

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE PESQUERIA



**“ANÁLISIS DE LA TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICA EN
PRIMER ALEVINAJE DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*)
APLICANDO FOTOPERIODO ARTIFICIAL”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL
TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO**

ETDER GERARDO LETONA MARTINEZ

LIMA – PERÚ

2022

ANALISIS DE LA TASA DE CRECIMIENTO ESPECIFICA EN PRIMER ALEVINAJE DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) APLICANDO FOTOPERIODO ARTIFICIAL

INFORME DE ORIGINALIDAD

7 %	7 %	4 %	0 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	cybertesis.uach.cl Fuente de Internet	1 %
2	www.salmonexpert.cl Fuente de Internet	1 %
3	vsip.info Fuente de Internet	1 %
4	biblioteca.cide.edu Fuente de Internet	<1 %
5	eprints.ucm.es Fuente de Internet	<1 %
6	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
7	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
8	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE PESQUERÍA

**“ANÁLISIS DE LA TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICA EN
PRIMER ALEVINAJE DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*)
APLICANDO FOTOPERIODO ARTIFICIAL”**

Presentado por:

ETDER GERARDO LETONA MARTINEZ

Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Título de:

INGENIERO PESQUERO

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Dra. Jessie M. Vargas Cardenas
Presidente

Mg. Sc. Elsa Vega G.
Miembro

M.Univ. Cesar Cruz C.
Miembro

M. Sc. Fernando Galecio R.
Asesor

Lima, 2023

AGRADECIMIENTO

- A mi madre que en vida me llevo a dar todo su apoyo hasta lograr verme profesional.
- Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi profesor Fernando Galecio, quien con su experiencia y sabiduría guio en la realización de este trabajo.
- A mi familia quienes me brindaron su amor incondicional y apoyo emocional en la realización de este trabajo.
- Agradezco a mis amigos cercanos, quienes me ayudaron con sus comentarios positivos para la mejora de cada aspecto del trabajo.

INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCION	1
1.1.	PROBLEMÁTICA	1
II.	OBJETIVOS.....	2
III.	REVISION DE LITERATURA.....	3
3.1.	Aspectos generales.....	3
3.2.	Características morfológicas y productivas	4
3.3.	Parámetros de cultivo	6
3.4.	Nutrición y alimentación	8
3.5.	Fotoperiodo aplicado a la acuicultura.....	10
3.5.1.	Efecto del fotoperiodo en la fisiología de los peces.....	16
3.5.2.	Efecto del fotoperiodo en crecimiento de peces.....	18
3.5.3.	Efecto del fotoperiodo asociado a las vías endocrinas involucradas con el crecimiento de peces.	21
3.5.4.	Aspectos técnicos en luz de fotoperiodo	23
3.5.5.	Factores por considerar en un sistema de iluminación artificial	23
IV.	DESARROLLO DEL TRABAJO.....	24
4.1.	Ubicación geográfica.....	24

4.2.	Infraestructura de sala de alevinaje.....	25
4.3.	Situación problemática	26
4.4.	Propuesta de solución	27
4.4.1.	Procedimiento de muestreo	27
4.4.2.	Muestreo en tanque de alevinaje	28
4.5.	Evaluación del uso del fotoperiodo	30
4.5.1.	Material biológico	30
4.5.2.	Procedimiento.....	30
4.5.3.	Método	30
4.5.4.	Luz empleada en la prueba.....	33
4.5.4.1.	Costo de consumo de energía.....	33
4.5.5.	Alimentación	34
4.5.6.	Planificación.....	37
4.5.7.	Control.....	39
4.5.8.	Evaluación de la calidad del agua	42
V.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	43
5.1.	Control de temperatura	43
5.2.	Análisis de crecimiento.....	45
5.3.	Tasa específica de crecimiento	48
5.4.	Factor de conversión alimenticia	51

5.5.	Análisis de porcentaje de supervivencia.....	53
5.6.	Beneficios obtenidos.....	55
VI.	CONCLUSIONES	56
VII.	RECOMENDACIONES	57
VIII.	BIBLIOGRAFIA.....	58
	ANEXOS.....	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación zoológica de la trucha arcoíris (O. mykiss)</i>	5
Tabla 2 Requerimiento de calidad de agua para trucha arcoíris (O. mykiss).....	7
Tabla 3 Composición química proximal del alimento balanceado para trucha arco iris (O. Mykiss).....	9
Tabla 4 Condición de evaluación del fotoperiodo.....	32
Tabla 5 Cálculo de consumo de energía eléctrica.	33
Tabla 6 Tabla de alimentación para trucha arco iris razón diaria expresada en porcentaje del peso corporal para distintos tamaños y temperaturas (TEA)	36
Tabla 7 Control de indicadores productivos.....	39
Tabla 8 Cantidad de muestreo realizado en el estudio	40
Tabla 9 Control de medición de parámetros.....	43

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cosecha de recursos hidrobiológicos procedentes de la actividad de acuicultura.....	3
Figura 2 Fotoperiodo.....	12
Figura 3 Ritmo circadiano versus fotoperiodo.....	14
Figura 4 Influencia del periodo circadiano en el pez.	15
Figura 5 Esquema de interacción luz-ojo-glándula pineal.....	17
Figura 6 La luz versus diferentes especies.....	19
Figura 7 Órgano pineal versus crecimiento de peces.....	20
Figura 8 Melatonina en el crecimiento de los peces.	22
Figura 9 Ubicación del centro de cultivo en la laguna Choclococha.....	25
Figura 10 Distribución de estanques en la sala alevinaje.....	26
Figura 11 Flujo de actividades de los muestreos.....	29

Figura 12 Estanques con iluminación natural.	31
Figura 13 Estanque con iluminación artificial.	32
Figura 14 Muestreo de alevines de trucha arco iris.....	40
Figura 15 Control de temperatura.	44
Figura 16 Crecimiento en peso en el mes de enero.....	45
Figura 17 Crecimiento en peso en el mes de febrero.	46
Figura 18 Crecimiento en peso en el mes de marzo.....	46
Figura 19 Tasa específica de crecimiento en el mes de enero.	48
Figura 20 Tasa específica de crecimiento en el mes de febrero.....	49
Figura 21 Tasa específica de crecimiento en el mes de marzo.	50
Figura 22 Factor de conversión alimenticia (FCR).....	52
Figura 23 Porcentaje de mortalidad acumulado en el mes de enero.	53
Figura 24 Porcentaje de mortalidad acumulado en el mes de febrero.	54
Figura 25 Porcentaje de mortalidad acumulado en el mes de marzo.....	54

INDICE DE ANEXO

Anexo A	68
Anexo B.....	68
Anexo C.....	69
Anexo D	70
Anexo E.....	70
Anexo F.....	71

RESUMEN

En el presente trabajo monográfico se evaluó el efecto del fotoperiodo en el crecimiento y supervivencia de alevines de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en un centro de cultivo en la provincia de Huancavelica. Se consideraron dos grupos experimentales para la aplicación de la técnica de fotoperiodo: el primer grupo se sometió a fotoperiodo artificial (24 horas luz: 0 oscuridad) y el segundo grupo fotoperiodo natural (12 horas luz: 12 horas oscuridad). Para el fotoperiodo artificial se usaron luces led Imatek Spa de 150 watts energía, luz color blanco, y ángulo de visión de 360°. Las unidades productivas experimentales estuvieron formadas por 12 estanques con una carga de 15 kg/m³ cada uno, proporcionando alimento balanceado de la marca Biomar (desde 0.13g hasta 2g) y Scretting (desde 2g hasta 7g) de 40% de proteína bruta, a saciedad. La evaluación tuvo una duración de 89 días, al término de este periodo se presentó mayor crecimiento en el tratamiento con fotoperiodo artificial y mayor porcentaje de supervivencia en comparación al fotoperiodo natural. De lo cual se concluyó que la aplicación de fotoperiodo artificial influyó de forma positiva en el crecimiento y supervivencia de alevines de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).

Palabras Clave: Fotoperiodo, crecimiento, supervivencia, tratamiento, *Oncorhynchus mykiss*

ABSTRACT

The present monographic work evaluated the effect of photoperiod on the growth and survival of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry in a breeding center in the province of Huancavelica. Two experimental groups were considered for the application of the photoperiod technique: the first group was subjected to artificial photoperiod (24 hours light: 0 darkness) and the second group to natural photoperiod (12 hours light: 12 hours darkness). For the artificial photoperiod, Imatek Spa LED lights with 150 watts of energy, white light, and a 360° viewing angle were used. The experimental productive units consisted of 12 ponds with a load of 15 kg/m³ each, providing balanced feed from Biomar (from 0.13g to 2g) and Scretting (from 2g to 7g) with 40% crude protein, ad libitum. The evaluation lasted for 89 days, at the end of which greater growth was observed in the treatment with artificial photoperiod and a higher survival rate compared to natural photoperiod. It was concluded that the application of artificial photoperiod had a positive effect on the growth and survival of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry.

Keyword: Photoperiod, growth, survival, treatment, *Oncorhynchus mykiss*

I. INTRODUCCION

1.1. PROBLEMÁTICA

El cultivo de trucha arcoíris es una actividad que requiere atención minuciosa, y uno de los aspectos cruciales es la alimentación. En efecto, más del 50% de los costos de producción están relacionados con este proceso. Para optimizar el crecimiento de esta especie, las empresas acuícolas buscan estrategias que reduzcan los gastos y maximicen la conversión alimenticia en cada etapa de producción.

En este contexto, se ha explorado el uso del fotoperiodo artificial como una herramienta para mejorar la productividad. El fotoperiodo, como componente de la luz, influye en el crecimiento, la supervivencia y la madurez sexual de los animales. Su relación con el tiempo de exposición a la luz es fundamental para el desarrollo de especies cultivadas.

La luz en cualquier ecosistema se compone de tres elementos: intensidad luminosa (cantidad de luz), espectro luminoso (longitud de onda) y fotoperiodo (periodicidad). Estos parámetros son altamente versátiles y afectan significativamente el crecimiento de los peces. (Boeuf y Le Bail, 1999).

En el presente trabajo, se destaca la relevancia del fotoperiodo artificial durante la fase inicial de producción de trucha arcoíris en una empresa industrial. En esta etapa crítica, se busca garantizar la supervivencia y maximizar el crecimiento de los alevines. Comparando con condiciones normales o fotoperiodo natural, se espera lograr una mayor tasa específica de crecimiento (TEC) en un período de tres meses.

II. OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la tasa específica de crecimiento aplicando fotoperiodo en la fase de cultivo de primer alevinaje de trucha arco iris; desde 0,13g hasta 5g.

Objetivos Específicos

- 1) Comparar la tasa de crecimiento en un régimen de fotoperiodo artificial de luz continua versus un régimen de fotoperiodo natural.
- 2) Determinar el porcentaje de supervivencia durante el periodo de evaluación en los diferentes fotoperiodos; natural versus artificial.

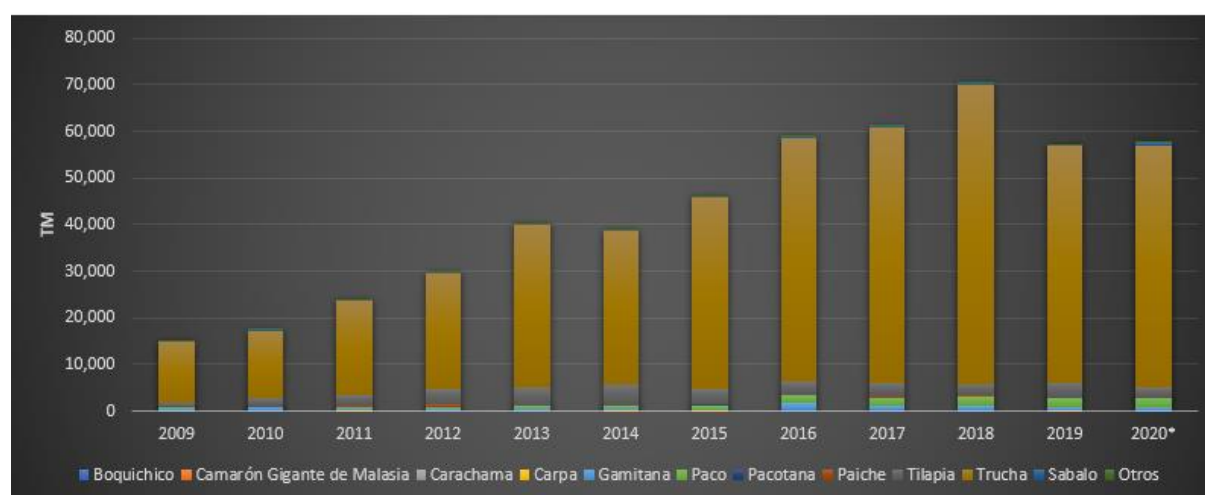
III. REVISION DE LITERATURA

3.1. Aspectos generales

El cultivo de trucha arcoíris se desarrolla en 15 países de América debido a que esta especie de salmónido se adapta muy bien al agua de la región sierra. Por sus excelentes características se encuentra bien distribuida en América del Sur, desarrollándose en Argentina, Brasil, Bolivia Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela Fishstat J FAO (2021). En Perú, el cultivo de trucha arcoíris se registra mayoritariamente en las provincias de la sierra, siendo las provincias que registran mayor producción: Puno, Huancavelica, Cerro de Pasco y Junín. Según el Ministerio de Producción en Perú el año 2020 se cosechó 141190 toneladas métricas (TM) de recursos hidrobiológicos procedentes de la actividad acuícola, de los cuales las especies que tuvieron mayor producción fueron la trucha arco iris en el ámbito continental con 51910 TM. (<https://rnia.produce.gob.pe/cosecha/>)

Figura 1

Cosecha de recursos hidrobiológicos procedentes de la actividad de acuicultura.



Nota: Figura que representa producción anual de trucha elaborado en base a Dirección regional de producción (DIREPRO)

3.2. Características morfológicas y productivas

La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) es de la familia de los salmónidos (Tabla 1). Especie que se puede desarrollarse en medios de agua dulce como en agua de mar; este pez se ha introducido en casi todo el mundo debido a sus características de cultivo. Es un pez nativo de la vertiente del Pacífico de Norteamérica Maiz et al. (2010). Su morfología se caracteriza por poseer una coloración verde olivo oscuro en el dorso y un color más claro en los flancos, tiene una franja como los destellos del arcoíris, de allí su nombre. Además, posee manchas negras y pequeñas distribuidas en todo su cuerpo, el cual es alargado como la forma de un torpedo, cuya longitud promedio es de 40 a 60 cm. Pozos (2010). Estas características naturales que posee la trucha varían en función del medio, de la talla, del sexo, del tipo de alimentación y del grado de maduración sexual. Phillips (2006).

