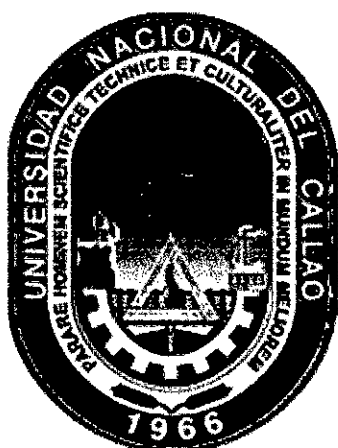


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA



**“EVALUACIÓN DEL FOTOPERIODO EN EL
CRECIMIENTO Y PARÁMETROS
PRODUCTIVOS DEL CULTIVO DE ALEVINES
DE TILAPIA NILÓTICA *Oreochromis niloticus*
(Linnaeus, 1758)”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO PESQUERO

JUNIOR HENRY NOLE ALTAMIZA

ROMMY HERRERA CALDERÓN

Callao, Noviembre, 2016

PERÚ

**“EVALUACIÓN DEL FOTOPERIODO EN EL
CRECIMIENTO Y PARÁMETROS
PRODUCTIVOS DEL CULTIVO DE ALEVINES
DE TILAPIA NILÓTICA *Oreochromis niloticus*
(Linnaeus, 1758)”**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE ALIMENTOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN

**ACTA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO PESQUERO POR LA
MODALIDAD DE TESIS**

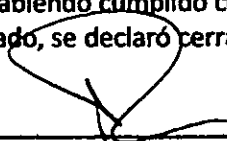
En Bellavista A los dos días del mes de noviembre del 2016, se reunió EL Jurado Evaluador de Tesis de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos, conformado por los siguientes Docentes Ordinarios de la Facultad:

Mg. José Antonio Romero Dextre	Presidente
Ing. Gloria A. Gutiérrez Romero	Secretario
Blgo. Juan José Vélez Dieguez	Vocal
Ms.C. Arnulfo Antonio Mariluz Fernández	Asesor

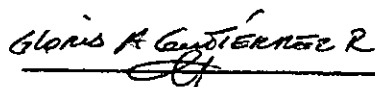
Previa lectura de la Resolución del decanato N° 0111-2016-DFIPA, de fecha 14 de octubre del 2016 y del Oficio s/n, de fecha 26 de octubre del 2016 presentados por los Miembros del Jurado Evaluador y en concordancia con el Artículo 110 del Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado y aprobado por Resolución N° 082-2011-CU, seguidamente se dió inicio al Acto de Sustentación, invitando a los señores Bachilleres: **HERRERA CALDERÓN ROMMY** y **NOLE ALTAMIZA JUNIOR HENRY**, para que sustente la tesis titulada **"EVALUACIÓN DEL FOTOPERIODO EN EL CRECIMIENTO Y PARÁMETROS PRODUCTIVOS DEL CULTIVO DE ALEVINES DE TILAPIA NILOTICA *Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758)*"**, terminada la sustentación, el Jurado Evaluador sometió a los señores Bachilleres a las preguntas y observaciones del caso, concluida esta etapa, el Jurado Evaluador procedió a deliberar en privado y calificar la Tesis, finalizada la liberación EL Jurado Evaluador otorga a la Tesis el calificativo de BUENO, seguidamente se dió lectura en público del Acta de Sustentación de la Tesis a cargo del Secretario del Jurado.

A continuación se realizó la Juramentación de los Titulados a cargo del Presidente del Jurado de Tesis.

Siendo las 13.55 horas, del mismo día y habiendo cumplido con lo dispuesto en el Artículo 110 del Reglamento de Grados y Títulos de pregrado, se declaró cerrada la Sesión, dando fe de lo actuado con las respectivas firmas:



Ing. Mg. José Antonio Romero Dextre
Presidente



Ing. Gloria A. Gutiérrez Romero
Secretario



Blgo. Juan José Vélez Dieguez
Vocal



Ms.C. Arnulfo Antonio Mariluz Fernández
Asesor

DEDICATORIA

A mis padres, que han estado conmigo en todo momento brindándome su apoyo y confiar en mí, por ser ese ejemplo de perseverancia y constancia que me motivaron constantemente, porque con sus consejos, comprensión, amor y paciencia, me ayudaron a salir adelante en los momentos más difíciles, y todo lo que soy hoy es gracias ellos.

Junior Henry Nole Altamiza

DEDICATORIA

A mis padres, que siempre me brindan su amor y enseñanza, por ser mi ejemplo de esfuerzo y perseverancia, con sus consejos, paciencia y comprensión me ayudan a salir adelante en todo momento y ser todo lo que soy, mi gran motivo para crecer cada día.

Rommy Herrera Calderón

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser guía y pilar fundamental en nuestras vidas y permitirnos llegar a este momento tan especial en nuestras vidas, por darnos esa fuerza para seguir adelante y no desfallecer en los problemas que se nos presentaban en este arduo camino.

Asimismo, expresamos nuestro agradecimiento a todos aquellos quienes estuvieron vinculados de alguna manera, directa e indirectamente en la realización de este trabajo, en especial al MS.C ARNULFO ANTONIO MARILUZ FERNÁNDEZ, por su valiosa ayuda y asesoramiento en la realización de la misma.

A los señores Miembros del Jurado por sus recomendaciones, ya que su valioso aporte ayudó a enriquecer dicho trabajo.

También, a la Facultad de Ingeniería Pesquera y Alimentos de la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, por brindarnos las facilidades de utilizar sus instalaciones para llevar a cabo dicho trabajo de investigación.

Y, desde luego, a nuestras familias por su apoyo constante e incondicional de siempre, sin el cual no hubiera sido posible alcanzar dicho objetivo.

Junior Henry Nole Altamiza

Rommy Herrera Calderón

INDICE

ÍNDICE.....	1
ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	5
INDICE DE TABLAS.....	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Identificación del problema.....	9
1.2 Formulación del problema.....	10
1.3 Objetivos.....	10
1.3.1 Objetivo general.....	10
1.3.2 Objetivos específicos.....	10
1.4 Justificación.....	11
1.5 Importancia.....	12
II. MARCO TEORICO	
2.1 Biología general de la tilapia.....	13
2.1.1 Taxonomía.....	13
2.1.2 Características taxonómicas.....	13
2.1.3 Morfología externa de la tilapia nilótica.....	14
2.1.4 Características biológicas y ecológicas.....	15
2.2 Antecedentes del estudio.....	15
2.2.1 Efecto del fotoperiodo en el crecimiento de los peces.....	28

2.2.2 Efecto del fotoperiodo asociadas a las vías endocrinas.....	33
---	----

III. VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1 Variables de investigación.....	46
3.2 Operacionalización de variables.....	46
3.3 Hipótesis.....	49

IV METODOLOGIA

4.1 Tipo de Investigación.....	50
4.2 Diseño de la Investigación.....	50
4.3 Población y muestra.....	52
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	52
4.5 Procedimiento de recolección de datos.....	58
4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos.....	60

V RESULTADOS

5.1 Evaluación fisicoquímica del agua.....	62
5.1.1 Temperatura.....	62
5.1.2 Oxígeno disuelto.....	62
5.1.3 Amonio.....	62
5.1.4 Nitritos.....	63
5.1.5 pH.....	63
5.2 Evaluación de crecimiento en peso, talla y parámetros productivos.....	66
5.2.1 Evaluación del crecimiento en peso y talla de los peces.....	66

5.2.2 Evaluación de la tasa de crecimiento absoluto (T.C.A).....	71
5.2.3 Evaluación de la tasa de crecimiento específico (T.C.E).....	73
5.2.4 Evaluación del factor de condición (k).....	75
5.2.5 Evaluación de la conversión alimenticia (C.A).....	77
5.2.6 Evaluación de la supervivencia.....	79
5.2.7 Evaluación del coeficiente térmico de crecimiento (C.T.C).....	81
VI. DISCUSIÓN.....	83
VII. CONCLUSIONES.....	89
VIII. RECOMENDACIONES.....	90
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
X. ANEXOS.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1: Morfología Externa de la Tilapia.....	14
FIGURA 2.2: La Tilapia <i>Oreochromis niloticus</i>	16
FIGURA 2.3: Cultivo de Tilapia.....	18
FIGURA 2.4: Factores Ambientales en el Pez.....	20
FIGURA 2.5: Fotoperiodo en los Peces.....	23
FIGURA 2.6: Ritmo Circadiano versus Fotoperiodo.....	24
FIGURA 2.7: Influencia del Periodo Circadiano en el Pez.....	25
FIGURA 2.8: Fotoperiodo versus Reproducción.....	27
FIGURA 2.9: Experimento de Fotoperiodo en Cultivo de Tilapia.....	29
FIGURA 2.10: Efectos del Fotoperiodo y Diferentes Colores de Luces.....	29
FIGURA 2.11: La Luz versus Diferentes Especies.....	30
FIGURA 2.12: Órgano Pineal versus Crecimiento de los Peces.....	32
FIGURA 2.13: La Melatonina en el Crecimiento de los Peces.....	34
FIGURA 2.14: Efecto de Luz Continua en los Peces.....	36
FIGURA 2.15: Gonadogénesis de la Perca.....	38
FIGURA 2.16: Fotoperiodo y la Reproducción en Tilapia Nilótica.....	40
FIGURA 2.17: Fotoperiodo en el Pez Gato.....	44
FIGURA 4.1: Análisis del Oxígeno Disuelto en el Cultivo de Tilapia.....	55
FIGURA 4.2: Análisis del pH en el Cultivo de Tilapia.....	55
FIGURA 4.3: Análisis de Amonio y Nitritos en el Cultivo de Tilapia.....	56
FIGURA 4.4 Limpieza mediante Sifoneado en el Cultivo de Tilapia.....	57
FIGURA 4.5: Muestreo Biométrico de Peso (g) y Talla (cm) de Tilapia.....	57
FIGURA 4.6: Evaluación del Fotoperiodo en Tilapia.....	61

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 5.1: Valores de Temperatura (T_1 y T_2 ; 0 – 60 días).....	64
GRÁFICO 5.2: Valores de Oxígeno Disuelto (T_1 y T_2 ; 0 - 60 días).....	64
GRÁFICO 5.3: Valores de Amonio (T_1 y T_2 ; 0 – 60 días).....	65
GRÁFICO 5.4: Valores de Nitrito (T_1 y T_2 ; 0 - 60 días).....	65
GRÁFICO 5.5: Valores de pH (T_1 y T_2 ; 0 – 60 días).....	66
GRÁFICO 5.6: Valores del Crecimiento en Peso (T_1 y T_2 ; 0 - 60 días).....	68
GRÁFICO 5.7: Curvas, Ecuaciones y Coeficiente R^2 de los Valores del Crecimiento en Peso (T_1 y T_2 ; 0 - 60 días).....	69
GRÁFICO 5.8: Valores del Crecimiento en Talla (T_1 y T_2 ; 0 - 60 días).....	70
GRÁFICO 5.9: Curvas, Ecuaciones y Coeficiente R^2 de los Valores del Crecimiento en Talla (T_1 y T_2 ; 0 - 60 días).....	71
GRÁFICO 5.10: Curvas, Ecuaciones y Coeficiente R^2 de los Valores de Tasa de Crecimiento Absoluto (T_1 y T_2 ; 0 - 60 días).....	72
GRÁFICO 5.11: Valores de Tasa de Crecimiento Absoluto (T_1 y T_2 ; 60 días)....	73
GRÁFICO 5.12: Valores de Tasa de Crecimiento Específico (T_1 y T_2 ; 60 días)...	74
GRÁFICO 5.13: Curvas, Ecuaciones, y Coeficiente R^2 de los Valores de Tasa de Crecimiento Específico (T_1 y T_2 ; 0 - 60 días).....	75
GRÁFICO 5.14: Valores del Factor de Condición (T_1 y T_2 ; 60 días).....	76
GRÁFICO 5.15: Curvas, Ecuaciones y Coeficiente R^2 de los Valores del Factor de Condición (T_1 y T_2 ; 0 - 60 días).....	77
GRÁFICO 5.16: Valores de Conversión Alimenticia (T_1 y T_2 ; 0 - 60 días).....	78
GRÁFICO 5.17: Curvas, Ecuaciones y Coeficiente R^2 de los Valores de Conversión Alimenticia (T_1 y T_2 ; 0 - 60 días).....	79
GRÁFICO 5.18: Valores de Supervivencia (T_1 y T_2 ; 60 días).....	80
GRÁFICO 5.19: Valores de Coeficiente Térmico de Crecimiento (T_1 y T_2 ; 0 - 60 días)...	81
GRÁFICO 5.20: Curvas, Ecuaciones y Coeficiente R^2 de los Valores de los Coeficientes Térmicos de Crecimiento (T_1 y T_2 ; 0 - 60 días).....	82

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1: Cuadro Comparativo de Fotoperiodo por Autores y por Especies....	45
TABLA 4.1: Fórmula Experimental.....	51
TABLA 5.1: Valores de los Parámetros Fisicoquímicos del Agua en el Cultivo de Tilapia - 15 días.....	63
TABLA 5.2: Valores de Pesos y Tallas (T_1 y T_2 ; 0 días).....	67
TABLA 5.3: Valores del Crecimiento en Peso (T_1 y T_2 ; 0 - 60 días).....	67
TABLA 5.4: Valores del Crecimiento en Talla (T_1 y T_2 ; 0 - 60 días).....	69
TABLA 5.5: Valores de Tasa de Crecimiento Absoluto (T_1 y T_2 ; 0 - 60 días).....	72
TABLA 5.6: Valores de Tasa de Crecimiento Específico (T_1 y T_2 ; 0 - 60 días)...	74
TABLA 5.7: Valores del Factor de Condición (T_1 y T_2 ; 0 - 60 días).....	76
TABLA 5.8: Valores de Conversión Alimenticia (T_1 y T_2 ; 0 - 60 días).....	78
TABLA 5.9: Valores de Supervivencia (T_1 y T_2 ; 60 días).....	80
TABLA 5.10: Valores de Coeficiente Térmico de Crecimiento (T_1 y T_2 ; 0-60 días)...	82

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del fotoperiodo sobre el crecimiento y parámetros de cultivo en alevines de *Oreochromis niloticus*. Para lo cual se utilizó 2 tratamientos: T₁= 24 horas de luz y 0 horas de oscuridad y T₂ = fotoperiodo natural (control; 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad) y 3 repeticiones por cada tratamiento (6 acuarios de 100 L) con sistemas de recirculación. Se colocó 30 peces de 0,40 g por cada acuario haciendo un total de 180 peces, los flujos de agua fueron de 250 L/h, la temperatura se mantuvo entre 27,5 a 28,5 °C, el oxígeno disuelto entre 7,50 a 7,80 mg/L; el pH entre 7,23 a 7,28; el amonio entre 0,19 a 0,28 mg/L; nitritos 0,25 a 0,33 mg/L, no registrándose diferencias significativas entre tratamientos. Se les alimentó con una tasa alimentaria de 17% al inicio hasta un 7% de acuerdo al aumento de peso, se midieron el peso y la talla cada 15 días durante 60 días obteniéndose los siguientes resultados: peso final T₁ fue de 11,54 ± 0,49 g, y T₂ fue de 7,71 ± 0,68g. La tasa de crecimiento (g/día) en T₁ fue de 0,358 ± 0,018 g/día y en T₂ fue de 0,233 ± 0,022 g/día. La tasa de crecimiento específico en T₁ fue de 4,18 ± 0,16 %/día y en T₂ fue de 4,02 ± 0,08 %/día. La supervivencia en T₁ fue de 97,00 % y en T₂ fue de 96,67%. El factor de condición en T₁ fue de 1,79 ± 0,10 y T₂ que fue de 1,75 ± 0,03. La conversión alimenticia en T₁ fue 1,21 ± 0,06 y en T₂ fue 1,27 ± 0,04. El coeficiente térmico de crecimiento en T₁ fue 0,105 ± 0,004, y en T₂ fue 0,089 ± 0,003.

Concluyéndose que el tratamiento 1 obtiene mayores pesos, tallas, tasa de crecimiento absoluto (g/día), tasa de crecimiento específico (%/día) y coeficiente térmico de crecimiento que el tratamiento 2.

ABSTRACT

The Objective of the present study was to evaluate the effect of photoperiod on growth and cultivation parameters in fingerlings of *Oreochromis niloticus*. For which two treatments: T₁ = 24 hours of light and 0 hours of darkness and T₂ = natural photoperiod (control) and 3 replicates for every treatment (6 aquariums 100 L) with recirculation systems. They puy 30 fish of 0.40g in every aquarium making a total of 180 fish, water flows was 250 L/h, the temperature was maintained between 27.5 to 28.5 ° C, the dissolved oxygen was between 7.50 to 7.80 mg/L; the pH between 7.23 to 7.28, the ammonia between 0.19 to 0.28 mg/L; nitrites between 0.25 to 0.33 mg/L, without registering the significant differences between treatments. They were fed with a rate of 17% of a feedingcup, down to 7% according to weight gain, they measured the weight and length every 15 days during 60 days obtaining the following results: End weight of T₁ was of 11.54 ± 0.49 g; and T₂ was of 7.71 ± 0.68g. The growth rate (g/day) in T₁ was of 0.358 ± 0.018 g/day and T₂ was of 0.233 ± 0.022 g/day. The specific growth rate in T₁ was of 4.18 %/day and T₂ was of 3.60 %/day. The survival was of T₁ of 97.00% and T₂ was of 96.67%. The condition factor T₁ was of 1.79 ± 0.10 and T₂ was of 1.75 ± 0.03. The feed conversion T₁ was 1.21 ± 0.06 and T₂ was 1.27 ± 0.04. The thermal growth coefficient in T₁ was 0.105 ± 0.004 and T₂ was 0.089 ± 0.003.

It concluded that the treatment 1 resulted with better weights, lengths, growth rate (g/day), specific growth rate (%/day) and thermal growth coefficient than the treatment 2.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

Debido a la búsqueda de la industria acuícola por optimizar sus recursos, ya sea por medio de estrategias operacionales con visión a largo plazo o inversiones en investigaciones entre algunas medidas, hoy en día se implementan nuevas tecnologías que logren disminuir los costos, disminuir los tiempos de cosecha entre algunos beneficios (Velásquez, 2007). Una de estas tecnologías es la iluminación artificial, bajo este contexto se presentan efectos de esta tecnología sobre algunos organismos de interés comercial para el cultivo acuícola.

Es el interés principal de las instalaciones de fotoperiodo artificial en engorde, que puedan adelantar quince días una cosecha. Es importante hacer desaparecer los prejuicios contra este sistema. Con un manejo e implementación adecuado, que formen parte de un proceso de producción sincronizado, se pueden disminuir de manera importante los tiempos de cosecha, de tal forma que es posible llevar la producción a su máximo rendimiento.

La evaluación del fotoperiodo artificial en los parámetros de cultivo de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* son considerados los principales factores ambientales que inciden directamente sobre estos seres vivos. En el caso particular de los peces, son sensibles a los cambios ambientales diurnos (día- noche) y estacionales (días más largos en verano, días más cortos en invierno, temperaturas más altas en verano y bajas en invierno). No obstante estas variaciones ocurren según la localización geográfica de los peces, es decir, dependen de la latitud en

que se encuentren (latitudes altas mayor variación y latitudes bajas menor variación) (Sabórido et al, 2004).

El fotoperiodo es el ciclo de luz y de oscuridad o la duración del día y la noche, y es una de las señales más constantes durante los años. La manipulación del fotoperiodo ha sido utilizada como una herramienta biotecnológica para regular funciones reproductivas tales como controlar la maduración temprana, la producción de huevos y crías, y el incremento en la tasa de crecimiento y parámetros productivos de los peces en el cultivo.

Es una variable que ha sido muy poco estudiada, aunque tiene gran importancia, debido a que la luz juega un papel importante.

1.2 Formulación del problema

¿Cómo influye la aplicación del fotoperiodo artificial sobre el crecimiento y los parámetros productivos (tasa de crecimiento absoluto, tasa de crecimiento específico, conversión alimenticia, factor de condición y coeficiente térmico de crecimiento) en el cultivo de alevines de la tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Determinar el efecto del fotoperiodo sobre el crecimiento y parámetros productivos en el cultivo de alevines de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto del fotoperiodo natural 12 horas luz y 12 horas oscuridad (12HL:12HO) sobre la tasa de crecimiento absoluto, tasa de

crecimiento específico, conversión alimenticia, factor de condición y coeficiente térmico de crecimiento en el cultivo de alevines de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*.

- Determinar el efecto del fotoperiodo artificial 24 horas luz y 00 horas oscuridad (24HL:00HO) sobre la tasa de crecimiento absoluto, tasa de crecimiento específico, conversión alimenticia, factor de condición y el coeficiente térmico de crecimiento en el cultivo de alevines de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*.

1.4 Justificación

El presente tema de estudio se justifica porque:

En el Perú no existe publicación sobre el tema, además, la especie *Oreochromis niloticus* tiene gran demanda comercial por la calidad de su carne y servirá de ejemplo para ser aplicado en los centros de producción a fin de acortar el tiempo de cultivo, mejorando de esta manera los ingresos de los productores.

1.4.1 Justificación legal

- Ley General de Acuicultura N°1195
- Ley Universitaria N° 30220
- Estatuto de la Universidad Nacional del Callao
- Directiva N° 011 – 2013 – OSG para la presentación del Proyecto de Tesis e Informe de tesis para la titulación profesional de estudiantes de pre grado

de la Universidad Nacional del Callao (Aprobado con Resolución N° 759-2013-R del 21 de agosto del 2013).

1.4.2 Justificación teórica

Se justifica la presente investigación ya que se está buscando aumentar la productividad de tilapia, puesto que la producción de ésta especie es muy baja en el Perú (3 250,19 t /año – PRODUCE 2015) en comparación a otros países latinoamericanos, siendo la tilapia una especie con gran demanda nacional y de exportación por su agradable sabor y calidad nutritiva de su carne.

1.4.3 Justificación tecnológica

Además de mejorar la productividad como es la cosecha de la talla comercial en menor tiempo, la técnica utilizada en el presente trabajo no requiere de gran tecnología e inversión de capital y será de mucha utilidad para el cultivo y producción de tilapia.

1.5 Importancia

Los resultados del estudio permitirán que los acuicultores vean esta metodología sencilla como una alternativa capaz de mejorar sus cultivos de tilapia y puedan así ser mayormente competitivos, permitiendo que sus producciones sean económicamente rentables. Además estos resultados se convertirán en la base de futuras investigaciones.

II MARCO TEORICO

2.1 Biología general de la Tilapia

2.1.1 Taxonomía

La tilapia es un pez del grupo de los Teleósteos, orden Pecirformes, perteneciente a la familia Ciclidae, sub familia Tilapiinae y género Oreochromis.

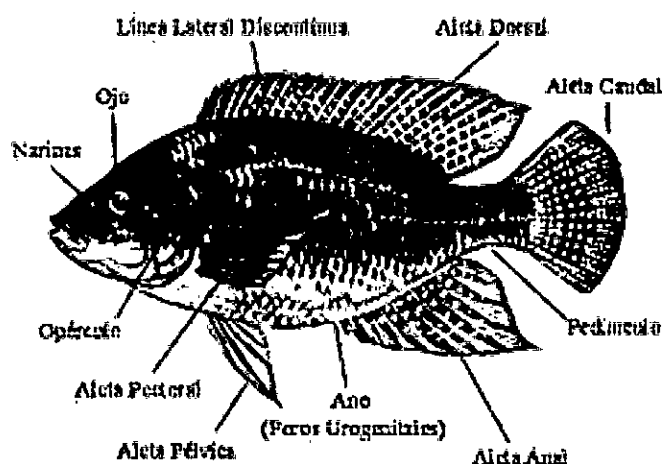
2.1.2 Características taxonómicas

- Un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza.
- Cuerpo comprimido generalmente y discoidal, raramente alargado.
- Boca protráctil, generalmente ancha y labios gruesos.
- Dientes cónicos y en algunas ocasiones dientes incisivos.
- Membranas branquiales unidas por 5 ó 6 radios branquióstegos
- Número variable de branquiespinas según la especie.
- La línea lateral interrumpida y generalmente dividida en dos partes.
- Escamas cicloideas.
- Número de vértebras puede ser de 8 – 40.

Fuente: Textbook of Fish Culture: Breeding and Cultivation of Fish; Huet, Marcel, (1986).

2.1.3 Morfología externa

FIGURA 2.1
MORFOLOGÍA EXTERNA DE LA TILAPIA



Fuente: Textbook of Fish Culture: Breeding and Cultivation of Fish; Huet, Marcel (1986).

2.1.4 Características biológicas y ecológicas

El cultivo de tilapia desde el punto de vista socio-económico ha sido posible ya que esta especie presenta una serie de características biológicas y ecológicas especiales, por ejemplo la reproducción proporciona una alta descendencia y a una edad relativamente temprana. Stickney (1979) y Huet (1986) reportaron que la tilapia madura a una edad de dos o tres meses, y que de ahí en adelante pueden tener crías cada tres o seis semanas si se encuentra en condiciones óptimas. Las especies del género *Oreochromis* practican la incubación bucal, una estrategia para proteger los huevos y larvas. La alta y temprana reproducción es beneficiosa para los cultivos por la disposición continua de semilla. En general las especies de tilapia son capaces de tolerar un amplio rango de temperaturas, entre los 9 °C y los 33 °C, pero se conoce que su crecimiento se reduce a temperaturas menores de 14 a 16 °C (Bardach et al., 1982). Está ampliamente reconocida la habilidad de esta especie

para sobrevivir con bajos niveles de oxígeno disuelto hasta de 0.1 mg/l siendo los valores adecuados los mayores de 3 a 8 mg/L, así como también los valores del pH del agua adecuados que favorece la nutrición y crecimiento de la tilapia están en el rango entre 7 y 8.

Las amplias fluctuaciones de turbidez que se pueden presentar en los lugares en que se desarrollan estas especies a lo largo de todo el año deben ser tomadas en cuenta, el valor debe mantenerse alrededor de los 45 cm. de profundidad (Stickney, 1979).

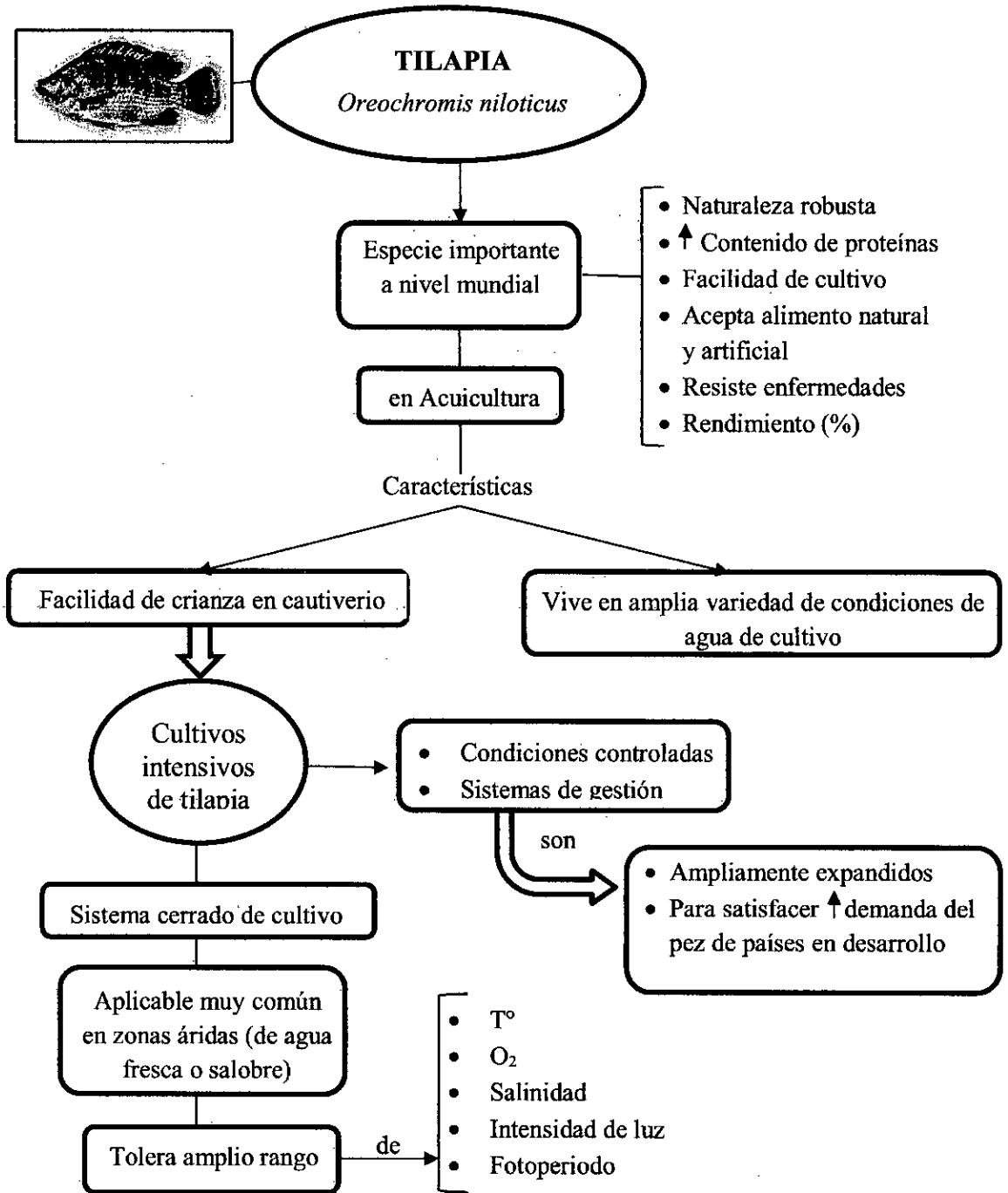
Los hábitos alimenticios del género *Oreochromis* son omnívoros, su alimento básico es el plancton, pequeños crustáceos y detritos. Son especies que se adaptan muy bien a la alimentación basada en formulas balanceadas (piensos).

Un último aspecto a considerar es la geografía y topografía para determinar la ubicación de las tilapias para un posible desarrollo en la explotación comercial de las mismas ya que generalmente se pueden encontrar entre los 0-1200 m.s.n.m (Jauncey, 1982).

2.2 Antecedentes del estudio

La tilapia es uno de los peces comestibles más importantes en el mundo y es apreciada en acuicultura debido a, entre otras características, la facilidad con la que pueden ser criados en cautiverio y la amplia variedad de condiciones del agua en el que va a crecer (Biswas et al., 2005).

FIGURA N° 2.2
LA TILAPIA *Oreochromis niloticus*



Fuente: Elaboración propia (Bardach et al., 1982; Stickney, 1979; El Sayed y Kawanna, 2004)

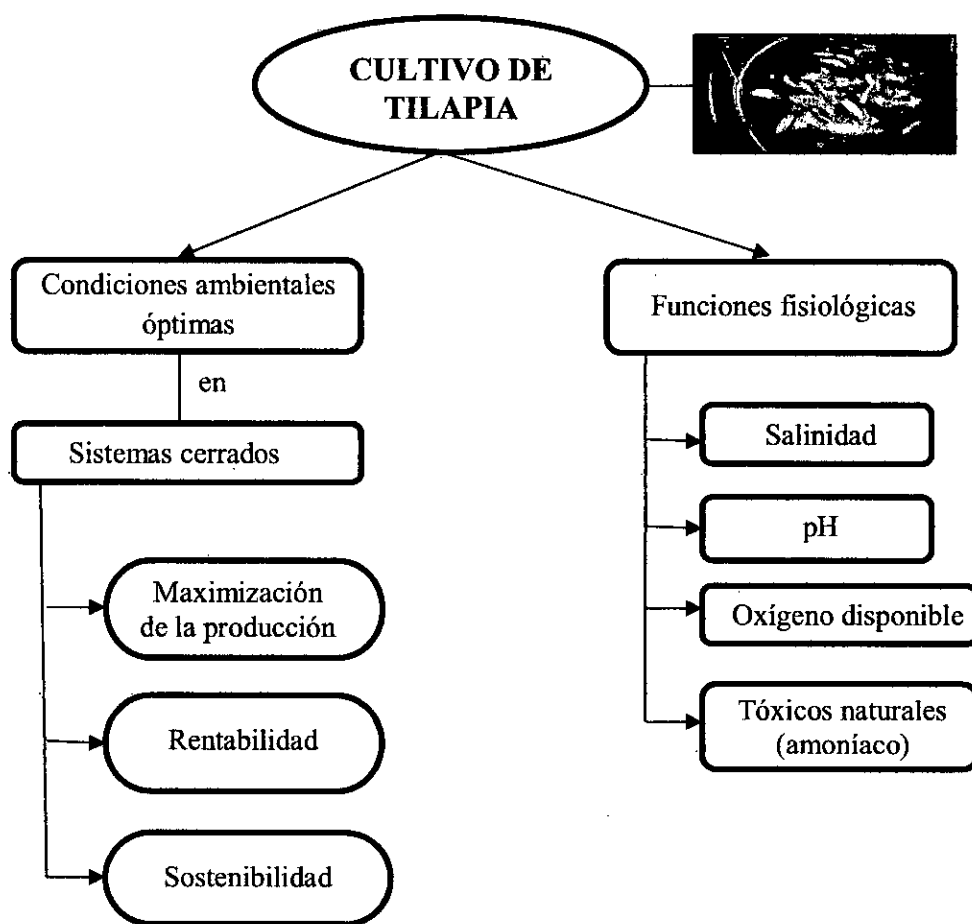
Los cultivos intensivos de tilapia bajo condiciones controladas y sistemas de gestión son ampliamente expandidos para satisfacer la creciente demanda de estos peces, especialmente en países en desarrollo. El uso de sistemas cerrados de cultivo ha recibido una considerable atención, y es cada vez más común en todo el mundo, especialmente en las zonas áridas que se enfrentan a la escasez de agua fresca o agua salobre, la tilapia puede tolerar un amplio rango de temperatura del agua, oxígeno disuelto (OD), salinidad, pH, intensidad de luz y el fotoperiodo (El-Sayed y Kawanna, 2004).

