UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE PESQUERIA

"EMPLEO DEL FOTOPERIODO PARA SUPRIMIR LA MADUREZ SEXUAL PREVIA A LA COSECHA Y MEJORAR EL CRECIMIENTO EN TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*)"

Presentado por:

ALDO BRUNO PUCHO ECHACCAYA

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR TÍTULO DE:

INGENIERO PESQUERO

Lima – Perú

2022

La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación (Art. 24 - Reglamento de Propiedad Intelectual)

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	ALDO PUCHO ECHACCAYA - TRABAJO DE INVESTIGACION FINAL.docx (D146038811)
Submitted	2022-10-10 19:30:00
Submitted by	Fernando Santiago Galecio Regalado
Submitter email	fgalecio@lamolina.edu.pe
Similarity	3%
Analysis address	fgalecio.unalm@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	**1573068829_Fotoperiodo reproductores WA.docx** Document 1573068829_Fotoperiodo reproductores WA.docx (D58389667)	1
SA	**Borrador-Tesis-2020F.pdf** Document Borrador-Tesis-2020F.pdf (D62363657)	4
SA	**Acuacultura -Juan Ortiz Tirado.pdf** Document Acuacultura -Juan Ortiz Tirado.pdf (D13584567)	1
SA	**TITULACION ESTEBAN ELIAS.docx** Document TITULACION ESTEBAN ELIAS.docx (D17270171)	1

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE PESQUERIA
"EFECTO DEL FOTOPERIODO PARA SUPRIMIR LA MADUREZ SEXUAL PREVIA A LA COSECHA Y MEJORAR EL CRECIMIENTO EN TRUCHA ARCOÍRIS (Oncorhynchus mykiss)"
Presentado por:
ALDO BRUNO PUCHO ECHACCAYA
Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Titulo de:
INGENIERO PESQUERO
Vo.Bo.
Lima – Perú

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE PESQUERIA

"EMPLEO DEL FOTOPERIODO PARA SUPRIMIR LA MADUREZ SEXUAL PREVIA A LA COSECHA Y MEJORAR EL CRECIMIENTO EN TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*)"

Presentado por:

ALDO BRUNO PUCHO ECHACCAYA

Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Título de:

INGENIERO PESQUERO

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

M. Sc. Anibal Verástegui Maita
Presidente

Dra. Verónica Sierralta Chichizola
Miembro

Mg. Sc. Cesar Cruz Castellón
Miembro

M.Sc. Fernando Galecio Regalado
Asesor

Lima – Perú

2022

Dedicado a mi familia, a mi padre en el cielo y mi novia Rocío por creer siempre en mí y alentarme a alcanzar mis objetivos día con día.

AGRADECIMIENTOS

- A mis padres que gracias a su gran esfuerzo a pesar de las necesidades han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento.
- A mi novia Rocío por su motivación constante y ayuda en todo lo que me he propuesto a realizar en mi vida.
- Al querido profesor Fernando Galecio por su paciencia y el asesoramiento en este trabajo.
- A la Piscifactoría por permitirme se parte de su equipo y por poder complementar conocimientos de mi carrera.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN ..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

1.1 PROBLEMÁTICA 1

1.2 OBJETIVOS 2

II. REVISION DE LITERATURA 3

2.1 FOTOPERIODO EN PECES 3

2.1.1 Efecto fisiológico del fotoperiodo en peces *3*

2.2 FOTOPERIODO APLICADO A LA ACUICULTURA 4

2.2.1 Influencia del fotoperiodo en el crecimiento *4*

2.2.2 fotoperiodos comprimidos y expandidos *5*

2.2.3 Uso de luces en la manipulación artificial del fotoperiodo *5*

III. DESARROLLO DEL TRABAJO *7*

3.1 DESCRIPCIÓN DEL CENTRO LABORAL 7

4.1.1 Razón Social del Sector: *7*

3.1.1 Ubicación Geográfica *8*

3.1.2 Infraestructura del centro de cultivo *8*

3.2 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 9

3.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN 10

3.4 APLICACIÓN DE LA PROPUESTA DEL FOTOPERIODO 11

3.4.1 Material Biológico *11*

3.4.2 Procedimiento *11*

3.4.3 Tratamiento *11*

3.4.4 Luz empleada en la prueba *12*

3.4.5 Alimentación *14*

3.4.6 Muestreos *18*

3.4.7 Temperatura y oxigeno *20*

3.4.8 Extracción de mortalidad *20*

3.4.9 Cosecha *21*

IV. RESULTADOS Y DISCUSION 23

4.1.1 Temperatura *23*

4.1.2 Mortalidad *24*

4.1.3 Crecimiento y tasa de crecimiento específica (TCE) *25*
4.1.4 Factor de Conversión (FCA) *26*
4.1.5 Factor de condición de Fulton (K) *27*
4.1.6 Incidencia de maduración sexual: *28*
4.2 BENEFICIO OBTENIDO 29
V. CONCLUSIONES 30
VI. RECOMENDACIONES 31
VII. BIBLIOGRAFIA 32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama estructural de producción y cultivo. 7
Figura 2 Ubicación del centro de cultivo en la Laguna Choclococha. 8
Figura 3 Módulo de jaulas donde se realizó la experimentación. 9
Figura 4 Ejemplar de trucha arcoíris (Orcorhynchus mykiss) de la cepa Trachsel. 11
Figura 5 Esquema de distribución de la jaula con fotoperiodo y la jaula control 12
Figura 6 Lámpara de luces led utilizas en la experimentación. 13
Figura 7 Luces encendidas en la jaula con fotoperiodo. 14
Figura 8 Equipo de alimentación AKVA Basic. 16
Figura 9 Sistema de mangueras del esquipo AKVA Basic. 16
Figura 10 Alimentación por medio del sistema AKVA Basic. 16
Figura 11 Monitoreo de la alimentación con cámaras sumergidas y monitores. 17
Figura 12 Imagen de la cámara sumergida durante el monitoreo de la alimentación. 18
Figura 13 Personal del centro de cultivo realizando muestreo de peso y talla. 18
Figura 14 Personal del centro de cultivo en la zona de matanza. 22
Figura 15 Registros de temperatura durante los meses de experimentación. 24
Figura 16 Registros de pesos promedios según muestreos en el centro de cultivo. 25
Figura 17 Registros TCE promedios durante los muestreos 26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Condiciones de fotoperiodo en la experimentación. 12
Tabla 2 Características de las Luces Led Luxmeter 13
Tabla 3 Fechas de muestreos para la experimentación..... 19
Tabla 4 Porcentaje de mortalidad durante la experimentación..... 24
Tabla 5 Valores de FCA durante la experimentación..... 27
Tabla 6 Valores de K durante la experimentación 27
Tabla 7 Datos de porcentajes de incidencia de maduración. 28

RESUMEN

Por medio de la presente hago entrega de una memoria descriptiva para optar el título profesional de Ingeniero Pesquero a través de la modalidad de "Trabajo de Suficiencia Profesional", dicha memoria describe funciones, experiencias y mejoras realizadas en mi calidad de asistente de producción en el área de Engorda en una piscifactoría de producción intensiva de truchas Arcoíris presente en la Laguna Choclococha (Huancavelica). Este trabajo también plasma la experiencia obtenida en la aplicación de la técnica de uso fotoperiodo en trucha arcoíris *(Oncorhynchus mykiss)* en la etapa de engorda, para suprimir la madurez sexual previa a la cosecha y mejorar el crecimiento, realizado en los años 2018-2019. Se utilizó para la experiencia truchas en etapa de engorda, pertenecientes a una misma cepa y mismo grupo de producción, distribuidas en dos jaulas flotantes, en una de ellas se aplicó fotoperiodo artificial con lámparas leds sumergibles de 600 watts y en el otro fotoperiodo natural. De acuerdo con los resultados obtenidos, el mayor crecimiento y menor incidencia en la maduración sexual se registró en la jaula con truchas expuesta a fotoperiodo artificial. Espero que la experiencia realizada sirva como apoyo de futuras investigaciones que ayuden a mejoras las técnicas de cultivo en la producción de Trucha Arcoíris.

Palabras claves: Fotoperiodo, trucha, madurez sexual, jaulas flotantes.

ABSTRACT

I hereby submit a descriptive report to obtain the professional title of Fisheries Engineer through the modality of "Work of Professional Sufficiency", this report describes functions, experiences and improvements made in my capacity as assistant of production in the area of fattening in a fish farm of intensive production of rainbow trout present in the Choclococha Lagoon (Huancavelica). This work also reflects the experience obtained in the application of the technique of using photoperiod in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) in the fattening stage, to suppress pre-harvest sexual maturity and improve growth, carried out in the years 2018-2019. Trout in fattening stage, belonging to the same strain and same production group, distributed in two floating cages, in one of them artificial photoperiod was applied with 600 watts submersible led lamps and in the other natural photoperiod. According to the results obtained, the highest growth and lower incidence in sexual maturation was recorded in the cage with trout exposed to artificial photoperiod. I hope that this experience will serve as a support for future research that will help to improve culture techniques in the production of rainbow trout.

