro unidad experimentales de cada linaje fue de 100 truchas, número que fue usado por Tovar (2008), para obtener las diferencias morfométricas entre dos especies. A las 100 truchas se les tomo las siguientes medidas: longitud total (LT), longitud estándar (LS), longitud de cabeza (LC), altura de la carcasa (ALCR) y ancho de la carcasa (ACR). En la Figura 2 se muestra los puntos de medición mencionados; adicionalmente se obtuvo la medida de la longitud de carcasa restando la LS y LC (Kelley, 2006). Las primeras dos medidas fueron tomadas con un ictiometro y las últimas tres con un vernier, para lo cual se tuvo que extraer al pez de los baldes, estos fueron colocados en mallas para secarlos y después lograr tomar las medidas. Una vez que las medidas fueron tomadas el pez retorno a su estanque, se extraía otro del balde y así sucesivamente. Una vez terminada la cantidad de peces en los baldes, estos eran vaciados y llenados con agua fresca, nuevamente se usaba el carcal para extraer más peces y se realizaba todo el procedimiento hasta terminar con la cantidad de muestra fijada.



**Figura 2. Parámetros morfométricos tomados en cada *O. mykiss***

### 3.10.2. Evaluación morfométrica en la cosecha

Durante la cosecha se extrajo una muestra aleatoria simple representativa con la fórmula de Cochran (1983)

$$n = (t^2 x s^2) / d^2$$

Dónde:  $N_o$ : Tamaño de muestra previa,  $t$ : valor tabula ( $n_o - 1$ ) grados de libertad y un nivel prefijado de confianza (95%),  $d^2$ : es el cuadrado de la diferencia por exceso y defecto entre la media poblacional y la media de la muestra establecida a criterio según ajuste deseado,  $s$ : desviación estándar de  $N_o$  y  $n$ : tamaño de muestra.

Haciendo uso de la formula se determinó un tamaño de muestra tomado al azar de 200 truchas para la población de cabeza de acero y arco iris. Las medidas fueron las mismas tomadas durante el cultivo adicionando el peso total unitario y peso eviscerado unitario. La muestra se extrajo de los dinos donde fueron puestos los peces al momento de ser cosechados de los estanques, con ayuda de un carcal se fue agarrando las muestras, las cuales fueron puestas en baldes con agua y hielo. Los peces de uno en uno fueron colocados manualmente del balde a la balanza virtual para registrar el peso total unitario, una vez registrado fueron apilados en una mesa de plástico previamente lavada y desinfectada con una solución de cloro de 100 partes por millón. Al encontrarse ordenados todos los peces del balde en la mesa, con la ayuda del ictiometro y el vernier se comenzó con las medición de los parámetros morfométricos (LT, LS, LC, ALCR, ACR y LCR). Al finalizar la medición se comenzó con el eviscerado, con el uso de un cuchillo y guantes de

lana se comenzó a abrir a todos los peces. Se introdujo la punta del cuchillo en el orificio anal y se realizó un corte vertical ascendente hasta el comienzo de la boca, con todos los peces cortados se extrajo las vísceras manteniendo su orden, estas vísceras fueron colocadas en baldes de plástico para ser pesadas y luego enterradas. Se registraron los pesos sin vísceras de cada pez manteniendo su orden, luego cada muestra fue regresada al flujo de procesamiento primario de la trucha. Se realizó todo este procedimiento hasta contar con las 200 muestras por cada unidad experimental de cada linaje.

Al contar con una población distribuida normalmente, se realizaron la prueba de F de ANOVA. Todas las pruebas se realizaron utilizando un nivel de significancia de  $\alpha$ : 0,05.

Se realizaron dos hipótesis:

Hipótesis nula: el promedio de las relaciones morfométricas del linaje cabeza de acero (CA) y (AI) son iguales al de la arco iris, no hay diferencia significativa ( $p > 0,05$ ).

Hipótesis alterna: el promedio de las relaciones morfométricas del linaje cabeza de acero al de la arco iris no son iguales hay diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Calidad del agua

Los parámetros de temperatura, oxígeno disuelto y potencial hidrogeno son similares a los expuesto por Boyd y Tucker (1998) para la producción de la trucha arco iris, excepto en el mes de agosto, donde el oxígeno muestra un valor por debajo de lo aceptable para los autores. No obstante, la disminución de este parámetro no afectó de manera significativa en los parámetros productivos o morfometricos. Según Imaki (1987) la trucha logra sobrevivir a niveles de oxígeno disuelto de 4 mg/L. Sin embargo, en la crianza de la trucha cabeza de acero reportado por la empresa Pacific Seafood en el rio Columbia, los parámetros mencionados son mayores como en el caso de la temperatura (14 a 18 °C), oxígeno disuelto (promedio de 7 mg/L) y pH (promedio de 8), razón por la cual se esperaría que frente a los resultados obtenidos en el trabajo estos reflejarían un rendimiento bajo en los parámetros productivos y morfométricos. A pesar de ello la trucha cabeza de acero ha demostrado poder crecer en ambientes con temperaturas, oxígeno disuelto y pH menores.

La cantidad del caudal usado fue similar a lo expuesto por Antamina (2009) y FAO (2011), esto permitió brindar una mayor oxigenación a los peces y 1,4 recambios de agua por hora. El valor de este parámetro fue aceptable para el crecimiento de los dos linajes ya que en ambos casos no presentaron mortalidades altas ni parámetros productivos por debajo de lo regular.

**Cuadro 8. Parámetros físico-químicos obtenidos**

MES	Promedios				
	T (°C)	OD (mg/L)	pH	Caudal (m <sup>3</sup> /minuto)	Solidos (µs/cm)
Mayo	10,89	6,93	6,64	1,72	194
Junio	11,07	7,14	6,82	1,80	
Julio	11,05	6,49	6,76	1,71	
Agosto	11,75	5,41	6,43	1,68	

## 4.2. Parámetros productivos

### 4.2.1. Factor de condición (k)

En periodos de 15 días se obtuvo los factores de condición, el promedio de las cuatro repeticiones por linaje se muestra en el Cuadro 9. El linaje cabeza de acero no presenta datos a los 90 días debido a que fue cosechada 15 días antes que la arco iris. La única diferencia significativa encontrada fue al culminar el segundo mes de evaluación ( $F_{1,95} = 33,80$ ,  $P < 0,05$ .) el linaje cabeza de acero mostro un dato promedio de 0.0205, mayor al del arco iris con 0.0173.

**Cuadro 9. Resultados del factor de condición de los linajes de trucha**

Tiempo (días)	Cabeza de acero	Arco iris
0	0,0140	0,0154
15	0,0157	0,0149
30	0,0163	0,0140
45	0,0150	0,0145
60	0,0205	0,0173
75	0,0138	0,0140
90		0,0123

Según Morales (2004) el valor promedio del factor de condición para la especie *O. mykiss* es 0,010 a una temperatura promedio de 15°C y cultivada en jaulas; el resultado promedio obtenido siendo cultivadas en raceways y a una temperatura promedio de 11°C varía entre 0,012 a 0,017, valores sin diferencias significativas con el obtenido por Morales ( $p < 0,05$ ). Estos valores son semejantes ya que se trata de la misma especie en evaluación y si bien cierto fueron cultivados en distintos ambientes, el factor de condición indica el bienestar nutricional del pez (Froese, 2006) y un buen estado se debe a la buena alimentación que tuvo el pez y a la calidad del agua. No obstante, el linaje cabeza de acero a los 60 días muestra un valor de 0,02, valor mayor y diferente estadísticamente ( $F_{1,95} = 33,80$ ,  $P < 0,05$ .) con el dato del linaje arco iris. Este dato se debe al aumento de la temperatura, que genero un mejor factor de condición.

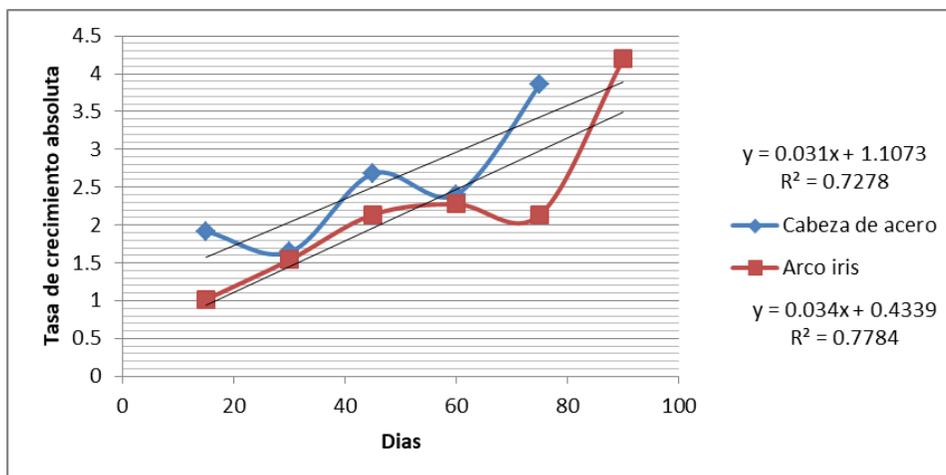
#### 4.2.2. Tasa de crecimiento absoluta (TC)

En el Cuadro 10 se muestra el promedio de la tasa de crecimiento de las cuatro repeticiones por linaje. Encontrándose diferencia significativa a los 15 días ( $F_{1,95} = 13,97$ ,  $P < 0,05$ ) y 75 días ( $F_{1,95} = 28,14$ ,  $P < 0,05$ ).