La tilapia es una de las especies más cultivadas en el mundo, esto se debe a su naturaleza robusta, alto contenido de proteínas, facilidad de su cultivo, capacidad de comer alimentos naturales y artificiales, resistencia a las enfermedades, y a la preferencia de los consumidores, entre otras razones. El alto costo de los alimentos, junto con el tiempo que se tarda en crecer son desafíos en la cultura y la gestión de las especies de peces, y han llevado a la evolución de la técnica de bajo costo simple. (El Sayed y Kawanna, 2004).

Sin embargo, la determinación de las condiciones ambientales óptimas de tilapia cultivada en sistemas cerrados es esencial para la maximización de la producción, la rentabilidad y sostenibilidad (Muret et al., 2000). Stickney (1979) manifiesta que existen factores implicados en el control de las funciones fisiológica como son: salinidad, pH, disponibilidad de oxígeno, y la presencia de tóxicos naturales como el amoníaco, son conocidos en desempeñar un papel importante en la capacidad de desarrollo y crecimiento de la tilapia, además, la luz del sol es la principal fuente de luz natural.

La tilapia nilótica se caracteriza por su rápido crecimiento en cultivo intensivo y por ser rústica, así como también es una de las especies más cultivadas en el mundo.

FIGURA N° 2.3
CULTIVO DE TILAPIA



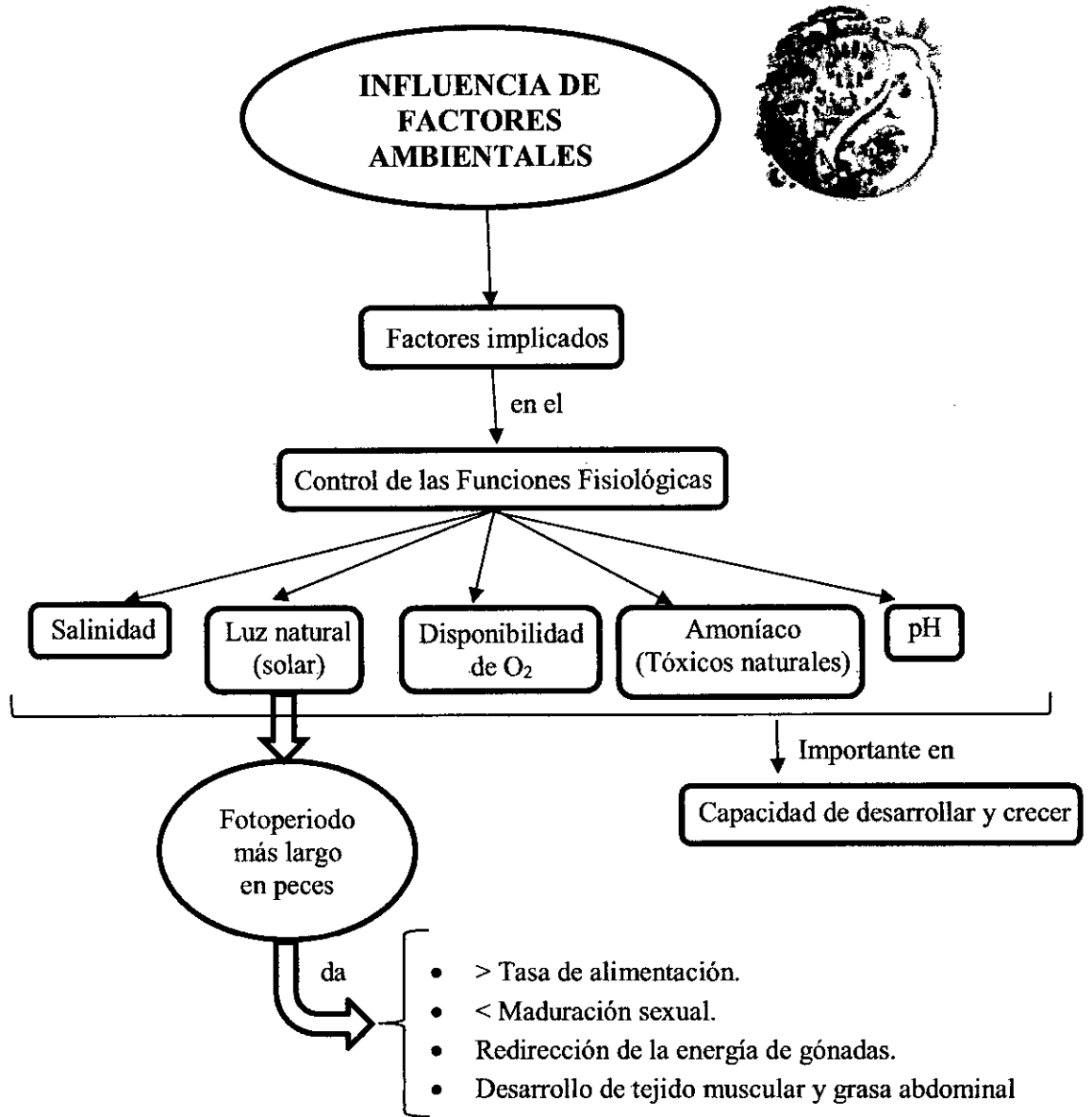
Fuente: Elaboración propia (Muret et al.,2000; Stickney, 1979)

Porter et al., (1999) y Biswas et al., (2008) informaron que varias especies de peces reaccionan a fotoperiodo más largo, el crecimiento estimulante por aplicaciones de luz, mejora directamente su tasa de eficiencia de alimentación o reducción de la incidencia de la maduración sexual, de modo que permite la redirección de la energía de las gónadas, el desarrollo de tejido muscular y grasa en la cavidad abdominal. La determinación de las condiciones de luz se complica aún más por el hecho de que puede haber diferentes requerimientos de luz para diferentes poblaciones de la misma especie, según lo informado por Puvanendran y Brown, (1998).

Los factores ambientales y nutricionales, así como los parámetros genéticos influyen notablemente en el crecimiento de los peces. Además de la temperatura y otros factores ambientales, el fotoperiodo es un factor importante que afecta a los organismos vivos incluyendo peces. Los efectos del fotoperiodo en la tasa de crecimiento y otras variables se han estudiado en diversas especies (Ruchin, 2007).

La influencia de los factores ambientales en el pez ha sido estudiada especialmente en los relacionados con efectos sobre la reproducción y el crecimiento (Boeuf y Le Bail, 1999). Entre estos factores, el fotoperiodo actúa como un sincronizador del ritmo endógeno, que influyen en la actividad locomotora, el crecimiento, la tasa metabólica, la pigmentación del cuerpo, la maduración sexual y la reproducción de peces teleósteos (Boeuf y LeBail, 1999, Biswas et al., 2002; Trippel y Neil, 2003; El-Sayed y Kawanna, 2004).

FIGURA N° 2.4
FACTORES AMBIENTALES EN EL PEZ



Fuente: Elaboración propia (Stickney, 1979; Porter et al., 1999; Biswas et al., 2008; Muret et al., 2000)

El fotoperiodo 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, las tasas de metabolismo, la pigmentación del cuerpo, la maduración sexual y la reproducción (Duston y Saunders, 1990)

Para algunas especies, fotoperiodos largos pueden modificar indirectamente el crecimiento de los peces mediante la obtención de un consumo de alimento aumentado, el desarrollo de la masa muscular mediante el aumento de la actividad locomotora (Boeuf y Le Bail, 1999), la mejora de la eficiencia del uso de nutrientes (Biswas et al., 2005) y/o redirigir la energía de desarrollo gonadal en el crecimiento somático (Boeuf y Le Bail, 1999; Ginés et al., 2004, Rad et al., 2006).

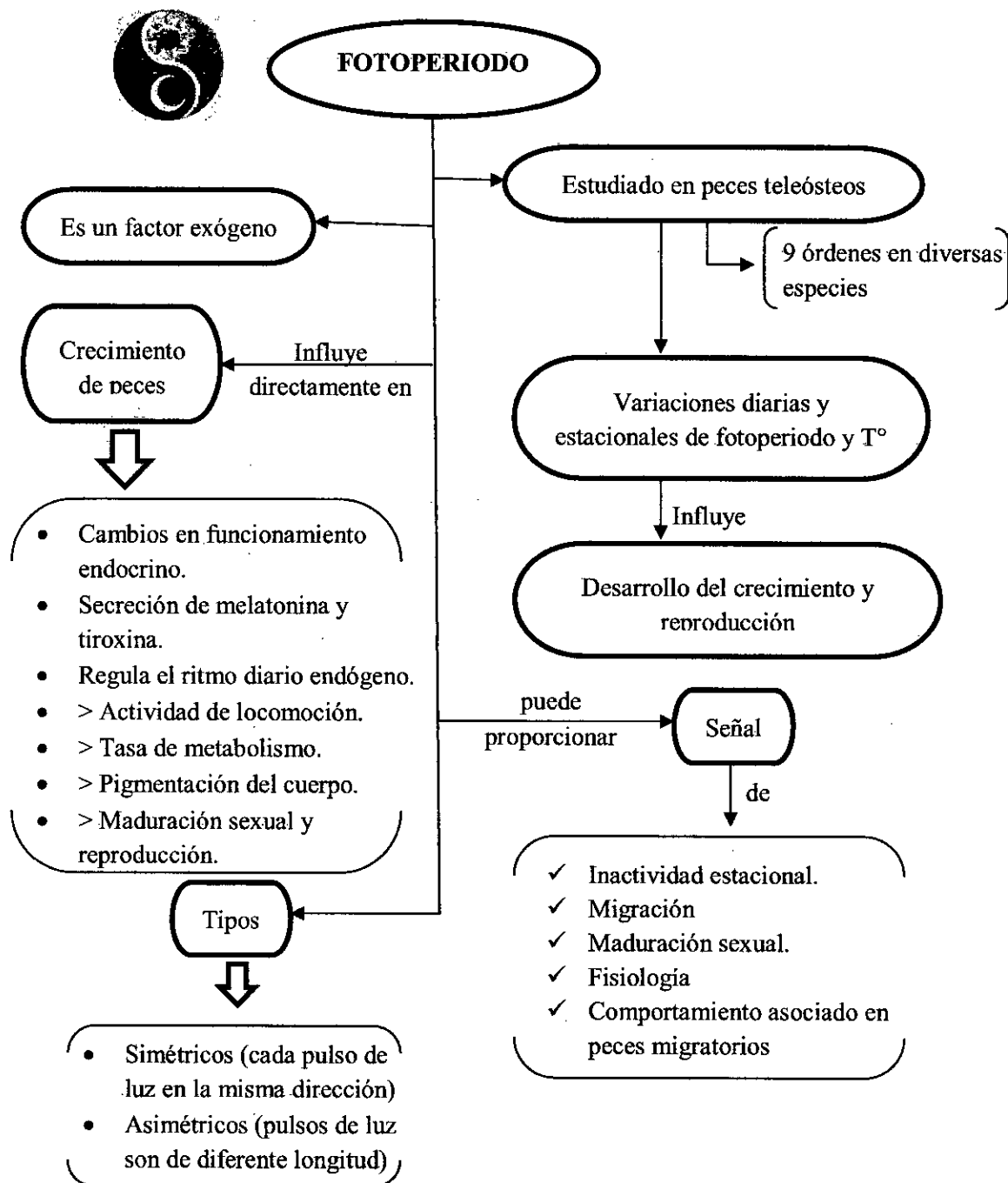
Sin embargo, el efecto del fotoperiodo en el crecimiento somático y la maduración sexual se ha estudiado poco durante las primeras etapas del desarrollo del pez (Rad et al., 2006). La manipulación del fotoperiodo no siempre provoca beneficios en el rendimiento de peces y la supervivencia. A largo plazo, los cambios en el régimen de luz pueden dar lugar a efectos negativos sobre el metabolismo y desarrollo de peces, especialmente cuando fotoperiodos extremas se utilizan (24HL: 00HO), que difiere considerablemente de las condiciones en el medio silvestre. Actualmente hay un cierto conocimiento disponible acerca de los efectos del fotoperiodo en el crecimiento, la eficiencia de la alimentación, la actividad locomotora y la

maduración sexual de tilapia, sin embargo, alguna información es contradictoria, lo que limita las conclusiones (Villamizar et al., 2009).

El fotoperiodo está muy extendido entre los peces teleósteos y se ha estudiado en al menos nueve órdenes, en diversas especies. El fotoperiodo puede proporcionar la señal de inactividad estacional, así como la migración, la maduración sexual, la fisiología y el comportamiento asociado en los peces migratorios. Peces con cortos ciclos de maduración gonadal por lo general requieren de forma secuencial que cambien la duración del día (Bromage *et al.*, 2001). Hay dos tipos de fotoperiodos básicos (Pittendrigh, 1965). Hay fotoperiodos “simétricos” en el que cada pulso de luz es de misma duración y hay fotoperiodos “asimétricos” en el que los pulsos de luz son de diferentes longitudes, aunque no se sabe qué tan brillante un pulso de luz debe ser para estimular una respuesta de los peces (Sumpter, 1990). Sin embargo se ha demostrado que la exposición a la luz de baja intensidad puede ser eficaz (Bergman 1987).

En los peces teleósteos, el desarrollo del crecimiento y la reproducción se ven influidos por las variaciones diarias y estacionales de fotoperiodo y temperatura. A principios, los estudios *in vivo* indican que la glándula pineal medía el efecto de estos factores externos más probablemente a través de la producción rítmica de melatonina (Falcón et al., 2003). El fotoperiodo tiene un efecto pronunciado sobre la pineal en teleósteos. La relación funcional entre los centros pineales y reproductivos también puede, por tanto, depender de la duración del día (Fenwick, 1970).

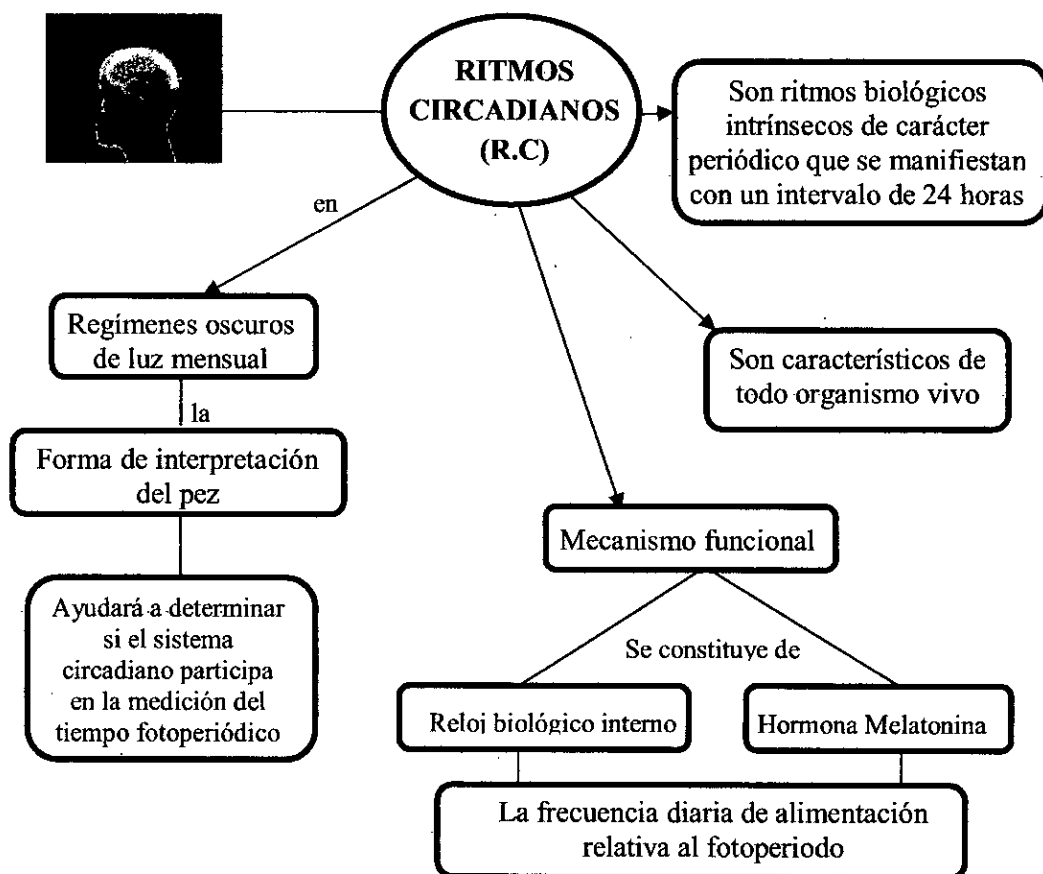
FIGURA N°2.5
FOTOPERIODO EN LOS PECES



Fuente: Elaboración propia (Duston and Sanders, 1999; Falcón et al., 2003; Bromage et al., 2001; Sumpter, 1990; Fenwick, 1970).

El fotoperiodo es uno de los factores más importantes que afectan a la estrategia de alimentación del pez (Reynalte-Tataje et al., 2002) y en 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. Por lo 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 (Boeuf y Le Bail, 1999)

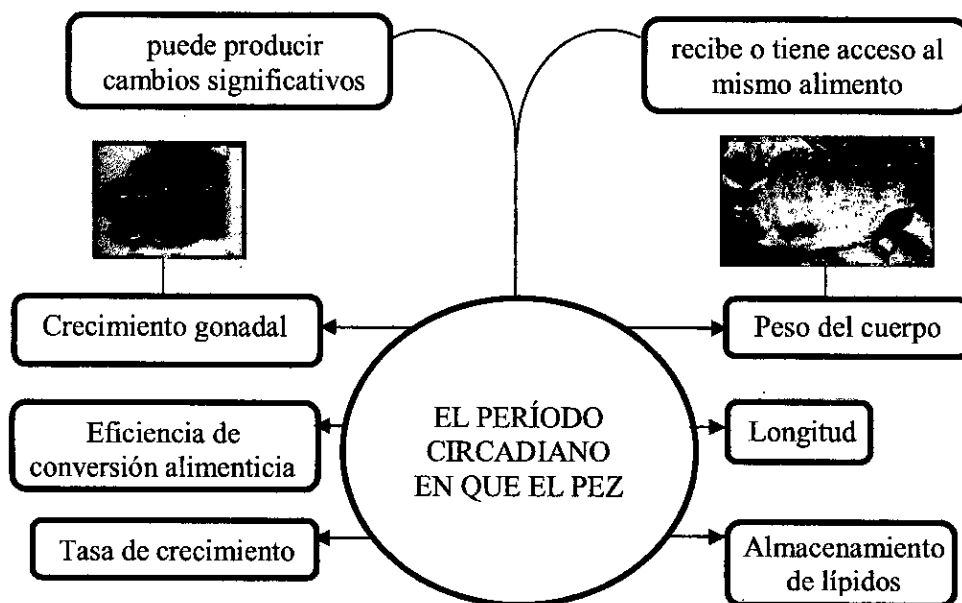
FIGURA N° 2.6
RITMO CIRCADIANO VERSUS FOTOPERIODO



Fuente: Elaboración propia (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 N° 2.7
INFLUENCIA DEL PERIODO CIRCADIANO EN EL PEZ



Fuente: Elaboración propia (Spieler, R. E., 2000)

El uso de regímenes oscuros, de luz inusual y la forma en que se interpretan por el animal ayudarán a los investigadores a determinar si el sistema circadiano participa en la medición del tiempo fotoperiódico (Turek *et al.*, 1986). Los ritmos circadianos (RC) son ritmos biológicos intrínsecos de carácter periódico que se manifiestan con un intervalo de 24 horas (Guía Práctica Clínica en el SNS, Ministerio de Ciencia e Innovación de España, Edición 2011, Madrid, España).

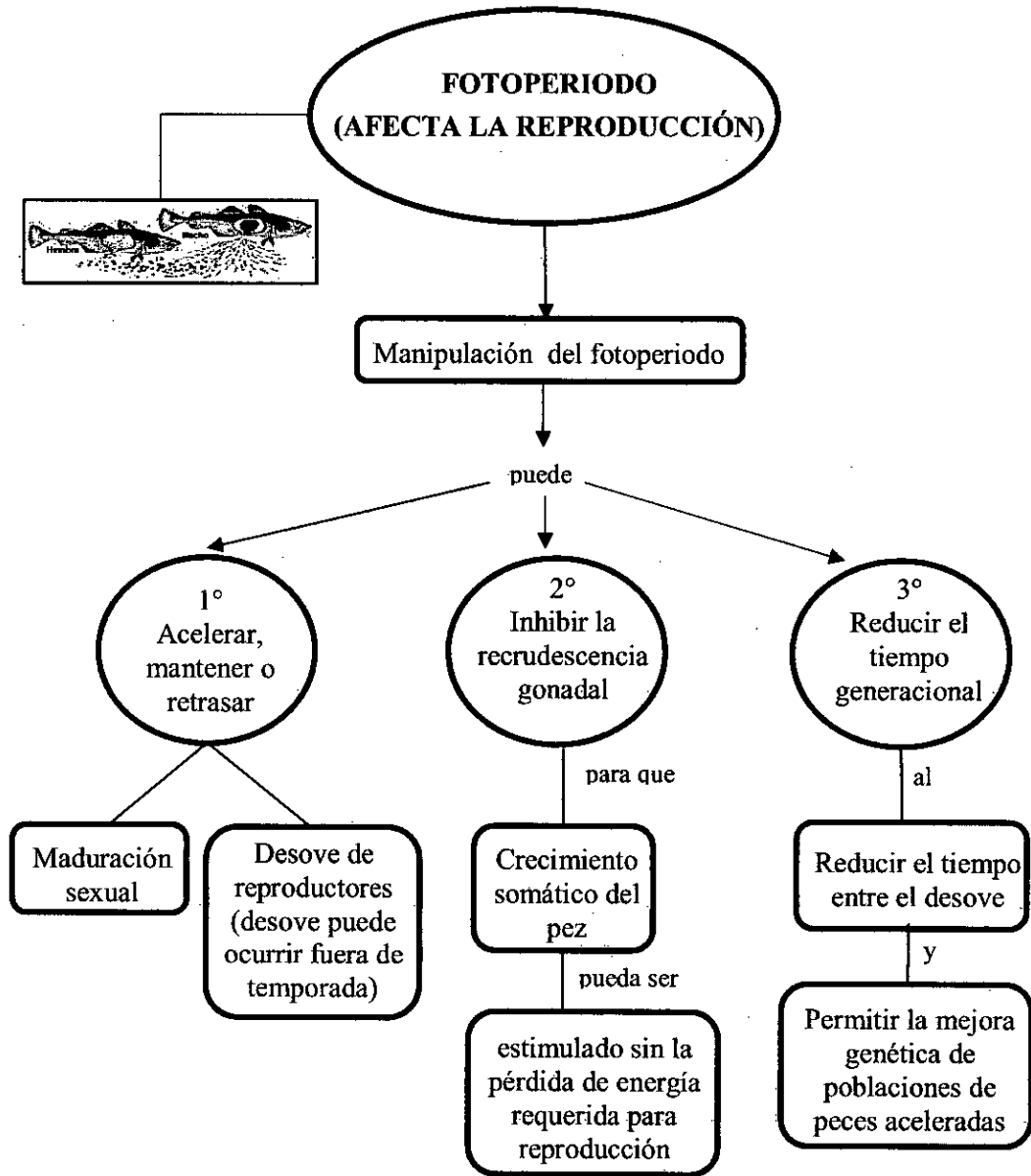
En estudios realizados, Spieler (2000) manifiesta que el ritmo circadiano de alimentación se refiere a la frecuencia diaria de alimentación relativa al fotoperíodo.

Las variaciones en los tiempos de alimentación tienen efectos significativos sobre el crecimiento en una variedad de peces. 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 período circadiano en que el pez recibe o tiene acceso al mismo alimento puede producir cambios significativos en: peso del cuerpo, longitud, almacenamiento de lípidos, tasa de crecimiento, eficiencia de conversión alimenticia y crecimiento gonadal (Spieler, 2000).

El fotoperíodo 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 fotoperíodo son por especies específicas y pueden variar para cada etapa de desarrollo.

FIGURA N° 2.8
FOTOPERIODO VERSUS REPRODUCCIÓN



Fuente: Elaboración propia (Lam, 1983)

El conocimiento de cómo el fotoperiodo afecta la reproducción en los peces puede ser puesto en práctica en al menos tres maneras. En primer lugar, la manipulación del fotoperiodo puede acelerar, mantener o retrasar la maduración sexual y el desove de reproductores de modo que el desove puede ocurrir fuera de temporada. En segundo lugar, la manipulación del fotoperiodo también puede inhibir la recrudescencia gonadal para que el crecimiento somático del pez puede ser estimulado sin la pérdida de energía requerida para la reproducción (Lam, 1983). En los peces, hay un gran porcentaje de la energía disponible movido que se dedica a la reproducción (Whittier y Crews, 1987). En tercer lugar, la manipulación del fotoperiodo puede reducir el tiempo generacional al reducir el tiempo entre el desove y permitir la mejora genética de poblaciones de peces acelerados (Lam, 1983).

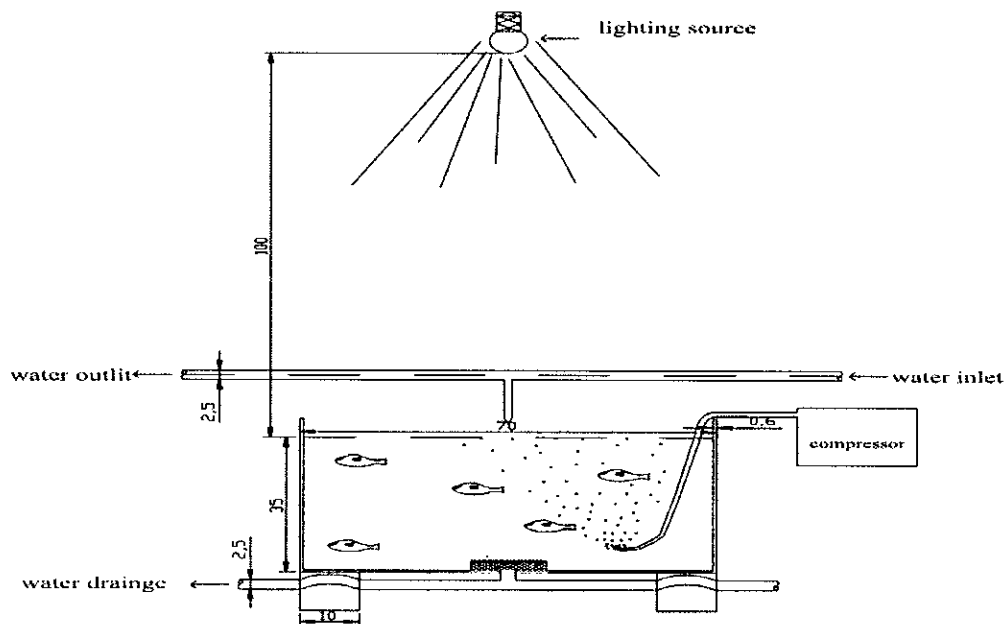
2.2.1 Efecto del fotoperiodo en el crecimiento de los peces

En la naturaleza, la intensidad de la luz y el color de fondo pueden afectar a la detección y la alimentación de los peces, influyendo así en el crecimiento de los peces y su mortalidad (Mohamed, 2013).

La luz es un factor externo y ecológico complejo cuyos componentes incluyen: espectro de color (calidad), la intensidad (cantidad) y fotoperiodo (periodicidad). La "receptividad" del pez a la luz cambia profundamente de una especie a otra y, dentro de la misma especie, de una etapa de desarrollo a otra (Mohamed, 2013). La presente revisión se centra en el aspecto periódico de suministro de luz y sus consecuencias sobre el crecimiento de los peces.

FIGURA N° 2.9

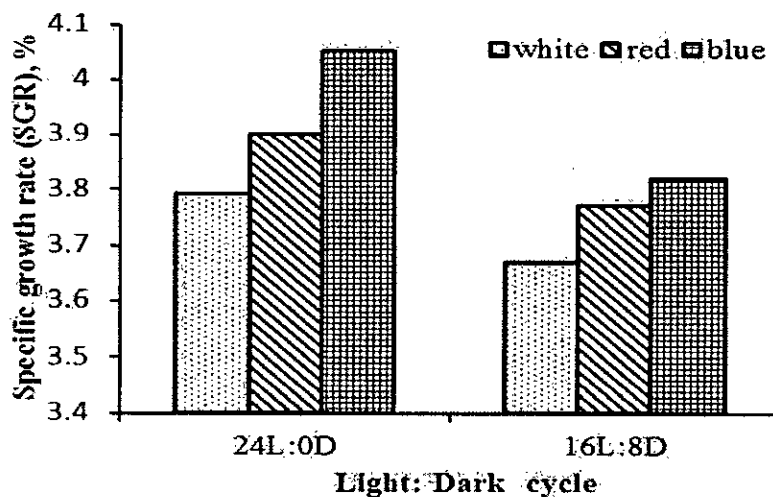
EXPERIMENTO DE FOTOPERIODO EN CULTIVO DE TILAPIA



Fuente: Mohamed Elsbaay, Atef. (2013). Effects of Photoperiod and Different Artificial Light Colors on Nile Tilapia Growth Rate. Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Kafrelsheikh University, Kafr El-Sheikh 33516, Egypt.

FIGURA N° 2.10

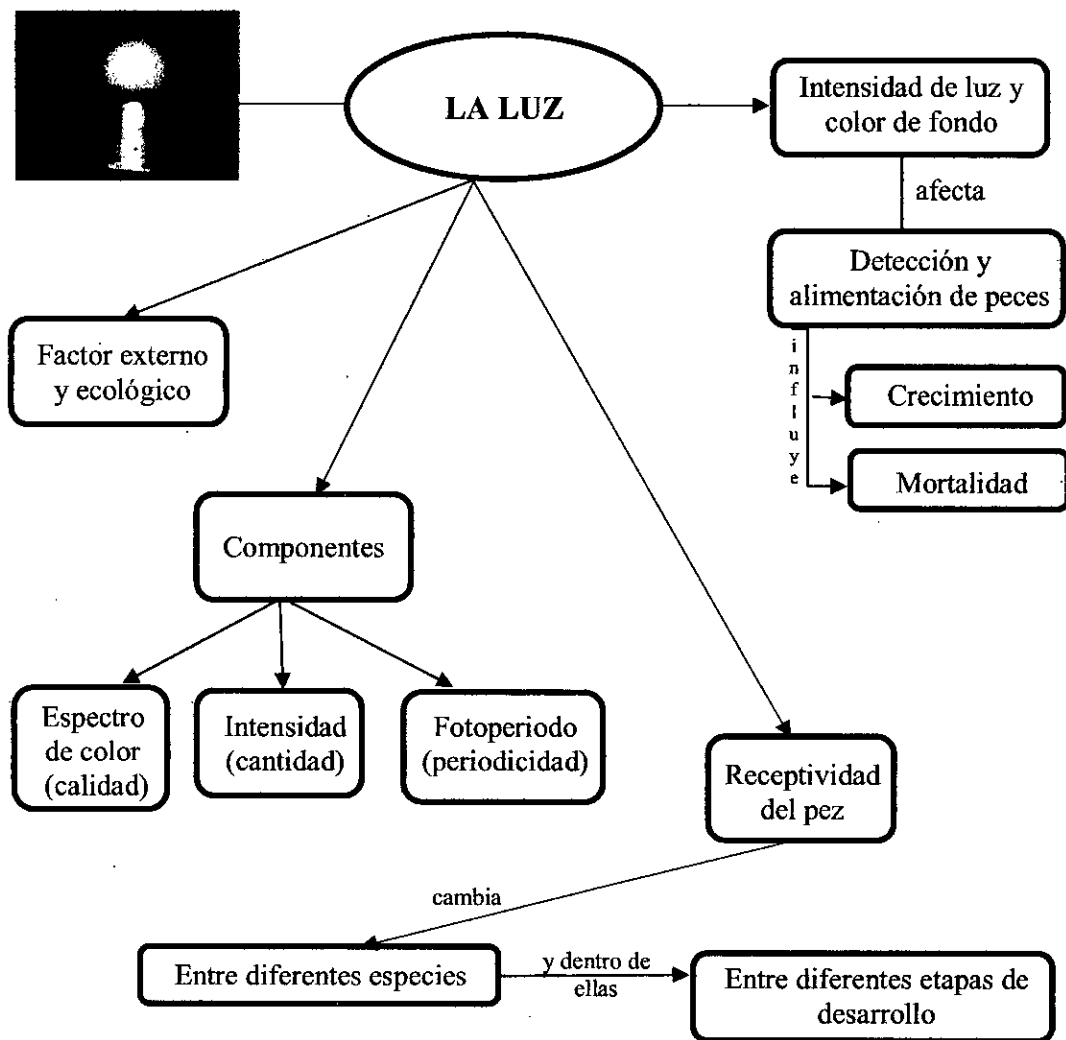
EFFECTOS DEL FOTOPERIODO Y DIFERENTES COLORES DE LUCES ARTIFICIALES



Fuente: Mohamed Elsbaay, Atef. (2013). Effects of Photoperiod and Different Artificial Light Colors on Nile Tilapia Growth Rate. Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Kafrelsheikh University, Kafr El-Sheikh 33516, Egypt.