Tabla 1*Clasificación zoológica de la trucha arcoíris (O. mykiss)*

Sub-Reino	Nombre científico
Phylum	Nombre científico
Sub Phylum	Vertebrata
Clase	Vertebrata
Sub-Clase	Actinopterygii
Sub-Clase	Isospondyli
Sub-Orden	Salmoneidei
Familia	Salmoneidei
Genero	Salmoneidei
Especie	Mykiss
Nombre Vulgar	"Trucha arcoíris"
Nombre científico	Oncorhynchus mykiss

Nota: La tabla representa la taxonomía de la trucha según Sánchez (2009), citado en Moscoso (2019).

3.3. Parámetros de cultivo

El crecimiento de los peces esta influenciado por varios factores ambientales que están interrelacionados entre sí. Entre los más importantes se encuentra la temperatura, la luz, los constituyentes químicos permanentes del agua como sales, compuestos orgánicos (calidad del agua) y concentración de oxígeno (Tabla 2). Blanco. (1995).

Imbaquingo (2017) citando a Figueroa (2009) menciona que la trucha se distribuye naturalmente en ríos, lagos y lagunas de aguas frías, claras y con buenos niveles de oxígeno.

Es importante destacar que la trucha, al igual que otros peces, no puede vivir, crecer, nadar y reproducirse fuera de los parámetros físicos y químicos establecidos puesto que su desarrollo no sería el más satisfactorio o normal. Mantilla (2004) citando a Imbaquingo (2017).

Tabla 2*Requerimiento de calidad de agua para trucha arcoíris (O. mykiss)*

Parámetros fisicoquímicos	Rango óptimo
Oxígeno disuelto	6.5 - 9 ppm
ph	6.5 - 8.5
Co2	< 7 ppm
Alcalinidad	20 - 200 mg/ l CaCo2
Dureza	60 - 300 MG/L CaCo2
NH3	No mayor de 100 mg/l
H2S	Máximo aceptado de 0.002 mg/l
Nitratos	No mayor de 100 mg/l
Nitritos	No mayor de 0.055 mg/l
Nitrógeno Amoniacal	No mayor de 0.012 mg/l
Fosfatos	Mayores de 500 mg/l
Sulfatos	Mayores de 45 mg/l
Hierro	Menores de 0.1 mg/l
Cobre	Menores de 0.05 mg/l
Plomo	0.03 mg/l
Mercurio	0.05 mg/l

Nota: En la tabla se observa los requerimientos de calidad de agua.FAO (2002), citado en Imbaquingo (2017).

3.4. Nutrición y alimentación

La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) es una especie carnívora y criados en un centro de cultivo depende netamente del alimento balanceado. Para garantizar un buen crecimiento en cada etapa producción, es necesario que la dieta balanceada cumpla con los requerimientos nutricionales tanto en energía como nutrientes.

Los requerimientos nutricionales de los peces varían según su etapa de desarrollo y el ambiente en el que vive. En el caso de los alevinos, se requiere una dieta con mayor contenido proteico y energético en comparación con los peces más grandes. La cantidad de proteína empleada en la dieta formulada para alevinos y juveniles es alrededor de 50% y 42% respectivamente, conforme los peces van creciendo sufren una disminución en la cantidad de proteína empleada en la dieta, llegando alrededor del 40% (Tabla 3) Espinoza (1987) citando a Aquavisión (2009).

Actualmente se emplea alimento balanceado extruido debido a que es más estable, tiene mayor durabilidad y genera menos finos o partículas en comparación de un pelletizado. Además de los requerimientos nutricionales, la frecuencia de alimentación y la cantidad de alimento suministrado son variables importantes. La ración de alimento ajustada en función del peso y la talla del pez también ajusta el nivel energético requerido. Aquavisión (2009) citando a Lovell (2002) menciona que la alimentación adecuada de los peces es fundamental para su crecimiento y desarrollo.

Tabla 3*Composición química proximal del alimento balanceado para trucha arco iris (O. Mykiss)*

Producto	proteína	Grasa	Fibra	Humedad	Ceniza	Calcio	Fosforo
	% min.	% min.	% máx.	% máx.	% máx.	% min.	% min.
Inicio 45	45	12	3	10	12	1.5	1
Trucha 42							
Crecimiento 1	42	10	3.5	10	12	1.5	1
Crecimiento 2							
Trucha 40							
Engorda	40	14	3.5	10	12	2	1
Trucha 40							
Acabado	40	14	3.5	10	12	2	1
Pigmentado							

Nota: En la tabla se observa la composición proximal del alimento balanceado para trucha de la empresa kuntor comercial.

3.5. Fotoperiodo aplicado a la acuicultura

El estado de desarrollo, crecimiento y maduración en los animales está regulado por una serie de eventos influenciados por los factores genéticos, ambientales y nutricionales. Entre los principales factores ambientales están la temperatura y fotoperiodo, que pueden impactar sobre el desarrollo de los peces de los cultivos acuícolas Aragón-Flores, E. et al. (2014).

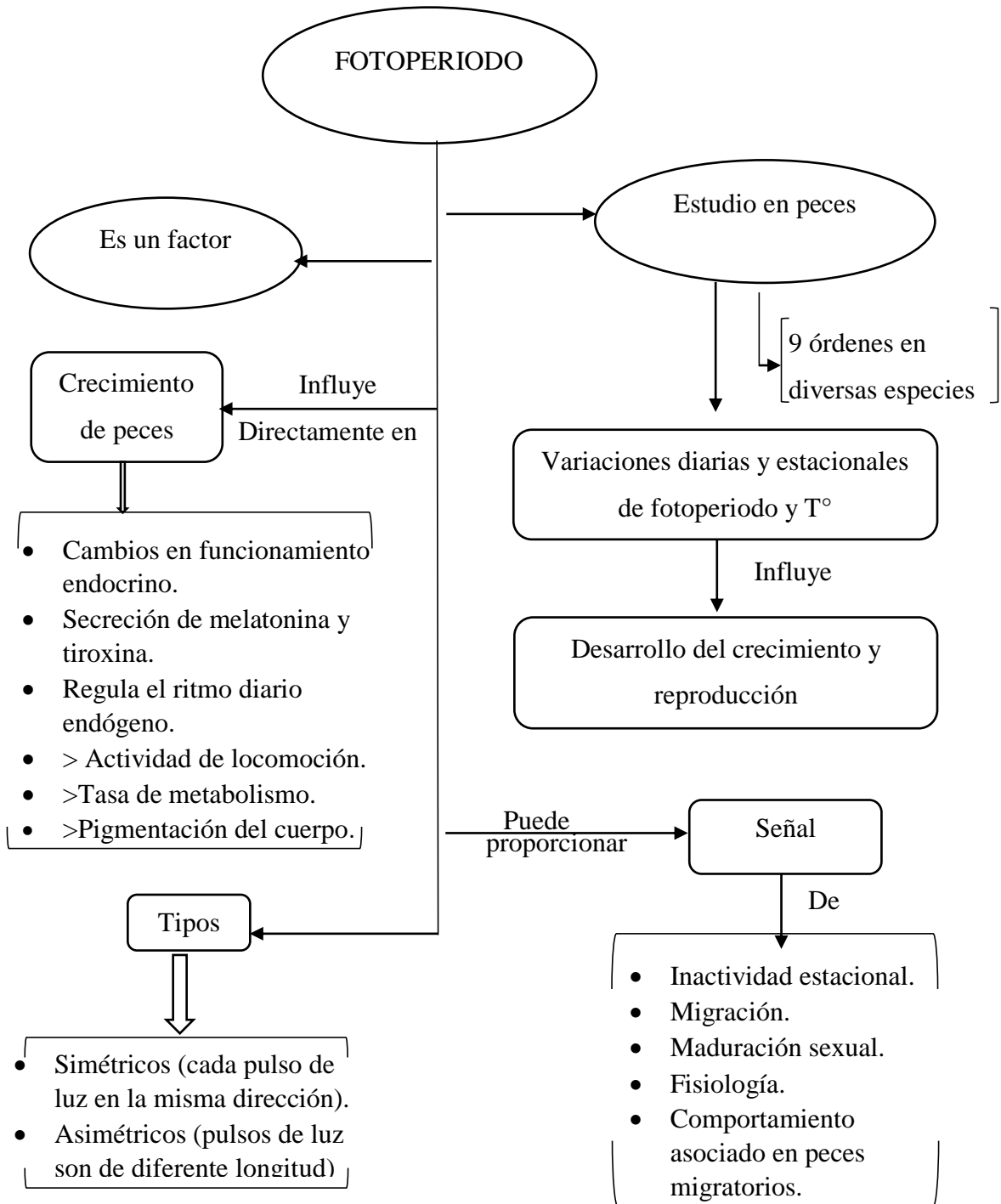
Según Diaz, NF y Neira, R. (2005) citando a Hew y Fletcher (2001) las aplicaciones tecnológicas en organismos acuáticos permiten incrementar las densidades de siembra y optimizar la producción en los cultivos acuícolas aumentando varias veces su producción. El control del fotoperiodo tiene una larga historia en diferentes áreas. En el campo de la acuicultura se ha demostrado que el control de fotoperiodo aumenta de la tasa de crecimiento, entre otros resultados, favoreciendo a los productores acuícolas.

El fotoperiodo (Figura 2) es uno de los factores exógenos que influyen directamente en el crecimiento de los peces a través de cambios en el funcionamiento endocrino y secreción de la hormona, es decir, la melatonina y la tiroxina. Regula el ritmo diario endógeno en los peces, y también afecta el crecimiento, la actividad de locomoción, la tasa de metabolismo, la pigmentación del cuerpo, la maduración sexual y la reproducción. Duston y Saunders (1999).

Los fotoperíodos largos pueden afectar indirectamente al crecimiento de los peces en determinadas especies al estimular un mayor consumo de alimento, mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes Biswas et al. (2005), aumentar la masa muscular mediante una mayor actividad locomotora y/o desviar energía del desarrollo gonadal al crecimiento somático. Ginés et al. (2004); Boeuf y Le Bail (1999); Rad et al. (2006). Las variaciones diarias y estacionales de la temperatura y el fotoperiodo afectan al crecimiento, el desarrollo y la reproducción de los peces teleósteos. Según investigaciones preliminares in vivo, es muy probable que la glándula pineal produzca melatonina de forma rítmica para mediar en el impacto de diversos estímulos externos Falcón et al. (2003).

La técnica del fotoperíodo es utilizada en la actualidad en la piscicultura mundial para estimular el crecimiento y la reproducción y por razones de interés comercial las más estudiadas son la trucha arcoíris (*Onchorhynchus mykiss*), el salmón del Atlántico (Salmon salar), el bacalao (*Gadus morhua*), la dorada (*Melanogammus aeglefinus*) y la lubina europea (*Dicentrarchus labrax*). Bromage *et al.* (2001) son las más trabajadas. El fotoperíodo tiene un impacto en el crecimiento dependiendo éste de la etapa de desarrollo del pez. El-Sayed y Kawanna (2004).

Figura 2
Fotoperiodo



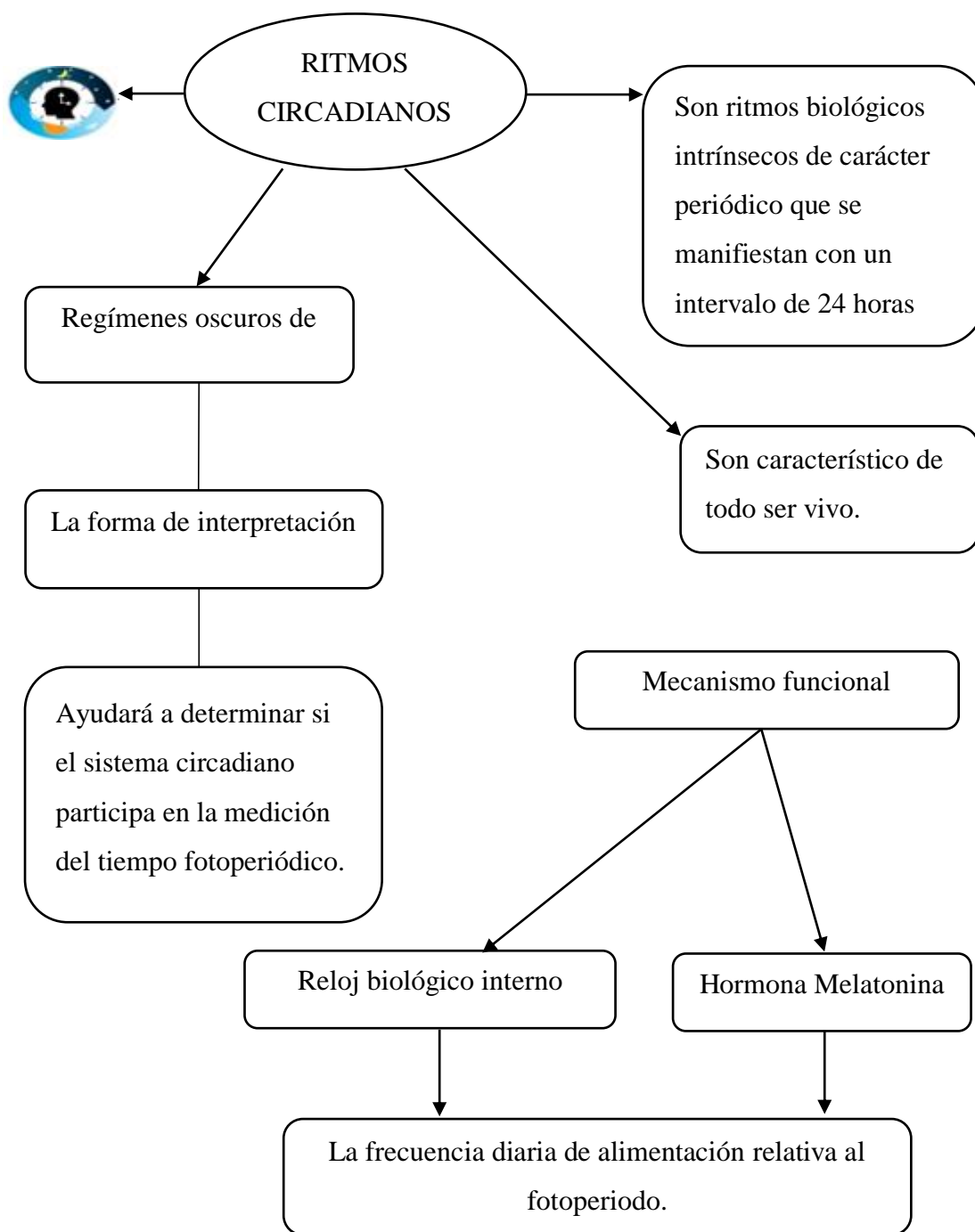
Nota: Elaboración de flujograma del fotoperiodo aplicado a la trucha arco iris de Duston and Sanders (1999); Falcón et al. (2003)-, Bromage et al. (2001); Sumpter, (1990); fenwick (1970).