Diversidades fenotípicas expresadas en sus parámetros productivos y morfométricos debido a su hábitat, son el medio para comprender la diversificación entre poblaciones de la misma especie como de diferentes especies (Schluter, 2000). El linaje cabeza de acero comparte el hábitat con la arco iris en la etapa de juveniles, luego de ello, esta pasa por un proceso de esmoltificación para poder adaptarse al hábitat marino. La primera diferencia obtenida en el experimento se debió a que la temperatura del agua era favorable para un rápido crecimiento de la cabeza de acero al igual que para la arco iris pero en un mayor nivel, luego de esto la temperatura se mantuvo, sin embargo se puede asumir que para el linaje cabeza de acero se necesitaba una mayor temperatura, como la usada por la empresa Pacific Seafood (14-16 °C) para continuar con una tasa de crecimiento ascendente y superior estadísticamente de la arco iris. Al estar influenciados por la misma temperatura durante los siguientes meses estos demostraron las mismas expresiones fenotípicas (Kendall, 2018). No obstante en el último mes de prueba hubo un incremento de temperatura, el cual permitió a la trucha cabeza de acero incrementar su tasa de crecimiento a diferencia de la arco iris, esto significaría que en una piscigranja con mayor temperatura la tasa de crecimiento durante todos los meses sería superior.

**Cuadro 10. Resultados de la tasa de crecimiento de los linaje de trucha**

Tiempo (días)	Cabeza de acero	Arco iris
15	1,9198	1,0158
30	1,6420	1,5395
45	2,6800	2,1380
60	2,4060	2,2760
75	3,8623	2,1365
90		4,1960



**Figura 3. Comparación de la Tasa de Crecimiento de los linajes de trucha en el tiempo**

En la figura 3 se nota que para ambos linajes la pendiente de la línea de tendencia de la TC es positiva y si bien es cierto que a los 75 días el linaje cabeza de acero aumenta de manera significativa su TC, a los 15 días siguientes la arco iris logra alcanzarla y superarla, valor que pudo deberse al aumento de temperatura durante el último mes. Según Boyd y Tucker (1998), temperaturas entre 7-14°C son las óptimas para la crianza de trucha, acercándose a la temperatura límite (14°C) es donde se obtendrán los mejores parámetros productivos, y como la trucha arco iris se mantuvo un mayor tiempo en el último mes de evaluación, podría explicar el aumento en la TC.

#### 4.2.3. Tasa de crecimiento específica (TCE)

En el Cuadro 11 se muestra el promedio de la tasa de crecimiento específica de las cuatro repeticiones por linaje. Encontrándose diferencia significativa a los 75 días ( $F_{1,95} = 19,87$ ,  $P < 0,05$ ).

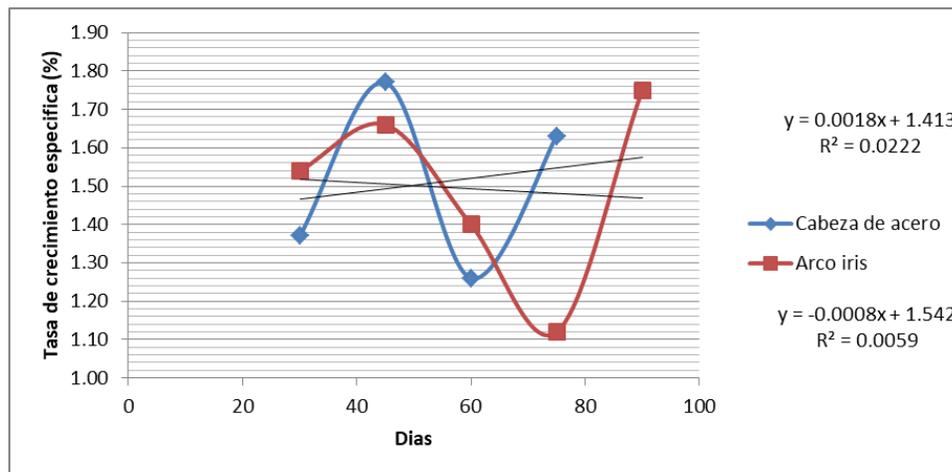
Según Schluter (2000), la forma de observar la diversificación entre linajes de una misma especie se da a partir de los parámetros productivos y morfométricos, los cuales optan valores gracias a las expresiones fenotípicas. A los 75 días la temperatura del agua es la mayor registrada durante la experimentación la cual es beneficiosa para el linaje cabeza de acero, como en el caso de la empresa Pacific Seafood que utiliza temperaturas entre 14 a

16 °C en sus centros productivos, esto significaría que en una piscigranja con mayor temperatura la tasa de crecimiento durante todos los meses sería superior.

**Cuadro 11. Resultados de la tasa de crecimiento específica de los linajes de trucha**

Tiempo (días)	Cabeza de acero	Arco iris
15	--	--
30	1,371	1,540
45	1,774	1,667
60	1,268	1,403
75	1,633	1,119
90		1,758

La tasa de crecimiento específica de ambos linajes no mantienen una tendencia ascendente (figura 4), muestran una inclinación por mantenerse entre 1.4 a 1.6 % como rango promedio. sin embargo el linaje cabeza de acero tiene una pendiente positiva y esto pudiera seguir manteniendo la tendencia si la temperatura del agua de cultivo se mantuviera con valores altos.



**Figura 4. Comparación de la Tasa de Crecimiento Específica de los linajes de trucha en el tiempo**

#### 4.2.4. Factor de conversión alimenticia (FCA)

En el Cuadro 11 se muestra el resumen de los promedios de las cuatro repeticiones por linaje. Solo se encuentra una diferencia significativa a los 45 días ( $F_{1,95} = 20,61$ ,  $P < 0,05$ ). Donde el linaje cabeza de acero por cada 0,96 kilos de alimento incrementa un kilo de biomasa, mientras que la arco iris por cada 1,37 kilos de alimento aumento un kilo de biomasa.

Factores de conversión alimenticia eficientes se encuentra entre valores de 1 a 1,1 según Morales (2004), quien lo obtuvo con una ración ad-libitum en truchas cultivadas en jaulas a una temperatura promedio de 15 °C; en nuestro experimento los resultados obtenidos en estanques de concreto y a una temperatura de 11 °C se encontraron entre 0,9 a 1,4, rango muy variable y no eficientes cuando supera el valor de 1,1. El valor del factor de conversión alimenticia es directamente influenciado por la marca de alimento balanceado que se suministra durante la alimentación (Uysal y Albaz, 2002), sin embargo en esta experimentación se usó una sola marca de alimento (NICOVITA) por lo que las diferencias se verán influenciadas por el linaje de trucha. La trucha cabeza de acero durante los meses de experimentación refleja un FCA mejor que la trucha arco iris, lo que demuestra que la trucha cabeza de acero presenta una mejor conversión.

A continuación en los cuadros 12 y 13 se presenta los datos necesarios para lograr obtener los factores de conversión alimenticia por cada unidad experimental, al igual que la tasa alimenticia resultante según todo el alimento brindado durante un lapso de tiempo de 15 días (tiempo entre cada muestreo).

**Cuadro 12. Datos de la trucha Cabeza de acero para la obtención del parametros FCA**

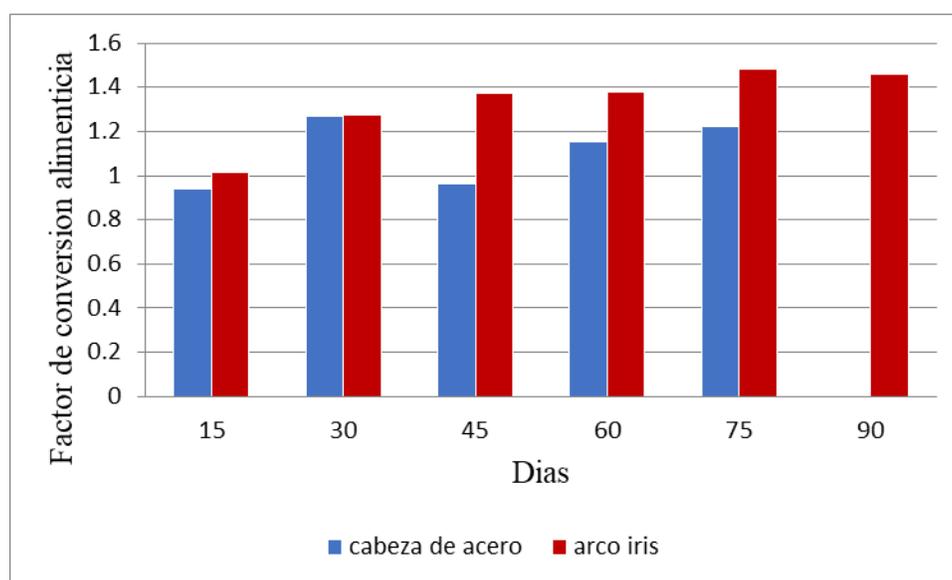
Tiempo (días)	Biomasa inicial (kg)	Biomasa final (kg)	Peso ganado (kg)	Alimento consumido (kg)	FCA	Tasa alimenticia
15	576,170	968,809	392,639	304	0,775	3,520
	578,832	988,984	410,151	305	0,744	3,515
	550,569	926,884	376,315	392	1,041	4,743
	559,413	953,766	394,354	436	1,105	5,197
	PROMEDIO				0,937	4,244
30	965,238	1,293,829	328,591	459	1,396	3,170
	984,467	1,356,377	371,910	428	1,150	2,898
	924,612	1,326,617	402,005	419	1,042	3,021
	950,988	1,248,172	297,184	440	1,480	3,084
	PROMEDIO				1,268	3,043
45	1,291,063	1,627,437	336,373	297	0,883	1,534
	1,352,711	1,697,111	344,400	321	0,932	1,582
	1,322,269	1,520,609	198,340	219	1,104	1,104
	1,243,797	1,557,035	313,238	289	0,922	1,549
	PROMEDIO				0,960	1,442
60	1,619,793	2,094,342	474,548	523	1,102	2,153
	1,686,182	2,103,971	417,788	541	1,295	2,138
	1,511,125	2,104,675	593,550	655	1,103	2,889
	1,549,021	1,998,688	449,667	496	1,103	2,134
	PROMEDIO				1,151	2,328
75	2,104,162	2,599,400	495,239	520	1,049	1,647
	2,111,961	2,535,321	423,360	540	1,275	1,705
	2,117,992	2,565,285	447,293	560	1,252	1,763
	2,011,114	2,415,000	403,886	533	1,319	1,766
	PROMEDIO				1,224	1,720