No sólo el crecimiento, prácticamente todos los procesos bioquímicos, fisiológicos, comportamientos y funciones son de naturaleza rítmica y sincronizada por los ciclos de horas de luz y horas de oscuridad (véase la figura 2.3 en la página 31).

FIGURA N° 2.11
LA LUZ VERSUS DIFERENTES ESPECIES



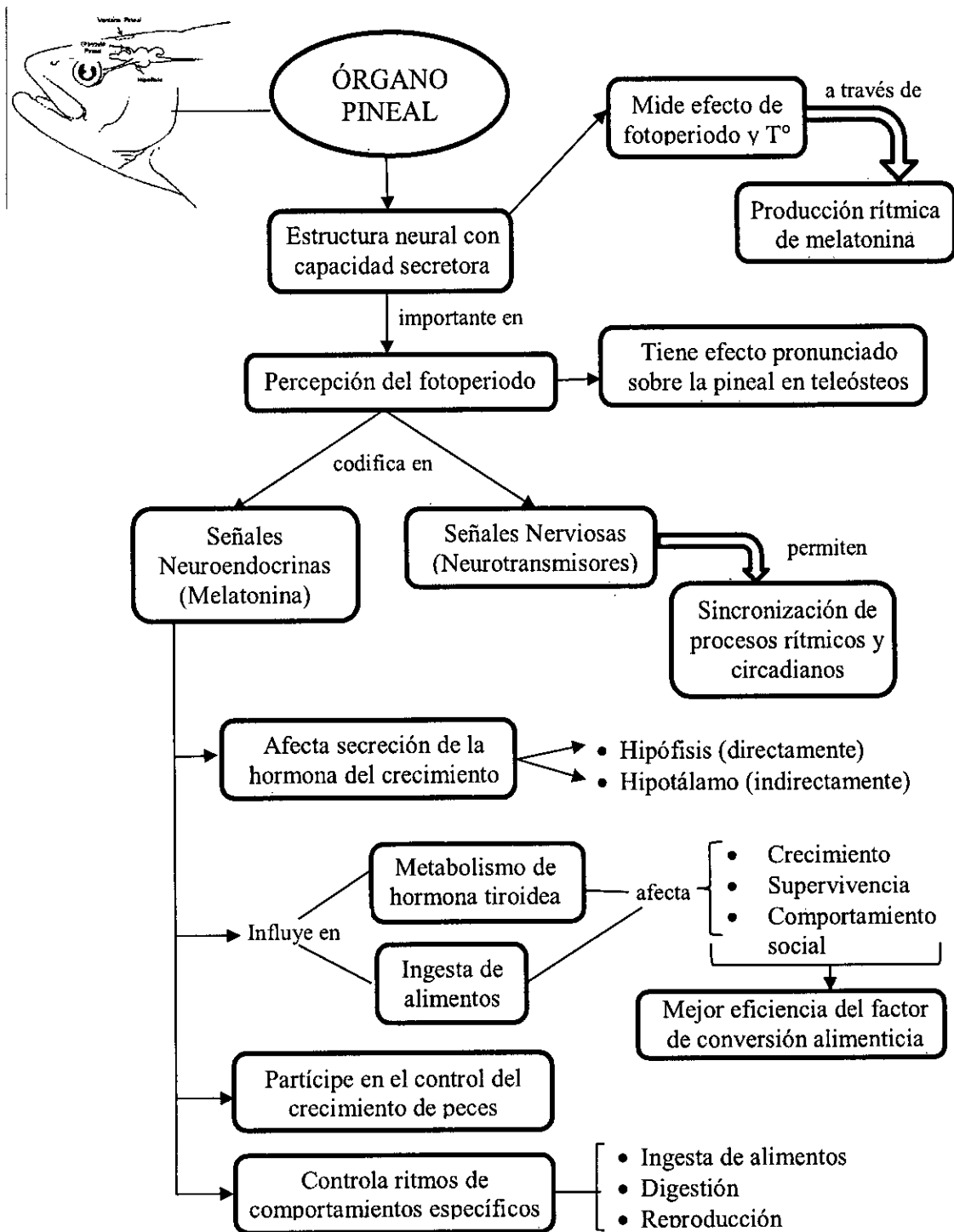
Fuente: Elaboración propia (Atef Mohamed, 2013)

Los datos disponibles indican que el crecimiento de los peces sigue un patrón estacional, que varía en función de la duración del día. (Mohamed, 2013). La pregunta plantea saber cómo están influenciadas por los efectos del fotoperiodo y estudios fisiológicos previos sugieren un papel muy importante de la glándula pineal. El órgano pineal es una estructura neural con capacidad secretora, 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. La naturaleza química de los elementos celulares que componen el órgano pineal 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 (Ekstrom y Meissl, 1997; 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). También puede influir en el metabolismo de la hormona tiroidea, así como en la ingestión de alimentos, otros dos factores que afectan el crecimiento. (Gross et al., 1995)

FIGURA N° 2.12

ÓRGANO PINEAL VERSUS CRECIMIENTO DE LOS PECES



Fuente: Elaboración propia (Falcón et al., 2003; Fenwick, 1970; Ekstrom y Meissl, 1997; Falcón et al., 2007, Gross et al., 1995; Compra et al., 2000)

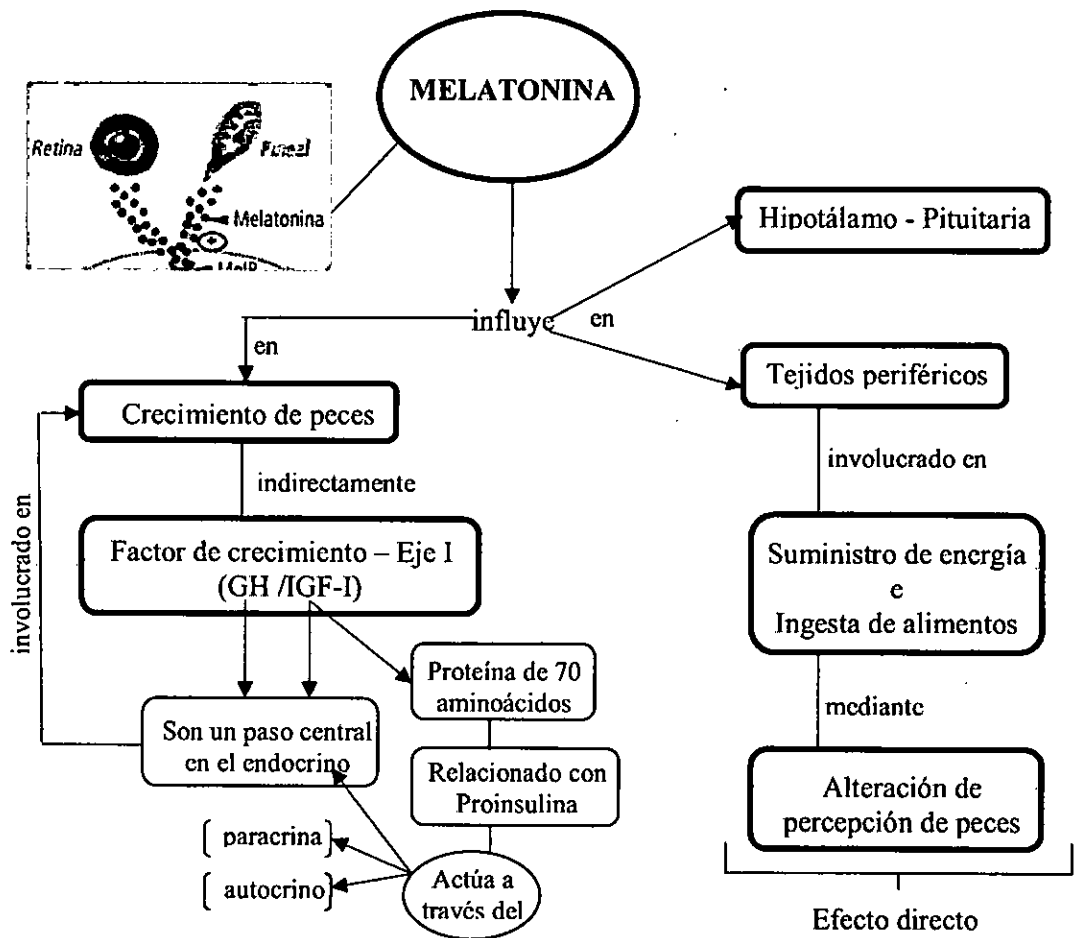
2.2.2 Efectos del fotoperiodo asociados a las vías endocrinas involucradas con el crecimiento de los peces.

El crecimiento del pez está regulada por diversos factores ambientales, como el fotoperiodo, la temperatura, la salinidad, por factores bióticos tales como el sexo, el genotipo y por el estado nutricional (Boeuf y Falcón, 2001). En general, los peces siguen un patrón estacional de crecimiento, que varía en función de la duración del día (Boeuf y Falcón, 2001). En conjunción con este 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 (Volkoff et al., 2005).

La melatonina ha sido sugerido como participe 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; Porter 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 mediante la alteración de la percepción de los peces (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 I (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 N° 2.13
LA MELATONINA EN EL CRECIMIENTO DE LOS PECES



Fuente: Elaboración propia (Boeuf y Falcón, 2001; Ridha y Cruz, 2000)

Los modos de inducir el crecimiento de los procesos celulares como la proliferación celular y la diferenciación finalmente resultan en el crecimiento somático y esquelético general del pez (Ridha y Cruz, 2000).

En luz continua (24HL:00HO) e intensidades de 30 luxes (lx) se observó que el crecimiento del anón (*Melanogrammus aeglefinus*) fue mayor comparado con intensidades de 100 lx en luz continua. En bajas intensidades de luz *M. aeglefinus* presentó una baja actividad locomotriz, lo cual redujo el gasto metabólico y aumentó la masa corporal (Trippel y Neil, 2003).

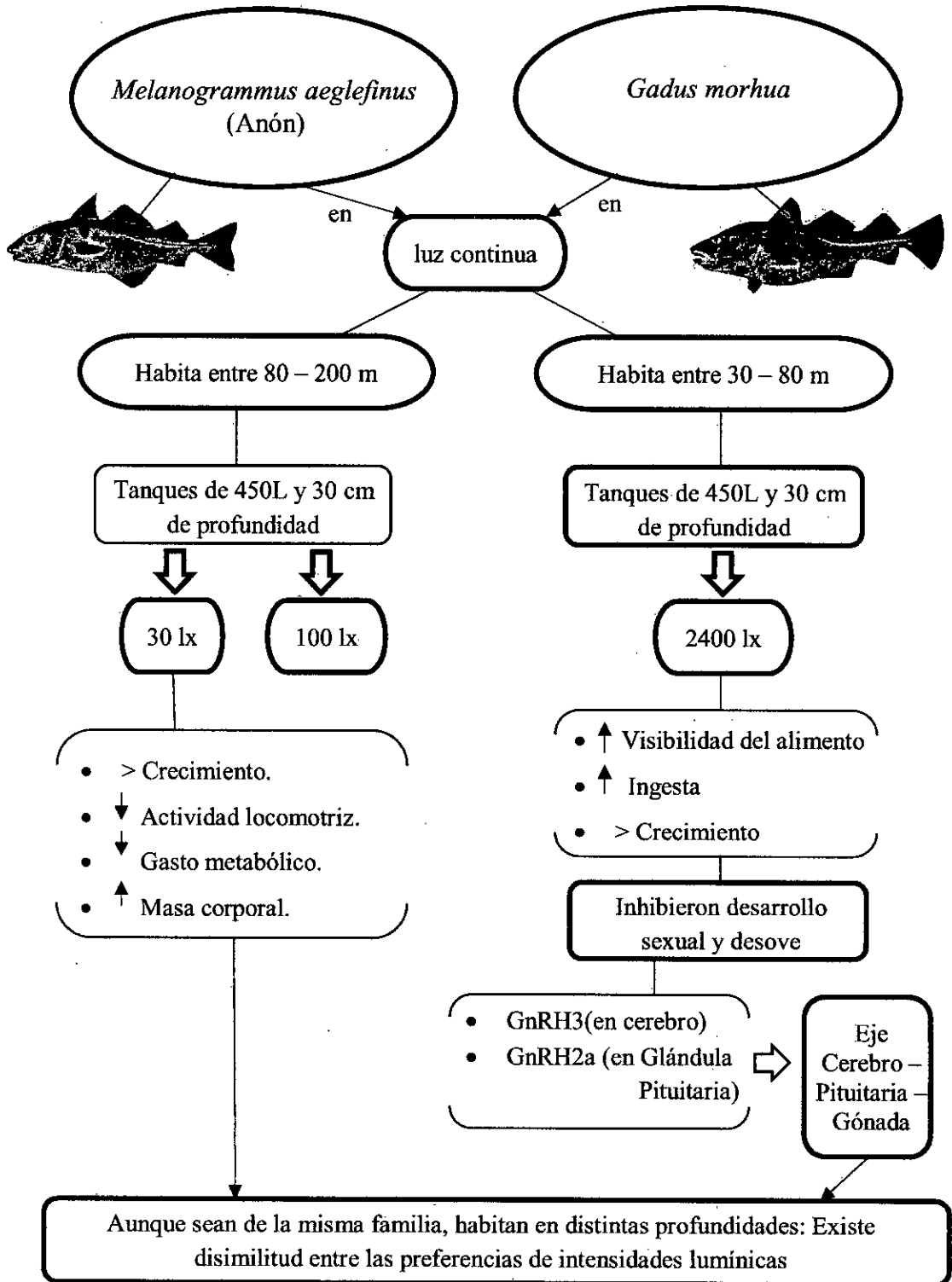
En contraste, las intensidades de 2,400 lx en *Gadus morhua* aumentaron la visibilidad de alimento, lo que incrementó la ingesta y generó un mayor crecimiento de la especie (Puvanendran y Brown, 2002).

Existe una discrepancia especie-específica en la preferencia de intensidades lumínicas entre *M. aeglefinus* la cual es de 30 lx, mientras que para *G. morhua* es de 2,400 lx. La preferencia a las diferentes intensidades lumínicas fue evidente aún cuando ambas especies son de la misma familia, ya que tienen una distribución similar (Puvanendran y Brown, 2002).

La profundidad reduce la intensidad de luz a través de la columna de agua (Boeuf y Le Bail, 1999); *M. aeglefinus* en su medio natural comúnmente habita a profundidades de 80 a 200 metros, en contraste *G. morhua* habita entre los 30 y 80 metros de profundidad (Cohen et al., 1990).

FIGURA N° 2.14

EFFECTO DE LUZ CONTINUA EN LOS PECES



Fuente: Elaboración propia (Trippel y Neil, 2003; Puvanendram y Brown, 2002; Hidahl et al., 2013).

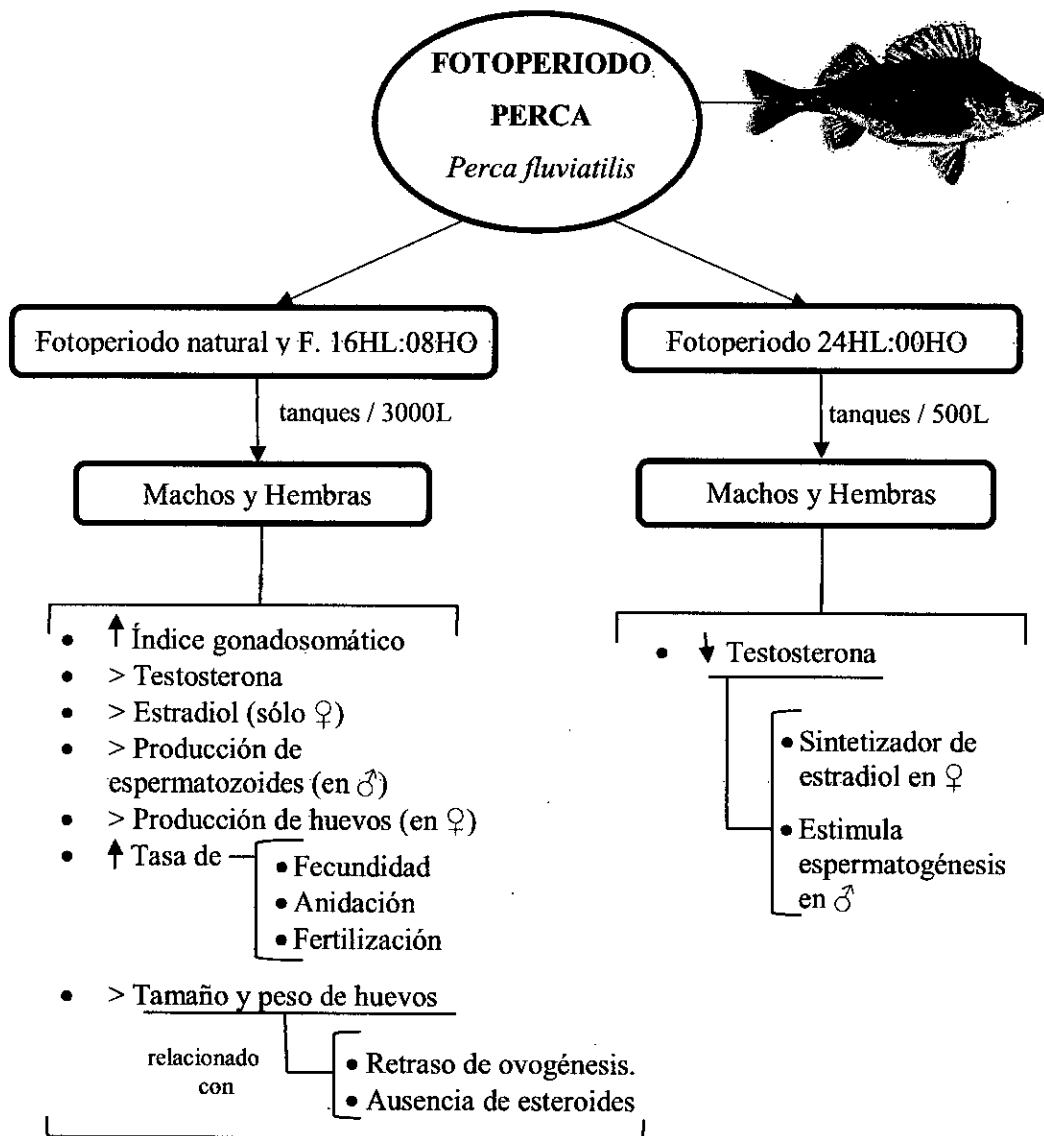
La diferencia entre las profundidades en las que habitan *M. aeglefinus* y *G. morhua*, puede explicar la disimilitud que existe entre las preferencias de intensidades lumínicas de ambas especies. Trippel y Neil (2003) utilizaron tanques de 450 L, con una profundidad de 30 centímetros (cm), mientras que Puvanendran y Brown (2002) utilizaron tanques rectangulares de 30 L, con una profundidad de 38 cm.

Pese al contraste en los volúmenes usados en ambos trabajos, la profundidad de los tanques utilizada por Puvanendran y Brown (2002) y por Trippel y Neil (2003) fue similar, lo cual explica de alguna manera los resultados sobre las preferencias a las intensidades lumínicas de *M. aeglefinus* y *G. morhua*.

Los periodos de luz natural producen un mayor desarrollo gonadal y un aumento en el número y en el tamaño de huevos. Hildahl et al., (2013), reportaron que los periodos de luz continua inhibieron el desarrollo sexual y el desove de *Gadus morhua*, lo cual se atribuyó a la baja expresión de los genes de la hormona liberadora de gonadotropina 3 (GnRH3) en el cerebro y GnRH-R2a en la glándula pituitaria. La expresión de estos genes relaciona al cerebro y a la glándula pituitaria dentro del eje de cerebro-pituitaria-gónada, el cual regula la reproducción en vertebrados. Debido a esto, la ausencia de la expresión de los genes GnRH3 y GnRHR2a rompe la cadena de señales cerebro - glándula pituitaria y disminuye el desarrollo sexual. La expresión de GnRH3 y GnRH-R2a se observó en los individuos expuestos al periodo de luz natural, lo que produjo un desarrollo gonadal normal (Hildahl et al., 2013).

Fotoperiodos naturales y de 16HL:08HO influyeron positivamente en la gonadogénesis de la perca (*Perca fluviatilis*). Migaud et al., (2004) reportaron que machos y hembras de *P. fluviatilis* obtuvieron un alto índice gonadosomático, niveles mayores de testosterona y estradiol (solo hembras) en fotoperiodos naturales y 16HL:08HO comparado con periodos de 24HL:00HO.

FIGURA N° 2.15
GONADOGÉNESIS DE LA PERCA



Fuente: Elaboración propia (Migaud et al., 2004, Migaud et al., 2006)

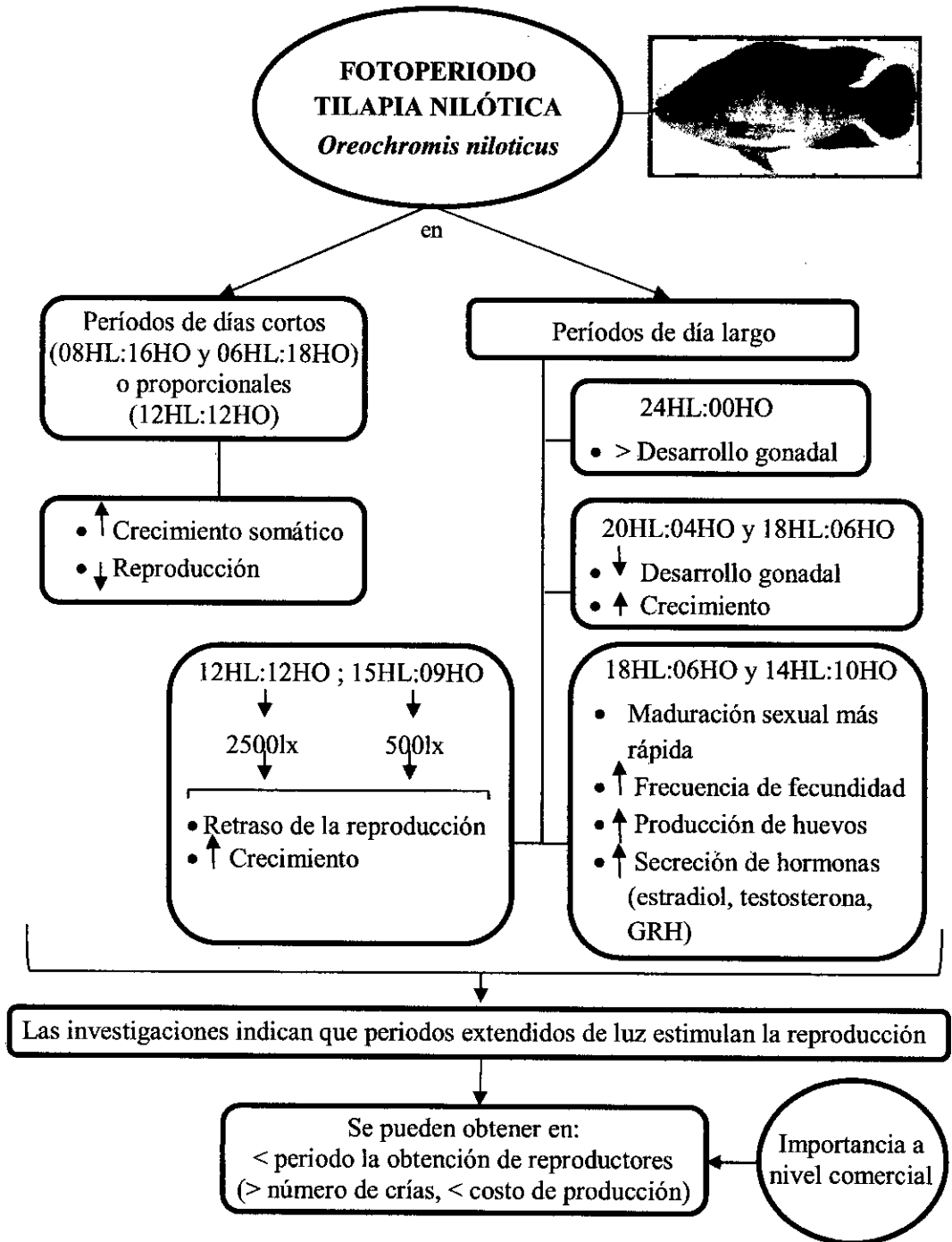
La influencia negativa del fotoperiodo 24HL:00HO en el inicio de la gonadogénesis se relacionó con los bajos niveles de testosterona, hormona que funciona como sintetizador de estradiol en el caso de las hembras y estimula la espermatogénesis en los machos (Migaud et al., 2004). Sin embargo, se reportó que los periodos de luz natural generaron mayor producción de espermatozoides en machos, mayor producción de huevos en hembras, alta tasa de fecundidad, alta tasa de anidación y alta tasa de fertilización, así como mayor tamaño y peso de los huevos. Esta respuesta se relacionó con retraso de la ovogénesis y la ausencia de esteroides en el plasma de los ejemplares expuestos a 16HL:08HO (Migaud et al., 2006).

Ambos experimentos se realizaron en sistemas de recirculación, excepto que Migaud et al., (2004) utilizaron tanques de 3000 L, mientras que Migaud et al., (2006) usaron tanques de 500 L.

De forma similar, se ha reportado que en periodos de día largo (18HL:06HO y 14HL:10HO) la maduración sexual de tilapia es más rápida, aumenta la frecuencia de fecundidad, se eleva la producción de huevos y la secreción de hormonas como estradiol, testosterona y GRH. El cerebro capta señales de las variaciones lumínicas que estimula la liberación de melatonina de la glándula pineal. La melatonina funciona como transmisor de señales para la glándula pituitaria e hipotálamo las cuales liberan hormonas reproductivas (Prayogo et al., 2012) lo que produce un rápido desarrollo gonadal y mejora la condición de los huevos de tilapia (Campos-Mendoza et al., 2004; Biswas et al., 2005).

FIGURA N° 2.16

FOTOPERIODO Y LA REPRODUCCIÓN EN TILAPIA NILÓTICA



Fuente: Elaboración propia (Prayogo et al., 2012; Campos – Mendoza et al., 2004, Biswas et al., 2005, Rad et al., 2006, Ridha y Cruz, 2000)

Biswas et al., (2005) reportaron que en fotoperiodos de 06HL:18HO ejemplares de tilapia obtuvieron mayor crecimiento debido a la reducción en la actividad reproductiva. Mientras que Campos-Mendoza et al., (2004) no encontró diferencias significativas para el crecimiento entre los tratamientos que utilizó, pero reportó una tendencia al aumento del crecimiento somático y reducción de la reproducción de tilapia en periodos de día corto (08HL:16HO) o proporcionales (12HL:12HO).

De manera similar Rad et al., (2006) observaron un bajo desarrollo gonadal y un aumento en el crecimiento de tilapia en periodos de luz continua comparado con fotoperiodos extendidos (20HL:04HO y 18HL:06HO). Este efecto se relacionó a un mayor consumo de alimento observado en 24HL:00HO comparado con el consumo en el resto de los fotoperiodos y al desvío de la energía necesaria para el desarrollo gonadal hacia el crecimiento somático. En contraste con Rad et al., (2006), Ridha y Cruz (2000) expusieron a machos y hembras de tilapia a diferentes intensidades de luz (2,500 y 500 lx) combinado con tres fotoperiodos diferentes (12HL:12HO, 15HL:09HO y 18HL:06HO). En machos expuestos a intensidades de 2,500 lx con 12HL:12HO y 500 lx con 15HL:09HO el retraso de la reproducción y el aumento en el crecimiento fue mayor comparado con el resto de los tratamientos.

Adicionalmente Campos-Mendoza et al., (2004) y Biswas et al., (2005) coincidieron en que la actividad reproductiva de tilapia disminuye en periodos de día corto (06HL:18HO y 08HL:16HO).

Campos-Mendoza et al., (2004) utilizaron filtración biológica, con filtros de grava y arena a una temperatura de $27 + 0,5$ °C, mientras que Biswas et al., (2005) utilizaron un filtro de grava y una temperatura de $28 + 1$ °C. Las similitudes entre los diseños experimentales y tipos de filtración robustecen los resultados de ambos trabajos e indican que los periodos extendidos de luz estimulan la reproducción de tilapia.

Los resultados de Campos Mendoza et al., (2004) y Biswas et al., (2005) pueden ser de importancia a nivel comercial, debido a que bajo las condiciones descritas se pueden reducir los periodos de obtención de reproductores y por ende un mayor número de crías, lo cual reduce los costos de producción.

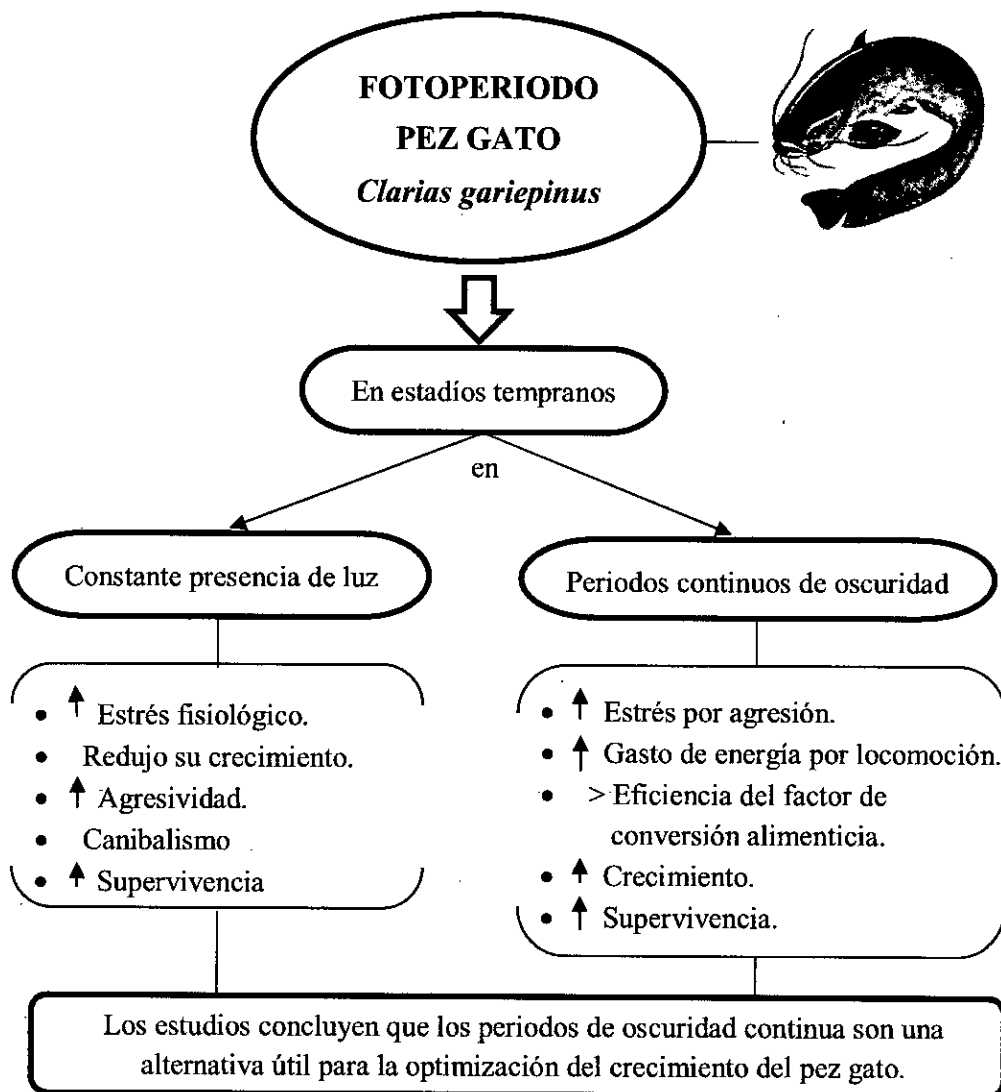
La influencia de la luz en alevines no siempre ha sido reportada como positiva para el crecimiento. Algunas especies tienen preferencia por periodos cortos de luz (08HL:16HO) y por periodos proporcionales de horas luz y oscuridad (12HL:12HO). Biswas y Takeuchi (2003) dividieron un ciclo de 24 horas en dos periodos cortos de 12 h y utilizó 6 horas de luz y 6 horas de oscuridad (06HL:06HO), en este fotoperiodo se reportó mayor crecimiento en ejemplares de tilapia debido a un mayor consumo de alimento y mayor eficiencia de conversión alimenticia, usaron acuarios de 20 L con sistema de recirculación y un filtro de grava.