Keywords: Photoperiod, trout, sexual maturity, floating cages.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Problemática

En el Perú se ha tenido un notable aumento de la producción nacional de truchas, registrando crecimientos porcentualmente altos; ello se evidencia en las estadísticas de la Oficina de Estudios Económicos del Ministerio de la Producción en los últimos 10 años donde la producción nacional aumentó a 678 % al pasar de 6 997 toneladas en el año 2007 a 54 424 toneladas en el 2017. Puno alcanzó a producir 44 845 toneladas (83 % de la producción nacional), seguida por Huancavelica con 3 454 toneladas (6 %) y Junín con 2.688 toneladas (5 %). Otras regiones donde también hay producción de truchas, pero en menor escala, son Cusco y Ayacucho (GESTION, 2018).

Según Prom Peru (2018) gran parte del cultivo de truchas en Perú se enfoca a producir truchas denominadas "pan size", las que se caracterizan por ser de pesos que van desde los 280-400 g, las cuales tienen alta preferencia en el mercado Asiático, así mismo señala la importancia producir peces de mayor tamaño que puedan competir con los salmónidos procesados que cuentan con alta demanda en el mercado internacional.

Por ello la presente Piscifactoría, busca producir truchas que alcancen pesos mayores a los 2500 g para poder competir en el mercado internacional. Para ello busca implementar nuevas mejoras y optimizar los procesos productivos, tales como nuevas estrategias en el manejo alimentario, mejorar las tasas de crecimiento y disminuir el tiempo de producción, sobre todo si se desea lograr un desarrollo sostenible.

Una de las dificultades a las que se enfrenta en este nuevo reto, es suprimir la madurez sexual previa a la cosecha, la cual trae consigo graves problemas para la producción.

Según Guerrero (2018), la maduración sexual tiene un efecto reductor del crecimiento, a medida que se desarrolla gran parte de la energía suministrada por el alimento es destinada al crecimiento gonadal y desarrollo de las características sexuales secundarias.

Por tal motivo lo que se busca es inhibir la madurez sexual para obtener mejores resultados en crecimiento y calidad de carne en el proceso de producción. En la actualidad, aun no se implemente en el Perú tecnologías que nos ayuden a contrarrestar los efectos causados por la madurez sexual en truchas, esto debido a que aún la actividad de cultivo para este tamaño de peces no esta tan desarrollada.

El presente trabajo busca implementar el fotoperiodo como técnica para suprimir la maduración sexual previa a la cosecha, esta tecnología ya es usada en países como Noruega y Chile en cultivos de Salmones. El trabajo se desarrolló en un centro Pscicola , ubicado en la Laguna Choclococha provincia de Castrovirreyna departamento de Huancavelica, en peces en etapa de engorda los cuales posterior a la experimentación alcanzaron pesos de cosecha mayores a 2 500 g habiéndose iniciado el desarrollo del trabajo desde Julio del 2018 hasta mayo del 2019.

1.2 Objetivos

Objetivo General

Implementar el fotoperiodo artificial para suprimir la madurez sexual previa a la cosecha y mejorar el crecimiento en trucha arcoíris.

Objetivos Específicos

1) Aplicar un régimen de fotoperiodo artificial de luz continua versus un grupo de régimen de fotoperiodo natural y obtener información sobre el crecimiento e incidencia en la madurez sexual.

2) Evaluar si el fotoperiodo suprime la madurez sexual al llegar a la etapa de cosecha.

3) Establecer si existe influencia de la madurez sexual en el crecimiento.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Fotoperiodo en peces

Se puede entender al fotoperiodo como el cambio periódico de duración del día según las estaciones del año, el cual es responsable junto a otros factores (temperatura, presión atmosférica, alimento entre otros) de la madurez sexual en la mayoría de las especies de peces teleósteos, debido a que estas señales inciden directamente sobre sobre el eje cerebro-hipófisis-gónada el cual controla procesos hormonales que comandan producción y excreción de gametos (Bromage et al., 2001, citado por Mella, 2016).

2.1.1 Efecto fisiológico del fotoperiodo en peces

Los órganos receptores de la luz en los salmones son la glándula pineal y los ojos, específicamente, la retina la cual es capaz de captar longitudes de onda entre 360 a 620 nm mientras que la glándula pineal capta longitudes de onda entre 510– 540 nm, alcanzando el óptimo a los 500 nm, valores que se encuentran dentro del espectro de luz visible en los rangos de luz verde-azul (Ekstrom y Meissl, 1997; Ali et al,1961; Kraaij et al, 1998; Morita,1966; Ekstrom y Meissl, 1997, citado por Mella, 2016).

El fotoperiodo en los peces es percibido por los fotorreceptores ubicados en la glándula pineal, lo que se traduce en fluctuaciones rítmicas de melatonina, hormona clave en la percepción del día y la noche de los peces, influenciando la mayor parte de procesos fisiológicos, entre ellos, la reproducción. Estos ritmos pueden ser afectados por la intensidad de la luz y el espectro lumínico. Se ha descrito que, en salmón Atlántico, por ejemplo, la intensidad mínima requerida para inhibir la producción rítmica de melatonina es 0,016 W/m^2. (Migaud et al., 2006).

2.2 Fotoperiodo aplicado a la acuicultura

Inicialmente, la acuicultura utilizo el conocimiento de los efectos del fotoperiodo en la reproducción para poder manipular los tiempos de desoves. Producto de esta práctica se ha logrado tener cierta capacidad de controlar el desove en algunas especies de peces, lo que ha permitido a los productores poder suministrar semillas de alevinos a las granjas de engorde durante varios períodos del año incluso fuera de la temporada. En la práctica, esto ha requerido el desarrollo de métodos tanto para adelantar y retrasar el desove, idealmente en cualquier época del año. A partir de esta base de conocimientos, recientemente se han desarrollado técnicas de fotoperíodo que han permitido a las granjas de engorde retrasar o inhibir el desarrollo reproductivo y con ello evitar la madurez sexual. Esta capacidad ha sido particularmente útil para de evitar las reducciones en el crecimiento y deterioros en la calidad de la carne característicos de la maduración sexual. (Bromage, Porter, & Randall, 2000).

De acuerdo con Aragón, Martínez y Valdez (2013), la acuicultura viene ivestigando extensamen la influiencia de los factores abioticos con el objetivo de poder controlar variables en los cultivos. Se han realizado estudios para determinar la influencia del fotoperiodo sobre diferentes etapas del ciclo de vida de algunas especies. El fotoperiodo puede condicionar la capacidad de visualización del alimento, el uso de la energía derivada de la alimentación e incluso el comportamiento social de los peces en cultivo, lo cual influye tanto en el crecimiento como en la supervivencia a su vez juega un papel importante en la liberación de hormonas reproductivas y la expresión de genes que estimulan el desarrollo sexual, lo cual influye directamente en la reproducción de los peces.

2.2.1 Influencia del fotoperiodo en el crecimiento

Debido a la dotación limitada de recursos energéticos, los organismos no pueden diversificarlos para satisfacer dos o más funciones a la vez, tal como sucede con la reproducción o el crecimiento. En consecuencia, el inicio de la maduración sexual conlleva a una disminución de la tasa de crecimiento la cual se mantendrá durante el periodo reproductor, lo que alargará lo tiempos de crianza hasta llegar al tamaño comercial. Este principio ha sido el referente en acuicultura para buscar metodologías como el fotoperiodo que busquen inhibir o retrasar artificialmente el proceso reproductor para de favorecer el de crecimiento. (Carrillo, 2009).

La tasa de consumo de alimento de algunos peces puede estar condicionada por la intensidad de luz a la que los individuos se expongan, ya que de esta depende el éxito en la captura de la presa y el esfuerzo físico que el pez ejerce en la captura (Wong y Benzie, 2003; Sheng et al., 2006 citado por Aragón Flores, Martínez Cárdenas, & Valdez Hernández, 2013).

En estas especies, el consumo de alimento, la eficiencia de conversión alimenticia y la tasa específica de crecimiento fueron mayores, debido a un aumento en la actividad de los peces y a una mejor visualización del alimento (Barlow *et al.*, 1995; Simensen *et al.*, 2000; Fielder *et al*., 2002; Ergun *et al.*, 2003; Puvanendran y Brown, 2002; Biswas *et al*., 2005b citado por Aragón Flores, Martínez Cárdenas, & Valdez Hernández, 2013).