**Cuadro 13. Datos de la trucha Arco iris para la obtención del parametros FCA**

Tiempo (días)	Biomasa inicial (kg)	Biomasa final (kg)	Peso ganado (kg)	Alimento consumido (kg)	FCA	Tasa alimenticia
15	185,425	349,397	163,972	187	1,140	6,723
	267,180	538,914	271,734	289	1,064	7,211
	198,636	350,575	151,939	156	1,027	5,236
	238,923	417,056	178,133	147	0,825	4102
	PROMEDIO				1,014	5,818
30	333,870	456,107	122,237	149	1,219	2,975
	311,225	400,074	88,848	104	1,171	2,228
	286,227	394,806	108,580	158	1,455	3,680
	278,817	401,858	123,041	155	1,260	3,706
	PROMEDIO				1,276	3,147
45	454,508	602,717	148,209	187	1,262	2,743
	398,456	547,374	148,918	198	1,330	3,313
	392,752	533,316	140,564	198	1,409	3,361
	400,354	520,000	119,646	179	1,496	2,981
	PROMEDIO				1,374	3,099
60	591,522	736,965	145,443	193	1,327	2,175
	543,384	700,016	156,632	197	1,258	2,417
	578,736	755,250	176,514	241	1,365	2,776
	470,158	593,924	123,766	196	1,584	2,779
	PROMEDIO				1,380	2,537
75	817,879	1,313,118	495,239	661	1,335	5,388
	787,006	1,210,366	423,360	657	1,552	5,565
	906,675	1,353,968	447,293	649	1,451	4,772
	789,793	1,193,679	403,886	641	1,587	5,411
	PROMEDIO				1,480	5,285
90	1,313,118	1,808,357	495,239	647	1,306	3,285
	1,210,366	1,633,726	423,360	646	1,526	3,558
	1,353,968	1,801,261	447,293	638	1,426	3,141
	1,193,679	1,597,565	406,886	634	1,570	3,541
	PROMEDIO				1,457	3,381

**Cuadro 14. Resumen de los resultados del factor de conversión alimenticia de los linajes de trucha**

Tiempo (días)	Cabeza de acero	Arco iris
15	0,937	1,014
30	1,268	1,276
45	0,960	1,374
60	1,151	1,380
75	1,224	1,480
90		1.457



**Figura 5. Comparación del Factor de Conversión Alimenticia de los linajes de trucha en el tiempo**

#### 4.2.5. Supervivencia (S)

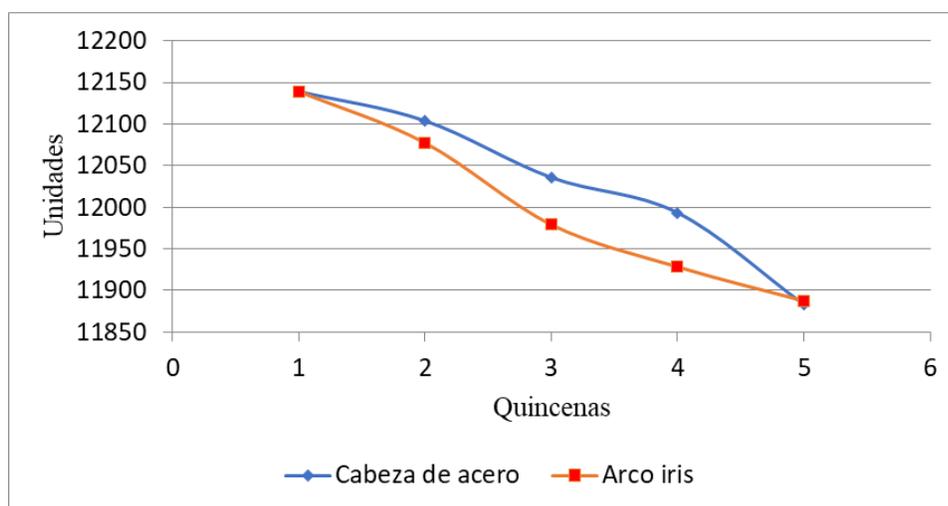
El parámetro de supervivencia se obtiene al final de los tres meses de evaluación. A continuación en el Cuadro 12, se presenta los resultados de las cuatro repeticiones por linaje. No se encontró diferencia significativa en el promedio del porcentaje de supervivencia final de cada linaje. El bajo porcentaje de mortalidad se debió al realizar la fase experimental en la última etapa de producción (engorde), según PRODUCE (2014) el

porcentaje de mortalidad en esta etapa se encuentra entre 3 a 2 % en un ambiente con temperatura promedio de 11 °C y cultivados en estanques de concreto. Y el no encontrar diferencia significativa entre los linajes debido a la plasticidad fenotípica adaptativa que tuvo el linaje cabeza de acero al adaptarse al medio de la arco iris, el cual según Robinson y Parsons (2002) tiene una gran influencia en las características, morfológicas, morfométricas y productivas.

**Cuadro 15. Resultados del porcentaje de supervivencia de ambos linaje de trucha**

Unidad Experimental	Cabeza de acero	Arco iris
1	98,1417	98,0348
2	96,5971	97,9766
3	96,5761	95,9653
4	98,1351	98,8277
Promedio	97,3625	97,7011

A continuación en la figura 5 se muestra las unidades de trucha restante de cada mes, después de restarle la cantidad de muertos. Se puede denotar que el número de muertos en el linaje arco iris es ligeramente mayor que de la cabeza de acero, durante la tercera y cuarta quincena.