En el caso específico del pez gato (*Clarias gariepinus*), Appelbaum y Kelmer (2000), Almazán-Rueda et al., (2005) y Mustapha et al., (2012) reportaron que la constante presencia de luz en estadios tempranos de este pez generó estrés fisiológico, redujo su crecimiento, incrementó la agresividad de los ejemplares hasta llegar al canibalismo e influyó negativamente en la supervivencia. En contraste, el cultivo en periodos continuos de oscuridad (00HL:24HO) disminuyó el estrés por agresión, redujo el gasto de energía por locomoción y generó mayor eficiencia de conversión alimenticia, lo cual aumentó tanto el crecimiento como la supervivencia (Appelbaum y Kamler, 2000; Almazán-Rueda et al., 2005; Mustapha et al., 2012).

Se han registrado elevados niveles de lactato y cortisol en el plasma de *C. gariepinus* en periodos extendidos de luz, según Almazán-Rueda et al., (2005) el aumento en los niveles de estas sustancias se debe a la constante actividad locomotriz y el aumento en la conducta agresiva observados en ejemplares de la especie en periodos largos de luz. Adicionalmente, la oscuridad continua generó una coloración oscura, lo cual atribuye un mayor precio al producto en el mercado (Mustapha et al., 2012). El sistema de cultivo utilizado por Appelbaum y Kamler (2000) constó de tanques de 75 L provistos con recirculación de agua y filtración biológica. Almazán-Rueda et al., (2005) utilizaron acuarios de vidrio de 182 L con una profundidad de 30 cm y con un sistema de recirculación por acuario, mientras que Mustapha et al., (2012) utilizaron tanques de plástico de 60 L que requerían recambio cada tres días, ya que no se utilizó ningún tipo de filtración. A pesar de las diferencias entre los sistemas experimentales, los trabajos concluyeron en que

los periodos de oscuridad continua son una alternativa útil para la optimización del crecimiento del pez gato. 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).

FIGURA N° 2.17
FOTOPERIODO EN EL PEZ GATO



Fuente: Elaboración propia (Appelbaum y Kelmer, 2000; Almazán – Rueda et al., 2005; Mustapha et al., 2012).

TABLA N° 2.1

CUADRO COMPARATIVO DE FOTOPERIODO POR AUTORES Y POR ESPECIES

E s p e c i e	Fotoperiodo	P. Inicial (g) / L.Inicial (cm)	P. Final (g) / L.Final (cm)	Factor Conversión Alimenticia/ (*)	T.C.E (%/día)	Autor
A	00HL:24HO	0,38 ± 0,16/ 2,81 ± 0,40	7,0 ± 3,61 ^a / 6,90 ± 1,20 ^a	1,95	-	Bezerra <i>et al.</i> (2008)
	08HL:16HO	0,38 ± 0,16/ 2,81 ± 0,40	11,40 ± 7,84 ^b / 8,00 ± 1,88 ^b	1,95	-	
	12HL:12HO	0,38 ± 0,16/ 2,81 ± 0,40	13,90 ± 5,89 ^b / 8,80 ± 1,30 ^b	1,95	-	
	12,5HL:11,5HO	0,38 ± 0,16/ 2,81 ± 0,40	12,00 ± 5,75 ^b / 8,20 ± 1,38 ^b	1,95	-	
	16HL:08HO	0,38 ± 0,16/ 2,81 ± 0,40	15,70 ± 7,00 ^b / 9,00 ± 1,49 ^b	1,95	-	
	24HL:00HO	0,38 ± 0,16/ 2,81 ± 0,40	11,90 ± 6,61 ^b / 8,30 ± 1,67 ^b	1,95	-	
	06HL:06HO	3,5 ± 0,3/ 4,8 ± 0,1	23,0 ± 4,2/ 8,7 ± 0,5	(*) 125,3 ± 1,9 ^b	4,30 ± 0,02 ^a	Biswas y Takeuchi (2003)
	12HL:12HO	3,5 ± 0,3/ 4,8 ± 0,1	20,3 ± 4,0/ 8,5 ± 0,5	(*) 120,4 ± 2,1 ^c	4,09 ± 0,02 ^b	
	24HL:24HO	3,5 ± 0,4/ 4,8 ± 0,1	10,7 ± 1,5/ 7,6 ± 0,3	(*) 128,5 ± 1,1 ^a	2,52 ± 0,03 ^c	
	06HL:06HO	3,6 ± 0,8/ 4,8 ± 0,3	38,1 ± 11,4/ 9,9 ± 0,9	(*) 132,5 ± 1,7 ^a	5,33 ± 0,04 ^a	
	12HL:12HO	3,6 ± 0,5/ 4,8 ± 0,2	35,1 ± 11,2/ 9,6 ± 1,0	(*) 124,3 ± 0,0 ^b	5,05 ± 0,04 ^b	
	24HL:24HO	3,6 ± 0,6/ 4,8 ± 0,2	24,2 ± 7,8/ 8,8 ± 0,6	(*) 121,9 ± 1,2 ^b	4,10 ± 0,04 ^c	
	06HL:18HO	2,33 ± 0,09 ^a	49,6 ± 1,67 ^a	1,22 ± 0,09 ^a	3,40 ± 0,10 ^a	El-Sayed y Kawanna (2004)
	12HL:12HO	2,43 ± 0,07 ^a	51,35 ± 2,15 ^a	1,27 ± 0,14 ^a	3,39 ± 0,11 ^a	
	18HL:06HO	2,34 ± 0,10 ^a	46,80 ± 2,71 ^a	1,32 ± 0,08 ^a	3,33 ± 0,05 ^a	
	24HL:00HO	2,44 ± 0,06 ^a	46,00 ± 3,30 ^a	1,31 ± 0,13 ^a	3,27 ± 0,07 ^a	
	00HL:24HO	7,10	10,60	2,64	0,44	Mustapha <i>et al.</i> (2012)
	12HL:12HO	7,00	12,80	1,82	0,66	
	24HL:00HO	7,05	15,10	1,48	0,84	
	B	06HL:18HO	27,57 ± 0,41	69,8 ± 1,04 ^d	-	1,66 ± 0,1 ^d
13HL:11HO		27,50 ± 0,17	88,13 ± 0,67 ^a	-	2,08 ± 0,1 ^a	
18HL:06HO		27,31 ± 0,24	93,94 ± 0,82 ^c	-	2,21 ± 0,2 ^c	
24HL:00HO		27,21 ± 0,36	110,60 ± 1,45 ^b	-	2,5 ± 0,2 ^b	
C	00HL:24HO	0,73 ± 0,17 ^a	1,82 ± 0,52 ^a	1,15 ± 0,72 ^a	1,08 ± 0,49 ^a	Kashyap <i>et al.</i> (2012)
	08HL:16HO	0,78 ± 0,16 ^a	2,01 ± 0,52 ^a	1,32 ± 0,38 ^a	1,17 ± 0,58 ^a	
	16HL:08HO	0,76 ± 0,31 ^a	2,25 ± 0,84 ^a	1,17 ± 0,51 ^a	1,47 ± 0,82 ^a	
	24HL:00HO	0,74 ± 0,20 ^a	3,66 ± 1,24 ^b	0,81 ± 0,53 ^a	3,01 ± 1,84 ^a	

Letras diferentes indican diferencias significativas (p < 0,05).

(*) Eficiencia de conversión alimenticia; T.C.E = Tasa de Crecimiento Específico (%/día)

A = *Oreochromis niloticus*; B = *Oncorhynchus mykiss*; C = *Carla catla*

Fuente: Elaboración propia (Bezerra et al., 2008; Biswas y Takeuchi, 2003; El-Sayed y Kawanna, 2004; Mustapha et al., 2012; Turker y Yildirim, 2011; Kashyap et al., 2012)

III VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1 Variables de investigación

3.1.1 Variables independientes

- ✓ Fotoperiodo natural (horas de luz natural)
- ✓ Fotoperiodo artificial (24 horas de luz artificial).

3.1.2 Variables dependientes

- ✓ Tasa de crecimiento absoluto
- ✓ Tasa de crecimiento específico.
- ✓ Factor de condición.
- ✓ Conversión alimenticia
- ✓ Coeficiente térmico de crecimiento.

3.2 Operacionalización de variables

Variable independiente: “Fotoperiodo”

- Definición conceptual: “Se denomina fotoperiodo al conjunto de procesos ligados a la exposición a la luz mediante los cuales regulan sus funciones biológicas (como por ejemplo su reproducción y crecimiento) usando como parámetros la alternancia de los días y las noches del año y su duración según las estaciones y el ciclo solar.
- Definición operacional: Se tomaran dos fotoperiodos: 24 horas luz (T₁) y a condiciones normales 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad (T₂: control).

Variable dependiente: “Factor de condición”

- Definición conceptual: “El factor de condición (K) expresa, en peces, la relación volumétrica en función del peso según la siguiente expresión matemática:

$$K = \frac{P}{L^3} \times 100$$

Donde “P” es el peso expresado en gramos (g) y “L” es la longitud expresado en centímetros (cm).

- Definición operacional: Se evaluó a cada acuario su peso y su talla para poder hallar dicho factor.

Variable dependiente: “Conversión alimenticia”

- Definición conceptual: “Es la evaluación de la cantidad de producción de peces por la cantidad de alimento consumido”.
- Definición operacional: El factor de conversión alimenticia se define por la siguiente expresión matemática:

$$F.C.A = \frac{\textit{Alimento entregado (Cantidad de alimento consumido)}}{\textit{Ganancia de peso (Peso del pez ganado)}}$$

Variable dependiente: “Tasa de crecimiento absoluto” (T.C.A)

- Definición conceptual: “La tasa de crecimiento es un indicador referido a la ganancia de peso de un pez expresado en g/día.”
- Definición operacional: Se define por la siguiente expresión matemática:

$$T.C.A = \frac{\text{Peso Corporal Final} - \text{Peso Corporal Inicial}}{\text{Periodo de tiempo (días)}}$$

Variable dependiente: “Tasa de crecimiento específico” (T.C.E)

- Definición conceptual: “La tasa de crecimiento es un indicador referido al porcentaje de crecimiento del pez por día.”
- Definición operacional: Se define por la siguiente expresión matemática:

$$T.C.E = \frac{\ln(\text{Peso Final}) - \ln(\text{Peso Inicial})}{\text{Periodo de tiempo (días)}} \times 100$$

Variable dependiente: “Coeficiente térmico de crecimiento” (C.T.C)

- Definición conceptual: “El coeficiente térmico de crecimiento evalúa la constante de crecimiento de pez relacionado al peso y la temperatura.”
- Definición operacional: Se define por la siguiente expresión matemática:

$$C.T.C = \frac{(\text{Peso Corporal Final})^{0.333} - (\text{Peso Corporal Inicial})^{0.333}}{\text{Temperatura} \times \text{tiempo}} \times 100$$

3.3 Hipótesis

Cuando los alevines de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* están sometidos a mayor fotoperiodo (mayores horas luz) tendrán mejor tasa de crecimiento absoluto, tasa de crecimiento específico, conversión alimenticia, factor de condición y coeficiente térmico de crecimiento en los cultivos.

IV METODOLOGÍA

El presente estudio de investigación se realizó en el Laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos.

4.1 Tipo de investigación

La investigación es aplicada y explicativa.

4.2 Diseño de la Investigación

Se trabajó con un diseño completamente al azar, conformado por 2 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento haciendo un total de 6 unidades experimentales acondicionadas cada una de ellas con sistemas de recirculación (véase la Figura 4.1 y Figura 4.2 en la página “55”), se colocaron 30 peces en cada unidad, según el siguiente diseño experimental: Diseño experimental puro con pre prueba, post prueba y grupo control (Hernández *et al.*, 2006):

R G ₁	O ₁	X ₁	O ₂
R G ₂	O ₃	--	O ₄

R = Grupos escogidos aleatoriamente

G₁, G₂ = Grupos (2 grupos)

O₁, O₃ = Medición previa para cada grupo

O₂, O₄ = Medición final (Post pruebas)

X₁ = Aplicación del tratamiento 1

-- = Grupo control

Modelo Estadístico

$$Y_{ij} = \mu + T_j + E_{ij}$$

Dónde:

- Y_{ij} = Respuesta de la i -ésima unidad experimental que recibe j -ésimo tratamiento.
- μ = Promedio global (media)
- T_j = Efecto del j -ésimo tratamiento.
- j = Tratamiento 0, 1, 2, 3
- i = Réplicas 0, 1, 2, 3
- E_{ij} = Error experimental asociado a la i -enésima unidad experimental sometida el j -ésimo tratamiento

Fuente: Barnett V., and Lewis T.1994. Outliers in statistical data. 3rd edition. Chinchester, John Wiley & Sons, 584 pp.

TABLA 4.1
FÓRMULA EXPERIMENTAL

Tratamientos	Repetición-1 R-1	Repetición 2 R-2	Repetición 3 R-3
T_1	N = 30	N = 30	N = 30
T_2	N = 30	N = 30	N = 30

Fuente: Elaboración propia (Barnett V., and Lewis T.1994).

T_1 = Tratamiento de fotoperiodo artificial (24 horas de luz y 0 horas de oscuridad).

T_2 = Tratamiento control de fotoperiodo natural (12 horas de luz y 12 horas de oscuridad).

N = Número de peces por unidad experimental.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

- La población está constituida por 500 tilapias obtenidas de los tanques de cultivo de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Se realizará 1 grupo control y 1 prueba.
- La primera a condiciones normales (T_2).
- La segunda con 24 horas luz y 0 horas oscuridad (T_1).

4.3.2 Muestra

- La muestra está constituida por 30 alevines de 0,4 g de tilapia por unidad experimental, haciendo un total de 180 alevines en 6 unidades experimentales de acuerdo al diseño de la investigación.
- Cada 15 días se hizo análisis de peso y talla para evaluar lo que se necesitaba.

4.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Evaluación físico-química del agua

4.4.1.1 Temperatura.

La temperatura del agua de las unidades experimentales, se registró diariamente con un termómetro de mínima y máxima de mercurio de 50 °C 3 veces al día (9:00, 12:00 y 16:00 horas).

4.4.1.2 Oxígeno

El registro del contenido de oxígeno disuelto (mg/L) en el agua se hizo con un oxímetro (HACH LDO HQ 20) diariamente.

4.4.1.3. pH

El registro del pH en el agua se hizo con un potenciómetro (HACH,LDO) diariamente.

4.4.1.4 Amonio y nitritos

Las concentraciones de amonio (NH_4), y nitritos (NO_2) fueron medidos semanalmente por colorimetría con un kit de análisis de $\text{NH}_4\text{-NH}_3$ y $\text{NO}_2\text{-NO}_3$ marca Sera[®].

4.4.2. Acondicionamiento de peces

El presente trabajo de investigación de fotoperiodo se inició con la elección de tilapia en la fase alevinaje, en base a los diversos estudios realizados con la especie tilapia nilótica por los autores (Biswas y Takeuchi, 2003; El-Sayed y Kawanna, 2004; Bezerra *et al.*, 2008; Mustapha *et al.*, 2012). Se determinó esta fase por brindar resultados favorables en los trabajos investigados.

Los alevines con peso promedio de 0,4 gramos y 45 días de eclosionados fueron obtenidos de la Facultad de Ingeniería Pesquera de la Universidad Nacional Agraria La Molina, y trasladados al Laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos de la Universidad Nacional del Callao debidamente acondicionados en una bolsa de plástico con 20 litros de agua, con inyección de oxígeno y colocados dentro de una caja de poliestireno expandido (tecnopor). El transporte duró aproximadamente 2 horas. Llegados al laboratorio se acondicionó

en un tanque de PVC de 1m³ con 500 L de agua de clorada con tiosulfato de sodio, a una temperatura de 25° C y con aireación permanente. Se les alimentó con un alimento balanceado para alevín tilapia con una frecuencia de 4 veces por día, así mismo se hizo la limpieza de las heces y cambio parcial de agua diariamente.

Para el inicio del trabajo de investigación se acondicionaron los peces en las unidades experimentales de acuerdo al diseño experimental de 30 peces por acuario para cada tratamiento (T₁, T₂).

4.4.3. Cultivo

El trabajo experimental duró 60 días (17 de marzo del 2016 al 15 de Mayo del 2016); iniciando el estudio con los alevines de tilapia con talla promedio de 2,97 ± 0,11 cm y peso promedio de 0,39 ± 0,01 g, los peces fueron distribuidos en 6 unidades experimentales (acuarios de vidrio de 100 L) con un volumen de agua de 80 litros y 30 peces/acuario; durante el experimento se monitorearon los parámetros físico-químicos del agua para mantener la temperatura entre 26 a 27 °C, el oxígeno disuelto entre 6 a 7 mg/L, el amoníaco entre 0,01 – 0,1 mg/L, los nitritos entre 0,1 – 0,3 mg/L y el pH entre 6,5 a 8,5. La limpieza del acuario se realizó diariamente y se hizo sifoneando las heces y residuos de alimento no consumido, se adicionaba 10% de agua para reemplazar lo perdido por el sifoneo. Se alimentó diariamente a los peces con una tasa alimentaria del 17% (al inicio), ésta tasa fue disminuyéndose en porcentaje al aumentar de peso los peces o biomasa por acuario, la frecuencia de alimentación fue de 7 veces por día (01:00; 05:00; 09:00; 13:00; 17:00; 21:00 y 23:00 horas) para el tratamiento 1 (T₁) y 4 veces por día (05:00; 09:00; 13:00 y 17:00 horas) para el tratamiento 2 (T₂:control).

FIGURA N° 4.1
ANÁLISIS DEL OXÍGENO DISUELTTO EN EL CULTIVO DE TILAPIA



Fuente: Elaboración propia

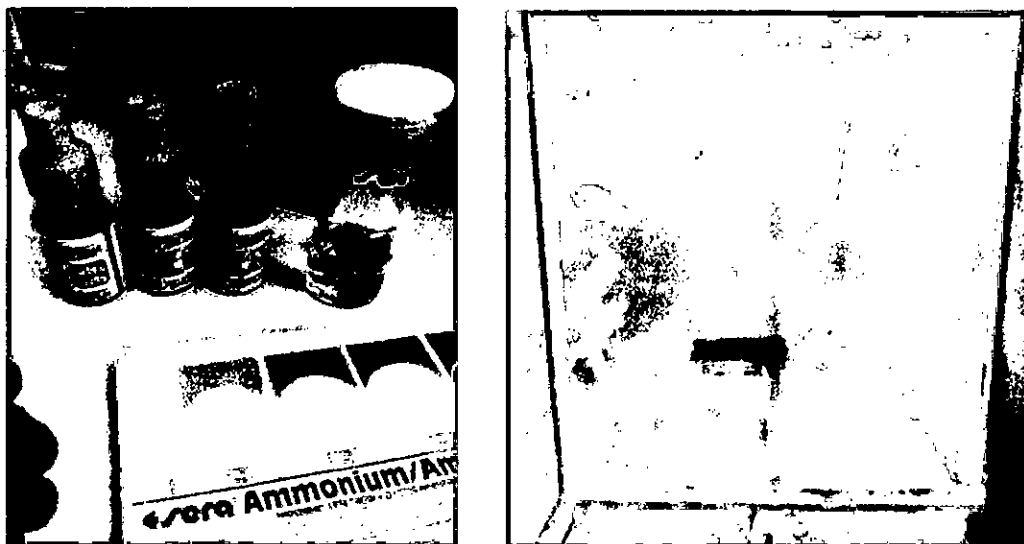
FIGURA N° 4.2
ANÁLISIS DEL pH EN EL CULTIVO DE TILAPIA



Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 4.3

ANÁLISIS DE AMONIO Y NITRITOS EN EL CULTIVO DE TILAPIA



Fuente: Elaboración propia

Cada 15 días se efectuó un muestreo biométrico de peso y talla con una balanza OHAUS 1500 ($\pm 0,01$ g) y un ictiómetro de 30 cm respectivamente.

El control de la temperatura del agua se hizo diariamente 3 veces por día (9:00, 12:00 y 16:00 horas) con un termómetro de mercurio de 0 a 50°C ($\pm 0,1$ °C), el oxígeno disuelto (mg/L) se registró diariamente con un oxímetro HACH (LDO. HD 20), el pH se registró con un potenciómetro HACH(LDO), el amonio y los nitritos (mg/L) se midieron por colorimetría con un kid para análisis de amonio y nitritos Marca Sera ®.

FIGURA N° 4.4

LIMPIEZA MEDIANTE SIFONEADO EN EL CULTIVO DE TILAPIA



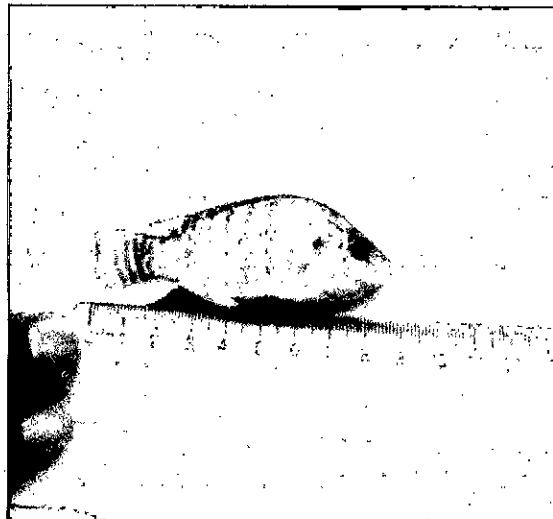
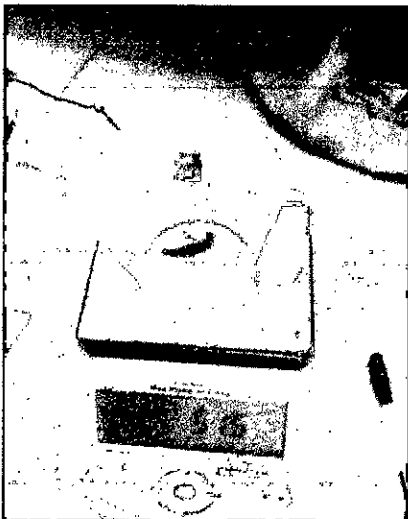
Fuente: Elaboración propia

4.4.4. Métodos de muestreo

-Muestreo de peces.- Cada 15 días se llevó a cabo un muestreo biométrico de peso y talla de todos los alevines de tilapia nológica (180).

FIGURA N° 4.5

MUESTREO BIOMÉTRICO DE PESO (g) Y TALLA (cm) DE TILAPIA



Fuente: Elaboración propia

4.5 Procedimientos de recolección de datos

4.5.1 Evaluación del crecimiento de los peces

4.5.1.1 Evaluación del crecimiento en peso y talla de los peces

Se determinó la longitud total de acuerdo al criterio de Laevastu (1971), medido desde el extremo anterior de la mandíbula hasta el extremo distal del radio más largo de la aleta caudal, empleándose un ictiómetro de 30 cm y pesados en una balanza eléctrica OHAUS de capacidad de 1,5 kg con aproximación de 0,01 g.

4.5.1.2. Evaluación de la tasa de crecimiento absoluto (T.C.A)

Esta relación indica la ganancia en peso del pez en gramos por día (Gracia López y Castelló Orvay, 1996).

$$T.C.A = \frac{Pf - Pi}{N^{\circ} \text{ días}} \quad (\text{g/día})$$

Pf = Peso promedio final

Pi = Peso promedio inicial

4.5.1.3. Evaluación de la tasa de crecimiento específico (T.C.E)

Esta relación indica el porcentaje de incremento en peso del pez por día (Gracia-López y Castillo Orvay, 1996) y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$T.C.E = \left[\frac{\ln(Pf) - \ln(Pi)}{N^{\circ} \text{ días}} \right] \times 100 \quad (\%/día)$$

Pf = Peso promedio final

Pi = Peso promedio inicial

4.5.1.4. Evaluación de la conversión alimenticia (C.A)

Esta relación se define como la ganancia en peso obtenida a partir de una unidad de peso del alimento (Hepher, 1979).

$$C.A = \frac{C.A.C}{P.P.G}$$

C.A.C = Cantidad de alimento consumido

P.P.G = Peso de pez ganado

4.5.1.5. Evaluación del factor de condición (k)

Este factor es considerado como un índice de robustez para peces, su valor varía de acuerdo a la especie considerando un crecimiento homogéneo (Weatherley y Gill, 1989 y Steffens, 1989).

$$k = \frac{P (g)}{[L (cm)]^3} \times 100$$

P = Peso promedio (g)

L = Longitud total del pez (cm)

4.5.1.6. Evaluación de la supervivencia (S%)

$$S \% = \frac{Nf}{Ni} \times 100$$

Nf = Número final de peces

Ni = Número inicial de peces

4.5.1.7 Coeficiente térmico de crecimiento (C.T.C): El coeficiente térmico de crecimiento constituye un índice que permite involucrar el efecto de la temperatura del agua en la trayectoria de crecimiento de los peces. Está dado por la siguiente fórmula:

$$C.T.C = \frac{(Pf)^{0,333} - (Pi)^{0,333}}{T \times t} \times 100$$

Pf = Peso promedio final (g)

Pi = Peso promedio inicial (g)

T = Temperatura promedio (° C)

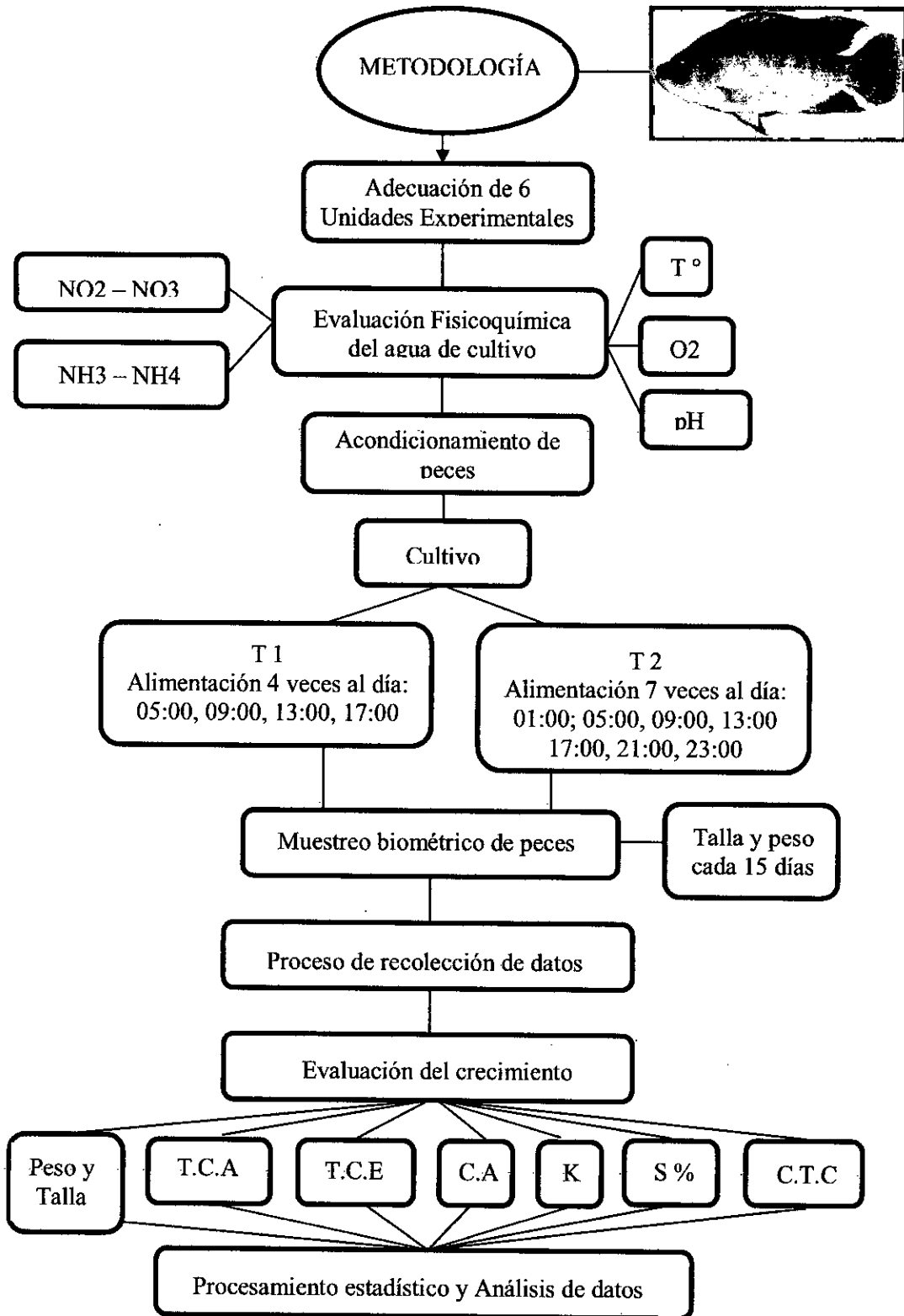
t = tiempo (en días)

4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos

Se aplicó un análisis de varianza: Prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), para determinar si existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

Cuando se detectó una diferencia significativa ($p < 0,05$), se aplicó la prueba de Tukey para determinar igualdad o no entre los promedios.

FIGURA N° 4.6
EVALUACIÓN DEL FOTOPERIODO EN TILAPIA



Fuente: Elaboración propia.

V. RESULTADOS

5.1 Evaluación fisicoquímica del agua

En la Tabla N° 5.1 se puede observar los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos del agua de los cultivos de los alevines de tilapia a los 15 días del periodo experimental.

5.1.1 Temperatura

La temperatura (°C) en las aguas de los cultivos varió entre $27,9 \pm 0,14$ °C (T₁) y $28,00 \pm 0,14$ °C (T₂); no existiendo diferencias significativas entre los tratamientos T₁ y T₂ (véase la Tabla N° 5.1 en la página"63")

5.1.2 Oxígeno disuelto

El promedio de oxígeno disuelto en las aguas de los cultivos varió entre $7,4 \pm 0,13$ mg/L para el tratamiento 1 (T₁) y $7,5 \pm 0,15$ mg/L para el tratamiento 2 (T₂) siendo muy bueno, ya que la saturación del agua estuvo por encima del 91% en todos los acuarios (véase la Tabla N° 5.1 en la página"63")

5.1.3 Amonio

El promedio de concentración de amonio en las aguas de los cultivos varió entre $0,20 \pm 0,01$ mg/L para el tratamiento 1 (T₁) y $0,30 \pm 0,04$ mg/L para el tratamiento 2 (T₂), siendo estos valores aceptables (véase la Tabla N° 5.1 en la página"63")

5.1.4 Nitritos

El promedio de concentración de nitritos en las aguas de los cultivos también fueron aceptables, siendo $0,35 \pm 0,02$ mg/L para el tratamiento 1 (T₁) y $0,28 \pm 0,03$ mg/L para el tratamiento 2 (T₂) (véase la Tabla N° 5.1).

5.1.5 pH

Los valores de pH de las aguas de los cultivos también son aceptables, siendo $7,25 \pm 0,06$ para el tratamiento 1 (T₁) y $7,27 \pm 0,03$ para el tratamiento 2 (T₂) (véase la Tabla N° 5.1).