Sacaca Luna, R. (n.d.) citando a Reynalte-Tataje et al. (2002) menciona que el fotoperiodo es uno de los factores más importantes que afectan a la estrategia de alimentación del pez.

Sacaca Luna, R. (n.d.) citando a Boeuf y Le Bail (1999) señala que la mayoría de las especies, la alimentación se produce de una manera no aleatoria, a raíz de ciertos biorritmos estándar, es decir, los ritmos circadianos están influenciados por el fotoperiodo, tanto los peces diurnos son más activos durante el día y menos activos durante la oscuridad, mientras que lo contrario es cierto para los peces nocturnos. (Figura 3).

Figura 3

Ritmo circadiano versus fotoperiodo.

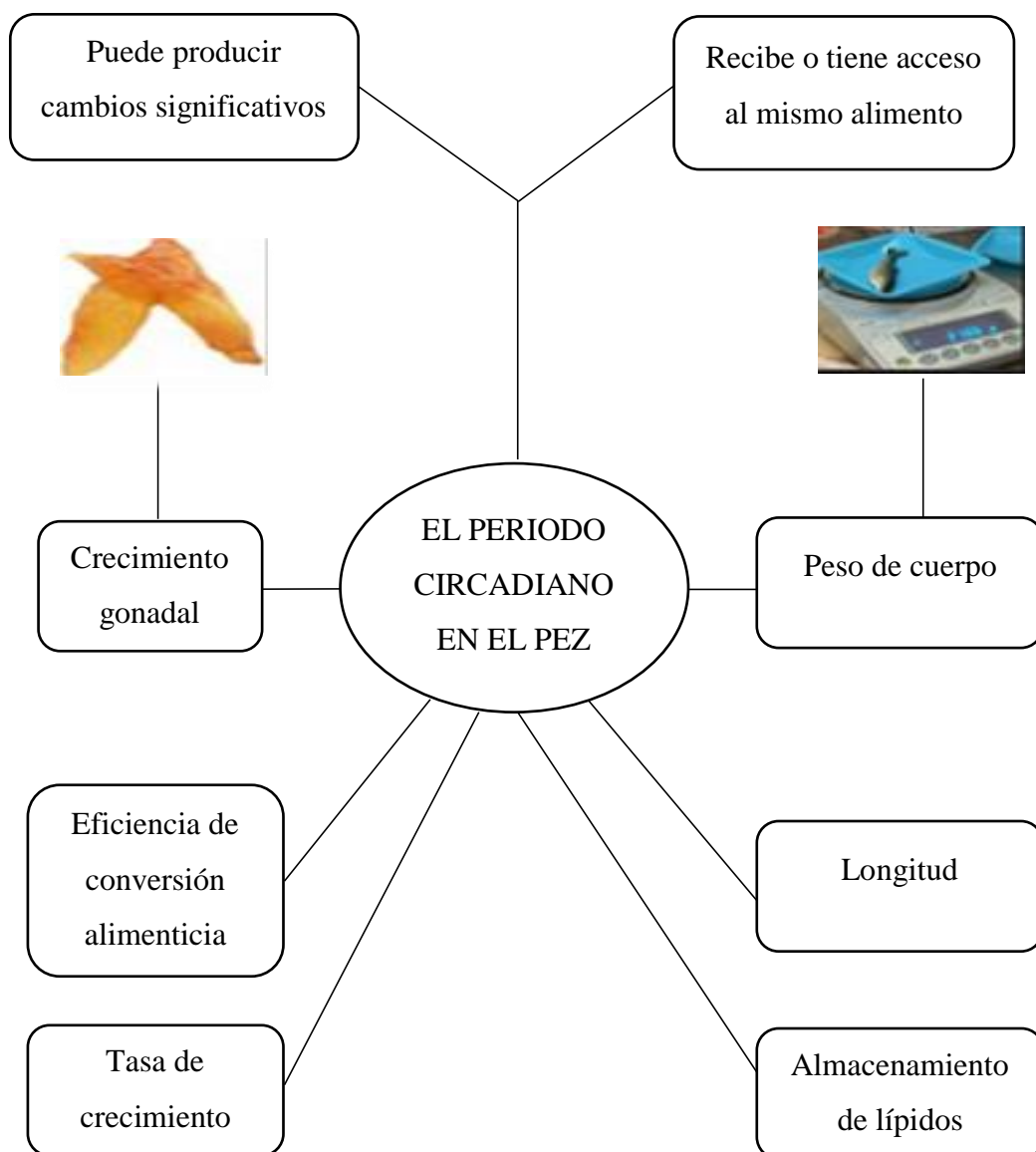


Fuente: Flujograma de la influencia del ritmo circadiano al fotoperiodo tomado de la guía práctica clínica en el SNS- Ministerio de Ciencia e Innovación de España, Edición 2011, Madrid, España; Pevet 2000; Turek et al., 1986, Spieler. (2000).

Pevet (2000) demostró que los ritmos circadianos son características fundamentales de todos los organismos vivos. El mecanismo funcional involucrado se construye alrededor del reloj biológico interno y la hormona melatonina es uno de sus componentes fundamentales.

Figura 4

Influencia del periodo circadiano en el pez.



Nota: En el flujograma describe la influencia del periodo circadiano en el pez según Spieler, R. (2000)

En estudios realizados, Spieler (2000) manifiesta que el ritmo circadiano de alimentación se refiere a la frecuencia diaria de alimentación relativa al fotoperíodo. (Figura 4).

La frecuencia de alimentación circadiana se refiere a las raciones alimenticias relacionados con el ciclo de luz-oscuridad dadas durante el día. El período de alimentación circadiana es el tiempo del día de alimentación, tiempo de alimentación, frecuencia diaria de alimentación, autoalimentación restringida por el tiempo, régimen de autoalimentación restrictivo, y período de alimentación Spieler (2000).

El fotoperiodo no sólo afecta a la actividad de alimentación, sino que también desempeña un papel decisivo en el crecimiento, la supervivencia y el comportamiento social, Boeuf y Falcón, (2001).

Tales influencias son causadas por mecanismos fisiológicos como la producción de la hormona alterada, lo que puede mejorar la eficiencia de conversión alimenticia. Compra et al (2000), sin embargo, los requerimientos de fotoperiodo son por especies específicas y pueden variar para cada etapa de desarrollo.

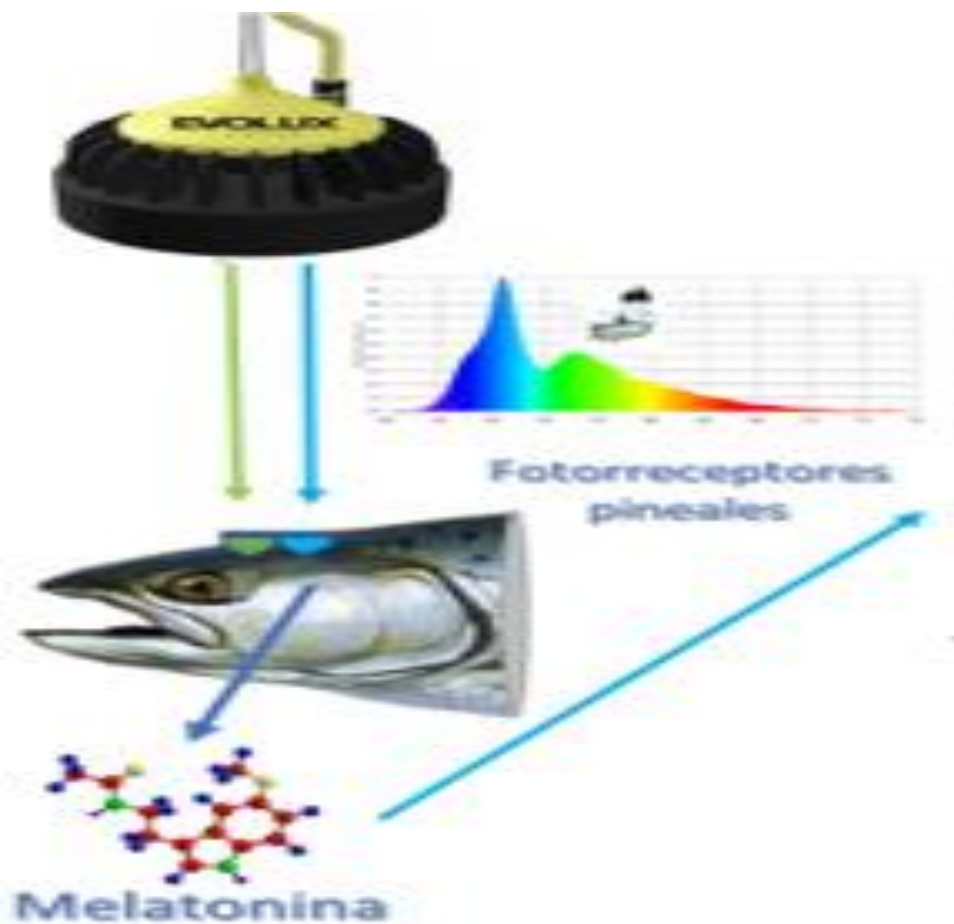
3.5.1. Efecto del fotoperiodo en la fisiología de los peces.

Para desarrollar un manejo efectivo del fotoperiodo, es necesario comprender como los peces perciben la luz. Los órganos receptores de la luz en los salmones son la glándula pineal (Figura 5) y los ojos, específicamente, la retina Ekstrom y Meissl (1997). La retina capta longitudes de onda entre 360 a 620 nm según Ali (1961). En tanto, 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).

La percepción del fotoperiodo en los peces se produce a través de 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 y en la mayor parte de proceso fisiológicos, entre ellos, la reproducción. En el caso del salmón, por ejemplo, se ha descrito que la intensidad mínima requerida para inhibir la producción rítmica de la melatonina es $0,016 \text{ W/m}^2$. Miguel et al. (2006).

Figura 5

Esquema de interacción luz-ojo-glándula pineal.



Nota: La figura representa la interacción de la luz en el ojo y la glándula pineal del pez, tomado de la empresa EVOLUX.

3.5.2. Efecto del fotoperiodo en crecimiento de peces.

La intensidad de la luz y el color de fondo pueden afectar a la detección y la alimentación de los peces, lo que influye en el crecimiento y la mortalidad de los peces (Figura 6). Según Huallpa, F. (2010), la luz es un factor externo y ecológico complejo cuyos componentes incluyen el espectro de color (calidad), la intensidad (cantidad) y fotoperíodo (periodicidad), citando a Mohamed (2013).

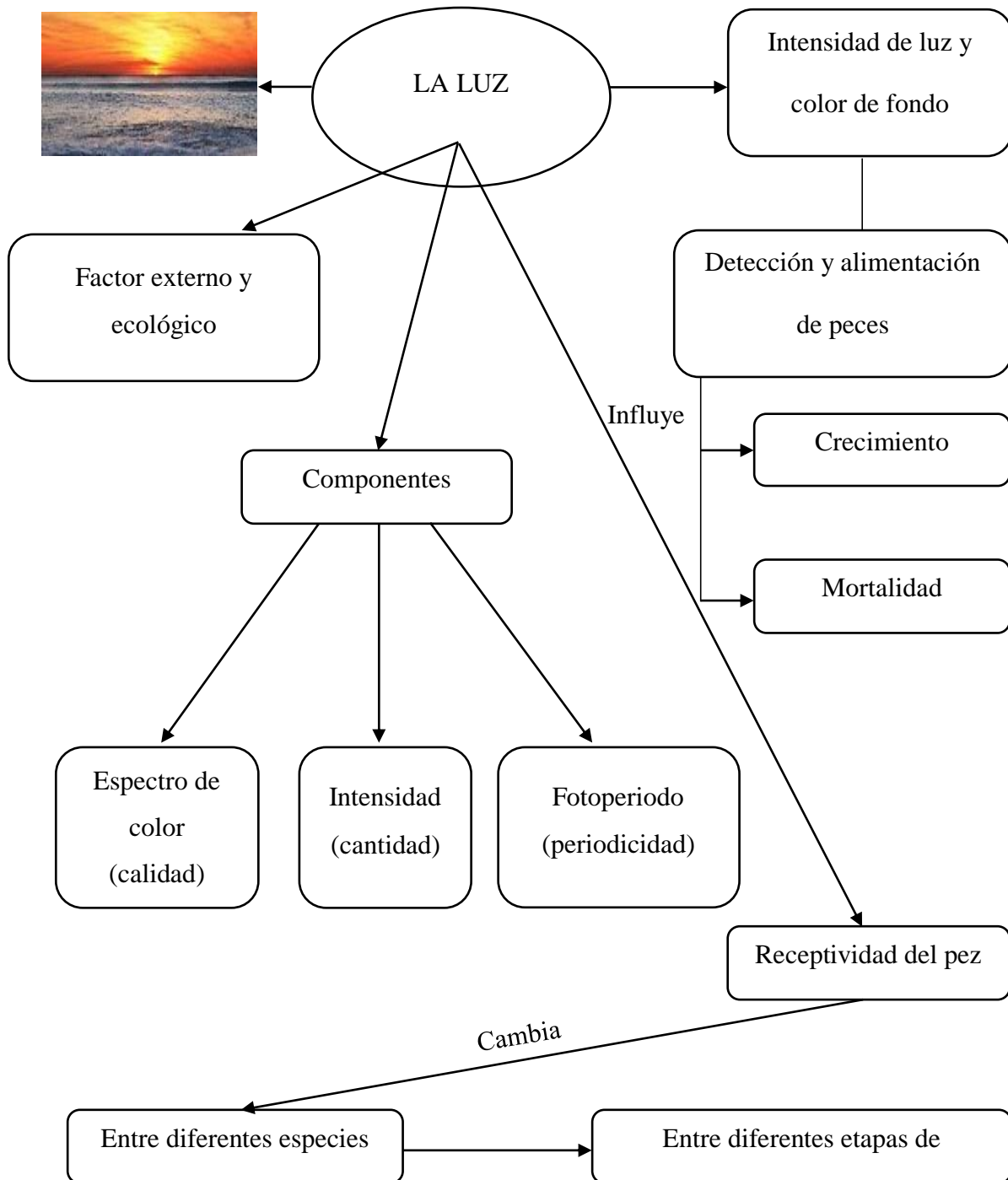
El órgano pineal es una estructura neural con capacidad secretora que desempeña un papel muy importante en la percepción del fotoperiodo y la temperatura y en la codificación de esta información en señales nerviosas (neurotransmisores) y neuroendocrinas (melatonina) que permiten la sincronización ambiental de numerosos procesos rítmicos y circadianos. Huallpa, F. (2010).