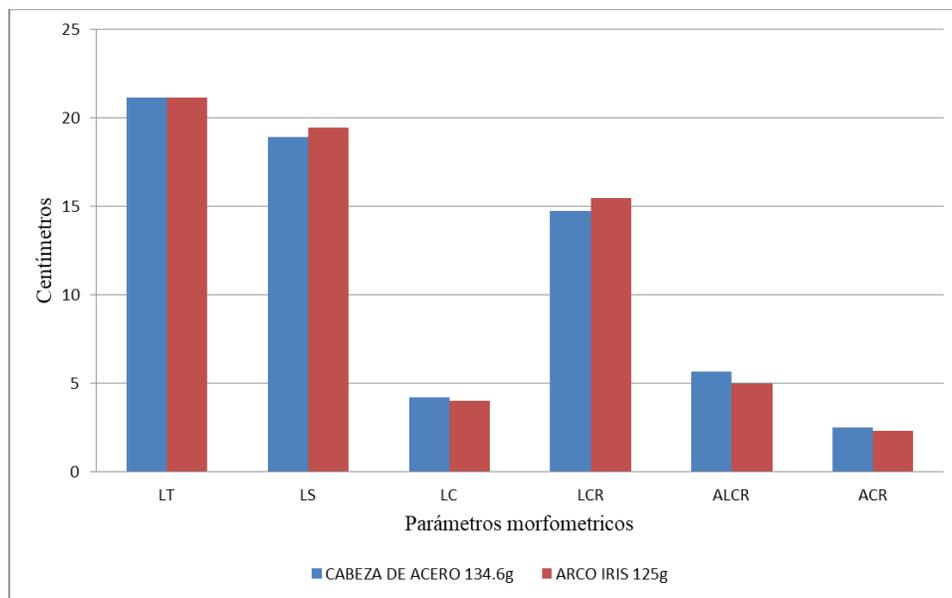


**Figura 6. Promedios de supervivencia de los linajes de trucha quincenalmente**

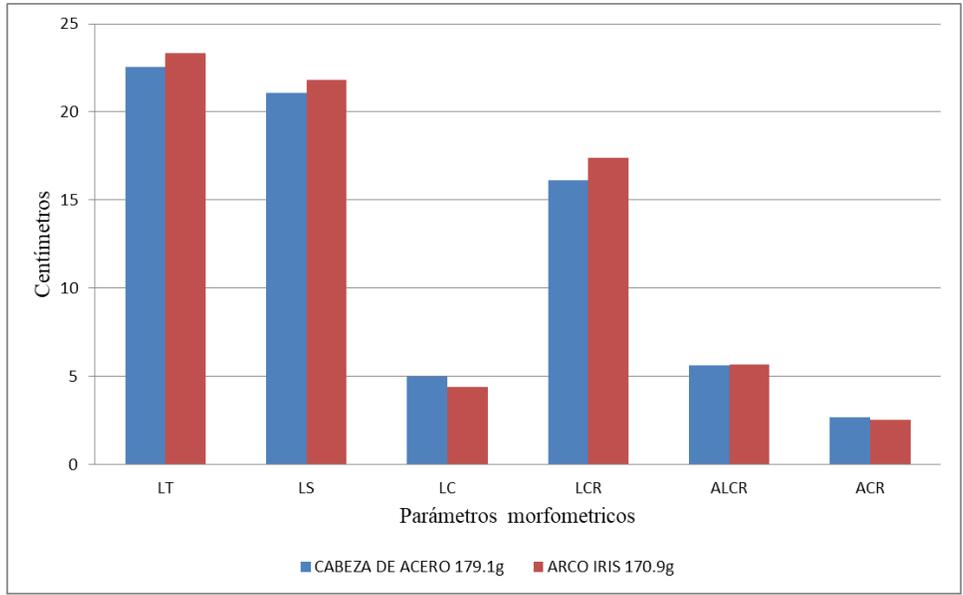
### 4.3.Relaciones morfométricas

#### 4.3.1. Relaciones morfométricas durante el cultivo

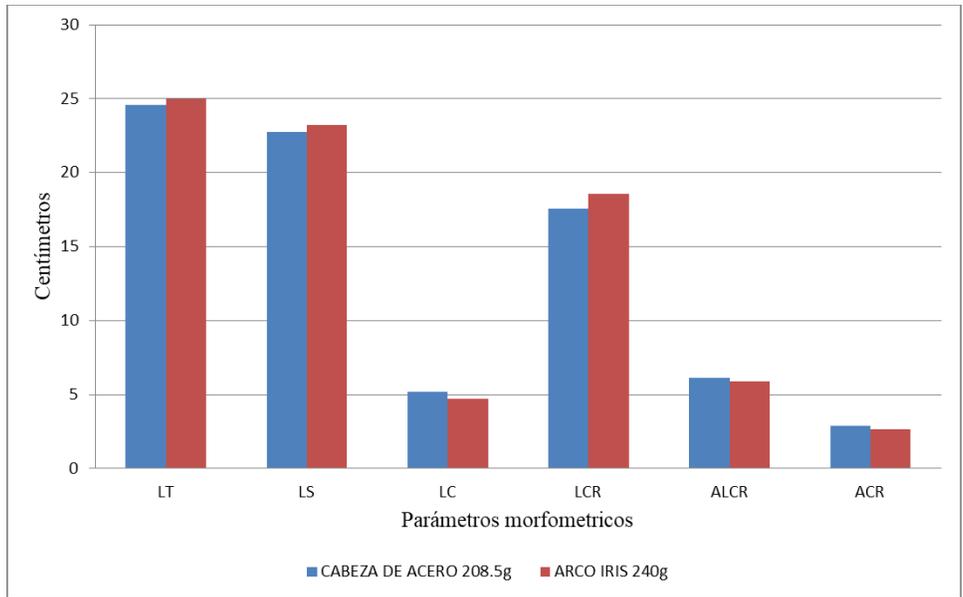
Debido al alto estrés que se someten los peces durante el proceso de muestreo, se decidió realizar tres muestreos durante la crianza, los cuales se realizaron al mismo tiempo para ambos linajes. A continuación en la figura 4, figura 3 y figura 5, se muestran los promedios de las cuatro repeticiones de los parámetros morfométricos por cada linaje.



**Figura 7. Comparación de los parámetros morfométricos de los linajes de trucha a los 30 días**



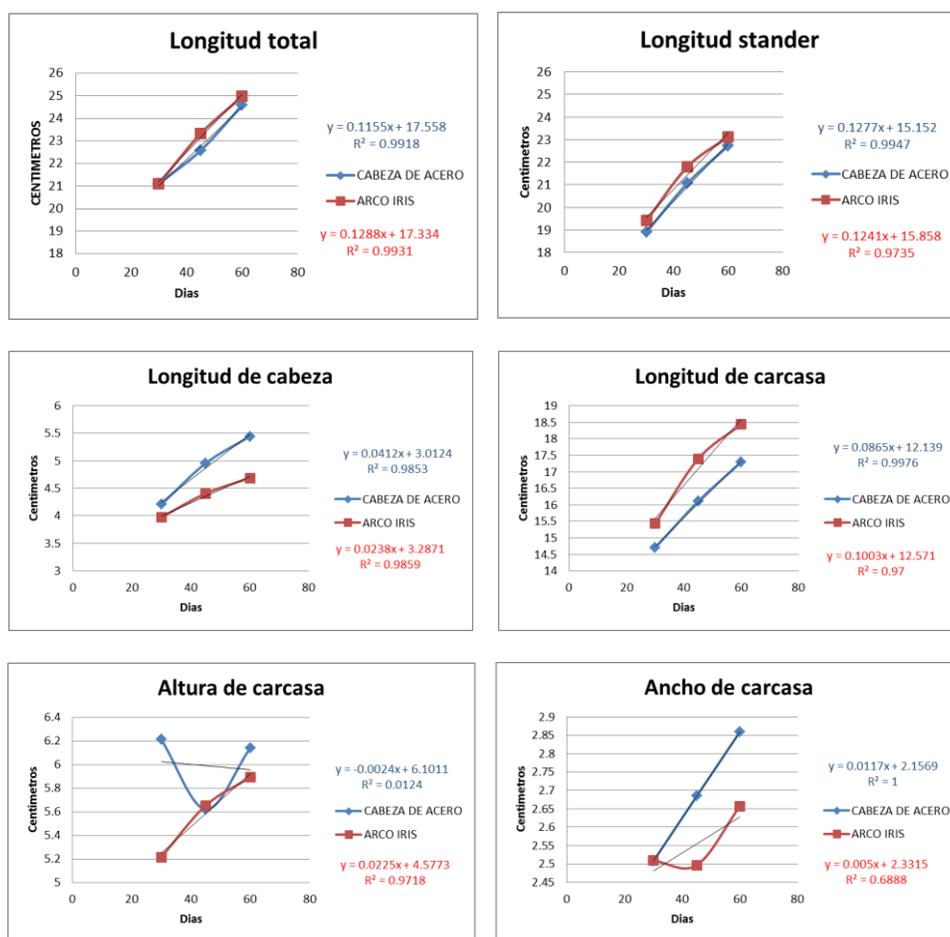
**Figura 8. Comparación de los parametros morfometricos de los linajes de trucha a los 45 días**



**Figura 9. Comparación de los parametros morfometricos de los linajes de trucha a los 60 días**

Dónde para todos los casos: LT (Longitud total), LS (Longitud estándar), LC (Longitud de la cabeza), LTR (Longitud de la carcasa), ALCR (Altura de la carcasa) y AC R (Ancho de la carcasa)

Los parámetros morfométricos durante el cultivo de los linajes de trucha no reflejan diferencia significativa alguna ( $p < 0,05$ ). Esto se debe a que co-existieron en un mismo hábitat con las mismas condiciones de manejo y alimentación, lo que reflejarían igual características morfométricas y morfológicas, explicado por la plasticidad fenotípica adaptativa del pez (Robinson y Parsons, 2002). Según Keeley (2006), linajes de truchas que realicen la esmoltificación, reflejaran características morfométricas distintas de los linajes que no pasan por este proceso, sin embargo, esta afirmación se rechaza y se explica por el igual medio de cultivo en el cual habitaban ambos linajes. Otro motivo, puede deberse a que aún la cabeza de acero, no llegó a la edad para realizar la esmoltificación, sino en la cual aún se mantiene en ambientes continentales (Quinn, 2005).



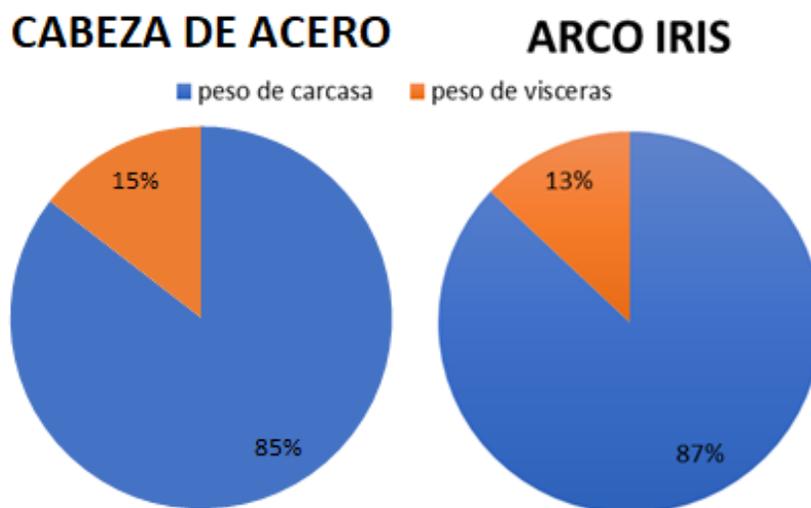
**Figura 10. Graficas de comparación de los parametros morfometricos de los linajes de trucha**

#### 4.3.2. Relaciones morfométricas al momento de la cosecha

A continuación en el Cuadro 13 se presenta los promedios y las desviaciones estándar de los parámetros morfométricos de las cuatro repeticiones por linaje en evaluación.