TABLA N° 5.1

**VALORES DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA EN
EL CULTIVO DE TILAPIA - 15 DÍAS**

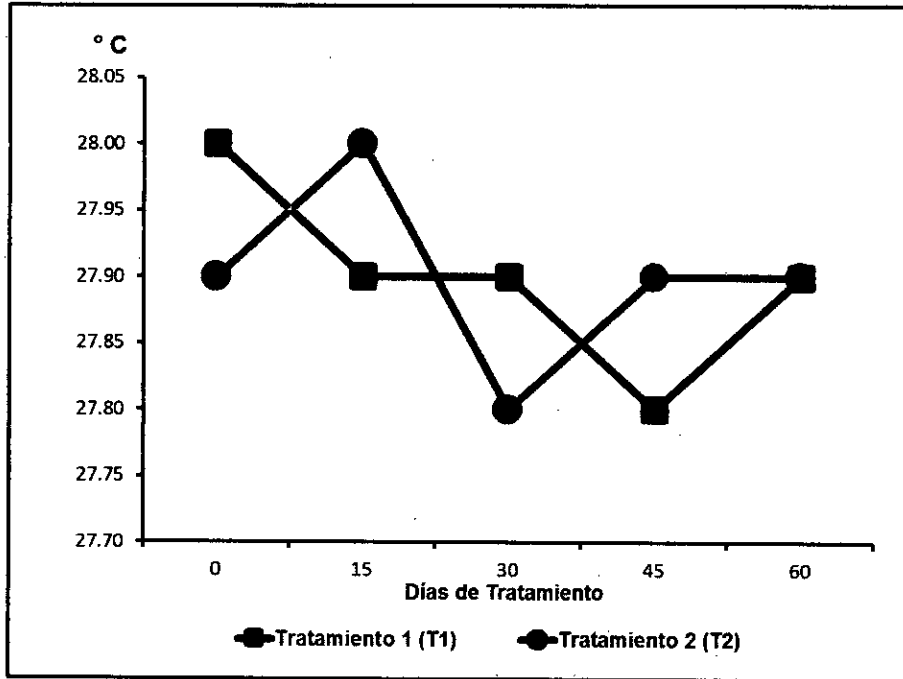
Tratamiento	T (° C)	O.D (mg/L)	Amonio (mg/L)	Nitritos (mg/L)	pH
I	$27,90 \pm 0,14^a$	$7,4 \pm 0,13^a$	$0,20 \pm 0,01^a$	$0,35 \pm 0,02^a$	$7,25 \pm 0,06^a$
II	$28,00 \pm 0,14^a$	$7,5 \pm 0,15^a$	$0,30 \pm 0,04^a$	$0,28 \pm 0,03^a$	$7,27 \pm 0,03^a$
Intervalos Óptimos	24 - 32	4 - 9	< 0,1	< 0,6	6,5 - 8,5

Diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.1

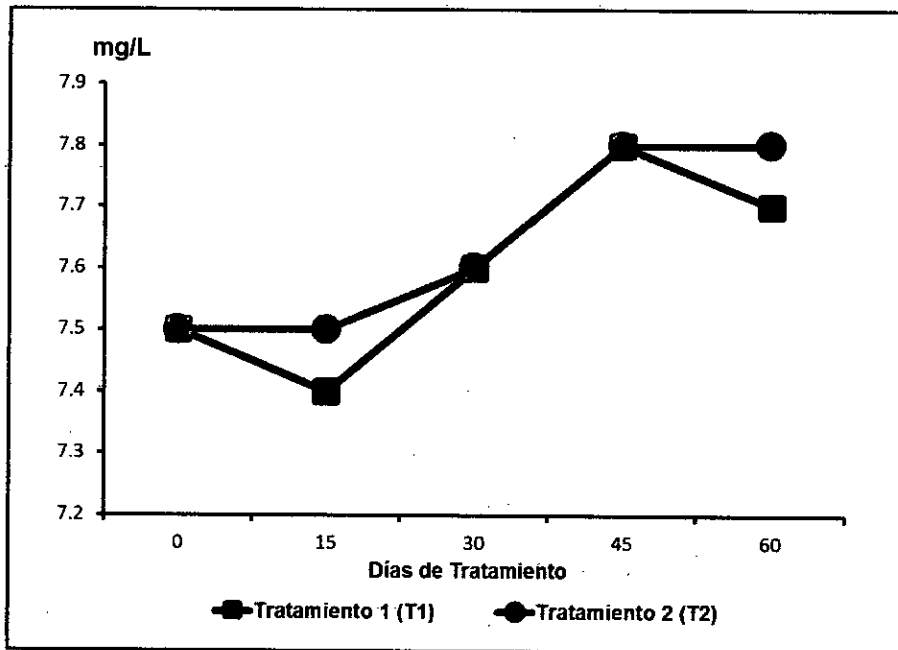
VALORES DE TEMPERATURA: (T₁ Y T₂; 0 - 60 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia

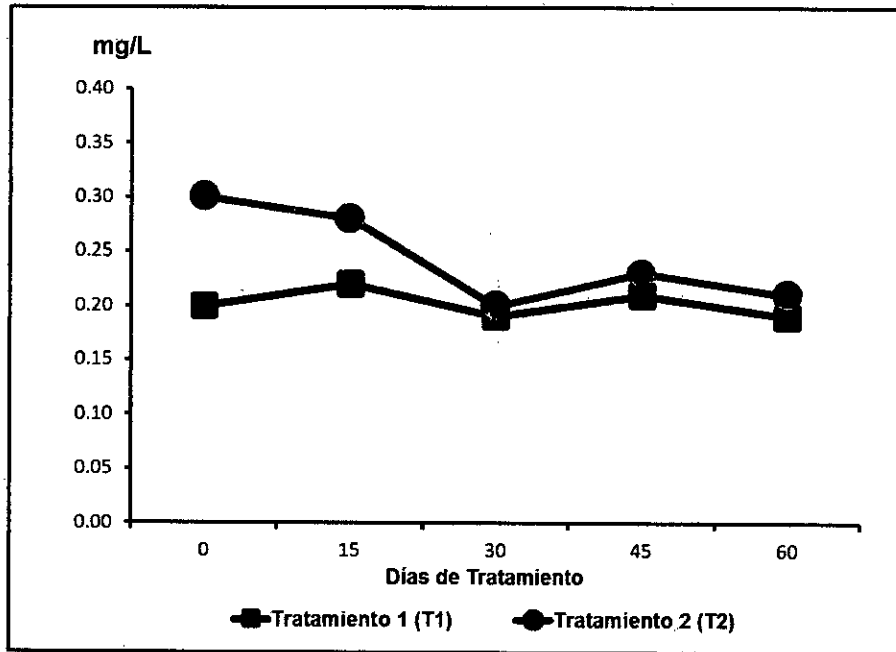
GRÁFICO N° 5.2

VALORES DE OXÍGENO DISUELTO (T₁ Y T₂; 0 - 60 DÍAS)



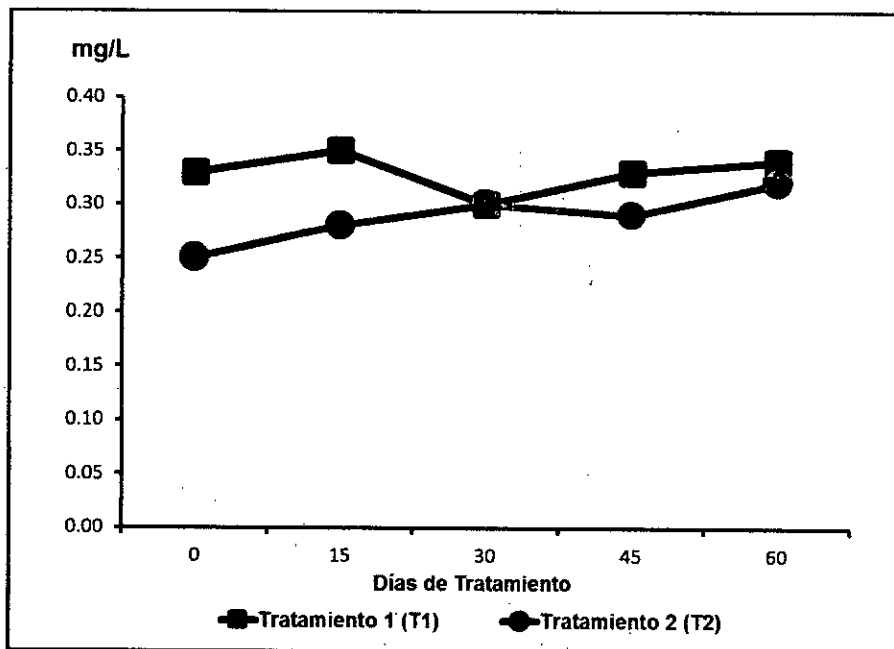
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.3
VALORES DE AMONIO (T₁ Y T₂; 0 - 60 DÍAS)



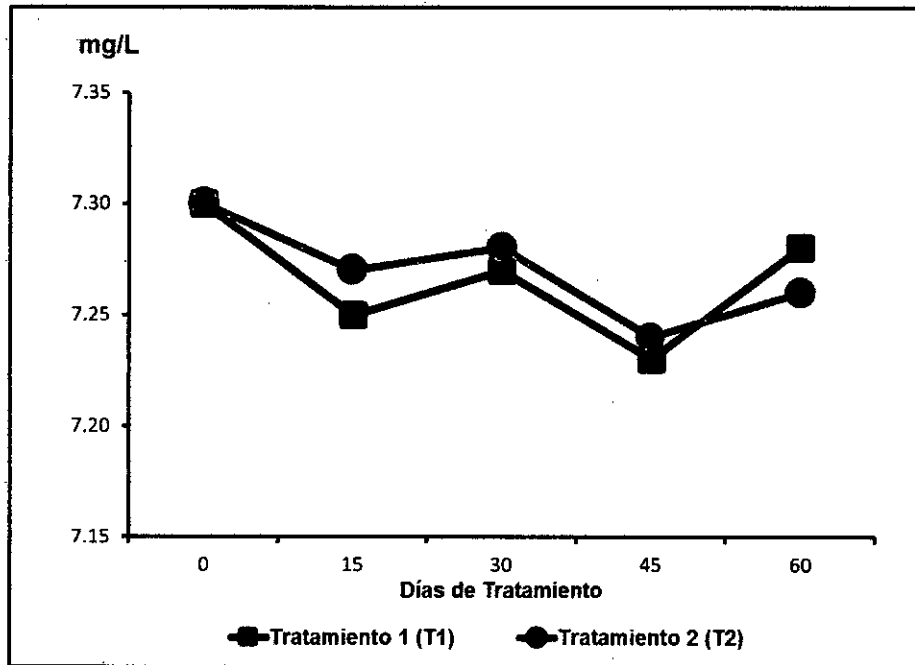
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.4
VALORES DE NITRITO (T₁ Y T₂; 0 - 60 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.5
VALORES DE PH (T₁ Y T₂; 0 – 60 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia

5.2 Evaluación del crecimiento en peso, talla y parámetros productivos

5.2.1 Evaluación de crecimiento en peso y talla de los peces

a). Evaluación al inicio del periodo experimental

Los valores promedio de peso (g), talla (cm) y los coeficientes de variación (%) de los alevines de tilapia al inicio del periodo experimental (0 días) son de: $0,39 \pm 0,03$ g y $2,93 \pm 0,08$ cm para el tratamiento 1 (T₁); $0,42 \pm 0,02$ g, y $2,97 \pm 0,07$ cm para el tratamiento 2 (T₂: control) (véase la tabla N° 5.2, en la página "67"). El análisis de varianza (ANOVA), mediante la prueba de Kruskal-Wallis, demostró que no existe diferencia significativa ($p > 0,05$) entre los tratamientos.

TABLA N° 5.2

VALORES DE PESO Y TALLA (T₁ y T₂; 0 DÍAS)

Tratamiento	Peso (g)	% C.V	Longitud (cm)	% C.V
T ₁	0,39 ± 0,03 ^a	6,40	2,93 ± 0,08 ^a	2,76
T ₂	0,42 ± 0,02 ^a	4,76	2,97 ± 0,07 ^a	2,43

Diferentes letras indican diferencias significativas (p<0,05)

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 5.3

VALORES DEL CRECIMIENTO EN PESO (T₁ y T₂; 0 - 60 DÍAS)

Días	Tratamientos	
	T ₁ 24HL:00HO (g)	T ₂ 12HL:12HO (g)
0	0,39 ± 0,03 ^a	0,42 ± 0,02 ^a
15	1,48 ± 0,09 ^a	1,41 ± 0,12 ^a
30	3,36 ± 0,09 ^b	2,46 ± 0,26 ^a
45	6,17 ± 0,30 ^b	4,22 ± 0,36 ^a
60	11,54 ± 0,49 ^b	7,71 ± 0,68 ^a

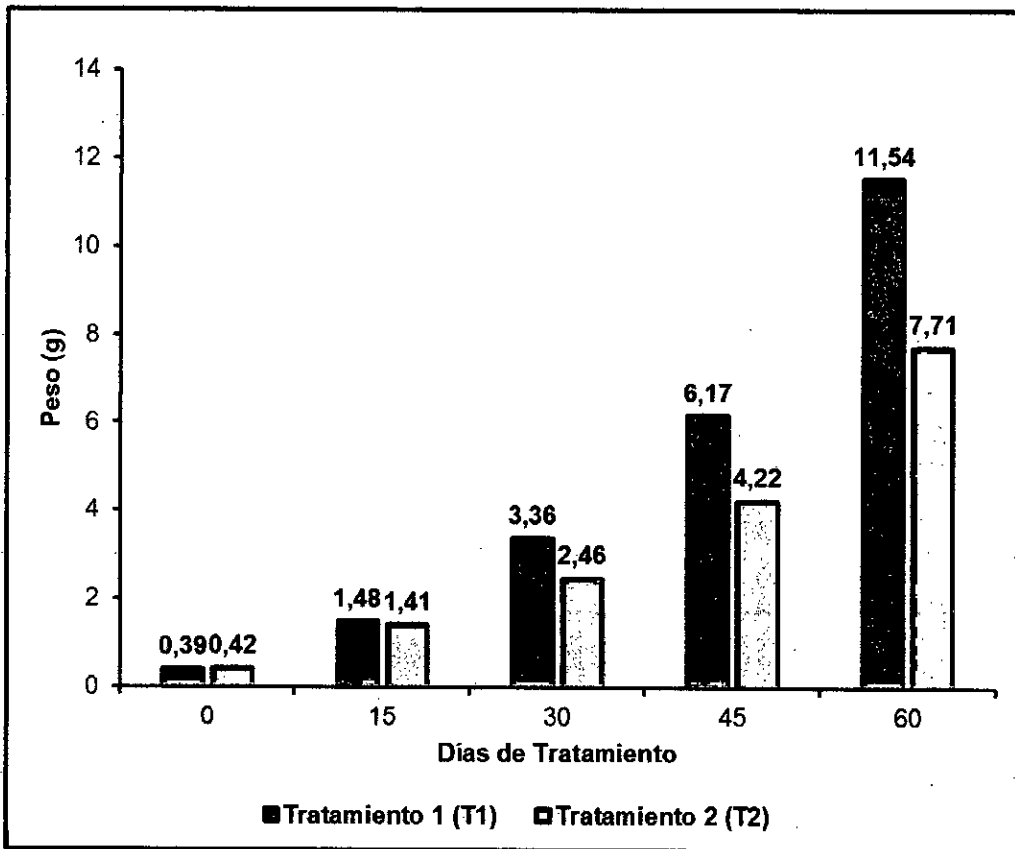
Diferentes letras indican diferencias significativas (p<0,05)

Fuente: Elaboración propia

b). Evaluación del crecimiento en peso (g) de los peces durante el periodo experimental

Se puede observar que a los 60 días el peso promedio final del tratamiento 1 (T₁) es de 11,54 g mientras que el tratamiento 2 (T₂: control) muestra un peso promedio final de 7,71 g (véase el gráfico N° 5.6, véase la tabla N° 5.3, en la página "67"). El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos (T₁ y T₂: control) respecto al peso al final del periodo experimental (60 días) (véase anexo 1).

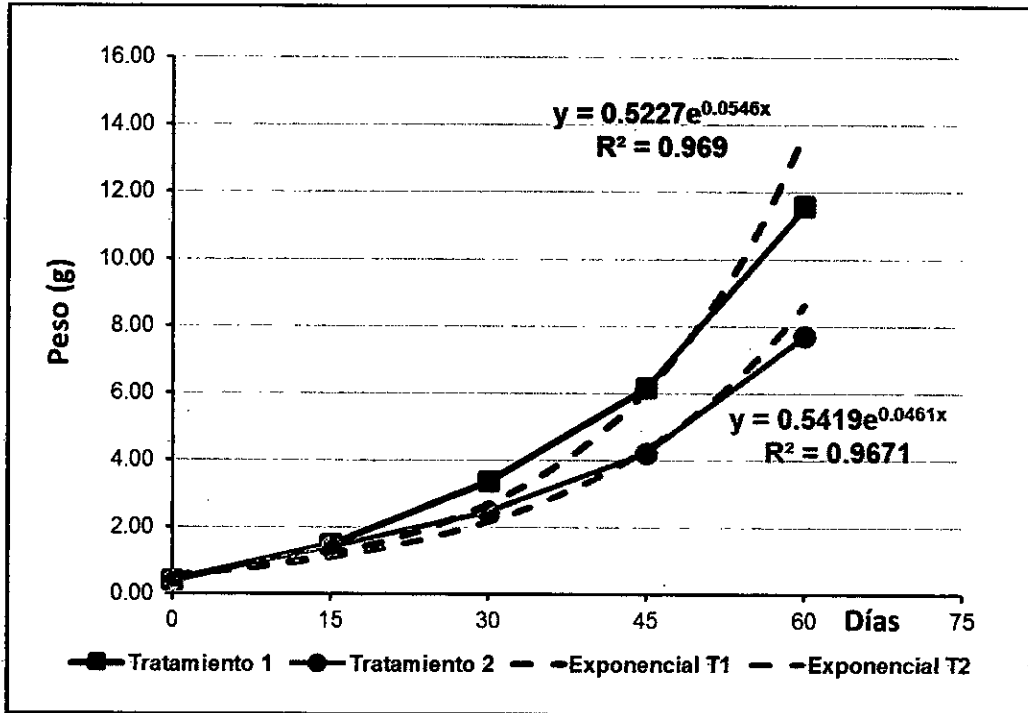
GRÁFICO N° 5.6
VALORES DEL CRECIMIENTO EN PESO (T₁ Y T₂; 0 - 60 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.7

CURVAS, ECUACIONES Y COEFICIENTE R² DE LOS VALORES DEL CRECIMIENTO EN PESO (T₁ y T₂; 0 - 60 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 5.4

VALORES DEL CRECIMIENTO EN TALLA (T₁ y T₂; 0 - 60 DÍAS)

Días	Tratamientos	
	T1 24HL:00HO (cm)	T2 12HL:12HO (cm)
0	2,93 ± 0,08 ^a	2,97 ± 0,07 ^a
15	4,33 ± 0,08 ^a	4,19 ± 0,19 ^a
30	5,72 ± 0,09 ^a	5,23 ± 0,20 ^a
45	7,17 ± 0,09 ^b	6,41 ± 0,22 ^a
60	8,92 ± 0,17 ^b	7,83 ± 0,22 ^a

Diferentes letras indican diferencias significativas (p<0,05)

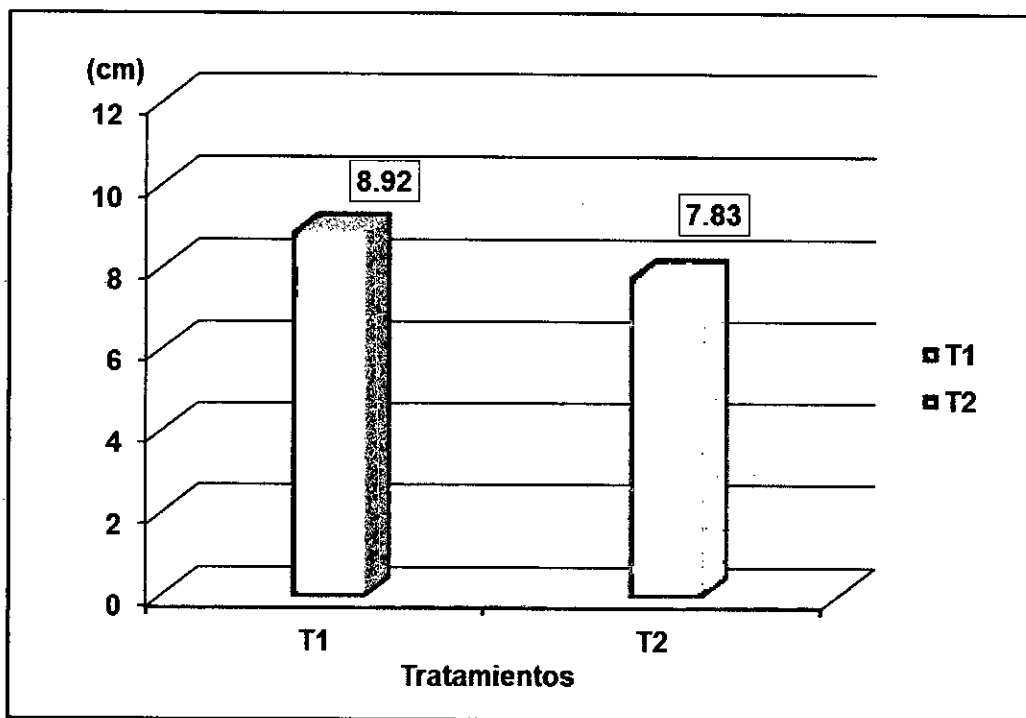
Fuente: Elaboración propia

c) Evaluación del crecimiento en talla (cm) de los peces durante el periodo experimental.

Se puede observar que la talla promedio (cm) al final del periodo experimental (60 días) fue de 8,92 cm tratamiento 1 (T₁) y de 7,83 cm para el tratamiento 2 (T₂: control) (véase el gráfico N° 5.8, véase la tabla N° 5.4, en la página "69"). El análisis de varianza mostró diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos. Los peces tratados con fotoperiodo de 24 horas luz y 0 horas de oscuridad (T₁), mostraron significativamente ($p < 0,05$) mayor talla, de 8,92 cm, respecto a los peces tratados con fotoperiodo natural (T₂: control) de 7,83 cm (véase anexo 2).

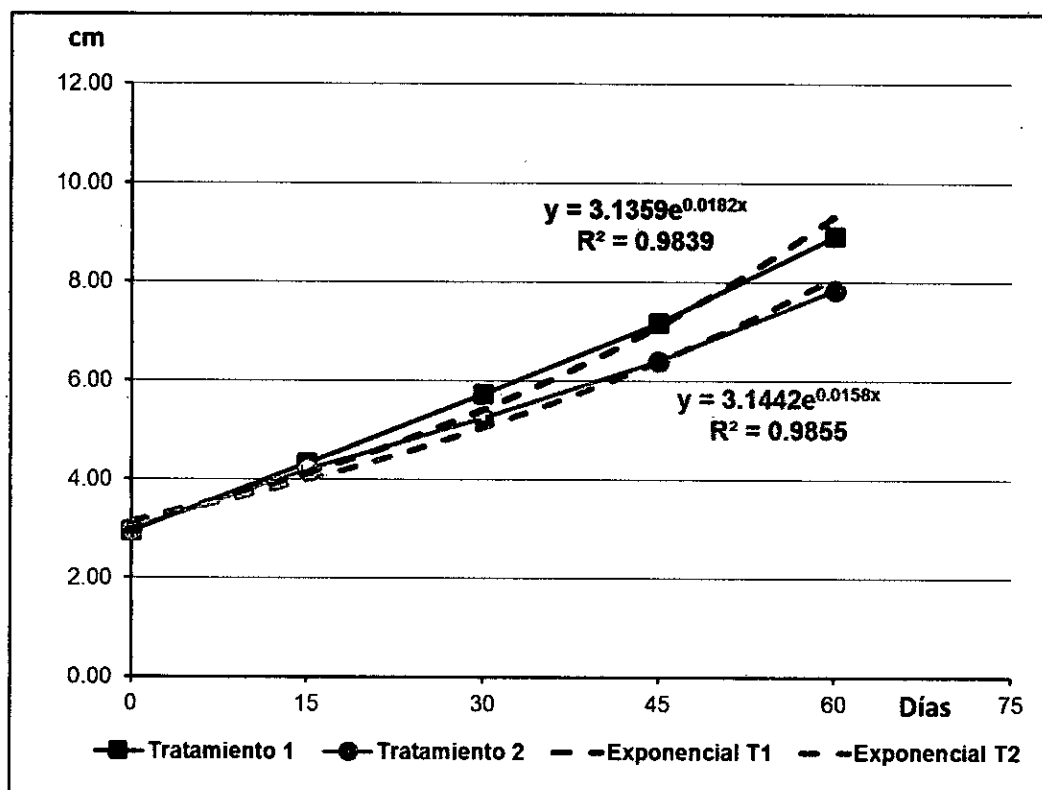
GRÁFICO N° 5.8

VALORES DEL CRECIMIENTO EN TALLA (T₁ y T₂; 0 - 60 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.9
CURVAS, ECUACIONES Y COEFICIENTE R² DE LOS VALORES DEL
CRECIMIENTO EN TALLA (T₁ y T₂; 0 - 60 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Evaluación de la tasa de crecimiento absoluto (TCA) (g/día)

Los valores promedio de la tasa de crecimiento absoluto de los alevines de tilapia al final del periodo experimental (60 días) son de: $0,358 \pm 0,018$ g/día para el tratamiento 1 (T1); y $0,233 \pm 0,022$ g/día para el tratamiento 2 (T2: control) (véase la tabla N° 5.5 en la página 72). El análisis de varianza de la TCA no mostró diferencia significativa ($p > 0,05$) a los 15 días, sólo a partir de los 30 días se observa diferencia significativa ($p < 0,05$) entre el tratamiento 1 (T₁) y el tratamiento 2 (T₂: control), y es mayor a los 60 días (véase anexo 3).

TABLA N° 5.5

VALORES DE TASA DE CRECIMIENTO ABSOLUTO (T₁ y T₂; 0-60 DÍAS)

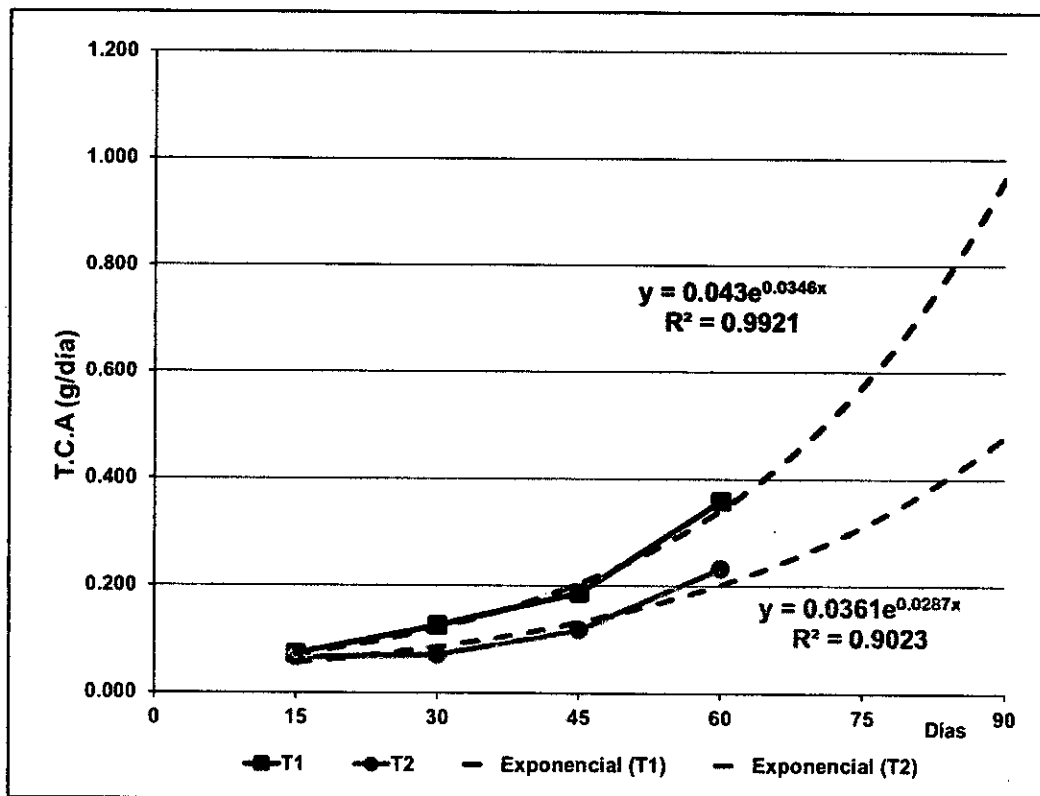
Días	Tratamientos	
	T ₁ (g/día)	T ₂ (g/día)
15	0,073 ± 0,005 ^a	0,066 ± 0,009 ^a
30	0,125 ± 0,002 ^b	0,070 ± 0,009 ^a
45	0,187 ± 0,018 ^b	0,118 ± 0,008 ^a
60	0,358 ± 0,018 ^b	0,233 ± 0,022 ^a

Diferentes letras indican diferencias significativas (p<0,05)

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 5.10

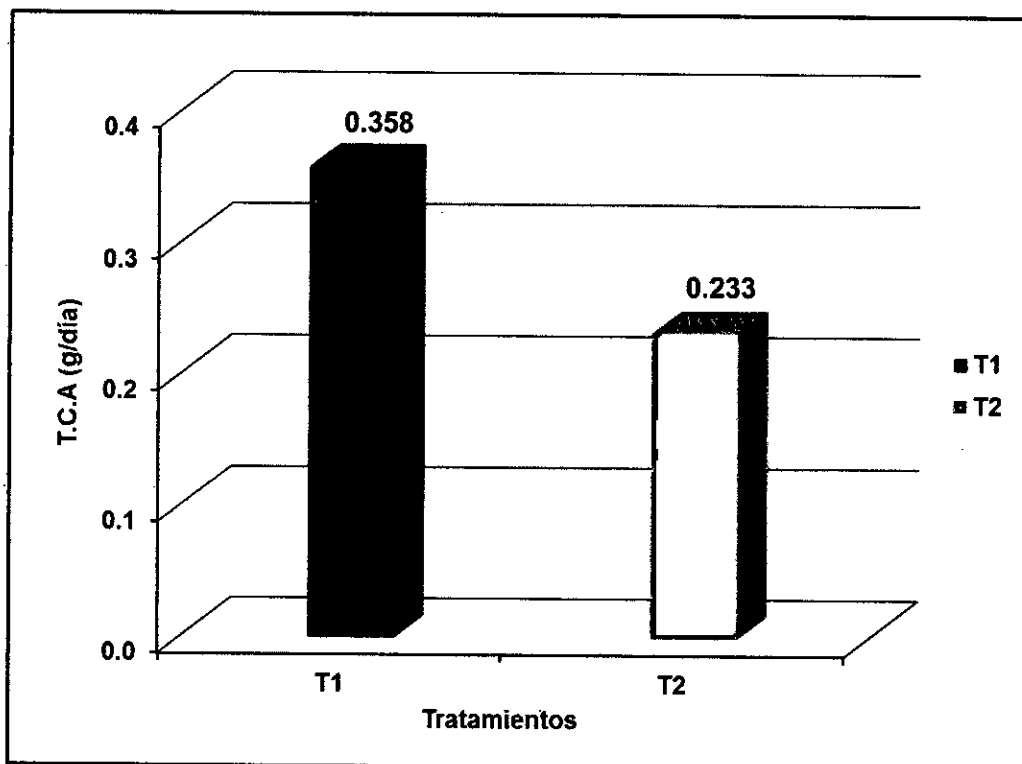
CURVAS, ECUACIONES Y COEFICIENTE R² DE LOS VALORES DE TASA DE CRECIMIENTO ABSOLUTO (T₁ y T₂; 0 - 60 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.11

VALORES DE TASA DE CRECIMIENTO ABSOLUTO (T₁ y T₂; 60 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia

5.2.3 Evaluación de la tasa de crecimiento específico (T.C.E) (%/día)

Los valores promedio de la tasa de crecimiento específico de los alevines de tilapia al final del periodo experimental (60 días) son de: $4,18 \pm 0,16$ %/día para el tratamiento 1 (T₁) y $4,02 \pm 0,08$ %/día para el tratamiento 2 (T₂: control) (véase la tabla N° 5.6, en la página "74"). El análisis de varianza de la TCE no mostró diferencia significativa ($p > 0,05$) a los 15 días, sólo a partir de los 30 días se observa diferencia significativa ($p < 0,05$) entre el tratamiento 1 (T₁) y el tratamiento 2 (T₂: control), y es mayor a los 60 días (véase anexo 4).

