

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS

ÁREA DE CIENCIAS PESQUERAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT



SISTEMA DE BIBLIOTECAS

EFFECTO DE LA INTENSIDAD LUMÍNICA Y EL FOTOPERIODO EN EL  
CRECIMIENTO, SUPERVIVENCIA Y CONDICIÓN DE LA MOJARRA NATIVA

*Cichlasoma beanii*

TESIS

PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS EN EL ÁREA  
DE CIENCIAS PESQUERAS

PRESENTA

Biólogo Edgar Abraham Aragón Flores

DIRECTOR

Dr. Leonardo Martínez Cárdenas

XALISCO NAYARIT, ENERO 2015



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS

CBAP/444/14

Xalisco, Nayarit; 19 de diciembre de 2014

Ing. Alfredo González Jáuregui  
Director de Administración Escolar  
P r e s e n t e.

Con base al oficio de fecha 19 de diciembre de 2014, enviado por los CC. Dr. Leonardo Martínez Cárdenas, Dr. Javier Marcial de Jesús Ruíz Velazco Arce, Dr. Oscar Iram Zavala Leal y Dr. Emilio Peña Messina, donde se nos indica que el trabajo de tesis cumple con lo establecido en forma y contenido, y debido a que ha cumplido con los demás requisitos que pide el Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Nayarit, se autoriza al C. Edgar Abraham Aragón Flores, continúe con los trámites necesarios para la presentación del examen de grado de Maestría.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente  
"Por lo Nuestro a lo Universal"

Dr. J. Diego García Paredes  
Coordinador del Posgrado



C. c. p. - Expediente.

atf:

Xalisco, Nayarit., 19 de Diciembre de 2014

DR. J. DIEGO GARCÍA PAREDES  
COORDINADOR DEL POSGRADO (CBAP)  
P R E S E N T E

Los suscritos integrantes del Cuerpo Tutoral para asesorar la Tesis titulada: "Efecto de la intensidad luminica y el fotoperiodo en el crecimiento, supervivencia y condición la de la mojarra nativa *Cichlasoma beanii*", que presenta el C. Edgar Abraham Aragón Flores, para obtener el Grado de Maestro en Ciencias con opción terminal en Ciencias Pesqueras, damos nuestra aprobación para que continúe con los trámites correspondientes para la obtención de su grado.

Sin otro asunto que tratar, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

  
Director: Dr. Leonardo Martínez Cárdenas

  
Asesor: Dr. Marcial de Jesús Ruiz Velasco Arco

  
Asesor: Dr. Oscar Iram Zavala Leal

  
Asesor: Dr. Emilio Peña Messina

## DEDICATORIA

### A mis amados Padres:

María Antonia Flores Jiménez y Edgar Abraham Aragón Parra

### A mis sobrinos:

Erick Giovanni

Daniela Lizbeth

Jesús Alfredo

Beatriz Fernanda

Edgar David

José Antonio

Manuel Douglas

Alina Goretti

Sebastián

Regina

### Con amor a Yuriria

## AGRADECIMIENTOS

A Dios.

Agradezco infinitamente a mis Padrinos Fabián Arvizu y Yotanda Ruiz, por el apoyo incondicional en todo sentido y por ese amor que me han mostrado desde niño. Así como a Eileen, Astrid y Montserrat Arvizu Ruiz por su amistad y cariño.

Agradezco muy especialmente al Dr. Leonardo Martínez, la M. en C. Edna Valdez, al Dr. Alfonso Gonzales y la Dra. Miriam Soria por confiar en mi potencial y brindarme el apoyo requerido para llegar hasta este punto. Extrañare la manita.

Agradezco a la Dra. Crisantema Hernández Gonzáles y al Dr. Guillermo Barba Quintero, por colaborar en la presente investigación con los análisis Carbono:Nitrógeno y Contenido de Histaminas (respectivamente). Agradezco al Centro Acuicola San Cayetano y a su personal por permitirme realizar esta investigación en sus instalaciones que desde hace tres años es mi casa.

Agradezco a mi colega y amiga Biol. Marcia Rodríguez, por contribuir a lo largo de la elaboración de este trabajo, sobre todo en las revisiones –saludos comaa!-. Agradezco a mi también colega y amiga Biol. Alejandra Fregoso por estar siempre disponible para trabajar durante la parte experimental de la presente investigación, por estar a disposición del trabajo y por todo su apoyo.