**Cuadro 16. Parámetros morfométricos en la cosecha de los linajes de trucha.**

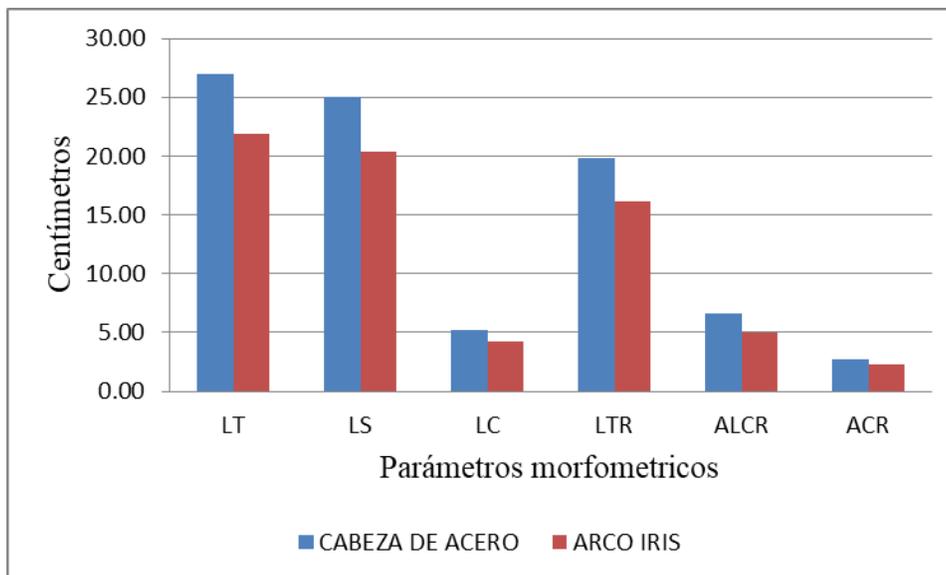
Parametros morfometricos	CABEZA DE ACERO		ARCO IRIS	
	PROMEDIO (cm)	DESV	PROMEDIO (cm)	DESV
Peso total (BW)	266,44	43,49	218,59	43,07
Peso de carcasa (CW)	227,65	37,97	190,19	37,63
Longitud total (LT)	26,99	1,37	21,88	1,37
Longitud estándar (LS)	25,08	1,32	20,36	1,33
Longitud de cabeza (LC)	5,23	0,35	4,20	0,32
Longitud de carcasa (LTR)	19,85	1,14	16,16	1,14
Altura de carcasa (ALCR)	6,59	0,49	5,05	0,44
Ancho de carcasa (ACR)	2,75	0,20	2,25	0,19



**Figura 11. Rentabilidad en la carcasa de los linajes de trucha**

Como se observa en la figura 11, el linaje arco iris presenta un menor porcentaje de vísceras, lo que produce una mayor cantidad de peso de carcasa. Este hecho es beneficioso para los productores de trucha, en el caso de la empresa ACUATROUT SAC, empresa del

convenio durante la investigación, que vende truchas evisceradas como producto final, obtendría un mayor rendimiento en peso con un menor número de truchas.



**Figura 12. Parametros morfometricos en la cosecha de los linajes de trucha**

Dónde: LT (Longitud total), LS (Longitud estándar), LC (Longitud de la cabeza), LTR (Longitud de la carcasa), ALCR (Altura de la carcasa) y AC R (Ancho de la carcasa)

**Cuadro 17. Relaciones morfométricas en la cosecha de los linajes de trucha**

Relaciones morfometricas	CABEZA DE ACERO		ARCO IRIS	
	PROMEDIO	DESV	PROMEDIO	DESV
Indice viscerosomatico	0,1453	0,0309	0,1294	0,0310
Carcasa generada	0,8546	0,0309	0,8705	0,0310
LS/LT	0,9292	0,0160	0,9303	0,0116
LC/LS	0,2085	0,0112	0,2063	0,0097
ACR/LTR	0,1384	0,0077	0,1393	0,0077
ACR/ALCR	0,4176	0,0273	0,4460	0,0217
ALCR/LTR	0,3322	0,0207	0,3128	0,0187

Dónde: LT (Longitud total), LS (Longitud estándar), LC (Longitud de la cabeza), LTR (Longitud de la carcasa), ALCR (Altura de la carcasa) y AC R (Ancho de la carcasa)

Para poder diferenciar las características morfométricas entre ambos linajes se calcularon las relaciones morfométricas nombradas en el cuadro 14. En la relación LS/LT  $p(0.71 > 0.05)$ , se acepta la hipótesis nula, no hay diferencias significativa, la relación LC/LS con un valor  $p(0.123 > 0.05)$ , se acepta la hipótesis nula, no hay diferencias significativa, la relación ACR/LTR con un valor  $p(0.302 > 0.05)$ , se acepta la hipótesis nula, no hay diferencia significativa, la relación ACR/ALCR con un valor  $p(0.104 > 0.05)$ , se acepta la hipótesis nula, no hay diferencia significativa y la relación ALCR/LTR con un valor  $p(0.203 > 0.05)$ , se acepta la hipótesis nula, no hay diferencia significativa. En ninguna relación se encontró diferencias morfométricas significativas entre los linajes Cabeza de acero y Arco iris, a diferencia de la obtenida por Keeley (2006), quien encontró diferencia significativa entre las poblaciones en la longitud de la cabeza y en el ancho del pedúnculo caudal. A diferencia de la experimentación, Keeley (2006) extrajo las truchas de diferentes medios, por ello tuvo diferencias morfométricas entre las truchas. No encontrarse diferencias morfométricas, como en la presente tesis, entre la cabeza de acero y la arco iris se debe a la plasticidad fenotípica adaptativa que tuvo la cabeza de acero (Robinson y Parsons, 2002) al cultivarse en un ambiente continental en una etapa en la cual debería encontrarse en un ambiente marino.

Se realizaron estas relaciones morfométricas para poder cuantificar el rendimiento promedio de cada linaje. Encontrándose diferencia significativa entre los linajes, en el índice viscerosomático ( $F_{1,95}=64,57, P=0$ ) y en la carcasa generada ( $F_{1,95}=64,57, P=0$ ). El índice viscerosomático y de la carcasa generada en el linaje arco iris fueron 0,1294 y 0,8705 respectivamente. Lo cual indicaría una menor cantidad de vísceras ante su peso total y una mayor cantidad de carcasa generada respecto a su peso total. El índice viscerosomático y de la carcasa generada en el linaje cabeza de acero fueron 0,1453 y 0,8546, lo que indicaría una mayor cantidad de víscera formada respecto al linaje arco iris y una menor cantidad de carcasa generada respecto al linaje arco iris. Estos resultados no tendrían concordancia con lo explicado por Robinson y Parsons (2002), respecto a la plasticidad fenotípica adaptativa que tendrían los linajes de trucha cultivadas en un mismo ambiente. Por lo cual se pudiera inferir que las diferencias entre linajes de trucha cultivados en mismos ambientes se encontrarían solo en las relacionadas al peso, mas no en las de longitud.

## V. CONCLUSIONES

- La trucha cabeza de acero mostró la mejor performance en los parámetros productivos en comparación con el linaje arco iris; sin embargo en los parámetros morfométricos la trucha arco iris mostró mejores resultados.
- Respecto a los parámetros productivos factor de condición, tasa de crecimiento, factor de conversión alimenticia y supervivencia, se encontró diferencia significativa entre los linajes en los tres primeros parámetros, exceptuando en el último.
- Los parámetros morfométricos solo mostraron diferencias significativas relacionadas al rendimiento en peso de los linajes de trucha, siendo la trucha arco iris la de mejor rendimiento.
- Aún sería conveniente cultivar la trucha arco iris, debido que brinda un mayor rendimiento de carcasa al final del cultivo, demostrado en los resultados del índice viscerosomático y carcasa generada.
- Los parámetros físico-químicos del agua utilizada en el centro de producción Wilkay, mostraron rangos óptimos para la producción de la especie *Oncorhynchus mykiss*, en específico de los linajes cabeza de acero y arco iris.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Sería recomendable ver la rentabilidad de importar la trucha cabeza de acero, realizando comparaciones en sus estadios iniciales, así como su comparación económica.
- Ampliar la evaluación del linaje cabeza de acero y arco iris a pesos mayores de 250 gramos, para comparar los parametros productivos e identificar hasta qué peso es rentable cultivarlos.
- Realizar una experimentación con distintos tipos de alimento para verificar con que alimento se obtiene el mejor rendimiento.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antamina (2009). Manual de crianza de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). 1 (1). 8-11.
- Alaska Department of Fish and Game (ADFyG). Steelhead/ Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss* species profile. Información revisada el 31 de octubre del 2018. Disponible en: <http://www.adfg.alaska.gov/index.cfm?adfg=steelhead.main>.
- Blanco, C. (1995). La Trucha cría industrial. Mundiprensa libros. 2 (1). 2-51.
- Behnke, E.R. (2002). Trout and Salmon of North America. The free press, New York.
- Bombardelli, R.; Sanches, E. (2008). Evaluación de las características morfológicas corporales del rendimiento de cortes y composición centesimal de la carne del armado (*Pterodoras granulosus*). 34 (2). 221-229.
- Boyd, C.E. and Tucker, C.S. (1998). Pond aquaculture water quality management. 17 (3). 110-115.
- Bugeon, J., Lefevre, F., Cardinal, M., Armel, A. and Davenel, A. (2010). Flesh quality in large rainbow trout with high or low fillet yield. 21 (4). 702-721.
- Cifras expuestas por el ministro de la producción. Información revisada el 24 de enero 2019, disponible en: <https://www.salmonexpert.cl/article/per-proyecta-expandir-45-su-produccion-de-trucha-arcoris-al-2021>.
- COSEWIC. (2014). Assessment and status report on the Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss* in Canada. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada. Ottawa. 9 (1). 60.
- Cochran, W. (1983). Técnicas de Muestreo (Cochran). Capítulo 4. Estimación del Tamaño de la Muestra. 1 (1). 5-8.
- El-Sherif MS, Ali AM. Effect of rearing systems (mono and Polyculturw) on the performance of fr shwater prawn (M. Rosenberg ii) juveniles. Journal of Fisheries and Aquatic Science. 2009; 4(3): 117 – 128.
- Einen, O., Morkore, T., Rora, A. M. B., and Thomassen, M. S. (1999). Feed ration prior to slaughter--a potential tool for managing product quality of Atlantic salmon (*Salmosalar*). Aquaculture 178, 149-169.
- FAO. (2011). Small scale rainbow trout farming. 15 (4). 124-131.
- FAO. Programa de información de especies acuáticas. *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). Verificado el 10 de noviembre del 2017. Disponible en: [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus\\_mykiss/es](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/es).
- FONDEPES. (2014). Manual de crianza de trucha en ambientes convencionales. FONDEPES. 1 (1). 11-14.
- Froese, R. (2006) Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. Journal of Biogeography. 31 (1). 103-121.