TABLA N° 5.6

VALORES DE TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICO (T₁ y T₂; 0-60 DÍAS)

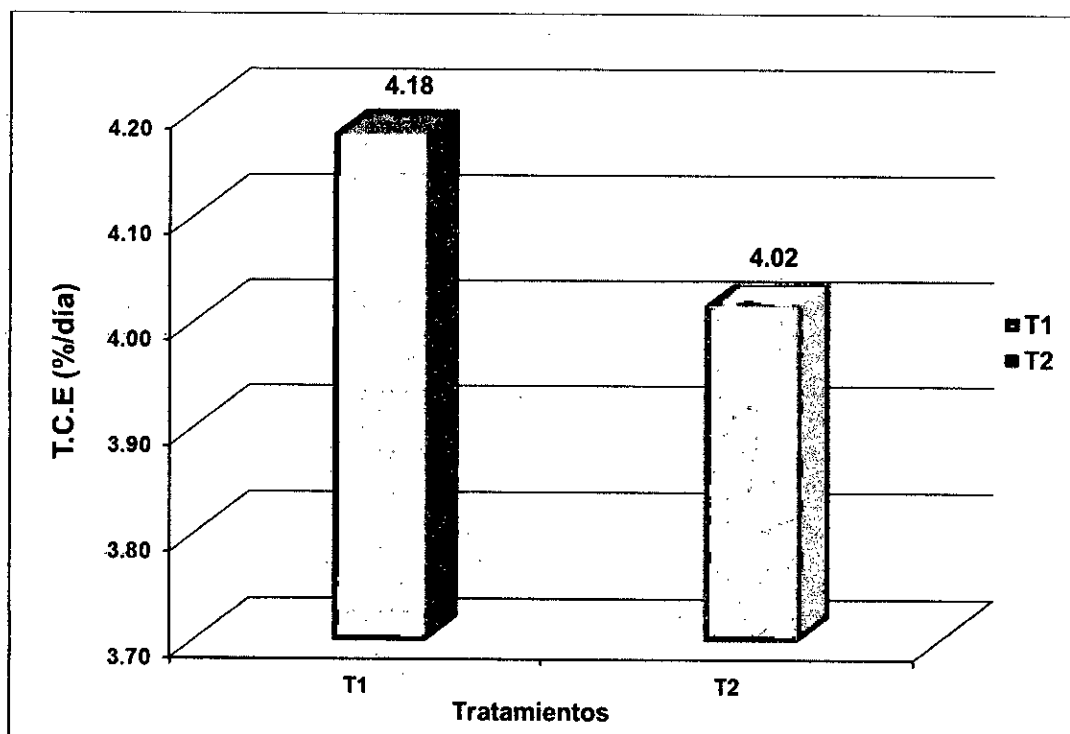
Días	Tratamientos	
	T1 24HL:00HO (%/día)	T2 12HL:12HO (%/día)
15	8,85 ± 0,13 ^a	8,05 ± 0,87 ^a
30	5,46 ± 0,24 ^b	3,71 ± 0,11 ^a
45	4,04 ± 0,29 ^b	3,61 ± 0,15 ^a
60	4,18 ± 0,16 ^b	4,02 ± 0,08 ^a

Diferentes letras indican diferencias significativas (p<0,05).

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.12

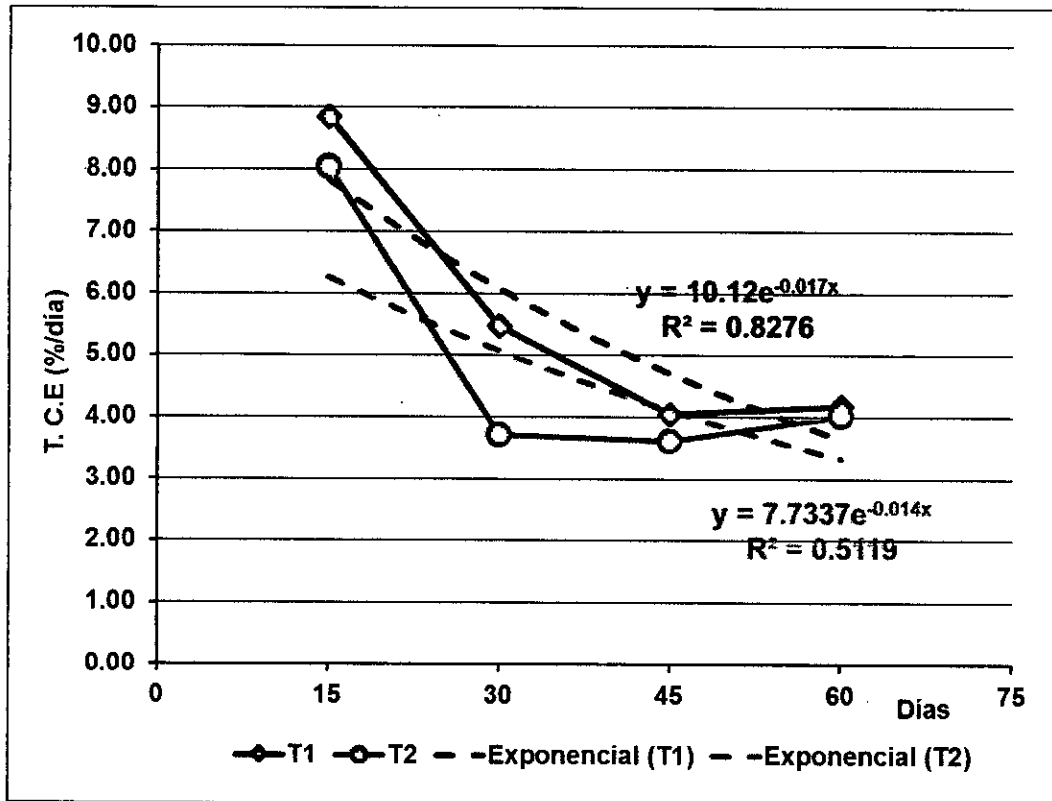
VALORES DE TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICO (T₁ y T₂; 60 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.13

CURVAS, ECUACIONES, Y COEFICIENTE R² DE LOS VALORES DE TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICO (T₁ y T₂; 0 - 60 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia

5.2.4 Evaluación del factor de condición (k)

Los valores promedio del factor de condición de los alevines de tilapia al final del periodo experimental (60 días) son de: $1,79 \pm 0,10$ para el tratamiento 1 (T₁) y $1,75 \pm 0,03$ para el tratamiento 2 (T₂: control) (véase el gráfico N°5.14 y la tabla N° 5.7 en la página 76). El análisis de varianza no mostró diferencia significativa ($p > 0,05$) entre el tratamiento 1 (T₁) y el tratamiento 2 (T₂: control) (véase anexo 5).

TABLA N° 5.7

VALORES DEL FACTOR DE CONDICIÓN (T₁ y T₂; 0 - 60 DÍAS)

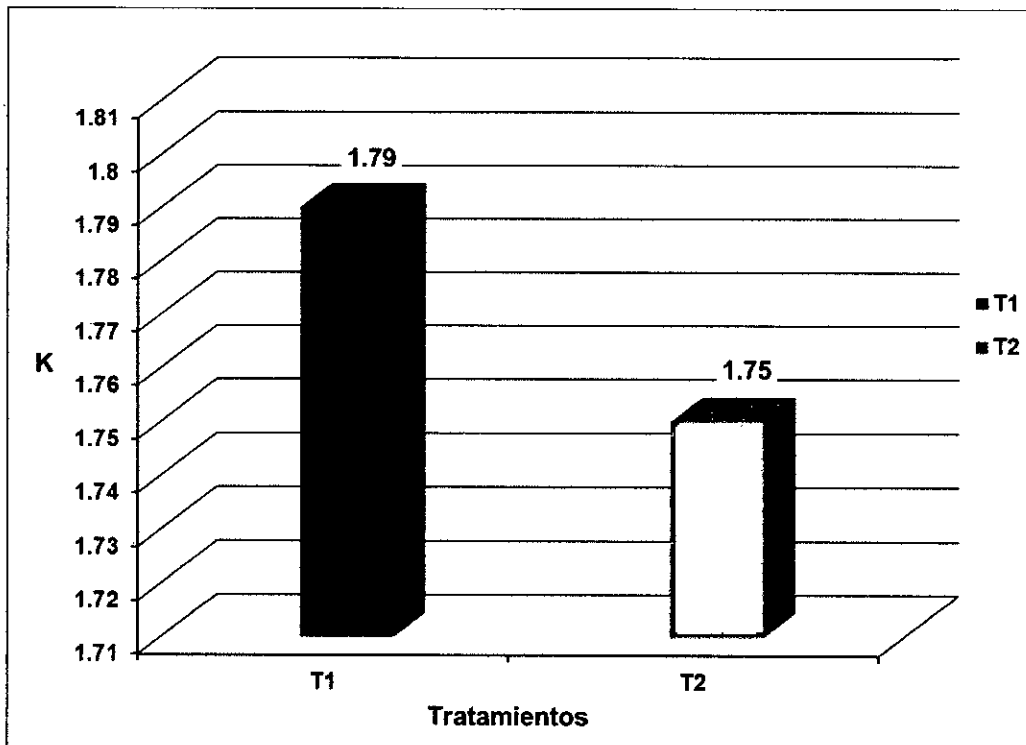
Días	Tratamientos	
	T ₁ 24HL:00HO	T ₂ 12HL:12HO
0	1,56 ± 0,03 ^a	1,60 ± 0,05 ^a
15	1,68 ± 0,03 ^a	1,64 ± 0,10 ^a
30	1,73 ± 0,04 ^a	1,66 ± 0,10 ^a
45	1,76 ± 0,08 ^a	1,72 ± 0,03 ^a
60	1,79 ± 0,10 ^a	1,75 ± 0,03 ^a

Diferentes letras indican diferencias significativas (p<0,05).

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.14

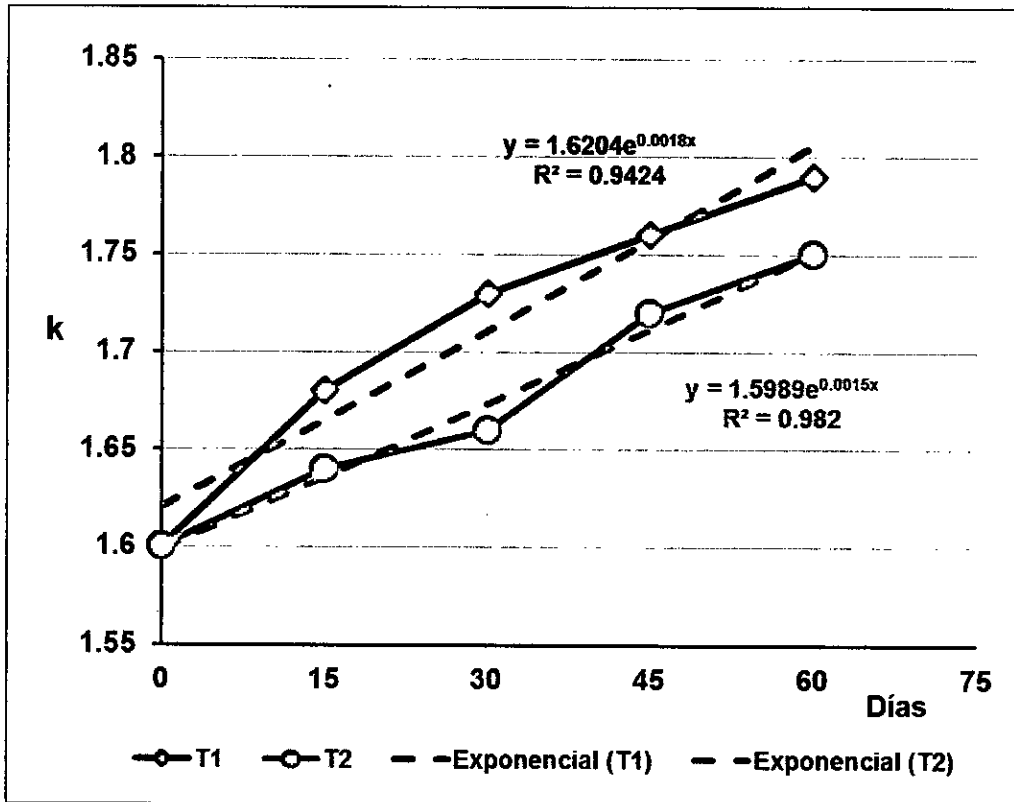
VALORES DEL FACTOR DE CONDICIÓN (T₁ y T₂; 60 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.15

CURVAS, ECUACIONES Y COEFICIENTE R² DE LOS VALORES DEL FACTOR DE CONDICION (T₁ y T₂; 0 - 60 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia

5.2.5 Evaluación de la conversión alimenticia (C.A.)

Los valores promedio de la conversión alimenticia de los alevines de tilapia al final del periodo experimental (60 días) son de: $1,21 \pm 0,06$ para el tratamiento 1 (T₁) $1,27 \pm 0,04$ para el tratamiento 2 (T₂: control) (véase el gráfico N°5.16 y la tabla N° 5.8 en la página "78"). El análisis de varianza no mostró diferencia significativa ($p > 0,05$) entre el tratamiento 1 (T₁) y el tratamiento 2 (T₂: control) (véase anexo 6).

TABLA N° 5.8

VALORES DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA (T₁ y T₂; 0 - 60 DÍAS)

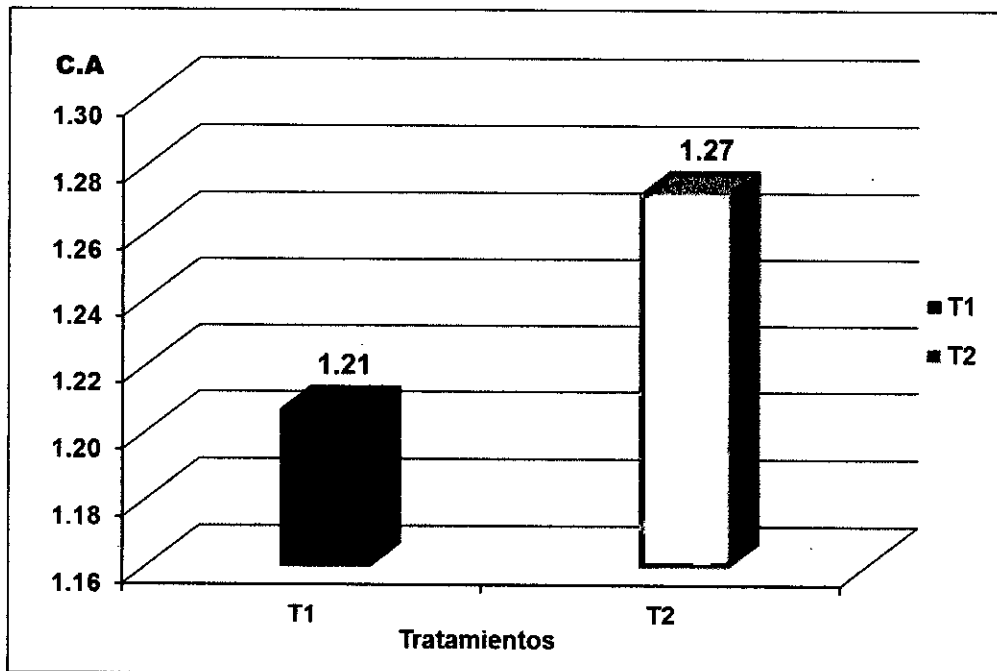
Días	Tratamientos	
	T1 24HL:00HO C.A	T2 12HL:12HO C.A
15	0,91 ± 0,02 ^a	1,08 ± 0,19 ^a
30	1,07 ± 0,07 ^a	1,20 ± 0,04 ^a
45	1,09 ± 0,10 ^a	1,25 ± 0,07 ^a
60	1,21 ± 0,06 ^a	1,27 ± 0,04 ^a

Diferentes letras indican diferencia significativas (p<0,05).

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.16

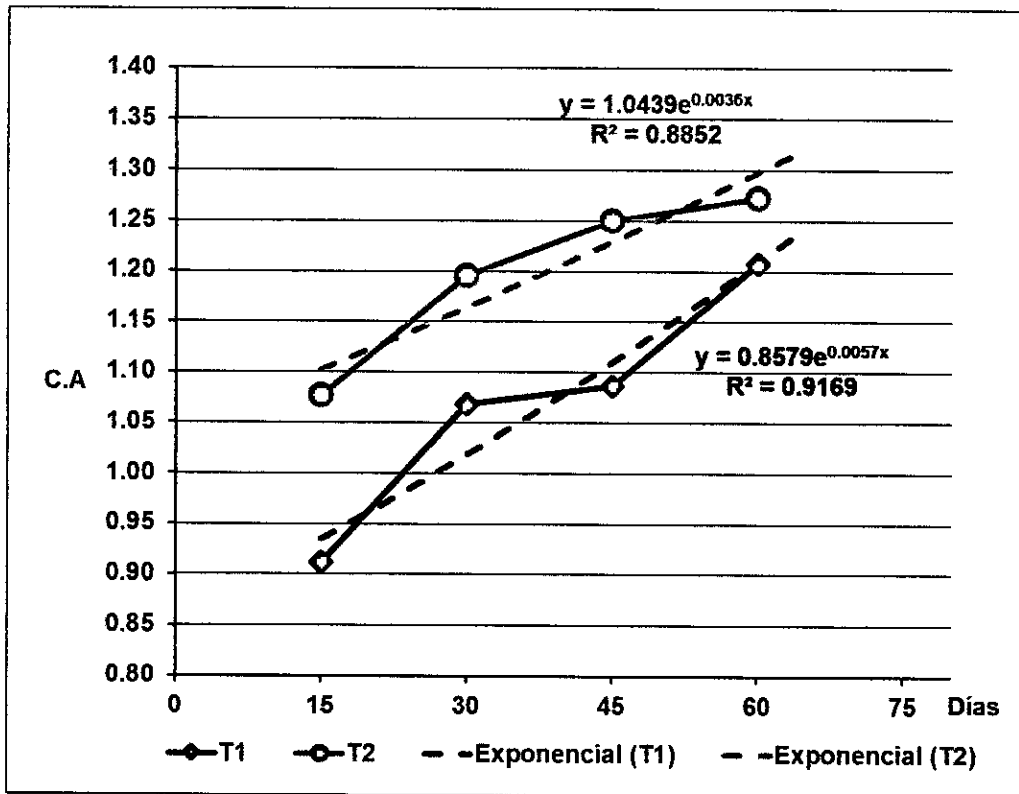
VALORES DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA (T₁ y T₂; 0 - 60 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.17

CURVAS, ECUACIONES Y COEFICIENTE R² DE LOS VALORES DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA (T₁ y T₂; 0 - 60 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia

5.2.6 Evaluación de la supervivencia de los peces

Los valores porcentuales de la supervivencia de los alevines de tilapia al final del periodo experimental (60 días) son de: 97,00% para el tratamiento 1 (T1) y 96,67% para el tratamiento 2 (T2: control) (véase el gráfico N°5.18 y la tabla N° 5.9 en la página"80").

TABLA N° 5.9

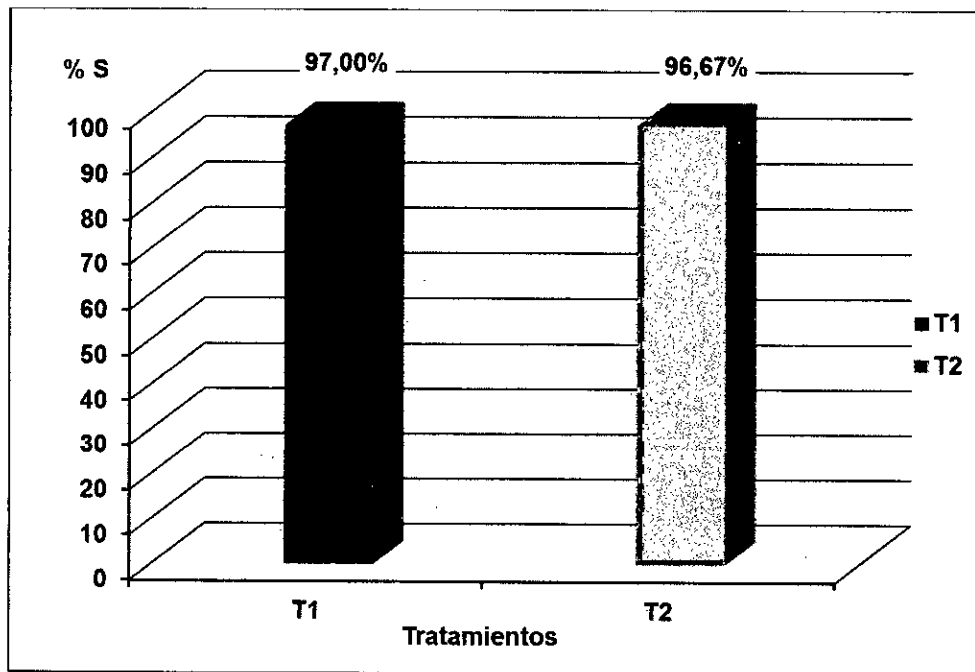
VALORES DE SUPERVIVENCIA (T₁ y T₂; 60 DÍAS)

N° de acuarios	Tratamientos	
	Tratamiento 1 (T ₁)	Tratamiento 2 (T ₂)
	(%)	(%)
1	98%	97%
2	96%	97%
3	97%	96%

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.18

VALORES DE SUPERVIVENCIA (T₁ y T₂; 60 DÍAS)



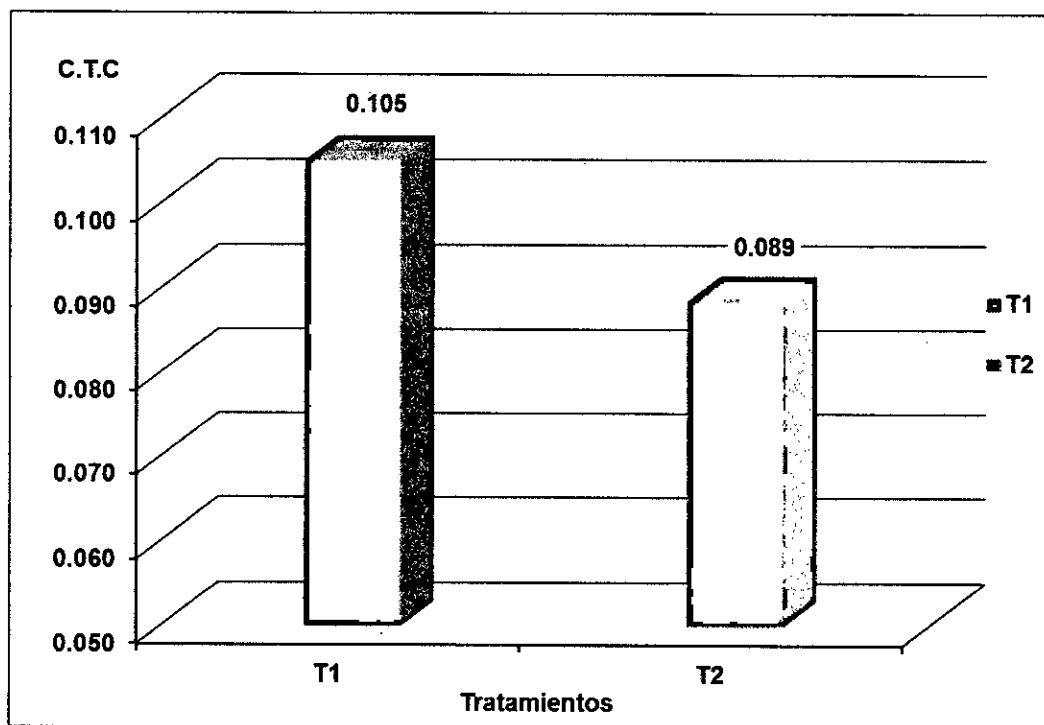
Fuente: Elaboración propia

5.2.7 Evaluación del coeficiente térmico de crecimiento (C.T.C)

Los valores promedio del coeficiente térmico de crecimiento (C.T.C) de los alevines de tilapia al final del periodo experimental (60 días) son de: $0,105 \pm 0,004$ para el tratamiento 1 (T₁) y $0,089 \pm 0,003$ para el tratamiento 2 (T₂: control) (véase el gráfico N°5.19, véase la tabla N° 5.10 en la página"82"). El análisis de varianza de la C.T.C no mostró diferencia significativa ($p>0,05$) a los 15 días, sólo a partir de los 30 días se observa diferencia significativa ($p<0,05$) entre el tratamiento 1 (T₁) y el tratamiento 2 (T₂: control), y es mayor a los 60 días (véase anexo 7).

GRÁFICO N° 5.19

VALORES DEL COEFICIENTE TÉRMICO DE CRECIMIENTO (T₁ y T₂; 60 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 5.10

VALORES DEL COEFICIENTE TÉRMICO DE CRECIMIENTO (T₁ y T₂; 0 - 60 DÍAS)

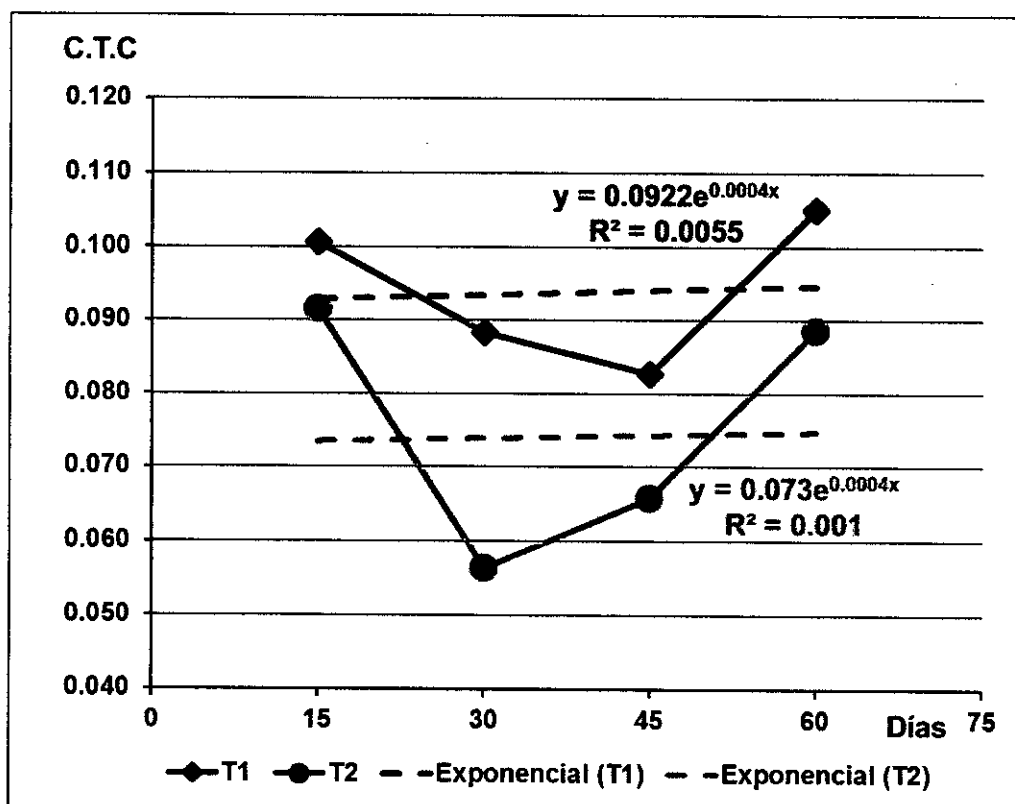
Días	Tratamientos	
	Tratamiento 1 24HL:00HO	Tratamiento 2 12HL:12HO
15	0,101 ± 0,002 ^a	0,092 ± 0,011 ^a
30	0,088 ± 0,003 ^b	0,056 ± 0,003 ^a
45	0,083 ± 0,007 ^b	0,066 ± 0,002 ^a
60	0,105 ± 0,004 ^b	0,089 ± 0,003 ^a

Diferentes letras indican diferencia significativas (p<0,05).

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.20

CURVAS, ECUACIONES Y COEFICIENTE R² DE LOS VALORES DEL COEFICIENTE TÉRMICO DE CRECIMIENTO (T₁ y T₂; 0 - 60 DÍAS)



Fuente: Elaboración propia

VI. DISCUSIONES

6.1 Contrastación de la hipótesis con el resultado

En el presente estudio, los alevines de tilapia cultivados con fotoperiodo de 24 horas de luz y cero horas de oscuridad (24HL:00HO) ganaron más peso y talla (11,54 g y 8,92 cm respectivamente) que los peces sometidos a un fotoperiodo natural de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad (12HL:12HO) con 7,71 g y 7,83 cm., esto se debe a que el crecimiento del pez está regulada por diversos factores ambientales, como el fotoperiodo, la temperatura, la salinidad y por factores bióticos tales como el sexo y el genotipo, así como por el estado nutricional, tal como lo manifiestan (Boeuf y Falcón, 2001).

Los datos de crecimiento obtenidos en este trabajo corroboran los de un estudio de post-alevines de tilapia del Nilo. El-Sayed y Kawanna (2004) mostraron que los post-alevines sometidos a un fotoperiodo largo (18HL: 6HO y 24HL: 00HO) presentaron tasas de crecimiento específico más altos y también mostraron una tendencia de aumento en el crecimiento de alevines de la misma especie, cuando eran sometidos a fotoperiodos de 18HL:06HO y 24HL: 00HO. Bezerra et al. (2008) también mostraron que la tilapia del Nilo sometida a un fotoperiodo largo (16HL:08HO y 24HL:00HO) poseía mayores tasas de crecimiento y supervivencia a los obtenidos en la presente investigación.

En términos generales, los peces siguen un patrón estacional de crecimiento, que varía en función de la duración del día (Boeuf y Falcón, 2001). En conjunción con este patrón estacional, se observan cambios en la ingesta de alimentos, la digestión

y la reproducción, todos están relacionados con los ritmos de comportamiento específicos que se piensa que es controlado por la luz, secretando la hormona melatonina (Volkoff et al., 2005). En consecuencia, el largo periodo de luz podría significar que estos peces tienen una mejor eficiencia del uso de proteínas de la dieta debido a la mejora en el proceso digestivo.

Sin embargo los datos obtenidos en el presente estudio, no concuerdan con los datos de otros autores, quienes manifiestan que la luz en larvas o juveniles no siempre ha sido reportada como positiva para el crecimiento. Algunas especies tienen preferencia por periodos cortos de luz (08HL:16HO) y por periodos proporcionales de luz y oscuridad (12HL:12HO). Biswas y Takeuchi (2003) dividieron un ciclo de 24 horas en dos periodos cortos de 12 horas y utilizó 6 horas de luz y 6 horas de oscuridad (06HL:06HO); en este fotoperiodo se reportó mayor crecimiento en ejemplares de tilapia, debido a un mayor consumo de alimento y mayor eficiencia de conversión alimenticia. Biswas y Takeuchi (2003) usaron acuarios de 20 L con sistema de recirculación y un filtro de grava.

En el caso específico del pez gato (*Clarias gariepinus*), Appelbaum y Kamler (2000), Almazán-Rueda et al. (2005) y Mustapha et al., (2012) reportaron que la constante presencia de luz en estadios tempranos de éste pez generó estrés fisiológico, redujo su crecimiento, incrementó la agresividad de los ejemplares hasta llegar al canibalismo e influyó negativamente en la supervivencia.

Por lo tanto cabe mencionar que 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). La mayor parte de la literatura en relación con la influencia del fotoperiodo en el metabolismo de los peces se basa en estudios con especies de salmónidos, cuyo rendimiento está fuertemente afectado por la duración del día, y especialmente por los cambios en el fotoperiodo. Para la mayoría de estas especies, la reducción de la duración del día reduce el crecimiento, que se puede observar tanto en agua dulce (Saunders et al, 1985; McCormick et al, 1987, Stefansson et al., 1989.); Stefansson et al, 1989; Solbakken et al, 1994), como el salmón de agua salada (Saunders y Harmon, 1988; Kråkenes et al, 1999).

En el presente estudio, los alevines de tilapia presentan diferencias significativas en el peso y la biomasa al final entre los peces cultivados con fotoperiodo de 24 horas de luz y cero horas oscuridad (24HL:00HO), frente al tratamiento control de 12 horas luz y 12 horas oscuridad (12HL:12HO).

Durante todo el experimento, los alevines de tilapia mostraron una adaptación en el consumo de alimento en condiciones de luz, confirmado por una reducción en la diferencia entre el consumo de alimento en la luz y en la oscuridad.

Por lo tanto, bajo las condiciones de crianza utilizados en este experimento, se observó que después de la adaptación de alevines de tilapia a la luz, los alevines mostraron un mayor crecimiento durante el fotoperiodo de luz continua que durante la oscuridad.

Las mejores tasas de conversión alimenticia y de eficiencia de proteínas que se encuentran en los peces sometidos a fotoperiodos largos podrían ser atribuidas al tiempo durante el cual los animales fueron expuestos a la luz después de la segunda alimentación. En este caso, el pez posiblemente tuvo el mayor apetito, como se demuestra por Biswas et al. (2005, 2006). Como se describe en una revisión por Boeuf y Le Bail (1999), Gross et al. (1965) fueron los primeros en demostrar que el crecimiento se ve influenciada por el fotoperiodo no sólo al estimular el consumo, sino también por la mejora de la tasa de conversión alimenticia. Biswas et al. (2005) demostraron que los intervalos largos entre los peces de alimentación durante un fotoperiodo largo y constante pueden permitir una digestión más eficiente, lo que probablemente mejoró la retención de nutrientes. El mismo efecto podría haber ocurrido en los alevines de tilapia expuestos a 24 horas de luz y cero horas de oscuridad (24HL: 00HO) en este estudio, ya que estos peces mostraron mejores índices de crecimiento (véase la Tabla N° 5.3 en la página"67", véase la Tabla N° 5.4 en la página"69", Tabla N° 5.5 en la página"72", véase la Tabla N° 5.6 en la página"74", Tabla N° 5.7 en la página"76", Tabla N° 5.10 en la página"82") y conversión alimenticia (véase la Tabla N° 5.8 en la página"78")

Fotoperiodos largos pueden modificar indirectamente el crecimiento de los peces a través del desarrollo de la masa muscular debido a un aumento de la actividad locomotora (Boeuf y Le Bail, 1999). En los peces sometidos a fotoperiodos de 12HL: 12HO, 18HL: 6HO y 24HL: 00HO, un poco de energía podría ser redirigido a satisfacer la demanda de energía debido a un mayor ritmo locomotor. El aumento de la actividad de natación probablemente estimuló la deposición de aminoácidos

para la formación de proteínas en el cuerpo, lo que conduce a un mayor crecimiento de estos peces (Biswas et al., 2005). Esto podría ser debido a que las proteínas del cuerpo son responsables de la mayor parte del crecimiento en términos de aumento de peso (Biswas et al., 2005). Además del aumento de la deposición de proteínas, peces expuestos a fotoperiodos largos y continuos todavía podrían tener una baja concentración de lípidos del cuerpo, lo que indica que algunos lípidos podrían haber sido utilizados para abastecer a la alta demanda de energía de mayor actividad (Ginés et al., 2004, Biswas et al., 2005).