Según Sacaca Luna, R. (n.d.) la naturaleza química de los elementos celulares que componen el órgano pineal (Figura 7) se ha manifestado mediante técnicas citoquímicas, inmunohistoquímicas y de hibridación in situ, que han permitido identificar tanto las células secretoras de melatonina como las células fotorreceptoras y las células gliales, citando a Ekstrom y Meissl (1997) y Falcón et al. (2007).

la melatonina podría afectar a los peces en la secreción de la hormona del crecimiento, ya sea directamente (en la hipófisis) o indirectamente (hipotálamo). Según Sacaca Luna, R. (n.d.) También puede influir en el metabolismo de la hormona tiroidea, así como en la ingestión de alimentos, otros dos factores que afectan el crecimiento citando a Goss (1995).

Figura 6

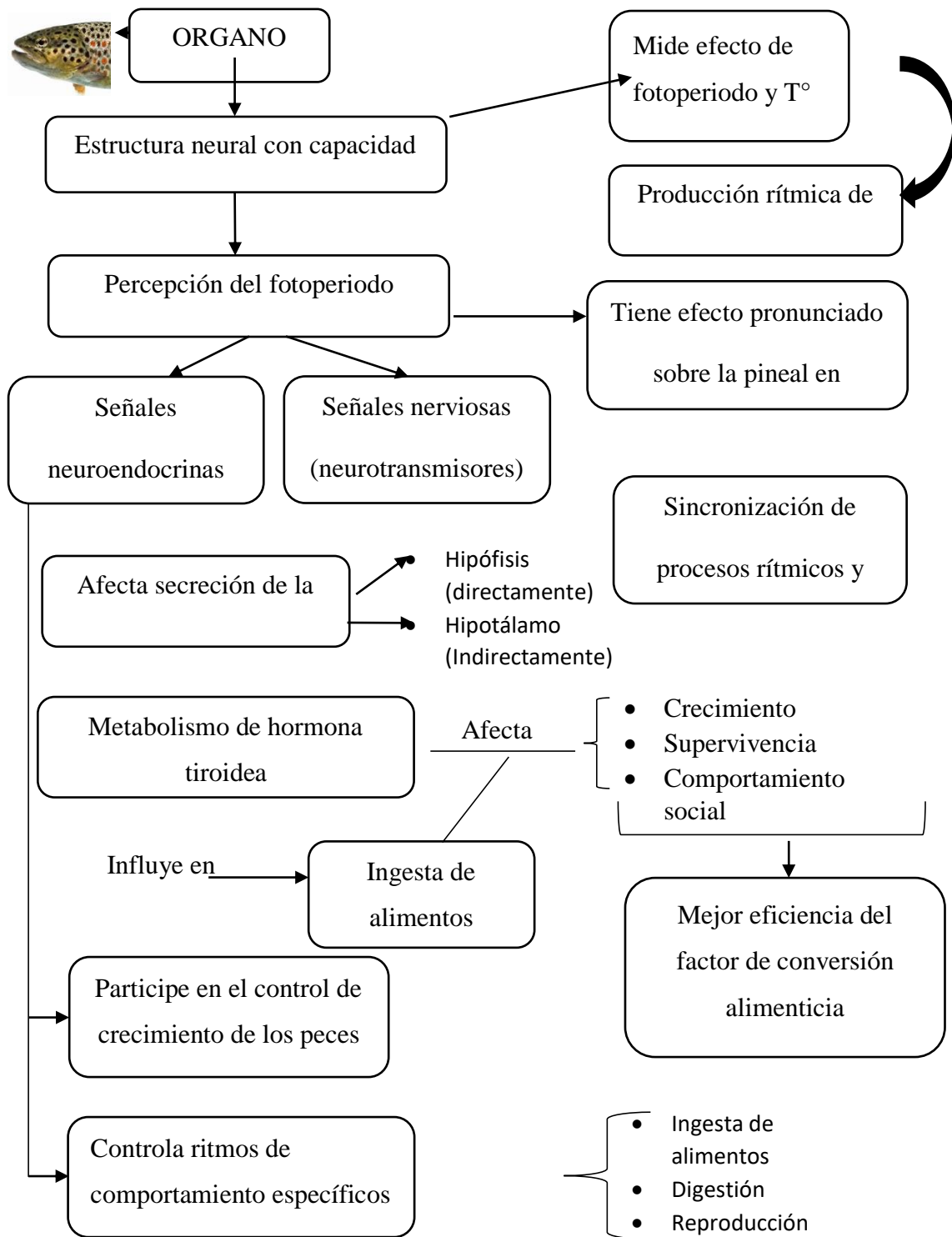
La luz versus diferentes especies.



Nota: El flujograma representa la influencia la luz según Mohamed (2003)

Figura 7

Órgano pineal versus crecimiento de peces.



Nota: El flujograma representa la influencia del órgano pineal en el crecimiento, tomado de Falcón et al. (2003); Fenwick, (1970); Ekstrom y Meissl, (1997); Falcón et al (2007), Goss et al. (1995); Compra

3.5.3. Efecto del fotoperiodo asociado a las vías endocrinas involucradas con el crecimiento de peces.

El crecimiento del pez está regulado por diversos factores ambientales, como el fotoperiodo, la temperatura, la salinidad, factores bióticos tales como el sexo, el genotipo y el estado nutricional según Sacaca Luna, R. (n.d.). En general, los peces siguen un patrón estacional de crecimiento, que varía en función de la duración del día, citando a Boeuf y Falcón, (2001).

En conjunción con el patrón estacional, se observan cambios en la ingesta de alimentos, la digestión y la reproducción, todos los cuales están relacionados con los ritmos de comportamiento específicos que se piensa que es controlado por la luz, secretando la hormona melatonina, Según Huallpa, F. (2010) citando a Volkoff et al. (2005).

La melatonina (Figura 8) ha sido sugerida como partícipe en el control del crecimiento de los peces mediante el control de ritmos específicos de comportamiento que, en última instancia, afectan el crecimiento, la ingesta de alimentos y la digestión, aunque los caminos directos y/o indirectos son actualmente desconocidos. Zachmann et al. (1992); Poner et al. (1999).

La investigación realizada por Falcón et al. (2003), sugiere que los efectos de la melatonina sobre el crecimiento de este modo pueden ser el resultado de los efectos diferenciales, la hormona del crecimiento (GH), la prolactina (PRL) u otras hormonas de la pituitaria.

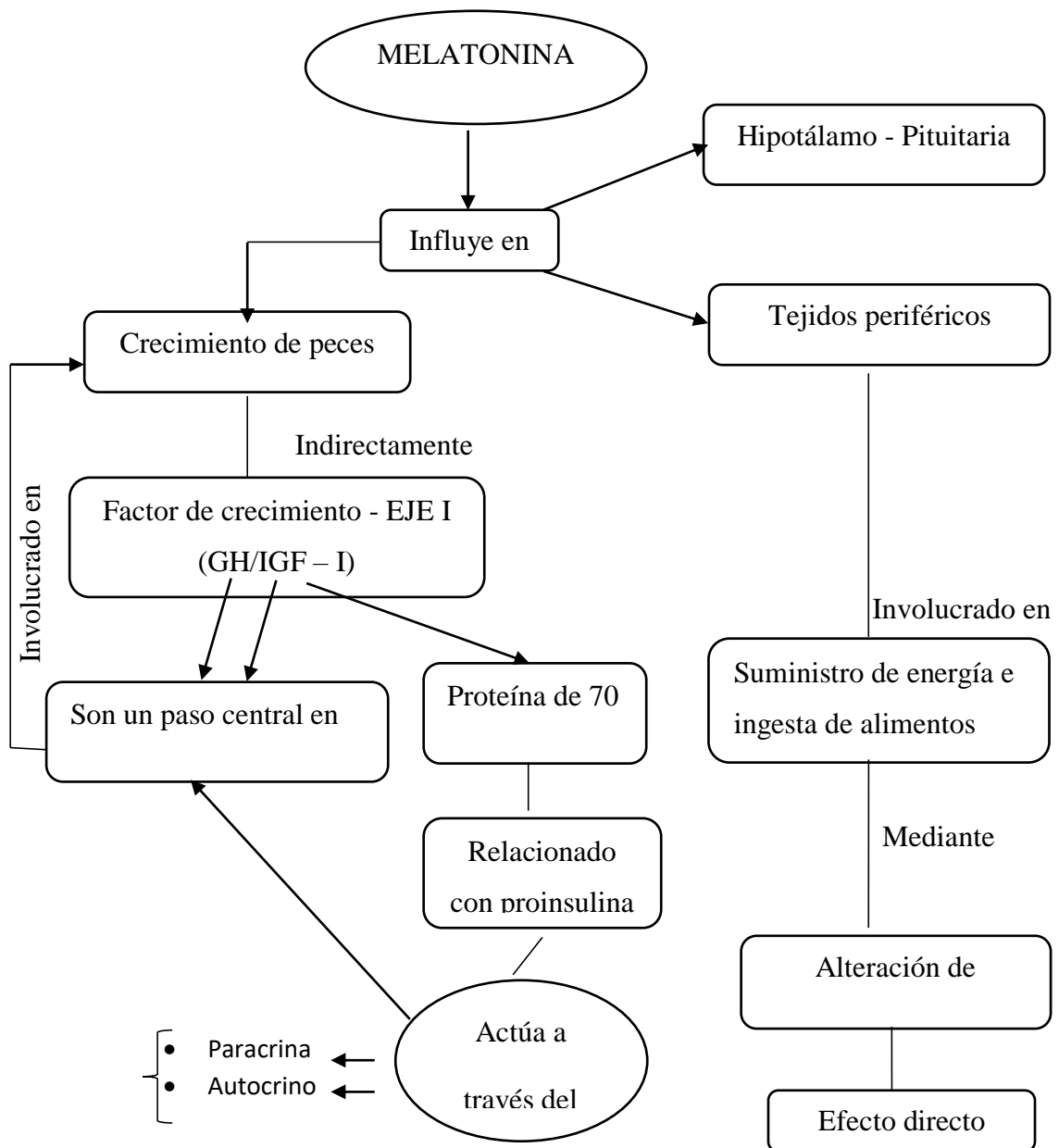
Además de un efecto directo en la glándula pituitaria, los niveles de melatonina pueden influir en la hipófisis - pituitaria y/o tejidos periféricos involucrados en el suministro de energía y la ingesta de alimentos. Boeuf y Falcón (2001).

La melatonina también puede influir indirectamente en el crecimiento de los peces a través de la hormona de crecimiento, similar a la insulina el factor de crecimiento - eje 1 (GH / IGF-I). GH y IGF-I son un paso central en el sistema endocrino, vía involucrada con el crecimiento de los peces". Le Bail et al (1998). IGF-I es una proteína de 70 aminoácidos estructuralmente relacionada con la proinsulina que actúa a través del endocrino (señalización química de larga

distancia a los órganos objetivo), paracrina (señalización de cerca de células locales) y autocrino (señalada dentro de la célula).

Figura 8

Melatonina en el crecimiento de los peces.



Nota: Flujograma representa la influencia de la melatonina en el crecimiento, según Boeuf y Falcón (2001), Ridha y Cruz, (2000)

3.5.4. Aspectos técnicos en luz de fotoperiodo

La luz es la parte de la radiación electromagnética visible para el ojo humano, según la revista Salmonexpert. Esta energía electromagnética, representada por el espectro de colores del arco iris, tiene longitudes de onda comprendidas entre 380 y 740 nanómetros. La radiación electromagnética viaja en forma de fotones, que son partículas de energía con una masa inversamente proporcional a la longitud de onda de la luz. A mayor profundidad, la luz natural que penetra en la superficie del océano se atenúa. En comparación con las longitudes de onda más largas (rojo), las longitudes de onda más cortas (azul-verde) penetran más profundamente en el medio marino.

En los peces, la glándula pineal es la encargada de detectar la luz. Está situada justo debajo de la ventana pineal, en la parte superior del cerebro de los salmónidos. Los salmónidos pueden tolerar niveles de luz entre 10 y 5.

3.5.5. Factores por considerar en un sistema de iluminación artificial

En los últimos años, se ha mejorado la comprensión sobre el uso de la luz en los peces. El avance tecnológico ha permitido perfeccionar el sistema de iluminación en el cultivo de peces, lo que incluye el ahorro de energía. Lo trascendental es que los peces perciban la señal luminosa, independientemente del tipo de lámpara que se utilice. Actualmente está siendo más utilizado la tecnología LED. Esta tecnología tiene las características de ser de bajo costo operacional, duradera y adaptable al espectro lumínico (los colores de luz) requeridos por los peces.

IV. DESARROLLO DEL TRABAJO

4.1. Ubicación geográfica

El trabajo se desarrolló en la laguna Choclococha, ubicada en la región altoandina del Perú, entre los distritos de Santa Ana y Pilpichaca, en las provincias de Castrovirreyna y Huaytara, respectivamente. Esta laguna es la naciente de los ríos Pampas e Ica.

La laguna Choclococha se encuentra geográficamente en las coordenadas 13°11'51.43"S - 75°03'01.80"O, a una altitud de 4605 msnm (figura 9). Con una capacidad de 150 millones de metros cúbicos de agua, y una superficie de 16190 km², esta laguna es la de mayor tamaño del departamento de Huancavelica . (<http://www.turismohuancavelica.com/lugares-turisticos/lagunas>)

La temperatura del agua de la laguna Choclococha varía entre los 9 y 12 grados Celsius, siendo su temperatura media de 10,5 °C desde el invierno hasta el verano. Por otro lado, el oxígeno disuelto en el agua tiene una media de 5 mg/l durante todo el año.

El área de primer alevinaje se ubica en las orillas de la laguna Choclococha, donde se crían alevinos de trucha que pesan desde 0,13g hasta 7g.

Figura 9

Ubicación del centro de cultivo en la laguna Choclococha.



Nota: Imagen referencial de la zona de trabajo, tomado de Google Earth.

4.2. Infraestructura de sala de alevinaje

El centro de cultivo cuenta con dos áreas de producción: Hatchery y alevinaje. Ambas áreas tienen una superficie aproximada de una hectárea y se utilizan para actividades como sembrado, y alevinaje. Para la recepción de primer alevinaje, se utilizan estanques circulares de 4 metros cúbicos equipados con flujómetros, piedras difusoras y luz artificial.

Figura 10

Distribución de estanques en la sala alevinaje.



Nota: Imagen referencial de la distribución de tanques.