- Gulland, J. (1971). Manual de métodos para la Evaluación de las Poblaciones de Peces. FAO. 2 (1). 95-102.
- Haskell, D.C. (1959). Trout growth in hatcheries. New York Fish and Game Journal. 6 (2). 204-237.
- Hilton, J. y Slinger, S. (1981). Nutrition and Feeding of Rainbow Trout. Department of Fisheries and Oceans. Ottawa. 55 (1). 15.
- Huguenin, J. y Ansuini, F. (1978). A review of the technology and economics of marine fish cage system. 3. (1). 35-46.
- Hurlbut, T. and Clay, D. (1988). Morphometric and meristic differences between shallow and deep-water populations of white hake (*Urophycistenuis*) in the southern Gulf of St. Lawrence. Can. J. of Ani. Sci. 3 (2) 141-153.
- Imaki, A. (1987). Introducción a la crianza de trucha arco iris. IICA. 2 (2) 30-34.
- Irvine, J.R. (1978). The Gerrard rainbow trout of Kootenay Lake, British Columbia – a discussion of their life history with management, research and enhancement recommendations. Prov. B.C. Fish. Manag. Rep. No. 72.
- Keeley, E, Perkinson, E. & Taylor, E. (2006). The origins of ecotypic variation of rainbow trout: a test of environmental vs. genetically based differences in morphology, ID. 12 (6) 65-72.
- Kendall, N. (2018). Anadromy and residency in steelhead and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: a review of the processes and patterns. Washington Department of fish and wildlife. 1 (1). 2-4.
- Kilho et al. (1998). Nutrients and carbón dioxide in the Columbia river. 20 (5). 21-24
- Le Cren, E. D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Percafluviatilis*). J. Anim. Ecol., 20: 201-219.
- MAXIMIXE CONSULT S.A. (2010). Elaboración del estudio de mercado de la trucha en Arequipa, Cusco, Lima, Huancayo y Puno. 1 (1). 8.
- Martínez- Millan L. (1987). Métodos de evaluación, control y racionamiento en la alimentación práctica. In. Alimentación en Acuicultura. CAICYT. J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta (Editores). 295-325.
- Minidterio de la producción. (2018). Revista de Acuicultura de la Trucha Arco Iris. 1 (1). 30-31.
- Montory, M. Habit, E., Bahamonde, P., Fernandez, P., Grimalt, J.O., Saez, K., Rudolph, I., Barra, R. (2011). Polychlrinatedbiphenyls in farmed and wild *Onchorhynchuskisutch* and *Onchorhynchus mykiss* from the Chilean Patagonia, Environ. Sci. Pollut. 22 (6). 629-637.
- Morales, G. (2004). Crecimiento y eficiencia alimentaria de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* en jaulas bajo diferentes regímenes de alimentación. 1(1) 12-20.

- NOAA, (2013). Oxygen-depleted water in the Columbia River estuary: Observations and consequences. Estuary Partnership Science Work Shop.
- Núñez, D; Niklitschek, M. (2010). Caracterización de la pesca recreativa en la Patagonia. 21(4) 84.
- Ondarza, P., M. Gonzalez, G. Fillmann, K., S. Miglioranza. (2011). Polybrominated diphenyl ethers and organochlorine compound levels in brown trout (*Salmo trutta*) from Andean Patagonia, Argentina. 3(4) 35-46.
- Psyma. Passionate People Creative Solution. News revisado el 29 de agosto del 2018. Disponible en: <http://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>.
- Quinn, T.P. (2005). The Behavior and Ecology of Pacific Salmon and Trout. University of Washington Press, Seattle, WA.
- Rasmussen, R. S. (2001). Quality of farmed salmonids with emphasis on proximate composition, yield and sensory characteristics. *Aquac Res* 32, 767-786
- Ricker, W., (1979). Growth rates and models. *Fish Physiology. Bioenergetics and Growth*. Academic Press. 8 (4) 677-706.
- Schluter, D. (2000). The ecology of adaptive radiation. Oxford university press.
- Scott, W.B. & Crossman, E.J. (1973). Freshwater fishes of Canada. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 184. Canadian Government Publishing Centre. 7 (5) 220-231.
- Sloat, M., R., and Reeves, G.H. (2014). Individual condition, standard metabolic rate, and rearing temperature influence steelhead and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) life histories.
- Taylor, E.B. (1991). A review of local adaptation in Salmonidae, with particular reference to Pacific salmon and Atlantic salmon. *Aquaculture* 98: 185–207.
- Tovar, M. et al. (2008). Comparación histológica y morfométrica entre el ojo de *Eremophilus mutisii* (Trichomycteridae) y el de *Oncorhynchus mykiss* (Salmonidae). *Universidad Militar Nueva Granada*. 8 (3) 4-5.
- Uysal, I. & Alpbaz, A. (2002). Food intake and feed conversion ratios in abant trout (*Salmo trutta abanticus*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in pond culture. *Turk J Biol*, 15 (8) 26-28.
- Vasave, S y Saxena, A. (2013). Morphological and meristic studies of Rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*) and Snow trout (*Schizothorax richardsonii*). College of fisheries, G. B. Pant University of Agriculture and Technology. 3(4) 1-6.
- Waples, R.S., Zabel, R.W., Scheurell, M.D., and Sanderson, B.L. (2007). Evolutionary responses by native species to major anthropogenic changes to the river systems: Pacific salmon in the Columbia River hydro power system. 8 (4) 45-53.
- Woynarovich, A y Hopisty, G. (2011). Posibilidades de producción de trucha en pequeñas producciones. *FAO Fishing and Aquaculture Tech.* 561 7-8.

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1: FORMATOS

#### 1.1 FORMATO DE ALIMENTACION

MES: .....	Estanque número: ....				
Fecha	Cantidad de alimento	Raciones	Tipo de alimento	Alimento suministrado total	Mortalidad
I	A	B		AxB	
<b>TOTAL</b>					

#### 1.2 FORMATO DE MORTALIDAD

Numero de muestra	Estanque número:.....			
	Muestra (g)	N <sup>0</sup> peces	LT	PU
I	A	B		A/B
<b>PROMEDIO</b>				

N<sup>0</sup> peces: número de peces obtenidos por muestra.

LT: Longitud total promedio

PU: Peso unitario

## ANEXO 2: PANEL FOTOGRAFICO



Foto 1. Centro de cultivo – Wilkay



Foto 2. Proceso de selección de los linajes de trucha, empleando un seleccionador de 18 mm



Foto 3. Medición de los parámetros morfométricos



Foto 4. Muestra representativa acomodadas después de ser medidas



Foto 5. Muestra del rendimiento de carcasa de la trucha

## ANEXO 3: RESULTADOS DEL ANALISIS ESTADISTICOS

### 3.1 RESULTADOS DE LOS PARAMETROS PRODUCTIVOS

- K al transcurrir 60 días (k-60)

Análisis de varianza

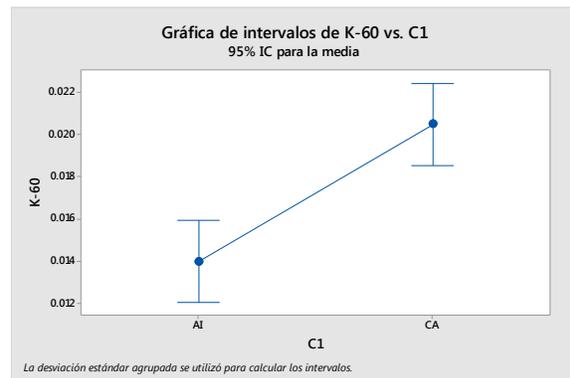
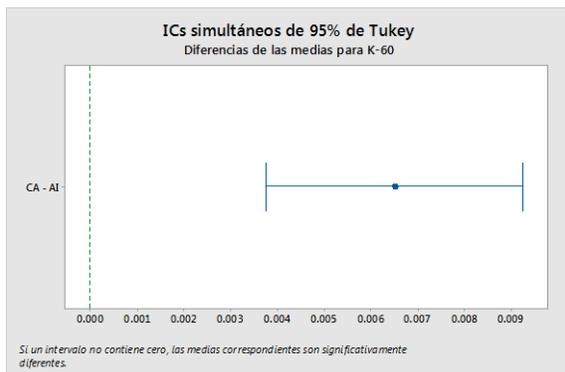
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
C1	1	0.000085	0.000085	33.80	0.001
Error	6	0.000015	0.000003		
Total	7	0.000100			

Con un valor de p ( $0.001 < 0.05$ ), se acepta la hipótesis alterna.