En algunas especies, el aumento de la temperatura y el fotoperiodo condujo a un rápido incremento en la GH (hormona del crecimiento) e IGF-1, que son especialmente potentes estimuladores de crecimiento muscular (Migaud et al., 2004). De acuerdo con Taylor et al. (2007), el alevín de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) sometido a un fotoperiodo largo (18HL: 6HO) mostró una estimulación directa en el crecimiento, debido al aumento de los niveles plasmáticos de IGF-1, que en el pez sometido al período de luz natural o 6HL: 18HO de fotoperiodo.

La manipulación del fotoperiodo para mejorar el crecimiento de peces se ha convertido cada vez más común en la producción de varias especies comerciales (Migaud et al., 2004). Sin embargo, recientemente, se ha demostrado que fotoperiodos largos o luz constante tienen un efecto negativo en el desarrollo temprano de algunas especies de peces (Villamizar et al., 2011).

En muchas de las especies acuícolas de cría intensiva de hoy en día es común utilizar la manipulación del medio ambiente (como el fotoperiodo) para alterar la maduración, reproducción, desove y crecimiento (Biswas et al, 2005; Volkoff et al., 2005). La manipulación del fotoperiodo se utiliza para adecuar el pez a una longitud de día diferente y por lo tanto el tiempo diferente del año con el fin de adelantar o retrasar los ritmos biológicos (Ekstrom y Meissl, 1997). Esta técnica se ha utilizado con éxito para mejorar el crecimiento en una serie de especies de peces (Boeuf y Le Bail 1999; Porter et al, 1995; Biswas et al, 2005). La manipulación del fotoperiodo ha sido de un valor económico para varias industrias de la acuicultura (Kadri et al., 1997), aunque la información relativa a la aplicación de esta técnica sobre las especies acuícolas tropicales es limitado.

VII CONCLUSIONES

Los resultados de crecimiento de los alevines de tilapia nilótica obtenidos en la presente investigación, corrobora que la aplicación de la iluminación artificial tiene un efecto positivo en el aumento del crecimiento somático de los alevines de tilapia.

En la presente investigación, los resultados de crecimiento de los alevines de tilapia nilótica expuestos a fotoperiodo de 24HL: 00HO demuestran que la alimentación es más eficiente y por lo tanto aumenta el crecimiento (aumento significativo del peso húmedo, longitud total, y peso), sin aumentar el consumo de alimento en comparación con el fotoperiodo natural (12HL: 12HO).

Los resultados de crecimiento de los alevines de tilapia nilótica expuestos a fotoperiodo de 24HL: 00HO, evidencian que la aplicación del fotoperíodo extendido en esta fase permite obtener pesos en menor tiempo que lo obtenido en fotoperiodo natural 12 HL:12HO.

VIII RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de investigación con fotoperiodo artificial (24HL: 00HO) y fotoperiodo natural (12HL:12HO) aumentando la densidad de carga de alevines de tilapia, para evidenciar la ganancia en peso, talla y determinar cuál es la densidad de carga óptima.
2. Desarrollar estudios de investigación con fotoperiodo artificial (24HL: 00HO) y fotoperiodo natural (12HL:12HO) cerrando el ciclo de cultivo de tilapia, para corroborar el efecto positivo que ejerce el fotoperiodo en el crecimiento de la especie y en los parámetros productivos.
3. Efectuar estudios de investigación de fotoperiodos no solo en cantidad de luz blanca, sino también en calidad de colores como rojo, verde u otro color para comprobar el efecto positivo en el crecimiento somático de la tilapia.

IX REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Almazán-Rueda P., Van Helmont A.T.M., Verreth J.A.J. and Schrama J.W. (2005). Photoperiod affects growth, behavior and stress variables in *Clarias gariepinus* Journal Fish Biology 67: 1029-1039.
- Appelbaum, S. and Kelmer, E. (2000). Survival, growth, metabolism and behaviour of *Clarias gariepinus* (Burchell) early stages under different light conditions Aquaculture. England, 22:269- 287.
- Bardach, J.E., Ryther, J.H. y McLarney, W.O. 1982. Acuicultura. Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AGT Editor, S.A., México. 741 pp.
- Barlow, C.G., Pearce, M.G., Rodgers, L.J., Clayton, P., 1995. Effects of photoperiod on growth, survival, and feeding periodicity of larval and juvenile barramundi, *Latescalcarifer* (Bloch). Aquaculture 138, 159– 168.
- Barnett V., and Lewis T. 1994. Outliers in statistical data. 3rd edition. Chinchester, John Wiley & Sons, 584 pp.
- Barreto–Curiel, F.; E. Durazo, M.T. Viana. 2015. Crecimiento, excreción de amonio y consumo de oxígeno de la tilapia híbrida roja (*Oreochromis mossambicus x Oreochromis aureus*) cultivada en agua de mar y en agua dulce. Ciencias Marinas (2015), 41(3): 247-254.
- Beamish, F.W., & L.M. Dickie. 1967. Metabolism and biological production in fish, p. 215-242. In S.D. Gerking (ed.). The biological basis of freshwater fish production. Blackwell, Oxford.

- Bergman, E. (1987). Temperature – dependent differences in foraging ability of two percid: pech (*Perca fluviatilis*) and ruffe (*Gymnocephalus cernuum*). *Env. Biol. Fishes*, 19, 45 – 54,
- Bezerra, KS; Santos, AJG; Leite, RM et al. Crescimento e sobrevivência da tilápia Chitralada submetida un Diferentes fotoperíodos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* , v.43, p.737-743, 2008.
- Biswas, A.K., Endo, M., Takeuchi, T., 2002. Effects of different photoperiod cycles on metabolic rate and energy loss of both fed and unfed young tilapia *Oreochromis niloticus*: part I. *Fisheries Science* 68, 465–477.
- Biswas, A.K., Morita, T., Yoshizaki, G., Maita, M., Takeuchi, T., 2005. Control of reproduction in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) by photoperiod manipulation. *Aquaculture* 243, 229–239.
- Biswas, A.K., Takeuchi, T., 2002. Effects of different photoperiod cycles on metabolic rate and energy loss of both fed and unfed adult tilapia *Oreochromis niloticus*: part II. *Fisheries Science* 68, 543–553.
- Biswas, A.K., Takeuchi, T., 2003. Effects of photoperiod and feeding interval on food intake and growth of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. *Fisheries Science* 69, 1010–1016.
- Boeuf, G. and Le Bail, P. Y. (1999). Does light have influence on fish growth? *Aquaculture* 177: 129 – 152
- Boeuf, G., and J. Falcón, 2001. Photoperiod and growth in fish. *Vie et Milieu* 51: 237-346.

- Boyd, C.E. and C.S. Tucker. 1998. Pond Aquaculture Water Quality Management. Kluwer Academic Publishers, Boston, Massachusetts, USA.
- Bromage, N, Porter, M. y Randall, C. (2001). La regulación ambiental de la maduración de los peces de piscifactoría con especial referencia a la función del fotoperiodo y la melatonina *Acuicultura* 197: 63-98
- Bullough W.S. (1939). The effect of the reduction of light in spring on the breeding season of the minnow (*Phoxinus laevis* Linn.) *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1941; 110:149-157.
- Cabrera Peña, Jorge; M. J. Mora; R. Vera; D. Correa.1982. Estimación de la Capacidad de carga y determinación del área de estanque para el cultivo de peces. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Chile, Santiago, Chile – Facultad de Ingeniería, Universidad de Santiago, Santiago, Chile.
- Campos-Mendoza, A., McAndrew, B.J., Coward, K. y Bromage, N. 2004. Reproductive response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to photoperiodic manipulation; effects on spawning periodicity, fecundity and egg size. *Aquaculture* 231: 299-314.
- Cho Y. and D. Bureau. 1999. Development of bioenergetics models and the Fish-PrFEQ software to estimate production, feeding ration and waste output in aquaculture. *Aquatic Living Resources*, 11(4): 199-210
- Cohen, D.M., Inada, T., Iwamoto, I. and Scialabba, N. 1990. FAO species catalogue, Vol. 10. Gadiform fishes of the world (Order Gadiformes). An

- annotated and illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other gadiform fishes known to date. Roma: FAO Fisheries Synopsis 44, 55 pp.
- 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.
 - Duston, J., and R. L. Saunders. 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., and H. Meissl, 1997. The pineal organ of teleost fishes. Rev Fish Biol Fisheries 7: 199-284
 - El-Sayed, A.F., Kawanna, M., 2004. Effects of photoperiod on the performance of farmed Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: I. Growth, feed utilization efficiency and survival of fry and fingerlings. Aquaculture 231, 393-402.
 - El-Sayed, A. F.M. 2006. Tilapia Culture. CABI Publishing. Wallingford, Oxon, UK, 294 pp.
 - El-Shafai, S.A., El-Gohary, F.A., Nasr, F.A., van der Steen, N.P., Gijzen, H.J., Chronic ammonia toxicity to duckweed-fed tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture 232: 117-127.
 - Ergun, S., Yigit, M. and Turker, A. 2003. Growth and feed consumption of young rainbow (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to different photoperiods. The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh 55: 132-138.

- 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.
- Falcón, J., L. Besseau, and G. Boeuf (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.
- Farmer, G.J & F.W. Beamish, 1969. Oxygen consumption of *Tilapia nilótica* in relation to swimming speed and salinity. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 26: 2807-2821.
- Fenwick, J.C (1970). The Pineal organ. In: *Fish Physiology*, vol. IV. (eds.) W.S Hoar and D.J Randall. 91 -108. Academic Press. London, New York.
- Fielder, D.S., Bardsley, W.J., Allan, G.L. and Pankhurst, P.M. 2002. Effect of photoperiod on growth and survival of snapper *Pagrus auratus* larvae. *Aquaculture* 211: 135-150.
- Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero – FONDEPES, Agencia Española de Cooperación Internacional AECI & Proyecto de Apoyo al Desarrollo del Sector Pesca y Acuícola del Perú ADESPA. *Manual de Cultivo de Tilapia*, 2004. Lima, Perú.
- Ginés, R., Afonso, J.M., Arguello, A., Zamorano, M.J. and López, 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: 1207-12.
- Gracia-López, V. y F. Castelló-Orvay. 1996. Crecimiento del mero *Epinephelus guaza* bajo distintas condiciones de cultivo. Cah. Options Méditerran. 16: 149-155.
 - Gross, W.L., Roelofs, E.W., Fromm, P.O., 1995. Influence of photoperiod on growth of green sunfish, *Lepomis cyanellus*. J. Fish. Res. Board Can. 22, 1379– 1386.
 - Haskell, D.C. 1955. Weight of fish per cubic foot of water in hatchery troughs and ponds. Prog. Fish. Cult., 17: 117-118.
 - Hefner, B. (1993). Cultivo de peces comerciales. Editorial Limusa. Quinta Edición. México. 2001. 316 pág.
 - Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P. 2006. Metodología de la Investigación Científica. Ed. McGraw Hill. 4ta Edición. México D.F. pp 850
 - Hildahl, J., Taranger, G.L., Norberg, B., Haug, T.M. and Weltzien, F.A. 2013. Differential regulation of GnRH ligand and receptor genes in the brain and pituitary of atlantic cod exposed to different photoperiod. General and comparative endocrinology 180: 7-14.
 - Huet, M. 1978. Tratado de piscicultura. Mundi. Madrid. 7 45 p.
 - Job, S.V. 1955. The oxygen consumption of *Salvelinus fontinalis*. Pls. Ont. Fish, Res. Lab., 73:1 – 39

- Job, S.V. 1969. The respiratory metabolism of *Tilapia mossambica* (Teloestei). I. The effect of size, temperature and salinity. *Mat. Biol.*, 2: 121-126
- Jover M. y L. Pérez. 1996. *Acuicultura: bases biológicas, ingeniería y diseño de instalaciones*. 199 pp. Ed. Servicio Publicaciones Universidad Politécnica (SPUPV-96.1005
- Jover, M.; S. Martínez, A. Tomás; L. Pérez. 2003. *Propuesta Metodológica para el diseño de instalaciones piscícolas*. Grupo de Investigación en Recursos Acuícolas, Dpto Ciencia Animal, Univ. Politécnica de Valencia Camino de Vera 14,46022 Valencia (España).
- Kadri, S.; Metcalfe, N.B; Huntingford, F.A; Thorpe, J.E. 1997. Daily feeding rhythms in Atlantic salmon. II: size-related variation in feeding patterns of post-smolts under constant environmental conditions. *J. Fish Biol.* 50: 273-279.
- Kawamura, T. y Otsuka, S. (1950) en la aceleración de la ovulación en los peces de colores *Japones*. *J. Ichthyol.*I: 157-165.
- Laevastu, T. 1971. *Manual de métodos de biología pesquera*. Editorial Acribia. Zaragoza – España. 243 pp.
- Lam, T.J. 1983. Environmental influences on gonadal activity in fish, 65-116. En: Hoar, W.S., D.J Randall y E.M. Donaldson (Eds). *Fish Physiology*. Vol 9, Reproduction, Parte B, Behavior and Fertility Control. Academic Press, New York, 477 p.

- Le Bail JC, Laroche T, Marre-Fournier F, Habrioux G. 1998. Aromatase and 17beta-hydroxysteroid dehydrogenase inhibition by flavonoids. *Cancer Lett*; 133(1):101-106.
- Leitritz, E., 1959. Trout and Salmon Culture (Hatchery Methods). California: Dept. Fish and Game Fish Bull., (107) 169 p.
- Leitritz E., & R.C. Lewis, 1976. Trout and Salmon culture (Hatchery Methods). Calif. Dept. Fish and Game, Fish Bull., (164)197 p.
- Liao, P.B. 1971. Water requirements of Salmonids. *Prog. Fish Cult.*, 33: 210-215.
- Mariluz Fernández, Antonio. 2015. Evaluación de los Parámetros Productivos y de Calidad de Agua en el Cultivo de Tilapia *Oreochromis niloticus* en Sistemas de Recirculación Cerrada en Laboratorio. Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos, Universidad Nacional del Callao, Callao, Perú.
- Martínez-Cárdenas, L. and Purser, G.J. 2011. Effect of stocking density and photoperiod on growth and survival in cultured early juvenile pot-bellied seahorses *Hippocampus abdominalis* Lesson, 1827. *Aquaculture Research* 1-14.
- Migaud, H., Fontaine, P., Kestemont, P., Wang, N. and Brun-Bellut, J. 2004. Influence of photoperiod on the onset of gonadogenesis in Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquaculture* 241: 561-574.

- 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 Ciencia e Innovación de España. Guía Práctica Clínica en el SNS Edición 2011, Madrid, España.
- Ministerio de la Producción, Viceministerio de Pesquería, Dirección Nacional de Acuicultura. Manual de Cultivo de Tilapia, 2004. Lima, Perú.
- Mohamed Elsbaay, Atef. 2013. Effects of Photoperiod and Different Artificial Light Colors on Nile Tilapia Growth Rate. Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Kafrelsheikh University, Kafr El-Sheikh 33516, EGYPT.
- Mohan Rao, G.M. 1971. Influence of activity and salinity on the weight dependent oxygen consumption of the rainbow trout *Salmo gairdneri*. *Mar. Bio.* 8: 205-212.
- Muller Feuga, A., J. Petit, & J. Sabaut. 1978. The influence of temperature and wet weight on the oxygen demand of rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.) in freshwater. *Aquaculture*, 14: 355-363.
- Muret J, Marie C, Fitting C, Payen D, Cavailon J-M. 2000: *Ex vivo* T-lymphocyte derived cytokine production in SIRS patients is influenced by experimental procedures. *Shock* 2000; 13:169-174
- Mustapha, M.K., Okafor, B.U., Olaoti, K.S. and Oyelakin, O.K. 2012. Effects of three different photoperiods on the growth and body coloration

- of juvenile African, *Clarias gariepinus* (Burchell). Archives of Polish Fisheries 20: 55-59.
- Nasr El Dien Ahmed & Abdel Magid A.M., 1969. Oxygen consumption in *Tilapia nilotica*. Hydrobiologia, 33: 513-521.
 - Pevet, P. 2000. La melatonina y los ritmos biológicos: Bioseñales de recepción 9: 203-213.
 - Pillay, T.V.R., 1992. Aquaculture and the Environment, 1st ed. University Press, Cambridge, p. 189.
 - Pittendrigh, C.S., (1965). On the mechanism of the entrainment of a circadian rhythm by light cycles, in Circadian clocks (J. Aschoff, editor), Amsterdam, North-Holland, pp. 277-297.
 - Porter, M., C. Randall, y N. Bromage. 1999. Los efectos de extracción pineal y enucleation en los niveles circulantes de melatonina en Parr salmón del Atlántico. Página 75 en F.
 - Prayogo, N.A., Wijayanti, G.E., Murwantoko, Kawaichi M. and Astuti, P. 2012. Effect of photoperiods on melatonin levels, the expression GnRH-II and GnRH genes and estradiol level in hard-lipped barb (*Osteochilus hasselti* C.V.). Global veterinaria 8: 591-597.
 - Puvanendran, V. and Brown, J. (2002). Foraging, growth and survival of Atlantic cod larvae in different light intensities and photoperiod. Aquaculture, 214: 313 – 151
 - Rad, F., Bozaoglu, S., Gozukara, S.E., Karhan, A. and Kurt, G. 2006. Efectos de diferentes fotoperiodos de día largo en el crecimiento somático

y el desarrollo gonadal en tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). *Acuicultura*, v.255, p.292-300, 2006.

- Reynalte-Tataje, D; Luz, Rk; Meurer, S. Et Al. Influencia do fotoperiodo sin crecimiento e sobrevivência de Pos-larvas de piracanjuba *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1849) (Osteichthyes, Characidae). *Acta Scientiarum* , v.24, p.439-443, 2002.
- Ridha, M.T. and Cruz, E.M. 2000. Effect of light intensity and photoperiod on Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. seed production. *Aquaculture Research* 31: 607-617.
- Rubín, R. 1976. L Piscifactoria. C.EC.S.A., México
- Ruchin, A.B. (2004). Influence of coloured light on growth rate of juveniles of fish. *Fish physiology and Biochemistry*, 30:175-178.
- Saborido-Rey, F. and Junquera, S. (2004) Spawning biomass variation in Atlantic cod (*Gadus morhua*) in Flemish Cap in relation to changes in growth and maturation. *Journal of Northwest Atlantic Fisheries Science* 25, 83-90.
- Sheng, J., Lin, Q., Chen, Q., Gao, Y., Shen, L. and Lu, J. 2006. Effect of food, temperature and light intensity of three-spot juvenile seahorse, *Hippocampus trimaculatus* Leach. *Aquaculture* 256: 596-607.
- Simensen, M.L., Jonassen, T.M., Imsland, A.K. and Stefansson, S. 2000. Photoperiod regulation of growth of juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) *Aquaculture* 190: 119-128.

- Solar, I. 1976. Cálculos de capacidad de carga en lagunas de crianza de salmónidos, *Biología Pesquera*, Ministerio de Agricultura, Chile, 8: 70-103
- Spieler, R. E. (2000) Revisión Sobre Ritmos Circadianos, Frecuencia de Alimentación y Crecimiento en Peces. pp 220 – 236.
- Stefansson, M.O., Fitz Gerald, R.D. and Cross, T.F. 2002. Growth, feed utilization and growth heterogeneity in juvenile *Scophthalmus maximus* (Rafinesque) under different photoperiod regimes. *Aquaculture Research* 33: 177-187.
- Steffens, W., 1989. Principios de Nutrición en Peces. Ellis Horwood, Chichester, 384 pp.
- Stickney, R. R. 1979. Feeds nutrition and growth in principles of warmwater acuaculture. New York. Wily. p. 161-221
- Sumpter, J.P. 1990. Reproductive Seasonality in Teleosts: Environmental Influences, 13-31. En: Munro, A., A. Scott y T.J. Lam (Eds.). Editorial CRC, Florida. 241p.
- Taylor, E. B., P. Tamkee, G. Sterling, and W. Hughson. 2007. Microsatellite DNA analysis of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from western Alberta, Canada: native status and evolutionary distinctiveness of “Athabasca” rainbow trout. *Conservation Genetics* 8:1–15.
- Turek, Z., Olders, J., Hoof, L., and Rakusan, K., (1986). Myocardial capillaries and tissue oxygenation, *Can. J. Cardiol.*, 2:98-103.

- Trippel, EA; NEIL, Efectos de la SRE de fotoperiodo y la intensidad de la luz sobre el crecimiento y la actividad de los juveniles de eglefino (*Melanogrammus aeglefinus*). *Acuicultura*, v.217, p.633-645, 2003.
- Velasquez J., M. del Risco, F. Chu Koo, F. Alcántara, C. Chávez, H. Marichin y S. Tello. 2007. Protocolo de adaptación de alevinos de paiche *Arapaima gigas* al consumo de alimento artificial en cautiverio. *Folia Amazónica* 16 (1/2): 7-10.
- Villamizar, N., García-Alcazar, A., Sánchez-Vázquez, F.J. Efecto del espectro de la luz y el fotoperíodo en el crecimiento, el desarrollo y la supervivencia de lubina (*Dicentrarchus labrax*) larvas. *Acuicultura*, v.292, pp.80-86, 2009.
- Volkoff, H., Canosa, L.F, Unniappan, S., Cerda – Reverter, J.M, Bernier, N.J., Kelly, S.P., Peter, R.E, (2005). Neuropeptides and the control of food intake in fish. *Gen. Comp. Endocrinol.* 142, 3-19.
- Weatherley, A. H., and H. S. Gill (1989). *The biology of fish growth*. Academic Press. Orlando, Florida. 443 p.
- Whittier, J. M., and Crews, D. (1987). Seasonal reproduction: patterns and control. In *Reproductive endocrinology of fishes, amphibians and reptiles*. Edited by D. Norris and R. E Jones. Plenum Press, New York. Pp. 385-409.
- Willoughby, H. 1968. A method for calculating carrying capacities of hatchery troughs and ponds. *Prog. Fish Cult.* 30:173-174

- Wong, J.M. and Benzie, J.H.A. 2003. The effects of temperature, Artemia enrichment, stock density and light on the growth of the juvenile seahorses, *Hippocampus whitei* (Bleker, 1855), from Australia. *Aquaculture* 228: 107-121.
- Yi Y., L.C Kwei and J. Diana. 1996. Influence of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) stocking density in cages on their growth and yield in cages and in ponds containing the cages. *Aquaculture*, 146: 205-215.
- Zachmann A., Falcon J., Knijff S.C., Bolliet V. and Ali M.A. Effects of photoperiod and temperature on rhythmic melatonin secretion from the pineal organ of the white sucker (*Catostomus commersoni*) in vitro. *Gen Comp Endocrinol.* 86(1). pp:26-33 (1992).

ANEXO 5

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL FACTOR DE CONDICIÓN (k) DE LOS ALEVINES DE *Oreochromis niloticus* EN LOS TRATAMIENTOS T₁ Y T₂

ANOVA unidireccional: T₁, T₂

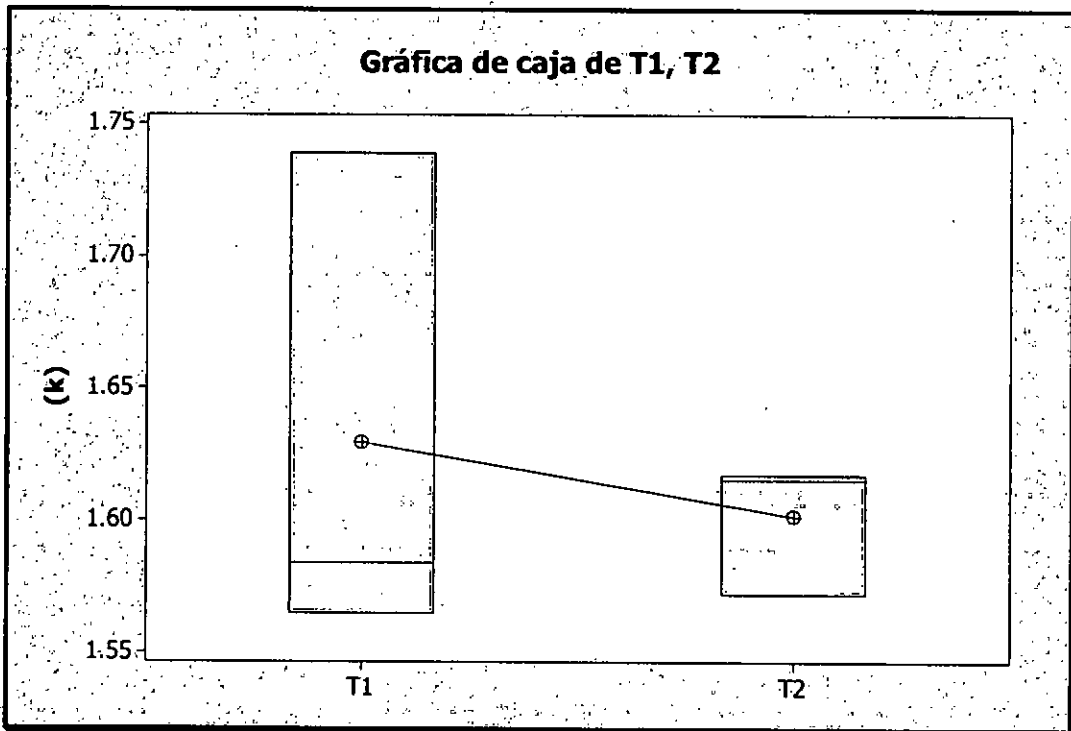
Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	1	0.00118	0.00118	0.24	0.649
Error	4	0.01951	0.00488		
Total	5	0.02069			

S = 0.06985 R-cuad. = 5.68% R-cuad.(ajustado) = 0.00%

Nivel	N	Media	Desv.Est.	ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada
T ₁	3	1.6293	0.0954	(-----*-----)
T ₂	3	1.6013	0.0254	(-----*-----)

1.540 1.610 1.680 1.750

Desv.Est. agrupada = 0.0698



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 7

ANALISIS DE VARIANZA DEL COEFICIENTE TÉRMICO DE CRECIMIENTO (C.T.C) DE LOS ALEVINES DE *Oreochromis niloticus* EN LOS TRATAMIENTOS T₁ Y T₂

ANOVA unidireccional: T₁; T₂

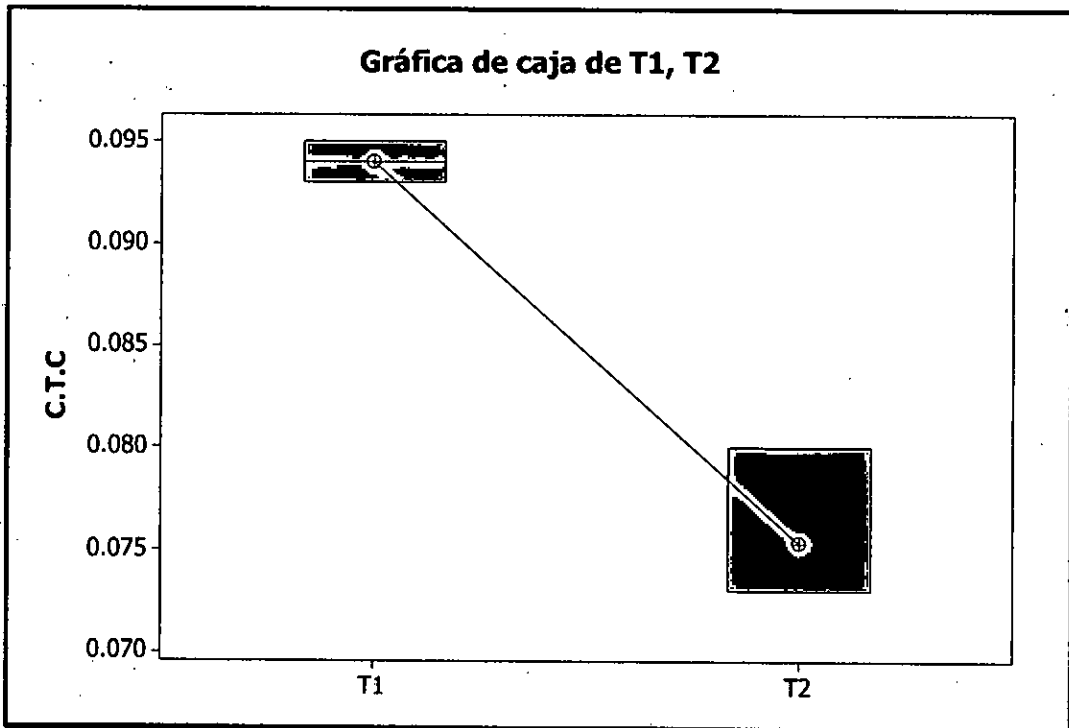
Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	1	0.0005227	0.0005227	60.31	0.001
Error	4	0.0000347	0.0000087		
Total	5	0.0005573			

S = 0.002944 R-cuad. = 93.78% R-cuad. (ajustado) = 92.22%

Nivel	N	Media	Desv.Est.	ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada
T1	3	0.094000	0.001000	(-----*-----)
T2	3	0.075333	0.004041	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
0.0720 0.0800 0.0880 0.0960

Desv.Est. agrupada = 0.002944



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 8

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE PECES, DENSIDAD DE CARGA Y CÁLCULO DE CAUDALES

La fórmula que se utilizó para hallar la cantidad de alevines necesarios para cada acuario en el presente trabajo de investigación, está basado en modelos planteados por otros autores, es así que el modelo que se aplicó resulta de la combinación de estos, y que puede ser utilizada para cualquier especie. Teniendo en cuenta lo antes mencionado, a continuación pasaremos a detallar los modelos que fueron tomados como referencia, los cuales consideran: la concentración de oxígeno, biomasa de peces, concentración de amoníaco, caudal, etc.

1. ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA

Si se posee un estanque rectangular cuya capacidad o volumen es V (en litros) constante, con un área superficial A (m^2), con una profundidad útil H (m) y en él se desea cultivar una especie desde alevín hasta un peso individual P (g), para lo cual se dispone de agua con una concentración de oxígeno X_E (mg/L) y una temperatura T ($^{\circ}C$). Entonces, dado el caso la pregunta sería ¿qué producción podría alcanzarse en este estanque (kg/m^2)?

Para resolver esta interrogante hay que considerar el flujo óptimo de entrada de agua F_E (L/hr) para la especie elegida, con base en el peso (P) individual que se desea producir, el cual puede establecerse de acuerdo con lo propuesto por Leitritz y Lewis (1976) y Liao (1971). También debemos de considerar el consumo de oxígeno para cada pez D (mg/L), se puede calcular con base en la ecuación propuesta por Muller Feuga et al. (1978) o bien con la ecuación propuesta por Mohan Rao (1971). Por tanto, con los datos de los autores referenciados, el cálculo del oxígeno consumido por los peces está dado por la siguiente fórmula:

$$M = X_E - F \frac{X_{SO} - (X_E / e)}{1 - (1 / e)} \text{ (mg/hr)}$$

Donde: M = Concentración de oxígeno en el agua;

X_E = Concentración de oxígeno del agua que ingresa;

X_{SO} = Concentración mínima de oxígeno para que sobreviva la especie;

F_E = Flujo de entrada de agua;

donde X_{SO} puede ser obtenido bibliográficamente con base en lo propuesto por Beamish & Dickie (1967) y Rubín (1976).

Con el resultado de M (mg/hr), se puede calcular el número de peces N, para lo cual ha de considerarse el valor obtenido para D.