2.2.2 fotoperiodos comprimidos y expandidos

La aplicación de ciclos de fotoperiodo comprimido o expandido ha sido utilizada por la acuicultura para modificar el periodo de puesta de peces. Los fotoperiodos comprimidos son ciclos estacionales de luz menores a un año y tienen como objetivo el adelanto de la puesta. Se han venido utilizando ciclos comprimidos, típicamente de 6 o 9 meses, en varias especies de teleósteos como el salmón, la trucha, la lubina americana y europea entre otros, con adelantos de puesta entre 2 y 6 meses. En general, mientras más comprimido es el fotoperiodo más se suele adelantar la puesta. Los fotoperiodos expandidos son fotoperiodos cuyos ciclos tienen una duración más larga de un año. Se han venido utilizados fotoperíodos expandidos de 18 meses por ciclo, que han provocado retrasos de 3-6 meses en varias especies de teleósteos (Bromage y Duston, 1986; Beacham y Murray, 1993; Poncin, 1989; Blythe et al., 1994; Bon et al., 1999; Rodríguez et al., 2000; Norberg et al., 2004 citado por Carrillo, 2009).

2.2.3 Uso de luces en la manipulación artificial del fotoperiodo

Según Mella (2016), el uso de luz artificial para inducir regímenes de fotoperiodos artificiales se ha usado extensivamente en los últimos 20 años para aumentar la tasa de crecimiento, controlar la esmoltificación y manipular la reproducción en peces.

Al manipular artificialmente el fotoperiodo a través del uso de luces, la capacidad de los peces para reconocer la duración del día se enmascara y, por lo tanto, los procesos fisiológicos que inician el desarrollo de las gónadas y la gametogénesis se retrasan o adelantan dependiendo del fotoperiodo artificial sobreimpuesto (Porter *et al*., 1999; Taranger

et al., 2003 citado por Mella, 2016).

Inicialmente se utilizó luces aéreas fluorescentes o de haluro metal en la producción de salmónidos en agua dulces, no obstante, con paso del tiempo, esta herramienta comenzó a ser utilizada también en agua de mar, sobre todo los últimos cuatro a cinco años gracias al impulso que ha significado de la tecnología LED, que ha permitido contar con productos más amigables y eficientes.

Según (AQUA, 2017)el uso de la tecnología led para fotoperiodos en cultivos, viene brindando mayores ventajas en cuando al ahorro energético y la eficiencia en la producción comparado con lámparas de haluro utilizados en tradicionalmente, señala también que la tecnología led empleada por la empresa Luxmeter es capaz de generar un 40 % de ahorro energético comparado con lámparas de haluro.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1 Descripción del Centro Laboral

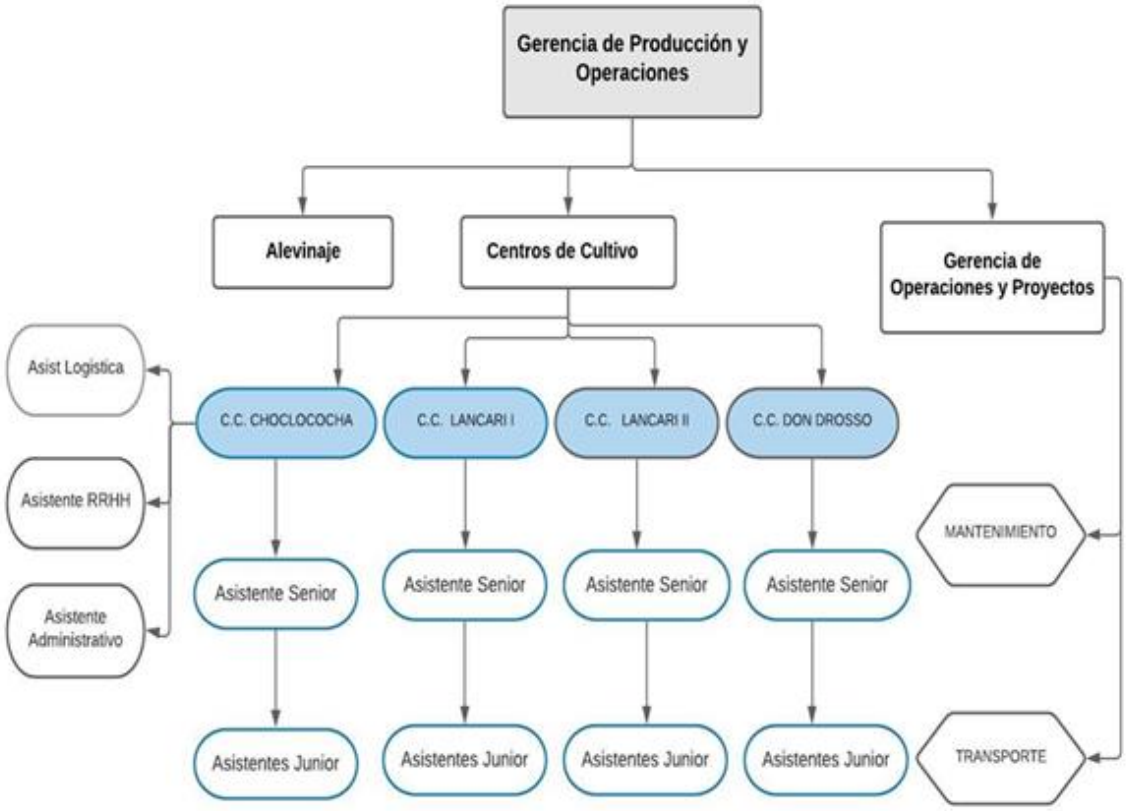
3.1.1 *Razón Social del Sector:*

a. Lugar de trabajo : Piscifactoría de cultivo intensivo de Trucha Arcoíris.

b. Sector: Producción Acuícola - Empresa cuya categoría productiva es AMYGE, Acuicultura de mediana y gran empresa.

c. Estructura organizacional

Figura 1
Organigrama estructural de producción y cultivo.



Nota: Recursos humanos Piscifactoría.

d. **Cargo desempeñado**

12/2015 al 11/2019: Asistente Senior de Producción.

12/2019 al 07/2021: Jefe de Centro de Cultivo.

3.1.1 Ubicación Geográfica

El estudio se llevó a cabo en la Laguna Choclococha, ubicada dentro del departamento de Huancavelica, en específico, dentro de los distritos de Santa Ana y de Pilpichaca (dentro de las provincias de Castrovirreyna y Huaytará respectivamente), Perú, en las coordenadas 13°11′51.43″S - 75°03′01.80″O, a una altitud de 4 605 msnm, donde se encuentra el centro de cultivo, el cual se dedica a la producción de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), desde la fase de ovas embrionadas hasta la fase de engorda.

Figura 2

Ubicación del centro de cultivo en la Laguna Choclococha.

Nota: Google hearth.

3.1.2 Infraestructura del centro de cultivo

El centro de cultivo cuenta con dos zonas de operaciones en las cuales desarrollan las actividades de producción. La primera denominada tierra, comprende un área de 1 hectárea, donde se desarrollan las actividades de hactchery, producción de hielo y cosecha. La segunda denominada laguna comprende una concesión de 20 hectáreas en las culés se disponen jaulas flotantes cuadradas de diferentes dimensiones siendo en su mayoría jaulas de 30*30 m. de acero galvanizado en las cuales se ubicaban mallas cuadradas de las mismas dimensiones, con profundidades de 12 m. El conjunto de jaulas se le denomina modulo, la experimentación

se realizó en un módulo de engorda de 10 jaulas, en las cuales se disponen truchas con pesos promedios en el rango de los 250 a 3 000 g.

Figura 3
Módulo de jaulas donde se realizó la experimentación.

3.2 Situación problemática

La empresa cuenta con más de 10 años de experiencia en el cultivo intensivo de trucha, en los cuales ha superado muchos desafíos que les ha permitido mejorar continuamente en sus procesos de crianza. Uno de los nuevos desafíos que se enfrenta, es el problema de la madurez sexual previa a la cosecha.

Son casi veintiocho meses de cultivo en los cuales la población de trucha alcanza el peso comercial de 2500 g, en el centro de cultivo, el objetivo de este peso es de poder competir en ventas con los productos obtenidos de salmones en el mercado internacional. Llegado al peso requerido se procede a cosecharlas y a enviarlas a la planta procesadora ubicada en Lima. Se ha observado que pasado los 2000 g, la población de truchas tiende a iniciar el proceso de maduración sexual, lo que conlleva a tener pérdida de calidad en los ejemplares afectados, se observa en sus inicios reducción de crecimiento, pérdida de calidad en el musculo y oscurecimiento de la piel. Los filetes obtenidos de la trucha con madurez sexual tienen la característica flacidez, perdida de color asalmonado, |separación de paquetes musculares así mismo se observa pérdida de calidad a nivel externo, la piel se oscurece perdiendo el color plateado característico de la cepa, todo ello se traduce en pérdidas económicas a nivel de ventas.