Al Cuerpo Académico de Ecología, Evaluación y Manejo Responsable de los Recursos Pesqueros por el orientación otorgada durante la presente investigación.

Y a todas y cada una de las personas que en algún momento me brindaron su apoyo con una palabra de aliento y de otras diferentes formas, muchas gracias por confiar en mí y en mi capacidad, y por levantarme los ánimos a veces cuando más lo necesitaba.

## ÍNDICE

	Página
Índice de tablas y figuras.....	vii
RESUMEN .....	viii
INTRODUCCIÓN .....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Influencia del fotoperiodo en el crecimiento de peces.....	5
Influencia del fotoperiodo en la reproducción de peces .....	7
Influencia de la intensidad luminica en el crecimiento de peces.....	9
OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	11
MATERIALES Y MÉTODOS .....	12
Infraestructura experimental y métodos generales .....	12
Experimento 1: Efecto de la intensidad luminica en <i>Cichlasoma beanii</i> .....	14
Experimento 2: Efecto del fotoperiodo en <i>Cichlasoma beanii</i> .....	15
Tasa Carbono:Nitrógeno.....	15
Contenido de Histaminas .....	16
Análisis Estadístico .....	17
RESULTADOS.....	18
Experimento 1: Efecto de la intensidad luminica en <i>Cichlasoma beanii</i> .....	18
Experimento 2: Efecto del fotoperiodo en <i>Cichlasoma beanii</i> .....	20
DISCUSIÓN .....	22
CONCLUSIONES.....	29
LITERATURA CITADA.....	30

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

### TABLAS

Tabla 1. Respuesta de la supervivencia, crecimiento y condición de <i>Cichlasoma beanii</i> cultivada en diferentes intensidades luminicas.....	18
Tabla 2. Respuesta de la supervivencia, crecimiento y condición de <i>Cichlasoma beanii</i> cultivada en diferentes fotoperiodos.....	20

### FIGURAS

Figura 1. Efecto de tres intensidades luminicas en el crecimiento de <i>Cichlasoma beanii</i> .....	19
Figura 2. Efecto de tres intensidades luminicas en la supervivencia de <i>Cichlasoma beanii</i> .....	19
Figura 3. Efecto de tres fotoperiodos en el crecimiento de <i>Cichlasoma beanii</i> .....	21
Figura 4. Efecto de tres fotoperiodos en la supervivencia de <i>Cichlasoma beanii</i> .....	21

## RESUMEN

### EFFECTO DE LA INTENSIDAD LUMÍNICA Y EL FOTOPERIODO EN EL CRECIMIENTO, SUPERVIVENCIA Y CONDICIÓN DE LA MOJARRA NATIVA

#### *Cichlasoma beanii*

Edgar Abraham Aragón Flores. Maestro en Ciencias Pesqueras.

Posgrado en Ciencias Biológicas, Agropecuarias y Pesqueras. 2014.

Actualmente la estabilidad de las poblaciones naturales del ciclido nativo mexicano *Cichlasoma beanii* están siendo presionadas por diversas actividades antropogénicas. Una alternativa que puede evitar el deterioro de poblaciones naturales es el cultivo de especies nativas. Sin embargo, existen factores que puede afectar su desarrollo de los peces dentro de un cultivo, como el fotoperiodo y la intensidad luminica. El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta del crecimiento, supervivencia y condición de *C. beanii* cultivada en diferentes fotoperiodos e intensidades luminicas. Se probaron intensidades luminicas de 1000, 1500 y 2000 luxes (cuatro replicas por tratamiento) y fotoperiodos de 24:00, 16:00 y 08:16 (Luz:Oscuridad) (tres replicas por tratamiento). Ambos experimentos se realizaron en tanques de 40 l con recirculación y tuvieron una duración de ocho semanas. Al final de cada experimento se registraron individualmente la longitud patrón, peso húmedo, la supervivencia, Tasa Especifica de Crecimiento y la heterogeneidad de tallas. La condición se midió con los indices de K de Fulton, contenido de humedad, la tasa carbono-nitrógeno y el contenido de Histaminas. No se encontraron diferencias significativas en los experimentos de intensidad luminica y fotoperiodo. Sin embargo, se observó una ligera tendencia que sugirió un mejor crecimiento en la intensidad de 1000 luxes y en el fotoperiodo 24:00 (Luz:Oscuridad), las cuales se relacionaron con las adaptaciones naturales de la especie. Los resultados encontrados se pueden atribuir a las condiciones favorables de cultivo, el corto periodo de cultivo, el limitado intervalo de intensidades luminicas y su efecto en la etapa del ciclo de vida de los ejemplares de *C. beanii* cultivados.