Puede calcularse el caudal mediante la siguiente fórmula:

$$N = \frac{M}{D}$$

Una vez conocido el número de peces, se calcula la capacidad de carga (CC) con la siguiente ecuación:

$$CC = \frac{N \times P (g)}{A (m^2)} \times \frac{1 kg}{1000g} \left(\frac{kg}{m^2} \right)$$

Donde: P = Peso unitario (g)

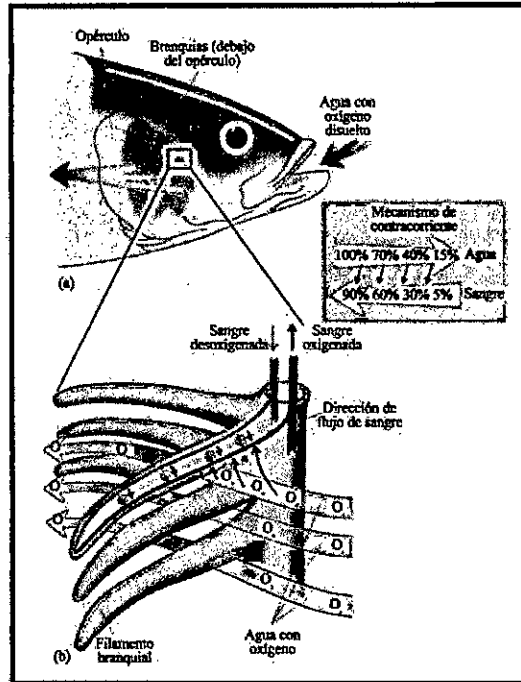
A = Área superficial del estanque (m²)

La mayoría de los parámetros considerados en este planteamiento han sido utilizados en forma separada por diferentes autores (Haskell, 1955, Willoghby, 1968, Wester (citado por Solar, 1976); Leitritz, 1959; y Solar, 1976) para el cálculo de la capacidad de carga en estanques.

Este planteamiento permite la aplicación combinada de estos parámetros para cualquier situación y especie. Es así que se plantea la necesidad de obtener información sobre datos experimentales del recurso hídrico a utilizar en acuicultura, y en caso de no existir información, estimarlos por promedios de datos obtenidos mediante análisis fisicoquímicos y luego compararlos con los datos bibliográficos de la literaturas especializada y aplicar las consiguientes variantes que permitan ciertos márgenes de seguridad en la aplicación.

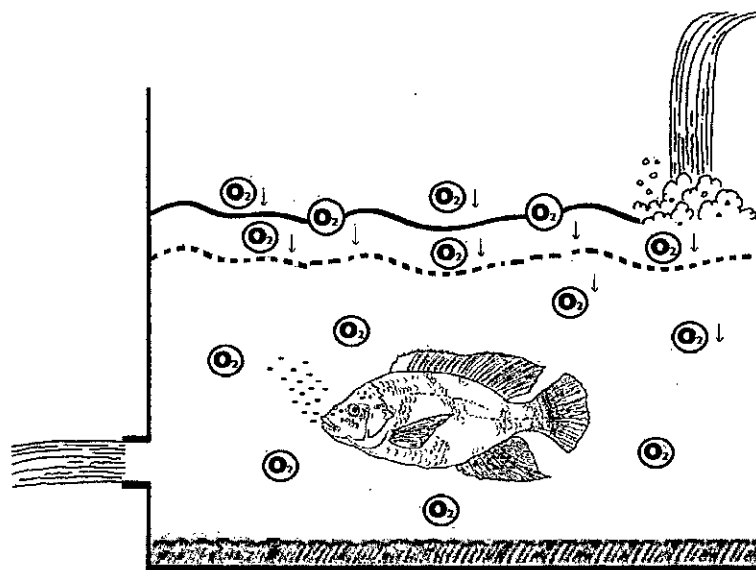
La mínima concentración de oxígeno XSO para la sobrevivencia de un pez en el cultivo y el consumo de éste D ha sido estudiado para la mayoría de las especies actualmente sometidas a cultivo en diferentes condiciones (temperatura, tipo de alimentos, salinidad, etapas de desarrollo y otros parámetros), es así que Job (1969), Farmer & Beamish (1969) estudiaron a la especie tilapia.

Los flujos (F) óptimos recomendados para el cultivo de diferentes especies de peces pueden encontrarse en Huet (1960), Leitritz (1959), Bardach (1972) y Rubín (1976).



Fuente: <https://hidrosfera.wordpress.com/2012/10/02/respiracion-en-peces/>

La fórmula del cálculo de oxígeno consumido se genera para determinar la capacidad de carga (peso/área) en cultivo intensivo de peces de aguas continentales alimentados artificialmente.



Fuente: Elaboración propia

El planteamiento se basa en un equilibrio no estacionario del oxígeno del agua, y depende de los siguientes parámetros:

- ✓ Flujo de agua (L/hr).
- ✓ Concentración de oxígeno en el afluente y efluente del estanque (u otra unidad experimental utilizada para el cultivo).
- ✓ Consumo de oxígeno por unidad de peso animal.
- ✓ Volumen del estanque
- ✓ Temperatura del agua.

Cabe aclarar que hay un aspecto no considerado en este planteamiento por considerarse una incidencia ínfima en el balance de masa al oxígeno, se trata del oxígeno consumido por la descomposición del alimento en el fondo del estanque y el producto de la evotranspiración.

Este planteamiento fue empleado por el Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos de Chile (validez del modelo: Prueba T Student con $t = 2,3981$, $p \leq 0,05$).

Fuente: Bardach, 1972; Beamish & Dickie, 1967; Cabrera *et al.*, 1982; Farmer & Beamish, 1969; Haskell, 1955; Job, 1969; Leitritz, 1959; Leitritz & Lewis, 1976; Liao, 1971; Mohan Rao, 1971; Muller Feuga *et al.*, 1978; Rubín, 1976; Solar, 1976; Willoughby, 1968.

El cálculo del oxígeno consumido por los peces, también se puede obtener mediante el cálculo del caudal del agua que aporta dicho oxígeno al estanque o acuario. Y bajo el mismo criterio que se calculará el caudal para eliminar el amoníaco excretado por los peces.

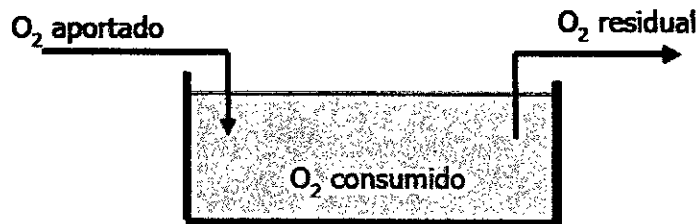
2. CÁLCULO DE CAUDALES

Consideraciones previas:

- ❖ El cálculo del caudal de agua necesario para una instalación acuícola debe realizarse para asegurar un óptimo aporte de oxígeno para la respiración de los peces y una adecuada eliminación del amoníaco excretado y de los restos sólidos de alimento no consumido y heces.
- ❖ Los caudales se calculan en el momento más desfavorable, es decir cuando la biomasa de peces en la instalación sea máxima.
- ❖ Una vez determinadas las necesidades de agua, puede optarse por adoptar el caudal calculado si se dispone de suficiente agua, o bien por utilizar un caudal inferior (el mínimo sería el caudal para eliminar el amoníaco) y el déficit de oxígeno aportarlo mediante aireación.

2.1 Cálculo del caudal para aportar oxígeno

Considerando un estanque con peces en condiciones de equilibrio, el oxígeno consumido deberá ser aportado por el caudal de agua



$$\mathbf{O_2 \text{ consumido} = O_2 \text{ aportado}}$$

Flujo de oxígeno de un estanque

Fuente: Jover, *et al.* (2003).

El oxígeno consumido dependerá de la biomasa de peces existente en el tanque (B) y de la tasa de consumo (Tc), que a su vez es función del peso medio y de la temperatura del agua:

$$O_2 \text{ consumido (mg/h)} = \text{Biomasa (Kg)} \times \text{Tasa de consumo (mg/Kg/h)}$$

Por otra parte el oxígeno aportado, vendrá determinado por el caudal y por el oxígeno disponible en el agua, que dependerá de su solubilidad y de la mínima concentración tolerable por la especie en cuestión:

$$O_2 \text{ aportado (mg/h)} = \text{Caudal (L/h)} \times O_2 \text{ disponible (mg/L)}$$

Igualando ambas expresiones puede calcularse el caudal mediante la siguiente fórmula:

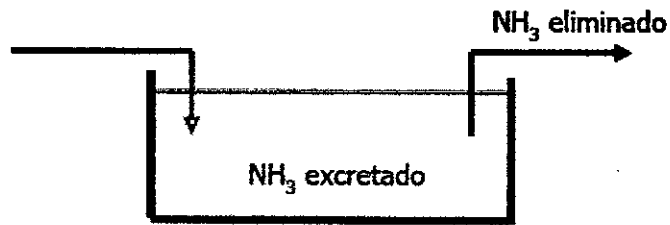
$$Q(O_2) = \frac{B(\text{kg}) \times Tc(\text{mg/Kg/h})}{Od(\text{mg/L})} (\text{L/h})$$

El oxígeno disponible se calcula como $Od = S - Cm$, siendo Cm la concentración de oxígeno en el agua de salida del tanque.

Fuente: Cho & Bureau, 1999; Jover & Pérez, 1996; Jover *et al.*, 2003; Yi *et al.*, 1996.

2.2 Cálculo del caudal para eliminar amoníaco

Considerando un estanque con peces en condiciones de equilibrio, el amoníaco excretado deberá ser eliminado por el caudal de agua.



$$\mathbf{NH_3 \text{ excretado} = NH_3 \text{ eliminado}}$$

Flujo de amoníaco en un estanque

Fuente: Jover, *et al.* (2003).

El amoníaco excretado dependerá de la biomasa de peces existente en el tanque y de la tasa de excreción (T_e), que a su vez es función del peso medio y de la temperatura del agua:

$$NH_3 \text{ excretado (mg/h)} = \text{Biomasa (Kg)} \times \text{Tasa de excreción (mg/Kg/h)}$$

No obstante, debido a que el NH_3 en el agua se disocia rápidamente en el ión amonio, mucho menos tóxico, a efectos del cálculo del caudal, únicamente se debe considerar la fracción no disociada (F_{nd}).

Por otra parte el amoníaco eliminado, vendrá determinado por el caudal (Q) y por la máxima concentración (C_m) tolerable por la especie en cuestión:

$$NH_3 \text{ eliminado (mg/h)} = \text{Caudal (L/h)} \times \text{Concentración máxima (mg/L)}$$

Igualando ambas expresiones puede calcularse el caudal mediante la siguiente fórmula:

$$Q (NH_3) = \frac{B(kg) \times T_e(mg/Kg/h)}{C_m (mg/L)} (L/h)$$

Siendo: C_m la máxima concentración de NH_3 admisible a largo plazo.

Al calcular el caudal total necesario para un (1) acuario (o llámese también unidad experimental) se debe considerar como biomasa de los alevines el mayor valor posible de conseguir en esta fase durante el tiempo que dure el periodo experimental.

En las siguientes líneas se describe el caudal necesario (Q) para 6 acuarios con sistemas de recirculación. Para cada uno de ellos se considera el caudal requerido para aportar oxígeno y eliminar el amoníaco.

En ambos casos se calcula el caudal requerido para aportar oxígeno y eliminar el amoníaco, eligiéndose el más limitante, que para agua ácidas o neutras, suele ser el oxígeno, excepto para los alevines.

Fuente: Cho & Bureau, 1999; Jover & Pérez, 1996; Jover *et al.*, 2003; Yi *et al.*, 1996.

3. APLICACIÓN DE LA FÓRMULA PARA HALLAR EL NÚMERO DE PECES

Considerando ambos modelos planteados, se formuló un modelo, aplicado en la presente tesis para determinar el número de peces y la densidad de carga de tilapia por cada acuario, el cual fue proporcionado por el M.s. C Arnulfo Antonio Mariluz Fernández (asesor).

El caudal total empleado en las unidades experimentales (acuarios) fue de 250 L/h, este valor está nominado en la estructura de las bombas de agua empleadas en el experimento.

Dentro de las fórmulas utilizadas para los cálculos, se referencia el valor del peso del pez, dicho valor se ha estimado en 15 g, y es un valor máximo, es decir, es el valor que se puede conseguir al término del experimento, momento en el cual el oxígeno disuelto puede llegar a ser el valor más bajo en comparación a otros valores obtenidos durante la evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua (momento más desfavorable), así como también se tendrá en otros momentos del experimento una saturación de oxígeno (óptima para la respiración de los alevines), unido a ello que el sistema de recirculación utilizado en este experimento nos permite tener recambio de agua constantemente, de tal forma que los niveles de oxígeno se mantienen durante todo el tiempo del experimento, y también los valores del amoníaco, producto de la digestión y excreción del pez.

Para tal asignación se revisó la literatura de diversos autores especialistas en el tema como Bard et al.(1975), citado por Ministerio de la Producción – Perú - Cultivo de Tilapia (2004), Pillay (1992), Biswas et al, (2002), El-Sayed (2006).

Descripción de la fórmula aplicada:

$$Q_T = Q_{O_2} + Q_{NH_3}$$

Reemplazando los valores de Q_{O_2} y Q_{NH_3} , tenemos la siguiente ecuación:

$$Q_T = \frac{Biomasa \times T.C.O_2}{O.D} + \frac{Biomasa \times T.E.NH_3}{NH_3_{MAX}}$$

Y, reemplazando los valores de Biomasa, tenemos la ecuación final:

$$Q_T = \frac{N.P \times P.P \times T.C.O_2}{O.D} + \frac{N.P \times P.P \times T.E.NH_3}{NH_3_{MAX}}$$

Donde:

- Q_T = Caudal total utilizado en el experimento, su valor es de 250 L/h
- N.P = Número de peces por unidad experimental.
- P.P = Peso del pez, cuyo valor asignado es de 15 g.
- Según Nasr El Dien & Abdel (1969) y Farmer & Beamish (1969):
 $T.C.O_2$ (Tasa de consumo de oxígeno) = 220 mg O_2 /kg/h
- $O.D = O_2$ disuelto = O_2 disponible - O_2 mínimo requerido de la especie (para vivir)

- Según Boyd & Tucker (1998):
 O_2 disponible = 8 mgO₂/L (máxima solubilidad del O₂ en el agua, a 28°C)
 O_2 mínimo = 5 mgO₂/L (para mejor condición y buen crecimiento)
- Según Barreto-Curiel *et al*, 2015:
T.E.NH₃ (Tasa de excreción de amoníaco) = 27,7 mgNH₃/kg/h
- Según Pillay (1992), Boyd & Tucker (1998) y El Shaffai *et al.* (2004):
NH₃ Máx (Máxima concentración que tolera la especie) = 0,1 mg NH₃/L

Entonces, reemplazando los valores y resolviendo la ecuación, tenemos que:

$$Q_T = \frac{N.P \times 15g \times 220 \text{ mg } O_2/\text{kg}/h}{3 \text{ mg}O_2/L} + \frac{N.P \times 15g \times 27,7 \text{ mg}NH_3/\text{kg}/h}{0,1 \text{ mg } NH_3/L}$$

$$Q_T = (N.P \times 1100 \times 10^{-3})L/h + (N.P \times 4155 \times 10^{-3})L/h$$

$$Q_T = (1,1 N.P)L/h + (4,155 N.P)L/h$$

$$Q_T = (5,255 N.P)L/h$$

Reemplazando el valor de Q_T, tenemos:

$$250 \text{ L/h} = (5,255 N.P)L/h$$

Entonces:

$$N.P = 47,57 \cong 48 \text{ alevines por acuario}$$

Tener en cuenta que:

- ✓ El volumen de agua en cada acuario fue de 90 litros. Considerando las dimensiones de cada acuario $L=90\text{cm}$, $A=40\text{cm}$ y $H=30\text{cm}$, se determinó el volumen de agua en los acuarios:
- ✓ Volumen (Agua) = $25\text{cm} \times 40\text{cm} \times 90\text{cm} = 90\,000\text{ cm}^3$, para el cálculo del volumen de agua de cada acuario no se consideró el espesor del vidrio. Transformando el valor a metros cúbicos se obtiene $0,09\text{ m}^3$, que es el volumen de agua con el que se trabajó en cada uno de los acuarios, con una renovación del 10%.
- ✓ Área (Acuario) = $40\text{cm} \times 90\text{cm} = 3600\text{ cm}^2$. Transformando el valor a metros cuadrados se obtiene $0,36\text{ m}^2$, el cual es el área en que se colocó 30 alevines de 0,40 g por cada acuario.
- ✓ En los cultivo de tilapia se puede llegar a tener hasta 50 -100 peces / m^3 (Manual Cultivo de Tilapia – FONDEPES)

Fuente: Barreto-Curiel *et al.*, 2015; Boyd & Tucker, 1998; El-Sayed, A. – F.M., 2006; Farmer & Beamish, 1969; Jover, *et al.*, 2003; Mariluz, A., 2015; Nasr El Dien & Abdel, 1968.

ANEXO 9

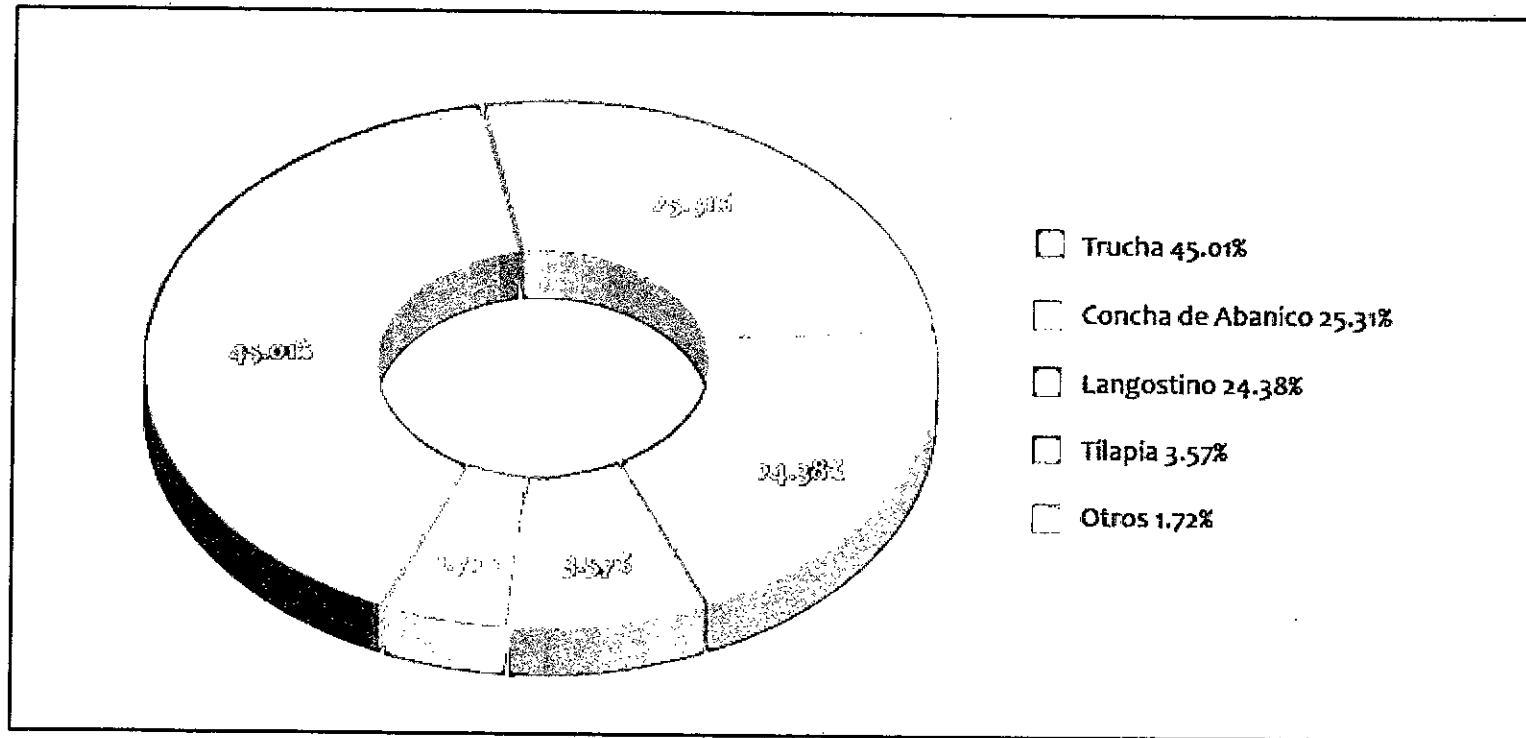
PERÚ: COSECHA DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS PROCEDENTES DE LA ACTIVIDAD DE ACUICULTURA SEGÚN ÁMBITO Y ESPECIE, 2015 (TM)

Ámbito	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Total	90 976,44	7 578,84	9 234,64	10 243,83	7 829,21	6 050,42	7 528,86	6 586,66	6 352,08	7 057,00	7 657,6	6 699,67	8 158,40
Continental	45 757,96	2 570,44	3 389,42	5 109,82	3 982,71	2 801,91	4 621,70	4 019,47	3 522,88	3 339,51	3 846,03	3 711,27	4 842,80
Boquichico	8,99	0,61	3,75	1,58	-	-	0,89	0,77	0,51	0,07	0,43	0,38	-
Camarón													
Gigante de Malasia	22,55	2,13	1,74	2,11	2,42	2,28	1,92	1,52	1,33	1,72	1,39	1,56	1,43
Carachama	4,48	0,54	0,20	-	0,03	0,38	0,61	0,33	0,45	0,20	1,07	0,41	0,27
Carpa	4,01	0,40	0,45	0,36	0,42	0,39	0,27	0,24	0,06	0,05	0,53	0,49	0,35
Gamitana	298,50	19,03	30,94	18,61	13,73	25,67	45,96	19,75	18,32	20,15	34,58	25,32	26,43
Paco	825,33	58,51	78,45	82,35	69,37	67,24	59,92	53,78	55,38	53,61	99,96	71,49	75,26
Pacotana / Gamipaco	219,08	22,49	22,52	17,98	21,16	19,54	14,46	13,05	6,02	2,43	30,62	31,13	17,67
Palche	135,13	0,11	2,44	0,89	0,15	0,23	1,29	15,13	14,29	0,21	40,04	0,39	59,96
Sábalo	33,09	3,67	0,90	0,30	1,40	0,82	14,40	0,20	0,20	8,20	1,40	0,20	1,40
Tilapia	3 250,19	271,84	277,05	298,76	265,36	283,56	206,66	217,14	283,77	269,72	246,25	314,58	315,49
Trucha	40 946,49	2 190,25	2 970,88	4 684,97	3 607,26	2 400,96	4 274,20	3 697,55	3 142,51	2 981,51	3 388,28	3 264,10	4 344,01
Otros	10,11	0,85	0,10	1,90	1,40	0,84	1,12	0,00	0,04	1,64	0,49	1,20	0,54
Maricultura	45 218,48	5 008,37	5 845,22	5 133,01	3 846,50	3 248,21	2 907,16	2 567,19	2 829,20	3 717,48	3 811,5	2 988,41	3 315,61
Algas	1,58	0,20	0,30	0,18	-	0,20	0,25	-	0,10	0,20	0,15	-	-
Concha de Abanico 1/	23 028,58	3 332,09	3 467,97	2 348,68	1 612,96	1 086,23	1 081,31	1 009,60	1 151,03	2 507,08	2 334,84	1 782,52	1 314,27
Langostino	22 183,32	1 675,94	2 376,72	2 783,99	2 233,44	2 161,56	1 825,56	1 557,25	1 677,92	1 210,08	1 474,09	1 205,60	2 001,16
Lenguado	4,42	0,14	0,23	0,15	0,10	0,23	0,04	0,34	0,15	0,12	2,46	0,28	0,18
Otros	0,58	0,20	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00

1) Incluye cosecha de Parachique correspondiente a las asociaciones formalizadas afines del periodo 2009 e inicio del 2010
Fuente: Direcciones Regionales de Producción (DIREPRO) y Empresas Acuícolas – Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura 2015

ANEXO 10

**PERÚ: COSECHA DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS PROCEDENTES DE LA ACTIVIDAD DE ACUICULTURA
SEGÚN ÁMBITO Y ESPECIE, 2015
(TM)**



Fuente: Direcciones Regionales de Producción (DIREPRO) y Empresas Acuícolas – Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura 2015

ANEXO 11

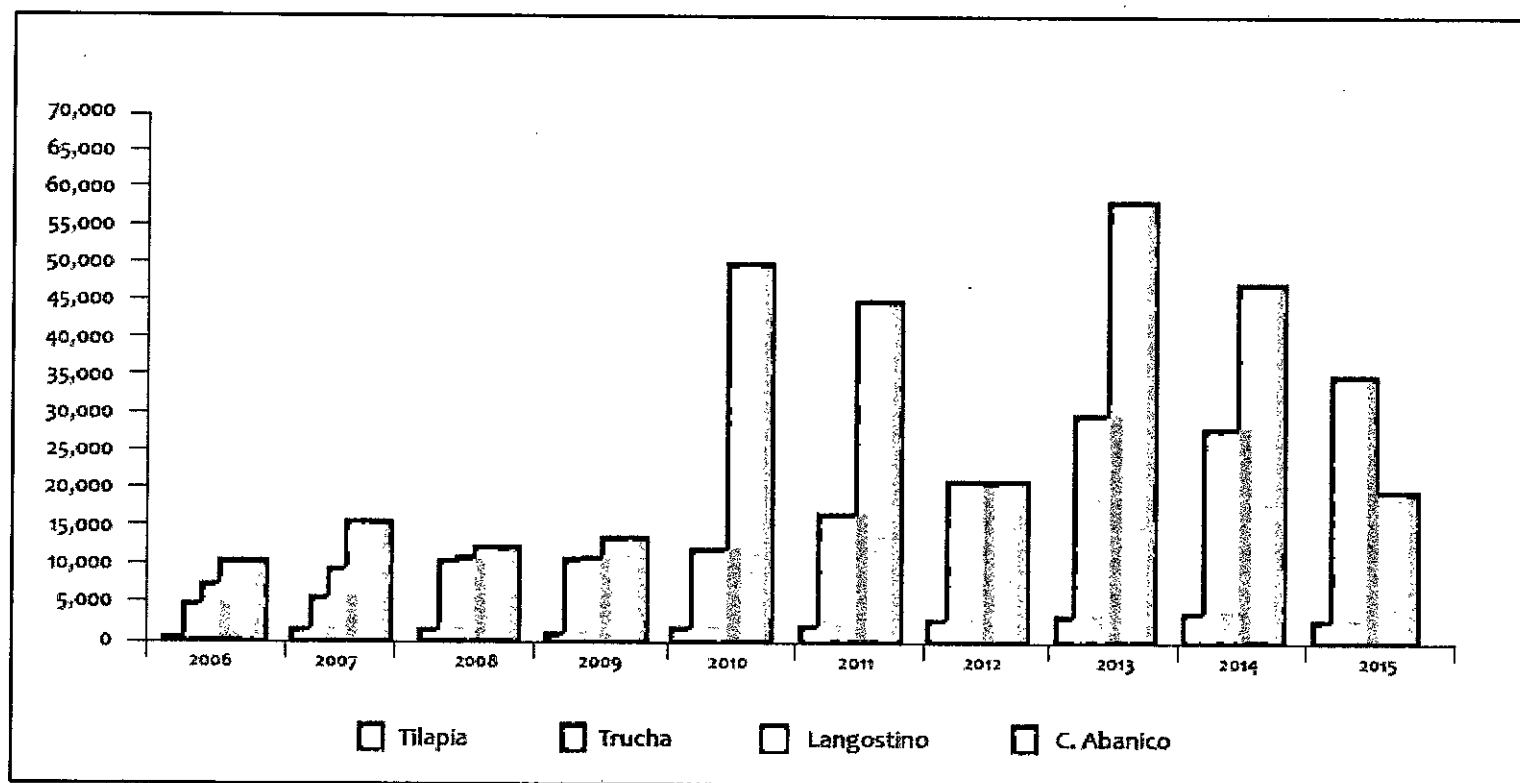
PERÚ: COSECHA DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS PROCEDENTES DE LA ACTIVIDAD DE ACUICULTURA SEGÚN ÁMBITO Y ESPECIE, 2006 - 2015 (TM)

Ámbito / Especie	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Total	28 387	39 531	43 119	44 317	89 021	92 201	72 393	125 693	115 269	90 976
Continental	6 793	9 348	14 986	14 837	17 320	23 609	29 564	40 668	38 683	45 758
Boquichico	12	15	25	27	36	15	35	56	6	9
Camarón Gigante de Malasia	11	4	6	11	15	13	11	20	78	21
Carachama	0	1	4	1	22	6	7	10	5	4
Carpa	11	13	15	15	19	8	19	6	2	4
Gamitana	344	414	539	564	680	522	453	531	504	299
Paco	38	34	71	75	101	130	299	443	453	825
Pacotana	6	86	59	12	3	12	17	15	9	219
Palche	2	-	1	3	48	422	637	94	55	135
Tilapia	494	1 741	1 714	1 261	2 013	2 423	3 174	3 840	4 610	3 250
Trucha	5 794	6 997	12 497	12 817	14 350	19 962	24 762	34 992	32 923	40 946
Sabalo	78	41	52	49	114	95	46	58	37	33
Otros	3	2	3	2	19	0	102	3	1	12
Marítimo	21 594	30 183	28 133	29 480	71 701	68 592	42 730	85 025	76 586	45 218
Algas	-	-	-	-	-	-	146	44	3	2
Concha de Abanico	12 337	18 518	14 802	16 047	58 101	52 213	24 782	67 694	55 096	23 029
Langostino	9 257	11 657	13 314	13 425	13 598	16 379	17 801	17 883	21 484	22 183
Lenguado	-	-	-	-	-	-	1	3	3	4
Ostras del Pacífico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otros	-	8	17	8	2	-	-	-	-	1

Fuente: Direcciones Regionales de Producción (DIREPRO) y Empresas Acuícolas – Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura 2015

ANEXO 12

PERÚ: COSECHA DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS PROCEDENTES DE LA ACTIVIDAD DE ACUICULTURA SEGÚN ÁMBITO Y ESPECIE, 2006 - 2015 (TM)



Fuente: Direcciones Regionales de Producción (DIREPRO) y Empresas Acuícolas – Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura 2015

ANEXO 13

MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Título: "EVALUACIÓN DEL FOTOPERIODO EN EL CRECIMIENTO Y PARAMETROS PRODUCTIVOS DEL CULTIVO DE ALEVINES DE TILAPIA NILÓTICA *Oreochromis niloticus*".

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS								
<p>Problema General: ¿Cómo influye la aplicación del fotoperiodo artificial sobre el crecimiento y los parámetros productivos (tasa de crecimiento absoluto, tasa de crecimiento específico, conversión alimenticia, factor de condición y coeficiente térmico de crecimiento) en el cultivo de alevines de la tilapia nilótica <i>Oreochromis niloticus</i>?</p>	<p>Objetivo general: Determinar el efecto del fotoperiodo en el crecimiento y parámetros productivos del cultivo de alevines de tilapia nilótica <i>Oreochromis niloticus</i>.</p> <p>Objetivos específicos: - Determinar el efecto del fotoperiodo natural 12 horas luz y 12 horas oscuridad (12HL:12HO) sobre la tasa de crecimiento absoluto, tasa de crecimiento específico, conversión alimenticia, factor de condición y coeficiente térmico de crecimiento en los cultivos de alevines de tilapia nilótica <i>Oreochromis niloticus</i>. -Determinar el efecto del fotoperiodo artificial 24 horas luz y 00 horas oscuridad (24HL:00HO) sobre la tasa de crecimiento absoluto, tasa de crecimiento específico, conversión alimenticia, factor de condición y coeficiente térmico de crecimiento en los cultivos de alevines de tilapia nilótica <i>Oreochromis niloticus</i>.</p>	<p>Hipótesis Principal: Cuando los alevines de tilapia nilótica <i>Oreochromis niloticus</i> están sometidos a mayor fotoperiodo (mayores horas luz) tendrán mejor tasa de crecimiento absoluto, tasa de crecimiento específico, conversión alimenticia, factor de condición y coeficiente térmico de crecimiento en los cultivos.</p>								
METODO Y DISEÑO	POBLACIÓN Y MUESTRA									
<p>Es de tipo experimental con un diseño completamente aleatorizado (DCA) al azar, con pre prueba – post prueba, con un tratamiento, un grupo control y tres repeticiones, haciendo un total de 6 unidades experimentales.</p> <p>Diseño de la investigación</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 5px;">RG₁</td> <td style="padding: 5px;">O₁</td> <td style="padding: 5px;">X₁</td> <td style="padding: 5px;">O₂</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 5px;">RG₂</td> <td style="padding: 5px;">O₃</td> <td style="padding: 5px;">—</td> <td style="padding: 5px;">O₄</td> </tr> </table>	RG ₁	O ₁	X ₁	O ₂	RG ₂	O ₃	—	O ₄	<p>POBLACIÓN: La población está constituida por 500 tilapias obtenidas de los tanques de cultivo de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Se realizará 1 grupo control y 1 prueba. La primera a condiciones normales (T₂). La segunda con 24 horas luz y 0 horas oscuridad (T₁).</p> <p>MUESTRA: La muestra está constituida por 30 alevines de 0.4 g de tilapia por unidad experimental, haciendo un total de 180 alevines en 6 unidades experimentales de acuerdo al diseño de la investigación. Cada 15 días haremos su análisis de peso y talla para evaluar lo que necesitamos.</p>	
RG ₁	O ₁	X ₁	O ₂							
RG ₂	O ₃	—	O ₄							