4.3. Situación problemática

La empresa ha estado trabajando en cultivo intensivo de la trucha por más de 10 años. Durante este tiempo, ha enfrentado varios desafíos medio ambientales y de contaminación minera. Sin embargo, estos desafíos han sido superados, lo que ha permitido una mejora continua en los procesos productivos. Actualmente, uno de los nuevos desafíos en la etapa de alevinaje es lograr un aumento de peso en menor tiempo de cultivo e incrementar el porcentaje de supervivencia.

4.4. Propuesta de solución

La propuesta de solución planteada para la empresa es la utilización del fotoperiodo artificial como técnica para controlar el crecimiento en tres meses de cultivo, así como también, incrementar el porcentaje de supervivencia.

El análisis en la etapa inicial de alevinaje se realizó durante los meses de enero, febrero y marzo con condiciones ambientales no favorables para el cultivo: lluvias torrenciales, deshielo, etc., El estudio se inició con alevines que tenían un peso promedio inicial de 0,13g.

Durante el análisis, se evaluó el crecimiento de los alevines durante tres meses (enero, febrero y marzo) mediante muestreos volumétricos en los doce estanques. Cada estanque contenía entre 70 mil y 80 mil alevines, de los cuales se extrajeron aproximadamente 200 unidades de truchas por estanque (12 estanques de 4 m³).

4.4.1. Procedimiento de muestreo

Materiales y equipos

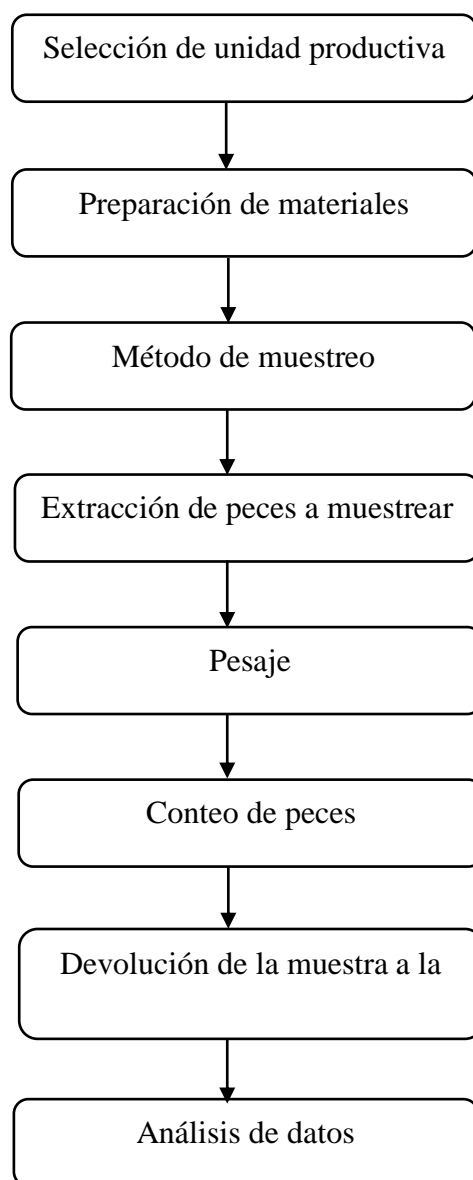
- Baldes y bidones de muestreo.
- Coladores de muestreo.
- Carcal de muestreo.
- Solución adormecedora. (Eugenol, aceite de clavo de olor)
- Guantes de nitrilo.
- Mandiles de plástico desechables.

4.4.2. Muestreo en tanque de alevinaje

- Se selecciona el tanque a muestrear.
- Se coloca un recipiente sobre la balanza digital y se tara.
- Con un carcal (instrumento especial para captar peces) se recoge una muestra de peces y se coloca sobre el recipiente que se encuentra sobre la balanza.
- Se registra el peso del grupo tomado y se procede a contabilizar el número de peces.
- Se calcula el peso promedio por proporción entre el peso y el número de peces contabilizados en cada pesaje.
- Se realiza cinco pesajes por volumen para cada unidad productiva.
- Este procedimiento se realiza entre 2 a 3 personas.

Figura 11

Flujo de actividades de los muestreos.



Nota: Flujograma que representa proceso de selección de una unidad productiva.

4.5. Evaluación del uso del fotoperiodo

4.5.1. Material biológico

Se trabajó con alevines trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*); importados de Dinamarca como ovas embrionadas. Para primer alevinaje, los alevines entraron con peso promedio de 0.13g. (Anexo A).

4.5.2. Procedimiento

El procedimiento utilizado para el uso del fotoperiodo fue el siguiente:

1. Se utilizaron 886,542 alevines de trucha.
2. Se prepararon estanques 4m^3
3. Se trabajó con una carga de 15 kg/m^3 para el tratamiento.
4. Se monitoreó constantemente la población utilizando fotoperiodo natural y artificial.

4.5.3. Método

Para la evaluación se hizo lo siguiente:

Se separaron los estanques de 4 m^3 , los primeros seis estanques utilizaron fotoperiodo natural (443,271 alevinos) y los seis restantes utilizaron fotoperiodo artificial (443,271 alevinos). Este correspondía a alevinos de 0,13g hasta 1.2g.

Luego, los alevinos pasaron por un proceso de selección y se distribuyeron en estanques de 10 m³. Se procedió a hacer la misma separación que en los estanques de 4 m³. La cantidad de estanques de 10 m³ que se utilizó fueron doce unidades. En estos estanques, los alevinos de trucha tenían un peso que oscilaba entre 1,2g y 7 g.

Se utilizaron lámparas LED de intensidad de luz de 150 watts y de 12 voltios de color blanco para el fotoperiodo artificial (24 horas luz; 0 horas noche) y para el uso de fotoperiodo natural (12 horas luz; 12 horas noche).

Se colocaron las lámparas LED a una profundidad de 80 cm de la columna de agua. Se podía observar que la luz iluminaba todo el estanque (figura 12 y figura 13).

El proceso de evaluación duro 89 días calendario. Se inicio el 1 de enero y finalizó el 30 de marzo del 2019.

Figura 12

Estanques con iluminación natural.



Nota: La figura representa la utilización de tanques sin luz artificial.

Figura 13

Estanque con iluminación artificial.



Nota: La figura representa la utilización de fotoperiodo en tanques.

Tabla 4

Condición de evaluación del fotoperiodo

Tratamiento	Fotoperiodo	Intensidad de luz (watts)	Alimentación mecánica
Control (seis estanques)	Natural	0	Alimentación a saciedad 08:00-00:00
Experimental (seis estanques)	Luz artificial	150	Alimentación a saciedad 08:00-00:00

Nota: La tabla representa los tratamientos efectuados en la evaluación

4.5.4. Luz empleada en la prueba

Para la prueba experimental, se utilizaron seis lámparas LED, de 150 watts de la marca IMATEK SPA importadas de Chile. Estas lámparas proporcionaron una luz blanca y uniforme. Se colocaron uniformemente en los tanques a una profundidad de 80 cm por debajo de la superficie. Las características de las luces se muestran en el anexo C.

4.5.4.1. Costo de consumo de energía

El siguiente cuadro detalla el cálculo del costo de consumo de energía para el periodo de evaluación usando las lámparas LED:

Tabla 5

Cálculo de consumo de energía eléctrica.

Valor de KWh	S/ 0.6342
Periodo de evaluación	89 días

Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Potencia (kW)	Tiempo de uso promedio (h)	KWh
Lampara LED	6	150	0.15	24	21.6
KWh evaluación	1922				
Costo	S/ 1,219				

Nota: La tabla muestra el cálculo realizado para análisis de costo.

El costo para el periodo de prueba es de 1219 soles.

4.5.5. Alimentación

Durante la etapa de primer alevinaje, la alimentación es suministrada manualmente por el operario(a) en tres turnos diarios: mañana, tarde y noche. Es importante tener en cuenta que la apetencia de los alevines es diferente a la de una trucha adulta, y su proceso digestivo es mucho más rápido. Por lo tanto, se recomienda alimentarlos a saciedad para que puedan ganar peso en un tiempo determinado.

Durante la etapa de primer alevinaje, las condiciones de cultivo son controladas, para asegurar la calidad del alevín. El ingreso de oxígeno es controlado mediante el uso de flujómetros, y el recambio de agua está en función del caudal de ingreso por estanque. Además, se utilizan filtros mecánicos y filtros ultravioleta (con dosis 300-350 mj / cm².) para eliminar impurezas en el agua, como plantas, fecas de ganado ovino, bacterias y virus.

Todo esto contribuye a que las condiciones para el alevín sean de calidad, a diferencia de una condición normal que depende del medio ambiente y que podría contener algún elemento fisicoquímico que afecte la calidad del agua y por ende el alevín deje de alimentarse.

Es importante que los alevines de un estanque puedan comer en forma simultánea, para evitar una competencia por el alimento, lo que perjudicaría gravemente el crecimiento homogéneo que se debería tener. Por otro lado, es importante no entregar grandes cantidades alimento ya que esto puede confundir a los peces y provocar un pobre crecimiento. Además, el alimento no consumido puede degradarse y liberar NH₄ y NH₃, lo que es perjudicial para el alevín y puede afectar la calidad de agua.

Las dosis demasiado pequeñas (sub- alimentación) pueden llevar a una competencia por el alimento y dar lugar a una distribución desigual en el tamaño de los peces dentro del estanque, perjudicando su crecimiento y aumentando su vulnerabilidad a enfermedades virales y bacterianas debido a su baja inmunidad.

Para calcular la ración diaria de alimentación para los alevinos, se utilizan tablas de alimentación generadas por los proveedores del alimento. En este caso, se utilizan las marcas BIOMAR (calibre STARTER #0, STARTER 03, STARTER 05) y SKRETTING, calibre PROTEC 1. (Anexo D y E).

Tabla 6

Tabla de alimentación para trucha arco iris razón diaria expresada en porcentaje del peso corporal para distintos tamaños y temperaturas (TEA)

Peso (gr)	0 - 0,18	0,18 - 1,50	1,50 - 5,15	5,15 - 12,03	12,03 - 23,10	23,10 - 39,22	39,22 - 61,73	61,73 - 91,74	91,74 - 131,60	131,60 - 178,60	178,6 y +
Long. (cm)	0 - 2,5	2,5 - 5,1	5,1 - 7,6	7,6 - 10,2	10,2 - 12,7	12,7 - 15,2	15,2 - 17,8	17,8 - 20,3	20,3 - 22,9	22,9 - 30,5	30,5 y +
Temp. C°											
2,2	2,7	2,2	1,7	1,3	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4
2,8	2,7	2,3	1,8	1,4	1,1	0,9	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4
3,3	2,9	2,4	2,0	1,5	1,2	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5
3,8	3,0	2,5	2,2	1,7	1,3	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5
4,4	3,2	2,6	2,2	1,7	1,3	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
5,0	3,3	2,8	2,2	1,8	1,4	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
5,6	3,5	2,8	2,4	1,8	1,4	1,2	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
6,1	3,6	3,0	2,5	1,9	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
6,7	3,8	3,1	2,5	2,0	1,5	1,3	1,0	0,9	0,8	0,8	0,6
7,2	4,0	3,3	2,7	2,1	1,6	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
7,8	4,1	3,4	2,8	2,2	1,7	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7
8,3	4,3	3,6	3,0	2,3	1,7	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7
8,8	4,5	3,8	3,0	2,4	1,8	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8
9,4	4,7	3,9	3,2	2,5	1,9	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8
10,0	5,2	4,3	3,4	2,7	2,0	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9
10,6	5,4	4,5	3,5	2,8	2,1	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9
11,1	5,4	4,5	3,6	2,8	2,1	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9
11,7	5,5	4,7	3,8	2,9	2,2	1,8	1,5	1,3	1,1	1,1	1,0
12,2	5,6	4,9	3,9	3,0	2,3	1,9	1,6	1,4	1,3	1,1	1,0
12,8	5,8	5,1	4,2	3,2	2,4	2,0	1,6	1,4	1,3	1,1	1,0
13,3	6,1	5,3	4,3	3,3	2,5	2,0	1,7	1,5	1,3	1,2	1,0
13,8	6,3	5,5	4,5	3,5	2,6	2,1	1,8	1,5	1,4	1,2	1,1
14,4	6,7	5,8	4,8	3,6	2,7	2,2	1,9	1,6	1,4	1,3	1,2
15,0	7,0	6,0	5,0	3,7	2,8	2,3	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2
15,6	7,3	6,3	5,1	3,9	3,0	2,4	2,0	1,7	1,5	1,4	1,3
16,1	7,5	6,3	5,3	4,1	3,1	2,5	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3
16,7	7,8	6,5	5,5	4,3	3,2	2,6	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4
17,2	8,1	6,7	5,7	4,5	3,4	2,7	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4
17,8	8,4	7,0	5,9	4,7	3,5	2,8	2,2	1,9	1,7	1,6	1,4
18,3	8,7	7,0	6,1	4,9	3,6	2,9	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5

Nota: La tabla representa la tasa específica de alimentación (TEA) según temperatura.

Tomado de la Charla alevinaje, puno, Perú 2015 (slideshare.net).

4.5.6. Planificación

Durante el análisis de primer alevinaje, se controló la conversión alimenticia y el crecimiento de los alevines, considerando los siguientes indicadores de producción: TEC (tasa específica de crecimiento), TEA (tasa específica de alimentación) y FCA (factor de conversión alimenticia). El análisis se realizó desde los 0.13g hasta los 7g, y los indicadores fueron calculados mediante las siguientes fórmulas:

a) Tasa específica de crecimiento

La tasa específica de crecimiento (TEC) de los peces se evaluó como el porcentaje diario de crecimiento en peso (g). Para calcular la TEC, se utilizó la siguiente fórmula:

$$TEC = \frac{(\ln W2 - \ln W1)}{(t2 - t1)} \times 100$$

Donde:

- ln es el logaritmo natural
- W2 es el peso promedio final del grupo al tiempo t2,
- W1 es el peso promedio inicial al tiempo t1.

Nota: Tomado de Priede y Secomber (1988)

b) Factor de conversión alimenticia

El factor de conversión fue calculado por la siguiente ecuación. Stead y Laird (2002):

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

Incremento de peso del pez en el mismo tiempo (kg)

Fuente: Stead y Laird (2002)

c) Tasa específica de alimentación

$$\text{TEA} = \text{FCA} \times \text{TEC}$$

Dónde:

- TEA (% k/día): Tasa específica de alimentación.
- FCA: Factor de conversión alimenticia.
- TEC (% k/día): Tasa específica de crecimiento.

Nota: Tomado de Hephher (1988)

Para realizar un análisis preciso de los datos y obtener valores lógicos, se consideró el FCA como 1,0 desde la primera alimentación 0,13g hasta los 7g. (Tabla 6).