Medias

C1	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
AI	4	0.014000	0.001826	(0.012066, 0.015934)
CA	4	0.020500	0.001291	(0.018566, 0.022434)

Gráficos



-TC al transcurrir 15 días (TC-15)

Análisis de varianza

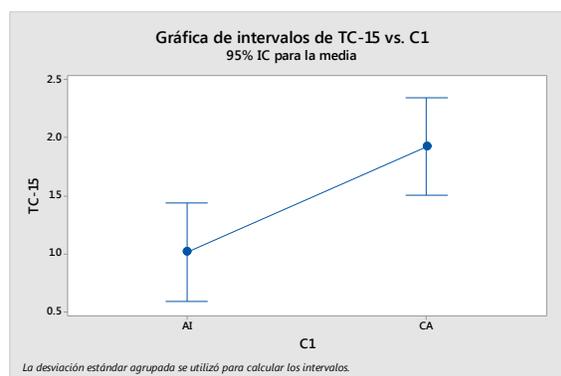
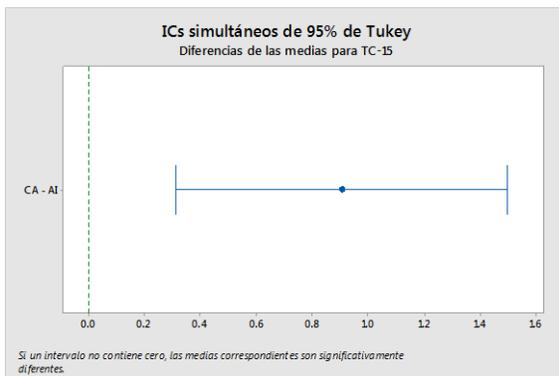
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
C1	1	1.6344	1.6344	13.97	0.010
Error	6	0.7018	0.1170		
Total	7	2.3362			

Con un valor de p ( $0.01 < 0.05$ ), se aprueba la hipótesis alterna.

Medias

C1	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
AI	4	1.016	0.420	(0.597, 1.434)
CA	4	1.920	0.240	(1.501, 2.338)

Gráficos



- TC al transcurrir 75 día (TC-75)

Análisis de varianza

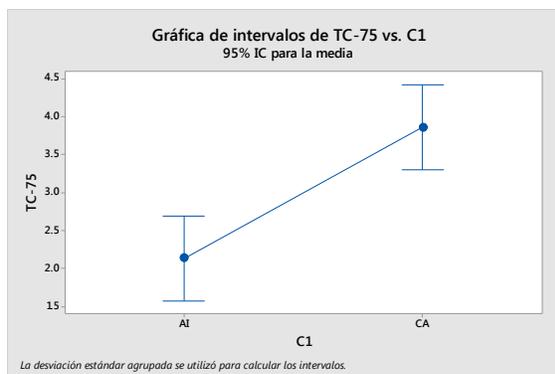
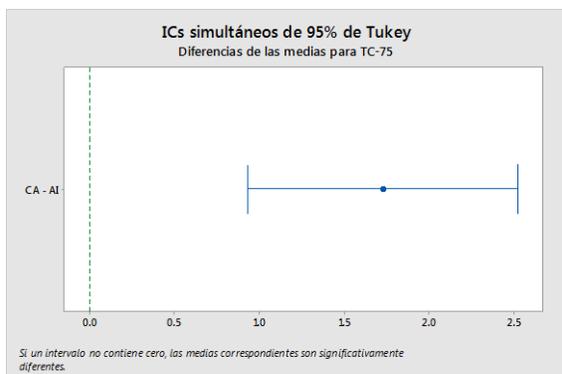
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
C1	1	5.956	5.9564	28.14	0.002
Error	6	1.270	0.2116		
Total	7	7.226			

Con un valor de p ( $0.002 < 0.05$ ), se aprueba la hipótesis alterna.

## Media

C1	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
AI	4	2.136	0.531	(1.574, 2.699)
CA	4	3.862	0.376	(3.299, 4.425)

## Gráficos



- FCA al transcurrir 45 días (FCA-45)

## Análisis de varianza

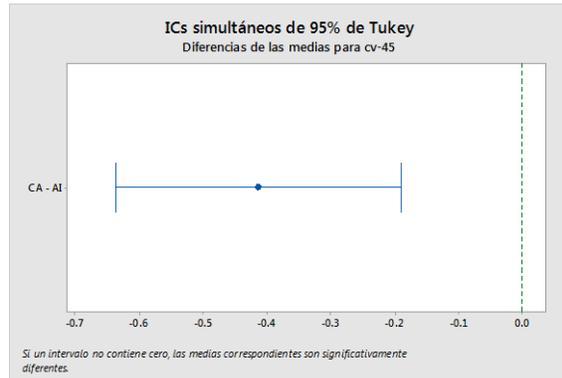
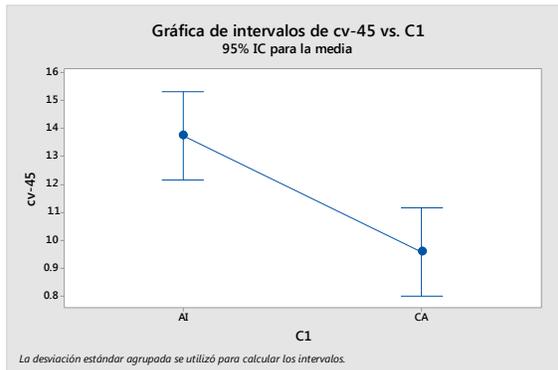
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
C1	1	0.34238	0.34238	20.61	0.004
Error	6	0.09969	0.01662		
Total	7	0.44207			

Con un valor de p ( $0.004 < 0.05$ ), se aprueba la hipótesis alterna.

## Medias

C1	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
AI	4	1.3740	0.1109	(1.2163, 1.5317)
CA	4	0.9603	0.1447	(0.8025, 1.1180)

## Gráficos



## 3.2 RESULTADOS DE LAS RELACIONES MORFOMETRICAS

- Relación entre peso de vísceras entre el peso total (VW/BW)

### Análisis de varianza

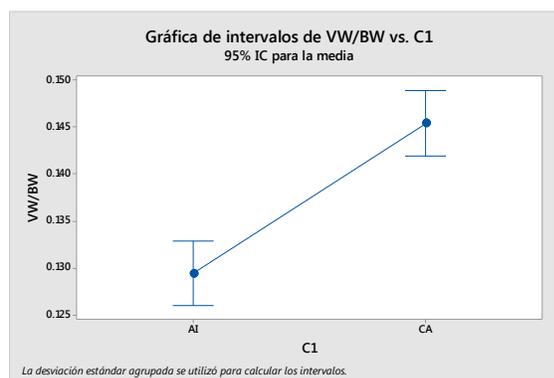
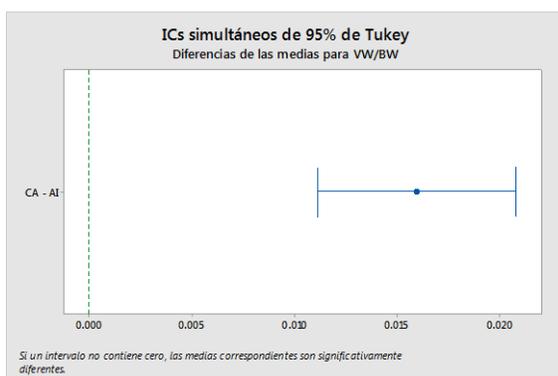
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
C1	1	0.000508	0.000508	64.57	0.000
Error	6	0.000047	0.000008		
Total	7	0.000556			

Con un valor p ( $0 < 0.05$ ), se acepta la hipótesis alterna.