La empresa viene buscando diversas técnicas que le permitan suprimir en cierto grado la madurez sexual de las truchas previa a la cosecha, como son manejo de ciertas dietas en la alimentación, trabajar con un determinado tipo de cepa de trucha, identificación y retiro de macho dentro de la población etc.

3.3 Propuesta de Solución

Frente a este problema de la madurez sexual se propuso utilizar el fotoperiodo como técnica que permitiría retrasar la maduración sexual, por consiguiente evitar la pérdida de calidad del producto y mejorar el crecimiento. Esta técnica se viene usando con grandes resultados para cultivo de salmónidos en países como chile y noruega.

Manejar la entrega de luz a los salmones en cultivo, es una técnica que se utiliza comúnmente en varias etapas de la salmonicultura. Adelantar o retrasar desoves en peces reproductores, manejar la entrega de alimento en la etapa de alevinaje, hacer "smoltificar" a un pez en épocas en que por su naturaleza no lo haría, y por último en la fase de engorda de los peces, se manipula el fotoperíodo con fines de adelantar el crecimiento y retrasar madurez sexual (Aquanoticias, 2002 ; Duston *et al*., 2003).

Para tal experiencia se utilizó una población de truchas en etapa de engorda, que para fines productivos en la empresa se caracterizan por tener más de 200 g de peso. Esta experiencia se desarrolló en los años 2018-2019, finalizando con la cosecha y procesamiento de los ejemplares.

Para el presente trabajo se experimentó con un fotoperiodo de 24 horas de luz (12 horas de luz natural y 12 horas de luz artificial) para obtener como respuesta una alteración en el ciclo sexual, maximizar el crecimiento y evitar pérdidas de calidad en el musculo.

3.4 Aplicación de la Propuesta del Fotoperiodo

3.4.1 Material Biológico

Se trabajó con la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), con la cepa de denominación Trachsel, la cual tiene como característica principal madurar en un tamaño entre 1,5 y 2 kg.

Figura 4
Ejemplar de trucha arcoíris (Orcorhynchus mykiss) de la cepa Trachsel.

3.4.2 Procedimiento

Se utilizó una población de 83 344 truchas de cepa Trachsel con peso promedio de 706 g, las cuales se dividieron el día 26/06/2018 en dos grupos y en densidades iguales mediante desdoble y conteo insitu. Los grupos de peces formados pasaron a dos jaulas dentro del módulo 400 (jaula 401 y jaula 409).

3.4.3 Tratamiento

Parar la experimentación en la jaula 401 se aplicó fotoperiodo artificial de 24 horas de luz (12 horas de luz natural y 12 horas de luz artificial), utilizando para ello lámparas led de intensidad de luz de 600 watts; mientras en la jaula 409 sirvió de control y no se utilizó ninguna lampara solo la luz natural.

Figura 5

Esquema de distribución de la jaula con fotoperiodo y la jaula control

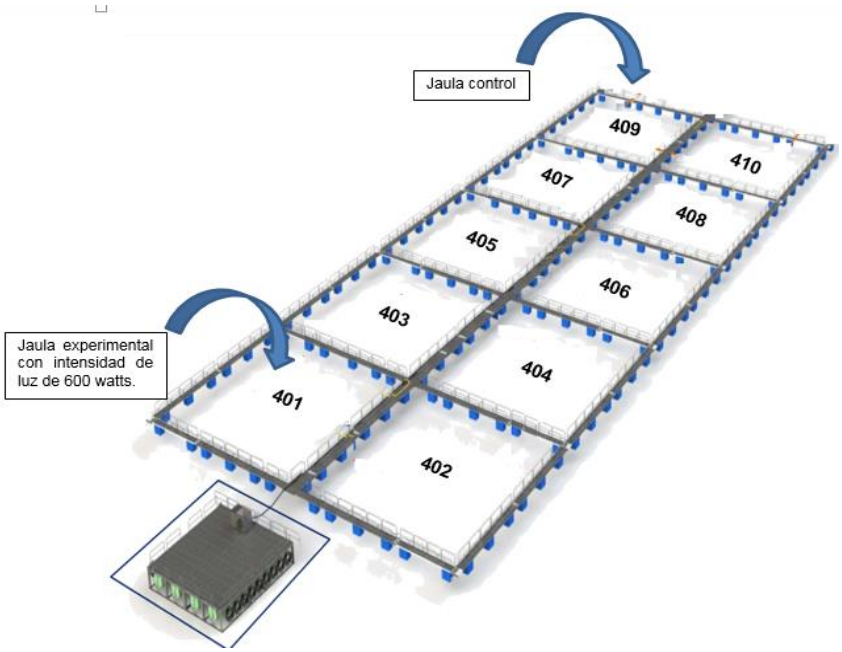


Tabla 1

Condiciones de fotoperiodo en la experimentación.

Tratamiento	Fotoperiodo	Intensidad luz (watts)	Alimentación automática
Control (jaula 409)	Natural Lat. 13° 10’ S	0	Alimentación en dos raciones 8:00 am-4:00pm.
Experimental (jaula 401)	24 horas de luz	600	Alimentación en dos raciones 8:00 am-4:00pm.

3.4.4 Luz empleada en la prueba

La glándula pineal es el órgano más importante para la detección de luz en peces, es sensible a intensidades de luz desde los 10-5 lux y es probablemente más sensible para luces con longitudes de onda entre los 450 y 550 nm (azul-verde) (Guerrero, 2018) . La luz natural de la superficie, o una fuente lineal de luz, se atenuará con la distancia a medida que se aleja

desde la fuente, sin embargo, en la iluminación artificial en jaulas se utiliza normalmente varias fuentes puntuales de luz. En la actualidad, se utilizan diversos sistemas de iluminación en pisciculturas, entre ellos los haluros metálicos, tubos fluorescentes y leds (Storset *et al*., 2014).

Las luces LED utilizadas para la prueba experimental fueron lámparas de la marca Luxmeter de procedencia chilena, de 600 watts, en color verde. En total se utilizaron 9 lámparas, ubicadas uniformemente en la jaula a una profundidad de 4 m (experiencia adquirida de la empresa en Chile) por debajo de la superficie.

Tabla 2
Características de las Luces Led Luxmeter

Características	
Tipo	Led Lamp 600 W Dimer
Consumo	600 W
% Eficiencia luminosa	125 LM x W
Lúmenes Lux	75,000 LM
Tamaño (L x D x H)	22 x 22 x 40 cm
Voltaje entrada AC	AC 85 - 305 V
Color	Verde 510 - 570 NM

Figura 6
Lámpara de luces led utilizas en la experimentación.

Figura 7
Luces encendidas en la jaula con fotoperiodo.

3.4.5 Alimentación

Se debe tener en cuenta que en todo centro de cultivo de truchas una de las labores principales es la alimentación ya que representa aproximadamente el 50 % del costo de producción por ello se requiere de planificación, supervisión y manejo de estrategias para una correcta realización. El uso eficiente se puede traducir en una importante disminución en los costos de producción (Morales, 2004).

Durante la experimentación ambas jaulas se alimentaron con dieta comercial Skretting de calibres 6 y 9 mm correspondientes a la etapa de engorda, el tipo de calibre fue variando según el aumento de peso.

El manejo de la alimentación se realizó de la siguiente manera:

3.4.5.1 Planificación

Un día antes de la alimentación de las truchas, se designó la cantidad de alimento que se suministraran, este cálculo se basó en la biomasa existente, la tasa de alimentación específica (TAE) y el peso promedio de cada una de las jaulas. El alimento calculado se suministró por medios de tiempos máximos y mínimos por kilos dependiendo de los valores pellet por pez por minuto (p/p/m).

Para los cálculos se utilizaron las siguientes formulas (Toledo, 2005):

$$\mathbf{TAE} = \frac{(\text{Cantidad alimento entregado (kg)})}{Biomasa\ por\ jaula(kg)} \times 100$$

$$\textbf{Biomasa} = \frac{(N * Pm)}{1000}$$

Donde:

N: número de truchas en la jaula

Pm: peso promedio (g)

3.4.5.2 Manejo de estrategias

El alimento calculado para cada una de las jaulas se dispuso según estrategias establecidas, para peces menores a 1 000 g se les suministro en tres raciones mientras que los peces mayores a este peso en dos raciones.

La entrega del alimento dependió de las condiciones medioambientales de la lagua, como el nivel de oxígeno en el día, el valor mínimo de oxígeno disuelto utilizado para iniciar la alimentación fue de 4.2 mg/l(este valor se designado por experiencia de la empresa).