Tabla 7

Control de indicadores productivos

TABLA CONTROL

Rango de peso	0,13g – 0,5g	0,5g – 1,2g	1,2g – 5,2g	5,2g – 7,5g
TEC	5,8	4,5	3,7	2,8
TEA	5,8	4,5	3,7	2,8
FCA	1	1	1	1

Nota: La siguiente tabla de control ha sido elaborada por la empresa en base a su experiencia en el cultivo de truchas. Es aplicable para las distintas cepas de truchas en un centro de cultivo.

4.5.7. Control

a) Control de crecimiento.

El crecimiento se evaluó por medio de muestreos volumétricos diarios para determinar el peso promedio. (Figura 14). La información se registró en planillas de producción diarias durante el periodo de tres meses.

Figura 14

Muestreo de alevines de trucha arco iris.



Nota: La figura representa el proceso de muestreo.

Tabla 8

Cantidad de muestreo realizado en el estudio

Mes	Cantidad de muestreo	lugar de muestreo	Peso promedio
Enero	30	Alevinaje	1.83
Febrero	28	Alevinaje	4.8
Marzo	31	Alevinaje	7.17

Nota: La tabla representa la cantidad de muestreo realizado.

b) **Porcentaje de supervivencia**

Se cálculo el porcentaje de supervivencia al final del periodo de análisis del fotoperiodo artificial y natural. La mortalidad se recolectaba diariamente y se procesó mediante el uso de Microsoft office.

El porcentaje de supervivencia se calculó mediate la siguiente ecuación:

Se determinó de acuerdo a Mugrditchian et al. citado en Ponce Canales, M.N. (2014).

$$S = \frac{(N_f - N_i) * 100}{N_i}$$

En donde:

S: Supervivencia expresada en %

Ni: Número de peces al inicio del experimento

Nf: Número de peces al final del experimento

4.5.8. Evaluación de la calidad del agua

a) Temperatura

Se realizó control de temperatura tres veces al día (7 am, 12 pm, 7 pm), utilizando el multiparámetro, marca OXYGUARD, y se registró la temperatura en grados centígrados (°C).

b) Oxígeno disuelto

Se realizó control de oxígeno tres veces al día (7 am, 12 pm, 7 pm), utilizando el multiparámetro, marca OXYGUARD, y se registró en mg/l.

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Control de temperatura

En el periodo de evaluación se realizaron controles de temperatura y oxígeno cada hora en los estanques experimental y control, a una profundidad de 1m. Para el control de parámetros medio ambientales, se utilizó equipo multiparámetro de marca OXIGUART (anexo F), el cual tiene incorporado un sensor de temperatura y oxígeno, los datos se registraron manualmente en una planilla y se procesaron en Excel.

La hora de la medición se observa en la siguiente tabla.

Tabla 9

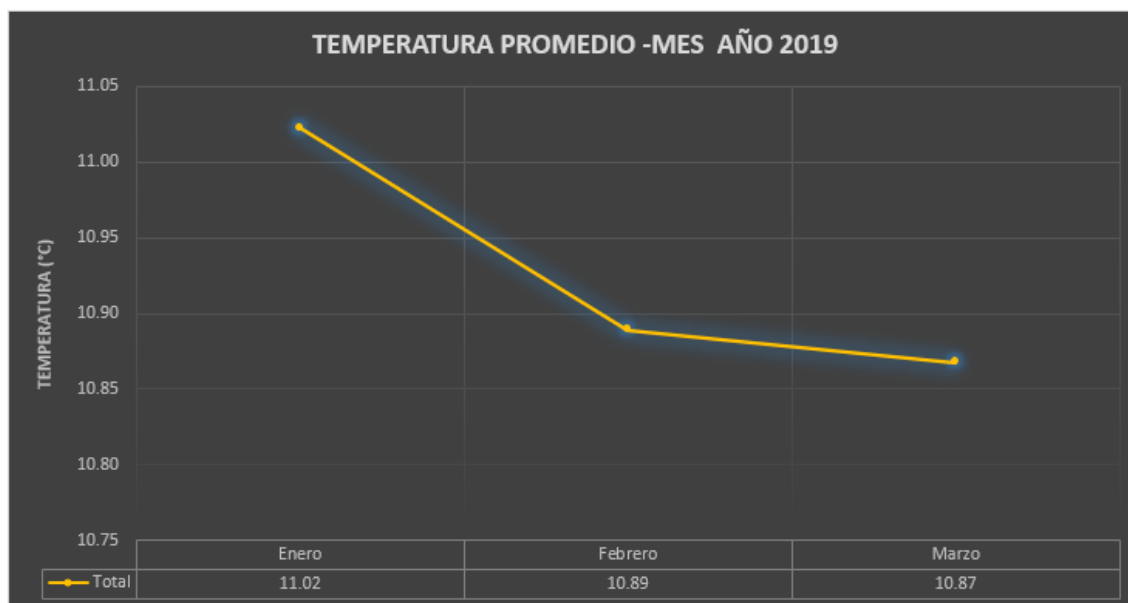
Control de medición de parámetros.

Hora	Turno	Cantidad de medición de parámetros
07:00 - 16:00	Mañana	8
16:00 - 23:00	Tarde	8
23:00 - 07:00	Noche	8

Nota: La tabla representa la cantidad de medición de parámetros realizados.

Figura 15

Control de temperatura.



En la figura 15, muestran los valores promedio de temperatura durante el periodo de evaluación, con un valor mínimo de 10.87 °C y un valor máximo de 11.02 °C. Estos valores están dentro del rango de temperatura citados por Aquino (2009), donde menciona que para el crecimiento y desarrollo en la etapa alevín, la temperatura ideal oscila entre 10 - 12 °C.

5.2. Análisis de crecimiento

Los resultados de los crecimientos obtenidos de los muestreos diarios durante los tres meses de periodo de análisis se muestran en la figura 16, 17 y 18.

Figura 16

Crecimiento en peso en el mes de enero.



En el primer mes, se observó que el crecimiento de ambos grupos de evaluación comenzó igual. Sin embargo, en el séptimo día, se puede notar que el peso promedio del grupo de fotoperiodo artificial comienza a diferenciarse del grupo de fotoperiodo natural.

Figura 17

Crecimiento en peso en el mes de febrero.



En el segundo mes de evaluación, se observa una diferencia significativa en el peso promedio del grupo de alevines con uso de fotoperiodo artificial en comparación con el grupo de alevines con fotoperiodo natural.

Figura 18

Crecimiento en peso en el mes de marzo.



En este último mes de evaluación se observa que sigue existiendo una diferencia significativa en el peso promedio ganado entre el grupo de alevines con fotoperiodo artificial y el grupo de alevines con fotoperiodo natural.

Durante los tres meses de análisis, se comprobó que el uso del fotoperiodo artificial tiene un impacto positivo en el crecimiento del alevín de trucha arco iris. Es importante mencionar que los peces siguen un modelo estacional de crecimiento que varía en función de las horas del día (Bocuf y Falcón, 2001).

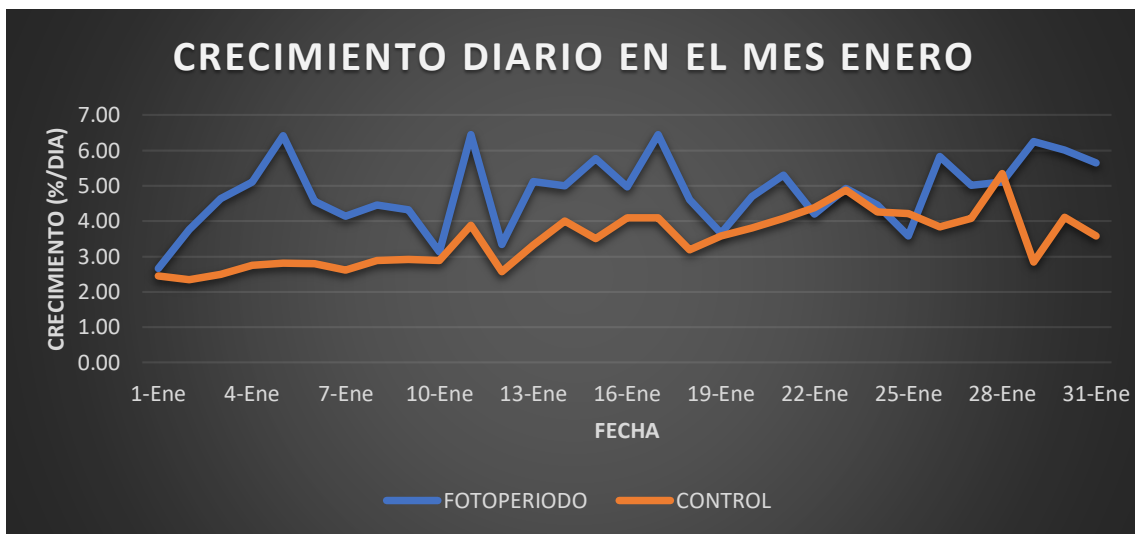
En ese sentido, se observa en las figuras 16, 17 y 18 que el grupo de alevines que uso fotoperiodo artificial presentó una ganancia de peso numéricamente mayor (7.32 g) al grupo de alevines con uso de fotoperiodo natural (3.91g), donde la tendencia de mejor desempeño se observó en los dos últimos meses. Los cambios de ingesta de alimento, digestión y comportamientos específicos están regulados por la luz (Volkoff et al., 2005).

5.3. Tasa específica de crecimiento

Las figuras 19, 20 y 21 muestran la tendencia de la tasa específica de crecimiento (TEC) en los estanques con fotoperiodo artificial y estanques control (fotoperiodo natural).

Figura 19

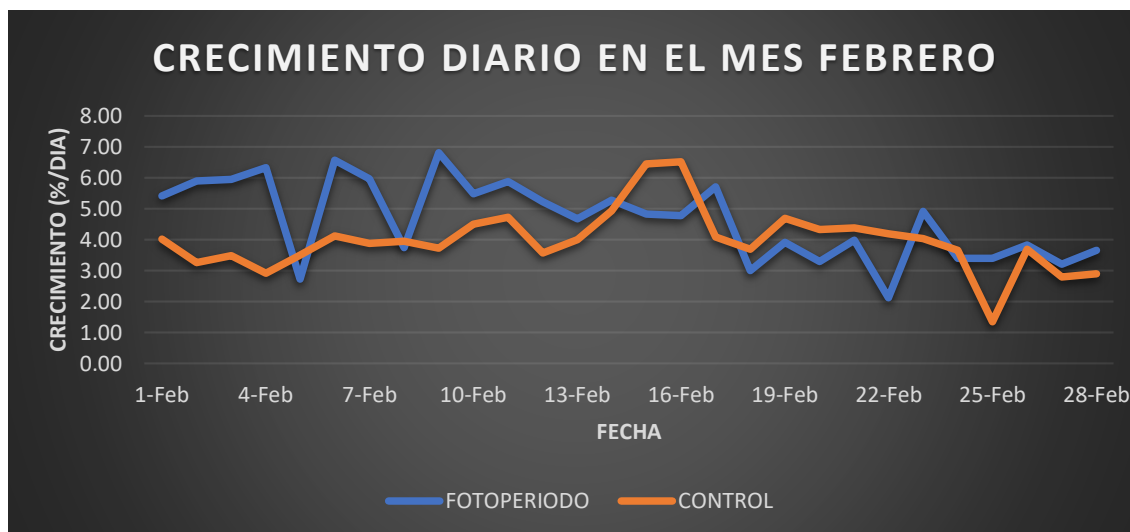
Tasa específica de crecimiento en el mes de enero.



En la figura se observar que la tasa específica de crecimiento (TEC) diario está condicionada por la temperatura, lo que afecta el crecimiento del alevín en los grupos de evaluación (fotoperiodo artificial y fotoperiodo natural). A pesar del efecto que genera la temperatura, el TEC del fotoperiodo artificial es mayor al TEC del fotoperiodo natural.

Figura 20

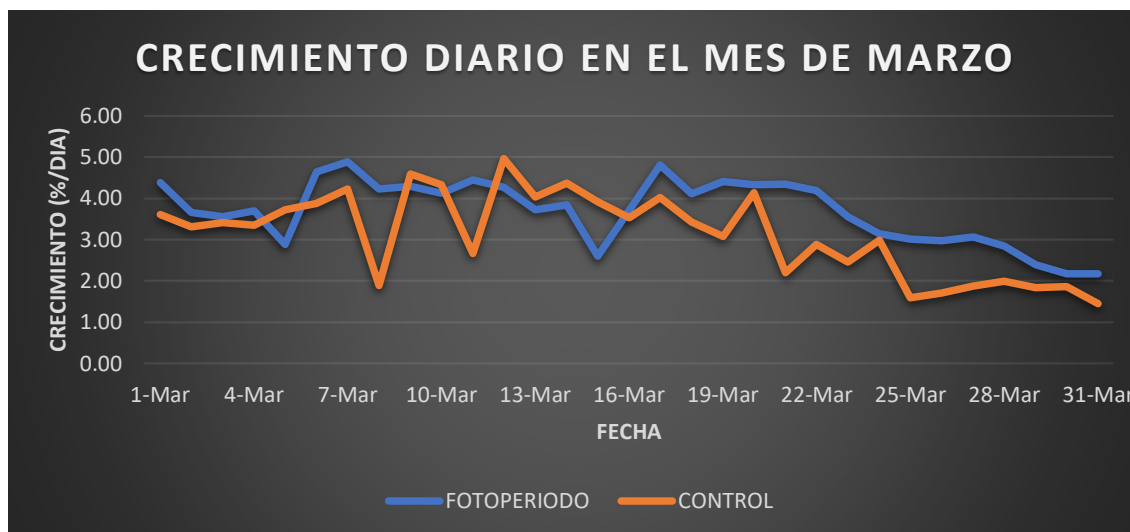
Tasa específica de crecimiento en el mes de febrero.



En la figura se puede observar que la tasa de crecimiento específico (TEC) de ambos grupos de evaluación tuvo variaciones debido a factores externos, como la presencia de turbidez por lluvia y deshielo, que afectaron el crecimiento. Sin embargo, al final del mes de evaluación, se mantuvo la diferencia en la TEC de ambos grupos evaluados.

Figura 21

Tasa específica de crecimiento en el mes de marzo.



Al final del mes de análisis, se obtuvo la tasa específica de crecimiento (TEC) final de ambos grupos (fotoperiodo artificial y fotoperiodo natural), cuyos valores fueron 2.17 y 1.45, respectivamente. Al evaluar los resultados de (TEC) por grupo de alevinos según la condición (fotoperiodo artificial y natural), se demuestra la influencia del fotoperiodo.

Esto puede correlacionarse con lo afirmado por Porter y Col., (1999), quienes señalan que la tasa de crecimiento, y el manipuleo de la reproducción de los peces, al ser inducidos al fotoperiodo mediante el uso de luces artificiales muestran mejores resultados.