## INTRODUCCIÓN

El ciclido nativo *Cichlasoma beanii* es un pez de la familia Cichlidae que se distribuye en la vertiente norte del pacífico mexicano, en la cuenca del bajo río Yaqui hasta el bajo río Ameca, en los estados de Jalisco, Zacatecas, Sinaloa, Sonora y Nayarit. Los adultos de esta especie buscan refugio en remansos ricos en algas, bajo los arbustos o árboles rivereños, incluso entre rocas y cantos rodados, con agua desde clara a turbia y corrientes ausentes, leves o moderadas, con sustratos de arena, lodo cantos rodados y rocas. De manera similar, se ha reportado en sitios sin vegetación, en profundidades hasta de dos metros (m) (Miller *et al.*, 2009). Los ejemplares de *C. beanii* presentan una longitud patrón (desde la punta de la boca hasta el pedúnculo caudal del pez) máxima de 21.1 a 30 cm, son dioicos y su fertilización es externa se han capturado crías recién eclosionadas desde mediados de febrero hasta fines de junio. Presentan cuidados parentales de ambos padres en las etapas de huevo y larva (Froese y Pauly, 2011).

Actualmente las poblaciones naturales de *C. beanii* pueden experimentar una reducción en su número, debido al efecto negativo de cultivos de riego aledaños a las zonas en las que habita. Estas actividades antropogénicas, pueden transformar y fragmentar los sistemas fluviales (Vitousek *et al.*, 1997; Waples *et al.*, 2007), lo cual impacta directamente la diversidad de dichos sistemas (Vitousek *et al.*, 1997; Foley *et al.*, 2005). *C. beanii* es aprovechada regionalmente para el consumo humano y puede ser comercializada como ornamental. Los adultos pueden alcanzar tallas de 15 a 20 cm en poco tiempo, lo cual genera interés en acuariófilos que buscan especies relativamente desconocidas para complementar sus colecciones. Sin embargo, la extracción indiscriminada puede mermar el número de las poblaciones

naturales (Waples *et al.*, 2007; Pérez y Páramo, 2008), lo cual puede influir negativamente en la conservación de la especie al no estar protegida por programas o leyes nacionales o internacionales.

El desarrollo de técnicas de cultivo de especies nativas es una alternativa para evitar el deterioro de las poblaciones naturales (Pérez y Páramo, 2008). De manera general, evitar la extracción de organismos puede contribuir con la conservación de la biodiversidad (Dudgeon *et al.*, 2006). La manipulación de variables como la temperatura, salinidad y densidad de cultivo ha sido una opción para reducir los costos de producción de diferentes especies de peces. Sin embargo, el fotoperiodo y la intensidad luminica son importantes en el cultivo y producción de organismos, ya que el comportamiento de los peces puede verse afectado por las variaciones de intensidad de luz, longitud de onda y fotoperiodo diario o estacional (Boeuf y Le Baile, 1999; Puvanendran y Brown, 2002).

La intensidad de luz ha sido un factor estudiado conjuntamente con el fotoperiodo, la preferencia por una intensidad luminica varía conforme la etapa del ciclo de vida en la que se encuentre determinada especie (Boeuf y Le Baile, 1999). Sin embargo, la mayoría de los peces requieren un nivel mínimo de intensidad luminica que permita la visualización del alimento y aumente el consumo, mejore la conversión de alimento y asimilación de nutrientes (Trippel y Neil, 2003; Monk *et al.*, 2006; Sheng *et al.*, 2006; Ashley, 2006; Karakatsaouli *et al.*, 2010). Una intensidad luminica inadecuada puede ser estresante para los peces e incluso generar la muerte (Boeuf y Le baile, 1999).