La alimentación en ambas jaulas se realizó por medio de un equipo semi automático denominado AKVA Basic, el cual basa su funcionamiento en la entrega de alimento por medio de mangueras en la cuales fluye el alimento a través de aire a alta presión, este finaliza en un tubo contorneado denominado dispersor donde los pellets son rociados en un radio de 5 a 8 m.

El alimento se dosifico en tiempos definidos o llamado también Tasa de Entrega de alimento, que refleja la cantidad de alimento que les suministramos a los peces durante una unidad de tiempo. Esto puede ser medido en kilogramos por minuto (kg / min) o bien en:

- *Kilogramos por tonelada por minuto (k/ton/min):* este índice está relacionado directamente con la biomasa presente en la jaula de cultivo. Significa que expresará la cantidad de alimento suministrado a la biomasa de peces en un tiempo de un 1 minuto.

- *Pellet por pez por minuto (p/p/m):* Este índice depende directamente de la cantidad de pellets presente en 1 kilogramo de alimento que se le está suministrando a la jaula en cuestión, es vital conocer este valor para que la tasa entregue una correcta lectura. Este índice expresa la cantidad de pellets que se le suministrará a cada pez en 1 minuto.

Figura 8
Equipo de alimentación AKVA Basic.

Figura 9
Sistema de mangueras del esquipo AKVA Basic.

Figura 10
Alimentación por medio del sistema AKVA Basic.

3.4.5.3 Supervisión

La alimentación se superviso por medio del personal del centro de cultivo, se utilizó equipos como cámaras sumergidas y monitores conectados a ellas. La profundidad escogida para vigilancia fue de 4 m por debajo de la superficie, por experiencia gran parte del cardumen de truchas se desenvuelven a esta profundidad. La alimentación del día concluyo al observar por medio del monitor inapetencia del cardumen, esto se identifica al observar pasar cierta cantidad de piensos (1 a 5) por la cámara, con ello reducimos perdida de alimento.

La información de la cantidad de alimento que consumió cada una de las jaulas, fue brindada por el personal operario del equipo AKVA Basic, información que se registró en planillas de producción diarias

Para evaluar la correcta entrega del alimento así como su aprovechamiento se utilizó el factor de conversión alimenticia fue calculado por la siguiente ecuación (Stead & Laird, 2002) :

$$\textbf{FCA} = \frac{Peso\ de\ alimento\ consumido\ sobre\ un\ tiempo\ dado\ (kg)}{Incremento\ de\ peso\ del\ pez\ en\ el\ mismo\ tiempo\ (kg)}$$

Figura 11
Monitoreo de la alimentación con cámaras sumergidas y monitores.

Figura 12
Imagen de la cámara sumergida durante el monitoreo de la alimentación.

3.4.6 Muestreos

Para realizar el muestreo se utilizó una malla cuadrada de arrastre de cocada 1,5 pulgadas y dimensiones de 5 x 5 m., junto con el personal operario se procedió hacer el lance para la obtención de la muestra, los peces recolectados fueron trasladados hacia la esquina de la jaula y por medio de carcales fueron colocados en contenedores (bins), el cual tenía una mezcla de agua propia de la laguna y eugenol como anestésico para peces (FL – 5196, Aromas del Perú). El anestésico se administró a través de inmersión de los peces por algunos minutos en una solución de 4 ml de Eugenol por cada 140 l de agua. Una vez anestesiados los peces, son pesados con una balanza electrónica modelo SUPER SS de capacidad 6 kg con ± 1 g de precisión. El número de peces muestreados son de 250 - 400 ejemplares para cada jaula, luego del muestreo los peces son devueltos a sus jaulas respectivas.

Figura 13
Personal del centro de cultivo realizando muestreo de peso y talla.

Los muestreos se programaron cada 30 días, pero no llegaron a concretarse en ese lapso por condiciones ambientales adversas de oxígeno y viento, en la mayoría de los casos se trató de cumplir en el lapso establecido, como se describe en la Tabla 3.

3.4.6.1 Madurez sexual

Para evaluar la maduración sexual, se envió muestras a la planta procesadora ubicada en Lima, las muestras se trasladaron dentro de bins con mezcla de agua con hielo. Se analizaron las gónadas y peso promedio de los peces para calcular el índice gonadosomático (IGS).

El índice Gonadosomático fue calculado usando la siguiente ecuación (Nikolsky,1963 citado por Alarcon *et al*, 2004)

$$\mathbf{IGS} = \frac{\textbf{Peso de la gónada}}{\boldsymbol{Peso\ del\ cuerpo\ del\ pez.}} \times \mathbf{100}$$

Para clasificar el grado de madures de los peces se utilizó como base el artículo "La intensidad de la luz afecta el crecimiento y la maduración sexual del salmón del Atlántico (Salmo salar) tras la muda en jaulas marinas" (Oppedal *et al*., 1997), donde con un IGS < 0,30 % y con un peso de la gónada inferior a 14 g serán considerados inmaduros.

Tabla 3
Fechas de muestreos para la experimentación

Fecha	Muestreo	Lugar de muestreo
07/07/2018	M1	Centro de cultivo
19/08/2018	M2	Centro de cultivo
18/09/2018	M3	Centro de cultivo
18/10/2018	M4	Centro de cultivo
20/11/2018	M5	Centro de cultivo
19/12/2018	M6	Centro de cultivo
25/01/2019	M7	Centro de cultivo
25/02/2019	M8	Centro de cultivo
08/03/2019	M9	Planta procesadora
14/04/2019	M10	Planta procesadora
17/05/2019	M11	Planta procesadora

El crecimiento de los peces fue evaluado según la tasa de crecimiento específico (TCE), expresada como porcentaje diario de crecimiento en peso (g), para calcular la TCE fue utilizada la siguiente ecuación (Priede & Secomber, 1988) :

$$\mathbf{T.C.E} = \frac{\left((\mathbf{Ln}\, \boldsymbol{W_2} - \mathbf{Ln}\, \boldsymbol{W_1})\right)}{(\boldsymbol{t_2} - \boldsymbol{t_1})} \times \mathbf{100}$$

Donde; **Ln** es el logaritmo natural, $\boldsymbol{W_2}$ es el peso promedio final del grupo en el tiempo $\boldsymbol{t_2}$, y $\boldsymbol{W_1}$ es el peso promedio inicial en el tiempo $\boldsymbol{t_1}$.

La relación entre el peso y la longitud del pez se hizo según el índice de condición Fulton (K) (Ricker, 1975) y fue calculado utilizando la siguiente fórmula:

$$\mathbf{K} = \frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{L^3}} \times \mathbf{100}$$

Donde; **W**: es el peso en gramos y **L**: es la longitud en centímetros de cada pez.

3.4.7 Temperatura y oxigeno

Todos los días durante la mañana se midió la temperatura y oxigeno de las jaulas incluidas en el experimento, el registro se realizó a 4 m de profundidad, para esto se utilizó el equipo multímetro portátil HQ40D, el cual trae incorporado un sensor de temperatura y de oxígeno, los datos son registrados y guardados en el propio equipo, para luego ser procesados en planillas diarias en una hoja de cálculo de Excel.

3.4.8 Extracción de mortalidad

Los peces muertos fueron recolectados diariamente por medio de un equipo de extracción modelo Lift Up importado de Chile. Este equipo basa su funcionamiento en la succión de peces muerto mediante la generación de vacío, con ello se logra reducir la mortalidad por stress de manipulación.

En el fondo de cada malla cónica se ubica un cono de aproximadamente 700 kg el cual cumple la función de tensar la malla y recolección de peces muertos, en la boca del cono se conecta una manguera de 8 pulgadas por donde viajaran los peces muertos hacia la superficie de las jaulas donde se depositarán en contenedores, para que se pueda generar la succión una manguera de ½ pulgada, lleva aire comprimido desde un compresor en la superficie hacia la

boca del cono, con ello se genera vacío en la manguera de succión.

La recolección de peces muertos se realizó dos veces al día en cada una de las jaulas y los datos son registrados en formatos de producción.

La tasa de mortalidad se calculó mediate la siguiente ecuación (Toledo, 2005):

$$\textbf{\% Mortalidad} = \frac{\textbf{N° de peces muertos}}{\boldsymbol{N° \ total \ de \ peces}} \times \mathbf{100}$$

$$\textbf{Mortalidad acumulada} = \frac{\Sigma \ \textbf{mortalidad}}{\boldsymbol{N° \ inicial \ de \ peces}} \times \mathbf{100}$$

3.4.9 Cosecha

Alcanzado el peso promedio objetivo que generalmente fluctúa entre los 2 500 a 3 000 g, se dio inicio al proceso a cosecha. Las truchas en experimentación se mantuvieron en ayuno por 4 días previo a la cosecha.