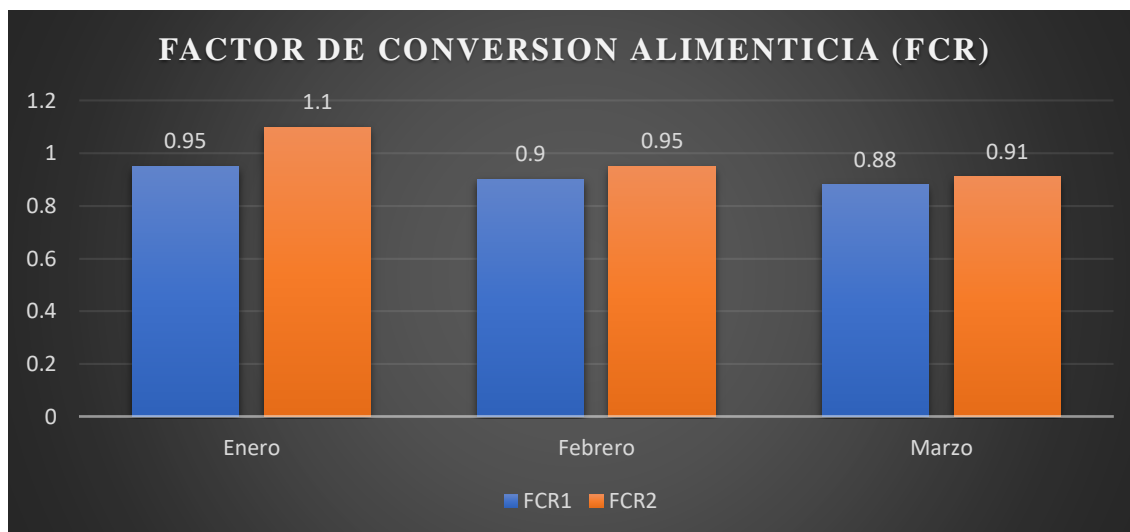
5.4. Factor de conversión alimenticia

Según Choquehuayta (2008), el factor de conversión de alimento (FCR) para los alevines de trucha oscila entre 0.5 y 0.8, mientras para los juveniles se encuentra entre 0.8 y 1. Es importante tener en cuenta que el FCR puede verse afectado por varios factores, como la calidad de agua, la temperatura, el tipo de alimento y la densidad de población.

además, según Adem Yavuz Sonmez et al. (2009), los alevinos de trucha arco iris de 2 gr de peso inicial expuestos a fotoperiodos largos (luz: oscuridad) 12:12, 16:8 y 24:0, estadísticamente presentaron mejores tasas de conversión alimenticia respecto a fotoperiodos cortos. Los resultados obtenidos en el presente análisis reafirmarían lo descrito por el autor, dado que los FCR obtenidos en fotoperiodos largos fueron mejor que el fotoperiodo natural o control.

Figura 22

Factor de conversión alimenticia (FCR).



En la figura 22 se presentan los promedios de FCR obtenidos en los tres meses de análisis. Según los resultados, FCR1 (fotoperiodo artificial) tuvo una mejor tasa de conversión alimenticia que el FCR2 (fotoperiodo natural). Es importante tener en cuenta que el FCR puede verse afectado por varios factores, como la densidad, cepa, alimento y fotoperiodo, y que también se ve influenciado directamente por la marca de alimento suministrado Uysal y Albaz, (2002).

En el presente análisis, la densidad de siembra, cepa y alimento balanceado utilizado fueron los mismos para los dos grupos, siendo el único diferencial la exposición a las horas luz.

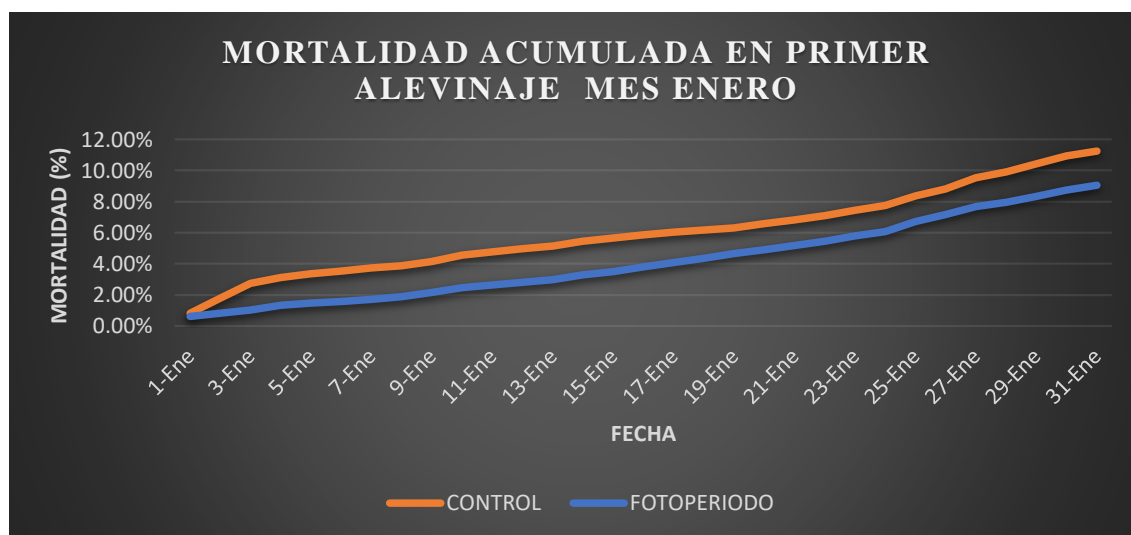
5.5. Análisis de porcentaje de supervivencia

Se analizó el porcentaje de supervivencia que se generaría en los tres meses de estudio. Además, se realizó análisis mes por mes, y se encontró que el grupo de fotoperiodo artificial tuvo un valor porcentual de supervivencia más alto en comparación con el grupo de fotoperiodo natural.

En las figuras 23, 24 y 25 se observan el comportamiento de la mortalidad día a día de cada mes de evaluación de los alevinos de trucha.

Figura 23

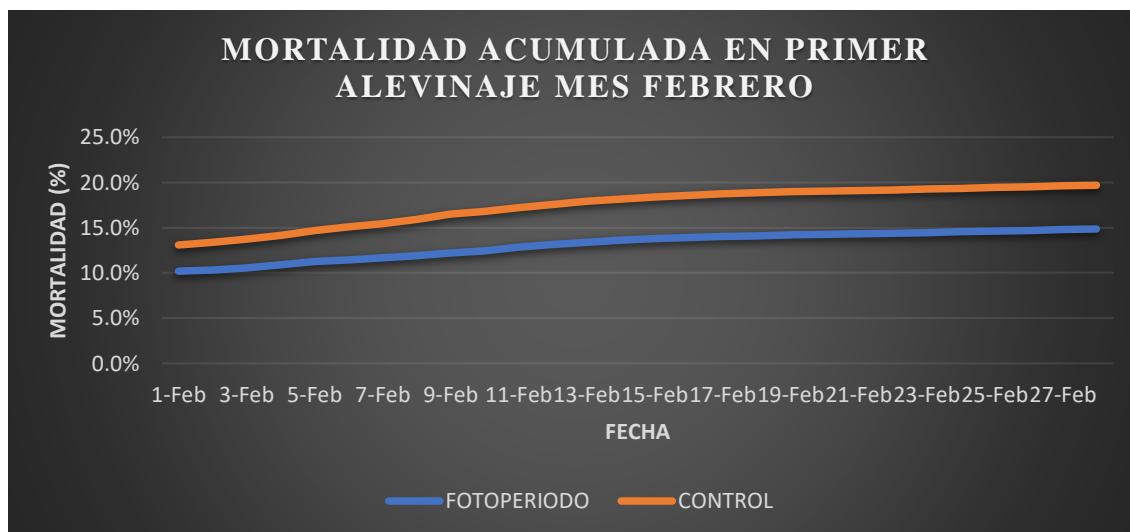
Porcentaje de mortalidad acumulado en el mes de enero.



En la figura se observa una diferencia contundente en el porcentaje de mortalidad entre los alevines con fotoperiodo artificial y alevines con fotoperiodo natural.

Figura 24

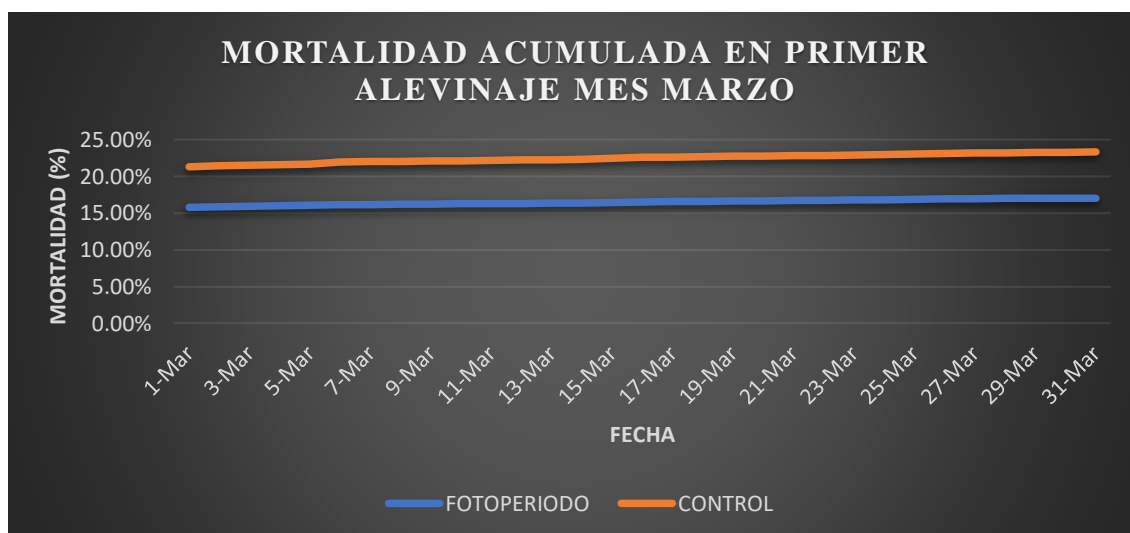
Porcentaje de mortalidad acumulado en el mes de febrero.



En la figura se mantiene la diferencia del porcentaje de mortalidad entre el mes anterior (enero) y el siguiente mes evaluado.

Figura 25

Porcentaje de mortalidad acumulado en el mes de marzo.



En la figura se observar que al final del periodo de evaluación (enero-marzo), se mantiene la diferencia en el porcentaje de mortalidad entre los dos grupos evaluados. El grupo de alevines con fotoperiodo artificial tuvo una mortalidad acumulada del 17.03%, mientras que el grupo de alevines con fotoperiodo natural tuvo una mortalidad acumulada del 23.32%.

De la información recopilada durante el periodo de evaluación, podemos decir que el porcentaje de supervivencia para los alevines que usan fotoperiodo artificial es de 82.97%, mientras que para los alevines que usan fotoperiodo natural es del 76.68%.

Esto cumple con lo mencionado por Boeuf y Falcón (2001), quienes señalan que el fotoperiodo no solo afecta la actividad de alimentación, sino que también desempeña un papel decisivo en el crecimiento, la supervivencia y el comportamiento social.

Barlow et al. (1995) ha demostrado un efecto positivo en la supervivencia de larvas de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) entre otras especies con periodos de luz: 16:08 y 24:00.

5.6. Beneficios obtenidos

- El uso de fotoperiodo artificial benefició a la empresa al lograr pesos promedios superiores a 5g durante el periodo de evaluación.
- Se identificó un efecto positivo en la tasa específica de crecimiento (TEC) y el porcentaje de supervivencia al usar fotoperiodo artificial.
- El uso de fotoperiodo artificial permitió resolver el problema que presentaba la empresa con los peces menores a 5g.

VI. CONCLUSIONES

- La estrategia de alimentación también se vio afectada, ya que mejoró la iluminación de estanque. Como resultado, se incrementó la cantidad de alimento por entregar y las raciones a dar en un tiempo determinado.
- Los resultados obtenidos durante el periodo de análisis indican que el fotoperiodo no solo afecta a la actividad de la alimentación (mejora la eficiencia de la conversión alimenticia), sino que también desempeña un papel decisivo en el crecimiento, la supervivencia y el comportamiento del animal.
- Los espectros de luz afectan la fisiología de los peces y maximizan su comportamiento, lo que significa que están muy activos. Por lo tanto, se logra una eficiencia óptima en el consumo alimento entregado.
- Se demostró que la tasa específica de crecimiento (TEC) de la trucha arcoíris se vio significativamente afectada por la luz, lo que resultó una ganancia de peso mayor (mes a mes, durante los tres meses de evaluación) en comparación con el grupo control.
- El alevín de trucha, al ser un pez teleósteo, no solo se ve influenciado por la temperatura del agua en su desarrollo, sino también por el fotoperiodo natural y artificial. Se ha evidenciado que el crecimiento es continuo y mayor en el fotoperiodo artificial en comparación con el natural. El efecto del fotoperiodo tiene efecto pronunciado sobre la glándula pineal en los teleósteos.
- Los alevines se ven afectados en su patrón de crecimiento y en la eficiencia de la conversión alimenticia al estar expuestos a variaciones en los parámetros ambientales y fotoperiodo natural.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar evaluando el uso del fotoperiodo artificial en diferentes cepas con el objetivo de acelerar u optimizar el crecimiento en diferentes etapas productivas.
- Es importante contar con personal calificado para medir la intensidad de la luz mediante el uso de un luxómetro, con el fin de ubicar las lámparas de luz en los estanques circulares.
- Las empresas deben de usar la biotecnología en beneficio en la mejora de sus indicadores productivos.
- Se debería hacer más investigación en el Perú en el uso del fotoperiodo artificial.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Alarcón, C. (2006). Tesis Ing. Naval. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Escuela de Ingeniería Naval. Valdivia. Chile 63p.
- Ali M. A. (1961). Histophysiological studies on the juvenile Atlantic salmon (Salmon salar) retina: II. Responses to light intensities, wavelengths, temperatures, and continuous light or dark (Vertical activity of four salmonid species in response to changes) *Canadian Journal of Zoology*, 39(4), 511-526.
- Alvarado, H. (1999). Crecimiento y sobrevivencia de la trucha arco iris cultivada en diferentes tipos de estanques y densidades. [Informe técnico]. Centro de Investigación Agropecuaria del Estado Táchira. Bramón, Venezuela.
- Aquavisión. (2009). Cultivando para el futuro: La trucha peruana y su potencial de desarrollo. *Rev. Aquavisión*, 1(2).
- Aquino, G. (2009). Manual básico para el cultivo de Truchas Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Lima, Perú, pp. 9- 10.
- Aragón-Flores, E.A., Martínez-Cárdenas, L., Valdez-Hernández, E.F. (2014). Efecto del fotoperiodo en peces de consumo cultivados en distintos tipos de sistemas experimentales. *Revista Bio Ciencias*, 3(1), 17-27, (p.17-19). doi: 10.15741/revbio.03.01.03
- Bastardo, H., Coché, Z., y Alvarado, H. (1988). Manual técnico para el cultivo de truchas en Venezuela [Informe técnico]. Ministerio de Agricultura y Cría. pp. 94-96.