### Medias

C1	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
AI	4	0.12943	0.00256	(0.12600, 0.13287)
CA	4	0.14538	0.00303	(0.14194, 0.14881)

## Gráficos



- Relación entre el peso de carcasa entre el peso total (CW/BW)

## Análisis de varianza

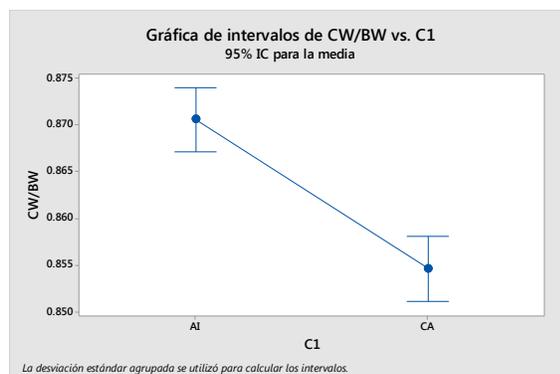
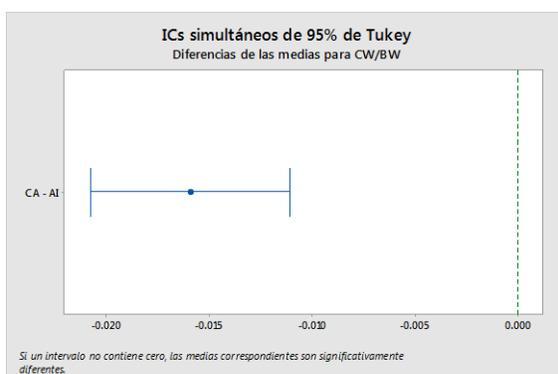
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
C1	1	0.000508	0.000508	64.57	0.000
Error	6	0.000047	0.000008		
Total	7	0.000556			

Con un valor de  $p$  ( $0 < 0.05$ ), se acepta la hipótesis alterna.

## Medias

C1	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
AI	4	0.87057	0.00256	(0.86713, 0.87400)
CA	4	0.85462	0.00303	(0.85119, 0.85806)

## Gráficos



- Relación entre longitud estándar y longitud total (LS/LT)

## Análisis de varianza

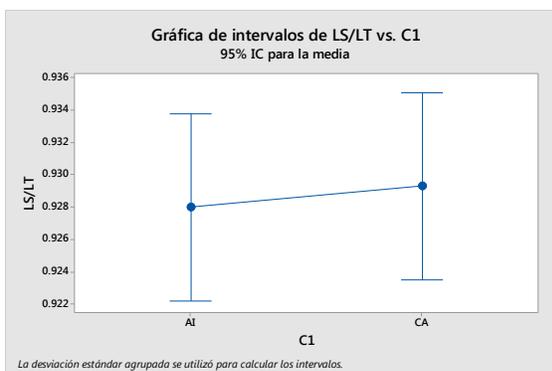
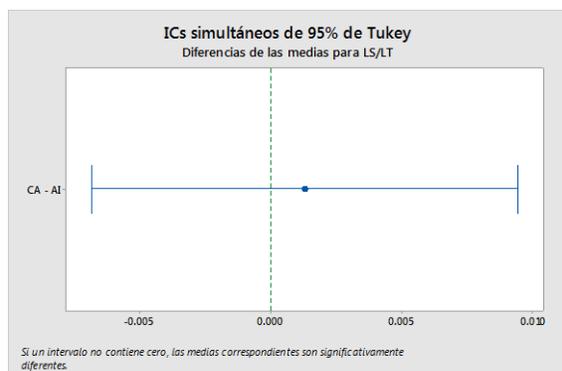
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
C1	1	0.000003	0.000003	0.15	0.710
Error	6	0.000133	0.000022		
Total	7	0.000136			

Con un valor de p ( $0.71 > 0.05$ ), se acepta la hipótesis nula.

## Medias

C1	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
AI	4	0.92799	0.00506	(0.92224, 0.93375)
CA	4	0.92929	0.00432	(0.92354, 0.93505)

## Gráficos



- Relación entre longitud de cabeza y longitud estándar (LC/LS)

## Análisis de varianza

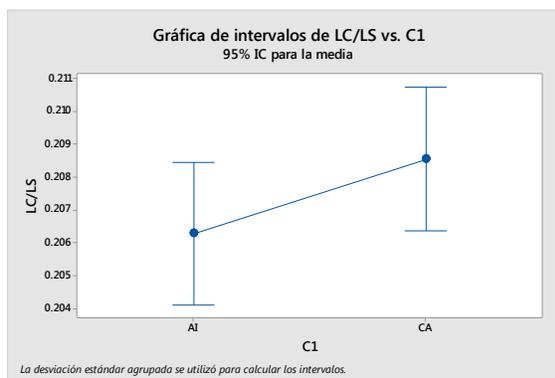
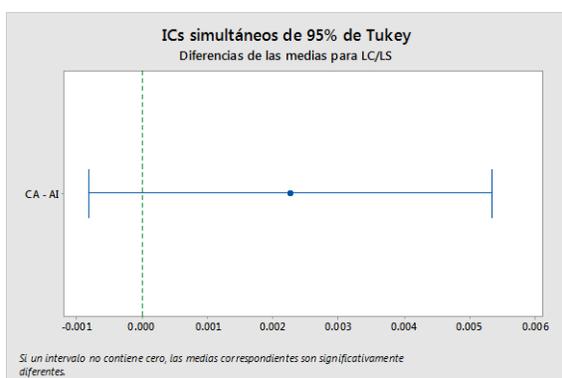
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
C1	1	0.000010	0.000010	3.23	0.123
Error	6	0.000019	0.000003		
Total	7	0.000029			

Con un valor de p (0.123), se aprueba la hipótesis nula.

## Medias

C1	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
AI	4	0.206284	0.000878	(0.204108, 0.208460)
CA	4	0.20854	0.00236	(0.20637, 0.21072)

## Gráficos



- Relación entre ancho de carcasa y longitud del tronco (ACR/LTR)

## Análisis de varianza

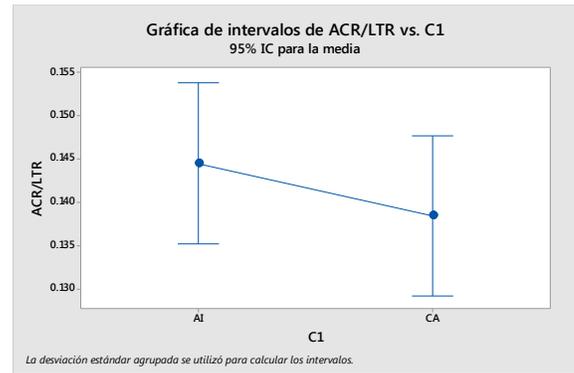
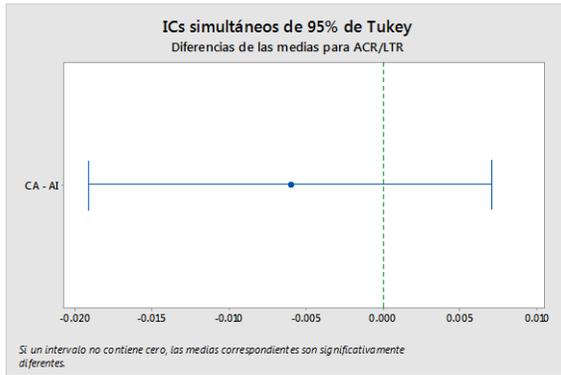
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
C1	1	0.000073	0.000073	1.27	0.302
Error	6	0.000344	0.000057		
Total	7	0.000417			

Con un valor p ( $0.302 > 0.05$ ), se acepta la hipótesis nula.

## Medias

C1	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
AI	4	0.14445	0.01056	(0.13519, 0.15372)
CA	4	0.138413	0.001792	(0.129148, 0.147678)

## Gráficos



- Relación entre altura de carcasa y longitud del tronco (ALCR/LTR)

## Análisis de varianza

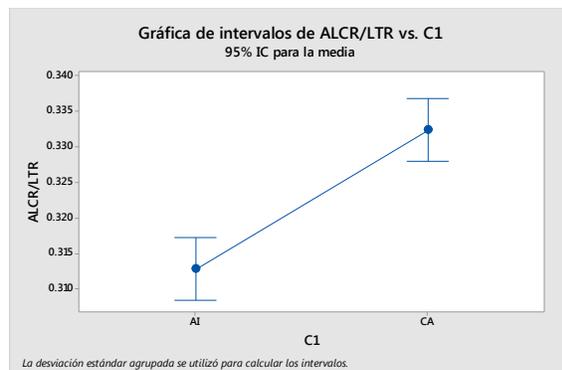
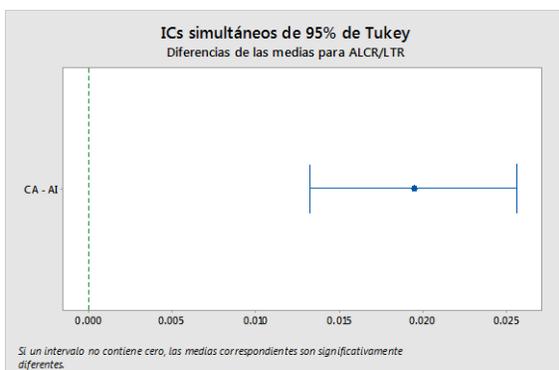
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
C1	1	0.000756	0.000756	59.09	0.000
Error	6	0.000077	0.000013		
Total	7	0.000833			

Con un valor de p ( $0 < 0.05$ ), se aprueba la hipótesis alterna.

## Medias

C1	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
AI	4	0.31283	0.00339	(0.30845, 0.31721)
CA	4	0.33228	0.00376	(0.32790, 0.33666)

## Gráficos



- Relación entre ancho de la carcasa y altura de la carcasa (ACR/ALCR)

## Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
C1	1	0.003877	0.003877	7.61	0.033
Error	6	0.003058	0.000510		
Total	7	0.006935			

Con un valor p ( $0.033 < 0.05$ ), se acepta la hipótesis alterna.

## Medias

C1	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
AI	4	0.4617	0.0309	(0.4341, 0.4893)
CA	4	0.41769	0.00822	(0.39007, 0.44531)

## Gráficos