Las truchas fueron trasladas desde la jaula de origen en la laguna hacia la zona de matanza ubicada en tierra, para lo cual se utilizó jaulas móviles y una embarcación. La cantidad de truchas por viaje fue de 3000 ejemplares, las cuales fueron acopiadas una jaula provisional ubicada en la orilla de la laguna, posteriormente fueron succionados por medio de bombas de vacío y conducidos por medios de mangueras hacia la zona de matanza a una velocidad de succión promedio de 60 truchas por succión.

Ya en la zona de matanza las truchas fueron inmovilizadas por medio de un martillo hidráulico llamado “stuner”, que genera un golpe a nivel de la cabeza del pez, luego se procedió al corte de agallas para un posterior desangrado. Las truchas desangradas fueron trasladadas hacia contenedores isotérmicos que contuvieron una mezcla de agua y hielo.

Los contenedores isotérmicos fueron llenados con 200 unidades de truchas aproximadamente. Una vez alcanzado esta cantidad fueron rotulados, codificados y pesados para mantener la trazabilidad del proceso.

Los contenedores fueron trasladados hacia la planta de proceso ubicado en la ciudad de Lima, en el la cual se realizó los análisis de pesos finales y madurez sexual.

Figura 14

Personal del centro de cultivo en la zona de matanza.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

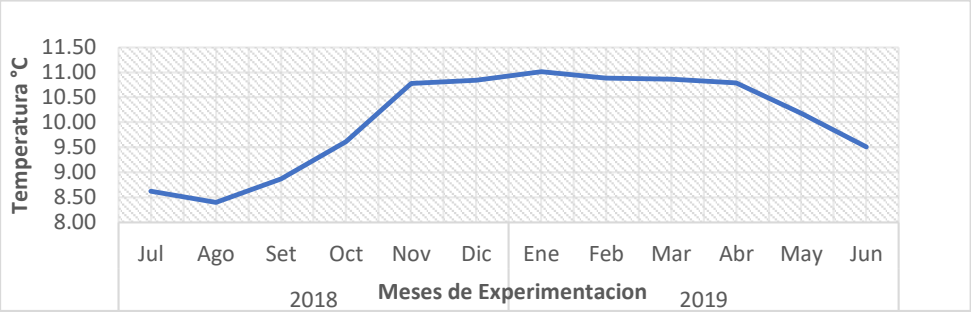
A nivel nacional existen pocos estudios, a la vez los datos son de uso exclusivo de las empresas que los realizan, por lo tanto, no son de dominio público. Los trabajos de fotoperiodo en peces de fase de engorda existentes, son en su gran mayoría de origen europeo, principalmente noruegos y también norteamericanos (mayoritariamente canadienses), en donde existe una gran variabilidad en cuanto a las condiciones de cultivo, especies y/ o cepas utilizadas.

4.1.1 Temperatura

Es ampliamente conocido que la temperatura óptima para obtener un buen crecimiento en especies salmónidas es aproximadamente 13 º C (Perez, 1999). Así mismo el National Institute of Nutrition and Seafood Research, (NIFES), realizaron un análisis durante un período de 45 días, donde las tasas de crecimiento de salmones adultos fueron medidas a temperaturas de 13, 15, 17 y 19 °C. La tasa de crecimiento de los especímenes, a los 19 °C, cayó en más de un 20 % comparada con los ejemplares mantenidos a 13 °C, mientras los salmones cultivados a esta última temperatura registraron las mayores tasas de consumo de alimento y crecimiento (Salmonexpert, 2018).

En la Figura 14, muestra la variación de temperatura en el centro de cultivo (laguna Choclococha), cada valor corresponde al promedio de temperatura medido para las diferentes jaulas a 4 m de profundidad. En el gráfico se ve un marcado patrón estacional en la temperatura, este obedece a los cambios en la radiación solar propios de cada estación del año, alcanzando valores más bajos en invierno y sus mayores temperaturas en primavera y principio de verano. Se observa que los valores de temperatura más altos están comprendidos entre los meses de Setiembre - abril, donde en promedio se obtuvo un valor de 10,85 °C, aunque ello no se acerca al valor óptimo de temperatura para esta especie (13 °C) si se puede destacar que en estos meses los valores de TCE en su mayoría fueron los más altos.

Figura 15
Registros de temperatura durante los meses de experimentación.



4.1.2 Mortalidad

En la Tabla 4, se detallan las mortalidades obtenidas durante la experimentación para la jaula control y la jaula con fotoperiodo. El porcentaje de mortalidad acumulada más alta fue de 5,92 %, que corresponde a la jaula control, mientras que para la jaula con fotoperiodo fue de 3,75 %.

La menor tasa de mortalidad se encontró en la jaula con fotoperiodo lo que se asemeja a lo descrito por Kossmann,(1992), en donde las mortalidades encontradas para peces pre-smolts de agua dulce, disminuían cuando se les aplicaba fotoperiodo artificial.

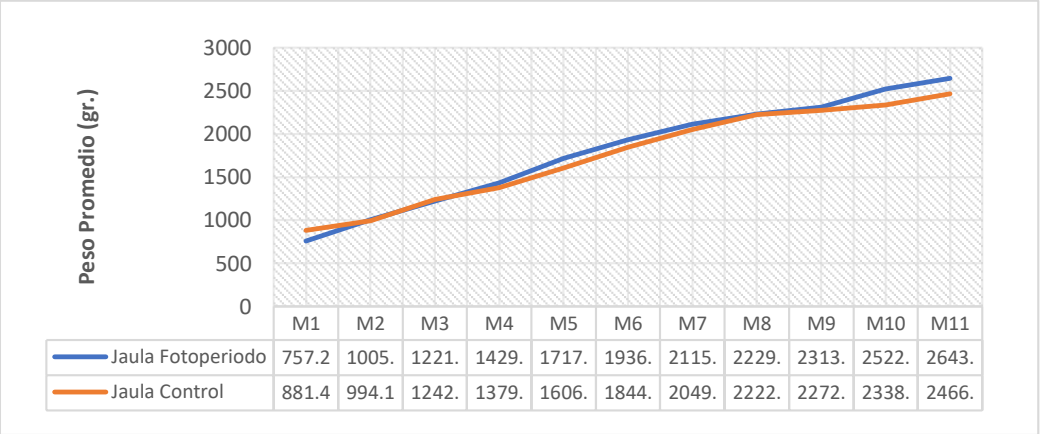
Tabla 4
Porcentaje de mortalidad durante la experimentación.

Fecha	Muestreo	Mortalidad % fotoperiodo	Mortalidad % jaula control
19/08/2018	M2	0,07	0,18
18/09/2018	M3	0,03	0,15
18/10/2018	M4	0,21	0,35
20/11/2018	M5	0,34	0,46
19/12/2018	M6	0,31	0,61
25/01/2019	M7	0,63	1,09
25/02/2019	M8	0,62	1,23
08/03/2019	M9	0,19	0,25
14/04/2019	M10	0,33	0,65
17/05/2019	M11	1,02	0,94
	TOTAL	3,75	5,92

4.1.3 Crecimiento y tasa de crecimiento específica (TCE)

Según la Figura 15, los mejores resultados de crecimiento en peso fueron obtenidos en la jaula con fotoperiodo artificial, el peso promedio final de cosecha proporcionado por la planta en Lima fue de 2 936,2 g para la jaula con fotoperiodo mientras que para la jaula control fue de 2 775,0 g. Cabe resaltar que en el primer muestreo se observa que la jaula control presentó mayor peso promedio que la jaula con fotoperiodo (881,4 y 757,2 g respectivamente), esto se puede deber a que gran parte de la población de peces con mayor peso se quedaron en la jaula control en el momento de realizar el desdoble, dando como consecuencia un aumento en el peso promedio de dicha jaula.

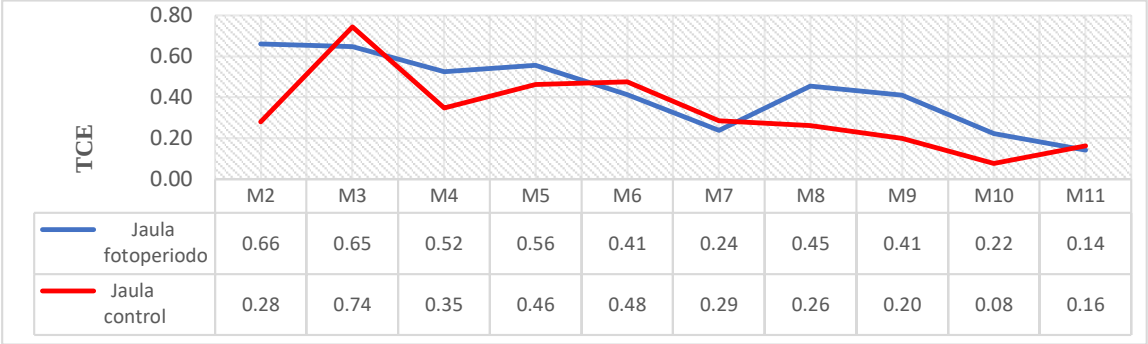
Figura 16
Registros de pesos promedios según muestreos en el centro de cultivo.