- Beland, D.; Buckerly, J.; Miggins L.; Warren, A. (2008). Good Practices for the Cultivation of Trout in Costa Rica. Costa Rica: Worcester Polytechnic Institute and INCOPECA.
- Biswas, A.K., Monta, T., Yoshizaki, G., Maita, M., Takeuchi, T., (2005). Control of reproduction in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) by photoperiod manipulation. *Aquaculture* 243, 229-239.
- Blanco Cachafeiro, M. Carmen. (1995). *La Trucha Cría Industrial* [Libro]. Edit. Mundi - Prensa. Madrid, España.
- Blanco M. (1994). *La Trucha, cría industrial*. Ed. Mundi. Prensa. MadridBarcelona-México. 2º edición. 76p.
- Boeuf G y P-Y. Le Bail, (1999). Does light have influences of fish growth? *Aquaculture* 177, 129-152.
- Boeuf, G., and J. Falcón, (2001). Photoperiod and growth in fish. *Vie et Milieu* 51: 237-346.

- Bromage N., Porter M. & Randall, C. (2001). The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin *Aquaculture* 197: 63-98.
- Camus, P. y Koutsikopoulos, C. (1984). *Incubation experimentale et developpement embryonnaire de la daurade royale, Sparus aurata, a different temperatures* [Artículo]. *Aquaculture*, 42, pp. 117-128.
- Compra CF, Boyce DL y Brown JA 2000 Crecimiento y supervivencia de juveniles de platija amarilla *Pleuronectes ferrugineus* (Storer) bajo diferentes fotoperiodos. *Investigación en Acuicultura* 31,547-552.
- Díaz, N.F. y Neira, R. (abril, 2005). Biotecnología Aplicada a la Acuicultura: I. Biotecnologías clásicas aplicadas a la reproducción de especies cultivadas. *Ciencia e Investigación Agraria* 32(1): 45-59.
- Duston, J., y Saunders, R. L. (1999). Effect of winter food deprivation on growth and sexual maturity of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in sea water. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56(2), 201-207.
- Ekstrom, P., y Meissl, H. (1997). The pineal organ of teleost fishes. *Rev Fish Biol Fisheries*, 7, 199-284.
- El-Sayed, A.-F.M. y Kawanna, M. (2004). Effects of photoperiod on the performance of farmed Nile tilapia. Growth, feed utilization efficiency and survival of fingerlings. *Aquaculture*. 231: 393-402

- Falcón, J., Besseau, L., & Boeuf, G. (2007). Molecular and cellular regulation of pineal organ responses, pp. 203-406 in *Sensory Systems Neuroscience. Fish Physiology*, edited by T. Hara and B. Zielinski. Academy Press Elsevier, Amsterdam.
- Falcon, J.; Besseau, D., Fazzari, J.; Attia, P.; Galidrat, M.; Beauchaud y Boeuf, G. (2003). La melatonina modula la secreción de prolactina hormona crecimiento y por células de la glándula pituitaria de la trucha en la cultura. *Endocrinología* 144: 4648-4658.
- FAO. (2009). *Oncorhynchus mykiss*. In *Cultured aquatic species fact sheets*. Text by Cowx, I. G. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New. CD-ROM (multilingual).
- FAO. (2018). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible*. Roma. 233 págs. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Fenwick, J.O (1970). The Pineal organ. In: *Fish Physiology*, vol. IV. (eds.) W.S Hoar and D.J Randall. 91 -108. Academic Press. London, New York.
- Fernández, J. y Blasco, J. (1995). *Fisiología de la nutrición* [Libro]. Universidad de Barcelona. España.
- Flores D. (2015). *Rentabilidad económica de la producción de truchas en jaulas flotantes del distrito de Chucuito – Puno, 2011 – 2012* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano – Puno, Facultad de Ingeniería Económica].
- FONDEPES (2014). *Manual de crianza de trucha en ambientes convencionales*.

- Frenzl., Stien, L.H., Cockerill, D., Oppedal, F., Richards, R.H., Shinn, A. P., Bron, J.E., Migaud, H. 2014. Manipulation of farmed Atlantic Salmon swimming behaviour through the adjustment of lighting and feeding regimes as a toll for salmon lice control, *Aquaculture*, 424-425,183-188.
- Ginés, R., Afonso, J. M., Arguello, A., Zamorano, M. J., & Lopéz, J. L. (2004). The effects of long-day photoperiod on growth, body composition and skin colour in immature gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture Research*, 35(12), [1207-1212](#)
- Huaylinos, C. (2006). Influencia de tres condiciones lumínicas en el incremento de peso y conversión alimenticia en alevinos de trucha “Arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), en la piscigranja “La Cabaña Distrito de Sapallanga” Tesis Ing. [UNCP, Huancayo Perú](#)
- Sacaca Luna, R. (n.d.). Efecto de la iluminación permanente sobre el crecimiento de alevinos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) [en el municipio de Irupana comunidad Apinguela La Paz \(Doctoral dissertation\)](#)
- Imbaquingo Abalco, M. A. (2017). Evaluación de niveles de carotenoides naturales (harina de pimiento rojo) (*Capsicum annuum* L.) en la alimentación de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la etapa de finalización en Juan Montalvo, Cayambe, provincia de Pichincha (Tesis de Pregrado). Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte. [Ibarra, Ecuador](#)
- Jurgens Sepúlveda, C.A. (2013). Indicadores de bienestar animal en salmónidos de cultivo en agua dulce (Tesis Pregrado). Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

- Kinkelin, P., & Ghitiino, P. (1985). *Tratado de las enfermedades de 105 peces* (Ed. Acribia S. [A](#)), Zaragoza
- Le Bail, J. C., Laroche, T., Marre-Fournier, F., & Habrioux, G. (1998). Aromatase and 17beta-hydroxysteroid dehydrogenase inhibition by flavonoids. *Cancer Letters*, 133(1), [101-106](#)
- Maiz Padrón, A. R., Valero Lacruz, L., & Briceño Piñero, D. (2010). Elementos Prácticos para la Cría de Truchas en Venezuela. *Mundo Pecuario*, VI(2), [157-168](#)
- Mantilla, B. (2004). *Acuicultura: cultivo de truchas en jaulas flotantes*. Edit. PALOMINO. [Lima, Perú](#)
- Masaló, I., Guadayol, O., Peters, F., & Oca, J. (2008). Analysis of sedimentation and resuspension processes of aquaculture biosolids using and oscillating grid. *Aquacultural Engineering*, 38(2), [135-144](#).
- Mella, V. (s.f.). Uso del fotoperiodo en el manejo reproductivo: fisiología y aspectos prácticos. I+D Salmonexpert pp. 40-44. [Chile](#)
- Migaud, H., Wang, N., Gardeur, J. N., & Fontaine, P. (2006). Influence of photoperiod on reproductive performances in Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquaculture*, 252, [385-393](#)

- MINISTERIO DE LA PRODUCCION – 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. Dirección General de Acuicultura del Ministerio de la Producción. [34 p](#)
- Miranda, R. (2013). *Cultivo del salmón en Chile*. Curso de Salmonicultura. Universidad de los Lagos. Facultad de Pesquerías y Oceanografía. Instituto de Acuicultura. Puerto Montt, Chile, p. [93](#).
- Elsbaay, A. M. (2013). Effects of Photoperiod and Different Artificial Light Colors on Nile Tilapia Growth Rate. [Department of Agriculture Engineering, Faculty of Agriculture, Kafrelsheikh University, Kafr El-Sheikh 33516, Egypt](#)
- Núñez, P., & Somoza, G. (2010). Guía de Buenas Prácticas de Producción Acuícola para Trucha Arco-iris. Supervisado por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). [Argentina: 75 p](#)
- Pevet, P. (2000). [La melatonina y los ritmos biológicos: Bioseñales de recepción 9: 203-213](#)
- Porter, M. J. R., Duncan, N. J., Mitchell, D., & Bromage, N. R. (1999). The use of cage lighting to reduce plasma melatonin in Atlantic salmon (*Salmo salar*) and its effects on the inhibition of grilising. *Aquaculture*, 176, [237–244](#)
- Pozos Vásquez, A. de J. (2010). Propuesta de construcción de estanquería para el cultivo de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en el Municipio de Miahuatlán, Veracruz (Tesis de Pregrado). Facultad de Biología de la Universidad de Veracruzana. [Xalapa, Veracruz](#)

- Ponce Canales, M. N. (2014). Evaluación de un promotor multifuncional en la dieta sobre el comportamiento productivo de juveniles de trucha (*Oncorhynchus mykiss*)
- Radonic, M., López, A., Oka, M., & Aristizábal, E. (2005). Effect of the incubation temperature on the embryonic development and hatching time of eggs of the red porgy *Pagrus pagrus* (Linne, 1758) (Pisces: Sparidae). *Biología Marina y Oceanografía*, [40\(2\), 91-99](#)
- Ragash. (2009). *Manual de Crianza de la Trucha Arcoíris*, Perú, p. [7](#)
- Ramos, J., Rodríguez, L., Zanuy, S., & Carrilo, M. (2002). Influencia del fotoperiodo sobre la aparición de la primera madurez sexual, comportamiento reproductivo y calidad de puestas en hembras de lubina *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758). *Bol. Inst. Esp. Oceanog.*, [18\(1-4\), 175-182](#)
- Romero Dextre, J. A. (2011). *Diseño de Criaderos y Cultivos de Truchas y Tilapias*. Universidad Nacional Del Callao – Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos. Callao, Perú: 184 p.
- SAGARPA (secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). “Guía Empresarial para el Cultivo, Engorda y Comercialización de Trucha Arco Iris”, Consultoría en Optimización Empresarial S. A. México D.F. (2012). [134 p](#)
- SALMOLAB. (2000). *El estrés en los peces de cultivo. Cartilla Técnica*. [Puerto Montt, Chile](#)

- Sánchez, C. (2004). Alimentación, Nutrición, reproducción, mejoramiento, manejo productivo, instalaciones, mercado y la rentabilidad. En: Crianza y Producción de Truchas, (R. Palomino (Ed.)), Lima; Perú, pp. [9-134](#)
- Sanz, F. (2010). *La alimentación en piscicultura*, truw España S.A.
- Skutvik, A. (2014). Aprendiendo Acuicultura. Cultivo de Salmón Atlántico. Compendio, Tomo I. Chile. [151 páginas](#) .
- Spieler, R. E. (2000). Revisión Sobre Ritmos Circadianos, Frecuencia de Alimentación y Crecimiento en Peces. En Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.), Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola (pp. 220-236). [La Paz, B.C.S., México](#)
- Timmons, M. B., Summerfelt, S. T., & Vinci, B. J. (1998). Review of circular tank technology and management. [Aquacultural engineering, 18, 51-69](#)
- Troutlodge. (2019). Primera alimentación de los alevines. [Publicado en: Crianza temprana - Troutlodge](#).
- TROW CHILE (1999). Alimento para Peces, Resumen Técnico para Dietas 1999. Puerto Montt-Chile.
- Vergara, V. (1998). Avance en nutrición y alimentación en truchas, curso producción de truchas Huancayo Perú [Manual de capacitación].
- Volkoff, H., Canosa, L.F, Unniappan, S., Cerda — Reverter, J.M, Bemier, N.J., Kelly, S.P., Peter, R.E. (2005). Neuropeptides and the control of food intake in fish. *General and Comparative Endocrinology*, 142(1-2), 3-19.

- Watanabe, W.O., Woolridge, C.A. y Daniels, H.V. (2006). Progress toward yearround spawning of southern flounder broodstock by manipulation of photoperiod and temperature. *J. World Aquaculture. Soc.*, 37(3), 256-272.
- Whitehead, C. y Bromage, N. (1980). Effects on constant long and short-day photoperiods on the reproductive physiology and spawning of the rainbow trout. *Journal Endocrinol.* [87, 6-7](#)
- Zaclunann A., Fakon J., Knijff S.C., Bolliet V. and Ah i M.A. Effects of photoperiod and temperature on rhydunic melatonin secretion from the pineal organ of the white sucker (*Catostomus commersoni*) in vitro. *Gen Comp Endocrinol.* [86\(1\), 26-33](#)

ANEXOS

Anexo A

Material biológico



Nota: La figura representa a los alevinos en estanque

Anexo B

Lampara de luz LED



Fuente: www.imatek.cl/fotos/la.pdf

Nota: La figura muestra el equipo de luz LED usado.

Anexo C

Características de las luces led Imatek spa

Nº	ITEM	Descripción
1	Voltaje de entrada	12V
2	Energía LED	150W
3	Cambia la potencia de la luz de ahorro de energía	500W
4	Tipo y cantidad de LED	324PCS 2835 a través del disipador de calor
5	Material	Aleación de aluminio + SMD+ vidrio acrílico
6	color	Luz verde, roja y azul
7	Flujo luminoso	18000 LM
8	Eficiencia luminica	130LM-160LM/W
9	Angulo de visión	360°
10	Entorno de funcionamiento	Temperatura: -20°C a 80°C/1-150 metros bajo el agua
11	Tiempo de vida	Más de 50000 horas
12	Código IP	IP68
13	código IK	IK01
14	Clase luminarias	Clase I
15	Peso	2.5 Kg
16	Tamaño	H290mm D70mm
17	Certificaciones	CEROHS

Nota: El cuadro representa las características de luz LED, tomado de la empresa Imatek

Anexo D

Alimento Biomar según rango de peso.

CALIBRE BIOMAR		
GOLDEN PRIMA	Peso pez (g)	Calibre m.m.
STARTER #0	< 0	0
STARTER 03	0,2 - 0.5	0
STARTER 05	0,5 - 2	0

Nota: El cuadro representa el calibre de alimento según peso. Tomado de la Empresa Biomar Chile.

Anexo E

Alimento Skretting según rango de peso

CALIBRE SKRETTING		
Alimento	Peso pez (g)	Calibre m.m
PROTEC		
1	1-5	1

Nota: El cuadro representa el calibre de alimento según peso. Tomado de la empresa Skretting

Anexo F

Oxímetro oxyguard handy polaris 2



Nota: La imagen representa el equipo multiparámetro OYGUARD.