	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
Jaula Fotoperiodo	757.2	1005.	1221.	1429.	1717.	1936.	2115.	2229.	2313.	2522.	2643.
Jaula Control	881.4	994.1	1242.	1379.	1606.	1844.	2049.	2222.	2272.	2338.	2466.

La Fig. N°16, muestra los valores de TCE obtenidos en la experimentación, los cuales fueron disminuyendo respecto al aumento de peso para ambas jaulas. La jaula con fotoperiodo muestra los mejores valores de TCE en 6 de los 10 muestreos, teniendo como máximo valor 0.66 (muestreo M2), lo cual se asemejan a los resultados reportados para salmones del atlántico cultivados en agua dulce (Saunders *et al.*, 1985; Saunders y Henderson, 1988; McCormick *et al*., 1987; Solbakken *et al*., 1994; Stefansson *et al.*, 1990; 1991; 1993 citado por Piñeiro, 2006) y salmones postsmolt cultivados en estanques en tierra, con agua de mar (Saunders y Henderson, 1988; Kråkenes et al., 1991 citado por Piñeiro, 2006).

Figura 17
Registros TCE promedios durante los muestreos



	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
Jaula fotoperiodo	0.66	0.65	0.52	0.56	0.41	0.24	0.45	0.41	0.22	0.14
Jaula control	0.28	0.74	0.35	0.46	0.48	0.29	0.26	0.20	0.08	0.16

La prueba se llevó a cabo en los meses de Julio (2018) a Mayo (2019), en este rango de meses incluye las estaciones del año de primavera – invierno, en los cuales la jaula con fotoperiodo tuvo los mayores índices de crecimiento, esto se relaciona con lo descrito por (Oppedal *et al.*, 1997), en donde peces expuestos a fotoperíodos artificiales largos durante el invierno y primavera, dieron como resultado un incremento en la tasa de crecimiento. Este efecto puede ser explicado posiblemente por el ajuste del ritmo endógeno de los peces, que controla estacionalmente los patrones de crecimiento en el salmón y/o por crecimiento directo por foto estimulación (Krakenes *et al.*, 1991;Oppedal *et al*.,1997).

4.1.4 Factor de Conversión (FCA)

La tabla 5 muestra los FCA obtenidos durante la experimentación para ambos tratamientos, en promedio durante todos los muestreos la jaula con fotoperiodo artificial obtuvo un valor de 1,17 mientras que la jaula control 1,29. No se observa diferencia marcada de FCA entre ambos tratamientos, por lo tanto se puede deducir los peces utilizados en la experimentación tuvieron similar desempeño en al convertir alimento en masa corporal. Resultados similares obtuvo Piñeiro (2006) al trabajar el efecto del fotoperiodo con salmones del atalntico, encontrando que no exite diferencian significatifa en cuanto a valores de FCA entre salmones sometidos a diferentes fotoperiodos comparados con salmones sometidos a fotoperiodos naturales.

Los resultados promedios de FCA para ambos tratamientos fueron cercanos a uno Según Cho (1992), los cálculos de alimento deben ser razonables para las diferentes condiciones de acuicultura porque una pobre eficiencia alimentaria genera desventajas económicas, siendo aceptable un FCA próximo a 1 (Austreng, Storebakken, & Asgard, 1986; FONDEPES, 2014).

Según la experiencia obtenida en el centro de cultivo, el tipo de dieta, el tamaño de los pellets, y el manejo de estrategias de alimentación son claves para un correcto aprovechamiento del alimento. Aun cuando se usan las mejores dietas, equipos y stocks genéticos, la tasa de crecimiento y el factor de conversión (FCA) pueden ser muy pobres si el pez no es alimentado apropiadamente (Stead & Laird, 2002).

Tabla 5
Valores de FCA durante la experimentación

	Muestreo									
Tratamiento	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
Jaula fotoperiodo	1,14	1,19	1,19	0,98	1,33	1,19	1,23	1,13	1,26	1,15
Jaula control	1,85	0,99	1,79	1,16	1,05	1,17	1,27	1,05	1,61	1,02

4.1.5 Factor de condición de Fulton (K)

En la Tabla 6, se muestran los valores de condición de Fulton (K) para los muestreos, solo se muestran estos valores hasta el muestreo M8, todos ellos realizados en el centro de cultivo, los muestreos M9, M10, M11 y M12 realizados en la planta procesadora, solo brindaron datos de peso y IGS.

Tabla 6
Valores de K durante la experimentación

	Factor de condición Fulton (K)							
Tratamiento	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Jaula fotoperiodo	1,77	1,80	1,91	1,89	1,89	1,89	1,95	1,93
Jaula control	1,87	1,78	1,69	1,81	1,81	1,85	1,89	1,77

Froese (2006), menciona que: “el factor de condición comúnmente designado como K, es utilizado para comparar la "condición" o "bienestar" de un pez o población, basándose en que los peces de mayor peso, a una determinada longitud, presentan una mejor condición.”

Los valores que se muestra para la jaula con fotoperiodo tienen como valor minino de 1,77 hasta un valor máximo de 1,95, mientras que la jaula control presenta como valor mínimo de 1,69 y un valor máximo de 1,89. Ante estos valores se puede evidenciar mejor la condición de los Valores K y según lo mencionado líneas arriba por (Froese, 2006), teniendo

mejores valores de K en la a jaula con fotoperiodo respecto a la jaula Control, se puede traducir una mejor condición de crianza.

4.1.6 Incidencia de maduración sexual:

En la Tabla 7, muestra los resultados maduración en base a los análisis de IGS realizados a la muestra de truchas enviadas a la planta procesadora por las características de cepa, todas las truchas muestreadas fueron hembras.

Se puede apreciar que la incidencia de ejemplares maduros en la jaula con fotoperiodo fue de 2,08 %, mientras que la jaula control muestra una incidencia de ejemplares maduros de (9,58 %).

Tabla 7

Datos de porcentajes de incidencia de maduración.

Tratamiento	Cantidad de muestra	Total de maduros	% Maduros
Jaula fotoperiodo	240	5	2,08
Jaula control	240	23	9,58

En un estudio realizado por Duncan *et al*. (1999) también encontró resultados similares, respecto a una baja incidencia en la maduración sexual en peces que habían sido expuestos a luz continua adicional por más de 6 meses.

Una reducida incidencia en la maduración sexual en grupos de peces expuestos a fotoperíodo artificial comparados con peces expuestos a fotoperíodo natural está de acuerdo con lo encontrado con Hansen *et al.* (1998) y Taranger *et al.* (1998). Ellos explican que esta reducida incidencia en la maduración sexual en los grupos LL (fotoperíodo artificial) puede deberse a un fotoperíodo avanzado y se ha postulado "un periodo decisión" durante el invierno y el comienzo de la primavera previamente sugerido para salmones (Duston & Bromage, 1988).

La maduración sexual en el salmón cultivado antes de la cosecha en agua salada es indeseable para los acuicultores, ya que está asociada con una demora en el crecimiento y una disminución en la calidad de la carne, que reduce el valor comercial (Stead *et al*., 1999).

4.2 Beneficio obtenido

El desarrollo de esta experiencia sirvió como antecedente para ser tomado en cuenta en una futura aplicación del fotoperiodo como parte del manejo en la crianza de truchas en etapa de engorda en el centro de cultivo, así mismo permitió conocer las ventajas y las dificultades que contraria el uso de esta.

La aplicación del fotoperiodo permitió conocer desde el punto de vista productivo el comportamiento de las truchas frente a regímenes de luz continua y los posibles beneficios que se tendría en el ámbito de maduración sexual y crecimiento.

Para la aplicación del fotoperiodo no fue necesario el empleo de nuevos manejos de crianza y nuevas estrategias de alimentación, por lo que su aplicación en las demás jaulas de engorda se hace factible.

En cuanto a las dificultades observadas en la aplicación del fotoperiodo, resalta la adecuación de espacio dentro de las jaulas cultivo para que pueda colocar los equipos de luz, tableros de control y generadores eléctricos así mismo es necesario tener personal capacitado para su mantenimiento.

V. CONCLUSIONES

- Los conocimientos adquiridos durante los años de estudio en la Universidad Agraria La Molina ayudaron a brindar una propuesta para la solución de la problemática encontrado en la empresa en donde se desarrolló la experiencia profesional.

- Las truchas sometidas a fotoperiodo artificial tuvieron mayor crecimiento en peso que la jaula control al final de la experiencia, el cual se hace notorio con los resultados obtenidos en los muestreos de agosto a noviembre.

- Las truchas expuestas a un fotoperiodo artificial mostraron mayores valores de condición de Fulton (K) teniendo como minino de 1,77 hasta un valor máximo de 1,95, mientras que la jaula control presentó un valor mínimo de 1,69 y un valor máximo de 1,89; siendo una evidencia de una mejor condición de crianza.

- Las truchas sometidas a fotoperiodo artificial presentaron menor incidencia de maduración respecto a la jaula control (2,08 % y 9,58 % respectivamente).

VI. RECOMENDACIONES

- Se debe aplicar más grupos experimentales, con diferentes intensidades de luz, con la finalidad de encontrar la idónea para suprimir la madurez sexual y aumentar el crecimiento, en esta experiencia solo se trabajó con lámparas sumergibles de 600 watts.

- Se experimentó con el fotoperiodo de 24 horas de luz, los resultados obtenidos podrían variar aplicando más horas de luz, por tal motivo se recomienda realizar más pruebas a diferentes exposiciones de luz.

- Se recomienda llevar un mantenimiento estricto de las lámparas de fotoperiodo, de esta manera evitamos mortalidad por stress si dejaran de funcionar.

- Se debe realizar la experimentación con distintos tipos de cepas de trucha arcoíris, ya que los resultados obtenidos fueron para la cepa Trachsel.

VII. BIBLIOGRAFIA

Alarcon, C., Cubillos, L. y Oyarzun, C. (2004). Influencia del tamaño de la hembra en la duración e intensidad de la actividad reproductiva de Merluccius gayi gayi en la zona centro-sur de Chile. *Investigaciones marinas, 32*(2), 59-69. doi: 10.4067/S0717-71782004000200005

AQUA. (2017). *Luces para fotoperiodo: Irrupcion de la tecnologia led.* AQUA.(206),40-42. https://issuu.com/revistamch/docs/aqua_206.

Aragón, E., Martínez, L. y Valdez, E. (2013). Efecto del fotoperiodo en peces de consumo cultivados en distintos tipos de sistemas experimentales. *Bio Ciencias*, *3*(1), 19-25. doi: 10.15741/revbio.03.01.03

Austreng, E., Storebakken, T. y Åsgård, T. (1987). Growth Rate Estimates for Cultured Atlantic. *Aquaculture*. *60*(2), 157-160. doi: 10.1016/0044-8486(87)90307-3

Bárður K. (2004, 1 de abril). *Fotoperiodo Control & Monitoreo de Camara* [diapositivas de PowerPoint]. Slideplayer. https://slideplayer.es/slide/1102814/

Bromage, N., Porter, M. y Randall, C. (2000). The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture, 191*(2001), 64-90. doi: 10.1016/S0044-8486(01)00583-X

Carrillo, M. A. (2009). *La reproduccion de los peces: Aspectos basiscos y su aplicacion en la acuicultura.* Madrid, España:CSIC.

Duston, J. y Bromage, N. (1988). The entrainment and gating of the endogenous circannual rhythms of reproduction in the female rainbow trout (Salmo gairdneri). *Journal of Comparative Physiology A, 164*(2), 259-268. doi: 10.1007/bf00603956

Ekstrom, P., & Meissl, H. (1997). The pineal organ of teleost fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, *7*(2), 199-284. doi: 10.1023/a:1018483627058

FONDEPES. (2014). *Manual de crianza de trucha en ambientes convencionales*. https://rnia.produce.gob.pe/

Froese, R. (2006). Ley del cubo, factor de condición y relación peso-longitud: historia, metanálisis y recomendaciones. *Revista de Ictiología Aplicada*, *22*(4), 241-253. doi: 10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x

Guerrero, E. (2018, 24 de febrero). *Uso continuo de luz artificial para suprimir madurez sexual previo a la cosecha y mejorar el crecimiento en salmón del Atlántico*. Salmonexpert. https://www.salmonexpert.cl

Jobling, M. (1987). Crecimiento de charr ártico (Salvelinus alpinus L.) en condiciones de luz y temperatura constantes. *Acuicultura*, *60*(3 a 4), 243-249. doi: 10.1016/0044-8486(87)90291-2

Kossmann, H. (1992*). Manipulación del fotoperíodo y la temperatura para la obtención de smolts precoses de salmón del atlántico (Salmo salar)*. (Tesis de Pregrado). Universidad Austral de Chile, Vladivia, Chile.

Krakenes, R., Hamsen, T., Stefansson, S. O. y Geir Lasse Taranger. (1991). La luz continua aumenta la tasa de crecimiento del salmón del Atlántico (Salmo salar L.) tras la muda en jaulas marinas. *Acuicultura, 95*(3-4), 281-287. doi: 10.1016/0044-8486(91)90093-m

Mella, V. (2016*). Uso del fotoperiodo en el manejo reproductivo: fisiología y aspectos prácticos*. I+D Salmonexpert pp. 40-44. Chile.

Migaud, H., Taylor, J., Tarange, G., Davie, A., Cerd, J., Carrillo, M., Hansen, T. y Bromage, N. (2006). A comparative ex vivo and in vivo study of day and night perception in teleosts species using the melatonin rhythm. *Journal of Pineal Research, 41*(1),42-52. doi: 10.1111/j.1600-079X.2006.00330.x

Morales, G. (2004). *Crecimiento y eficiencia alimentaria de trucha Arcoiris (Oncorhynchus mykiss) en jaulas bajo diferentes regimenes de alimentacion*. (tesis de pregrado). Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

Oppedal, F., Taranger , G. L., Juell, J. E., Fosseidengen, J. E., y Hansen, T. (1997). La intensidad de la luz afecta el crecimiento y la maduración sexual del salmón del Atlántico (Salmo salar) tras la muda en jaulas marinas. *Recursos vivos acuáticos, 10*(6), 351-357. doi: 10.1051/alr:1997038

Proessel, O. (2013). *En agua de mar: Los beneficios del fotoperiodo artificial*. AQUA(170), 52-55. https://issuu.com/technopresss.a./docs/aqua_170.

Perez, M. (1999). *Efecto del manejo del fotoperíodo y la temperatura sobre la calidad y época de smoltificación del salmon Coho en una piscicultura del sur de Chile.*(Tesis pregrado). Universidad Austral de Chile, Chile, Chile.

Piñeiro, R. (2006*). Efecto del Fotoperiodo Artificial de Luz continua, sobre el crecimiento somatico y la maduracion sexual en salmon atlantico(Salmon Salar), con almentacion continua de 24 horas, en la fase de engorda*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Australde Chile, Valdivia, Chile.

Priede, I., & Secomber, C. (1988). *The biology of fish production.* Inglaterra: Ellis Horwood Ltd.

PRODUCE. (2017). *Cultivo de la Trucha Arco Iris: en el Perú, con énfasis en la importación de ovas embrionadas y la comercialización de la producción.* https://rnia.produce.gob.pe/

GESTION. (31 de Mayo de 2018). *Producción nacional de trucha creció 678 % en 10 años*. Obtenido de DIARIO GESTION: https://gestion.pe/economia/produccion-nacional-trucha-crecio-678-10-anos-234898-noticia/

Prom Peru. (2018). *Informe Especializado Oportunidades para la trucha en el mundo.* https://boletines.exportemos.pe/recursos/boletin/706029797rad06E43.pdf

Ricker, W.(1975). *Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations.* Canada: Blackburn Press.

Stead, S. y Laird, L. (2002). *Handbook of Salmon farming.* Chichester, UK: Praxis Publishing Ltd.

Toledo R. (2005). *Estudio Comparativo de Tres Sistemas de Distribución de Alimento y su Influencia en las Tasas de Crecimiento de Salmón del Atlántico (Salmo salar)*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Yapuchura, C., Mamani, S., Pari, D. y Flores, E. (2018). Curvas de crecimiento y eficiencia en la alimentación de truchas arcoiris (Oncorhynchus Mikyss) en el costo de producción. *Comuni@cción, 9*(1), 68-77. http://www.scielo.org.pe/scielo.php

Yapuchura, A. (2010). *Producción y comercialización de truchas en el departamento de Puno y nuevo paradigma de producción*. (Tesis de Maestria). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

Zegarra, T. (1994*). La Truchicultura como Alternativa Propulsora del Desarrollo Rural en el Altiplano Peruano*. (Tesis de Maestria). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Peru.