El fotoperiodo influye en el comportamiento de los peces en cultivo. Los periodos adecuados de luz para una especie particular, puede reducir el estrés social, estimular el apetito de los peces, aumentar el consumo de alimento, la asimilación de nutrientes y la tasa específica de crecimiento (Fielder *et al.*, 2002; Trippel y Neil, 2002; Howell *et al.*, 2003; Imsland *et al.*, 2006; Ballagh *et al.*, 2008; Martínez-Cárdenas y Purser, 2011; Gunnarsson *et al.*, 2012; Prayogo *et al.*, 2012). El fotoperiodo también puede inducir la reproducción de los peces en un cultivo, debido a que estimula la producción de diferentes hormonas que incrementan el crecimiento gonadal, sincroniza el desove, aumenta la fecundidad y puede aumentar el número de huevos (Ridha y Cruz, 2000; Hansen *et al.*, 2001; Campos-Mendoza *et al.*, 2004; Biswas *et al.*, 2005; Rad *et al.*, 2006; Fiszbein *et al.*, 2010; Prayogo *et al.*, 2012; Hildahl *et al.*, 2013).

El conocimiento sobre la biología de una especie endémica puede ser relevante para su conservación y para su aprovechamiento responsable. Actualmente no existen investigaciones sobre la respuesta de *C. beanii* a las variaciones de intensidad y periodos de luz, debido a esto el presente estudio se enfocó en la evaluación de la respuesta fisiológica de *C. beanii* ante diferentes niveles de intensidad de luz y fotoperiodos como parte de la determinación de las condiciones óptimas para su desarrollo en cultivo.

## REVISIÓN DE LITERATURA

En la piscicultura, la influencia de los factores abióticos ha sido ampliamente investigada para poder regular y manipular estas variables en cultivo. Entre los principales factores a controlar están la temperatura y la salinidad. Sin embargo, existen otras variables ambientales que pueden tener influencia sobre el desarrollo de los peces en cultivo como es el fotoperiodo y la intensidad de luz (Aragón-Flores *et al.*, 2014a).

Los periodos de luz natural dependen de factores como la latitud y la altitud (Bradshaw y Holpsafel, 2007), así como de la estación del año. Según Boeuf y Le bail (1999) el fotoperiodo tiene relación con otras variables como la temperatura. En el medio natural y en sistemas de cultivo, la constante presencia de luz puede producir un aumento en la temperatura. Se han realizado estudios que muestran la influencia positiva o negativa del fotoperiodo en diferentes etapas del ciclo de vida de algunas especies (*Lates calcarifer*, *Pagrus auratus*, *Melanogrammus aeglefinus*, *Cyprinus carpio*, *Pargus major*, *Hippocampus abdominalis*, *Salvelinus alpinus*, *Oncorhynchus mykiss*, *Osteochilus hasselti* y *Centropristis striata*). Existen estudios enfocados en la influencia de este factor en la transición de una etapa de vida a otra o la preferencia hacia los distintos periodos de luz de cada especie (Fielder *et al.*, 2002; Trippel y Neil, 2002; Howell *et al.*, 2003; Imsland y Jonssen, 2005; Imsland *et al.*, 2006; Ballagh *et al.*, 2008; Danisman-Yagci y Yigit, 2009; Biswas *et al.*, 2010; Martínez-Cárdenas y Purser, 2011; Gunnarsson *et al.*, 2012; Prayogo *et al.*, 2012; Barimani *et al.*, 2013).

## Influencia del fotoperiodo en el crecimiento de peces

Los periodos de 16:08 y 24:00 Luz:Oscuridad (L:O) han demostrado un efecto positivo en el crecimiento y la supervivencia de larvas de algunas especies de peces, por ejemplo, en el bacalao (*Gadus morhua*), la dorada del Pacífico (*P. auratus*) y el barramundi (*Lates calcarifer*). En estas especies, la tasa específica de crecimiento y la eficiencia de conversión alimenticia fueron mayores, debido a un aumento en la actividad de los peces y a una mejor visualización del alimento (Barlow *et al.*, 1995; Fielder *et al.*, 2002; Puvanendran y Brown, 2002).

La influencia de 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 (08:16) y por periodos proporcionales de luz y oscuridad (12:12). Biswas y Takeuchi (2003) dividieron un ciclo de 24.00 horas en dos periodos cortos de 12:00 h y utilizó seis horas de luz y seis horas de oscuridad (06:06); en este fotoperiodo se reportó mayor crecimiento en ejemplares de *Oreochromis niloticus*, debido a un mayor consumo de alimento y mayor eficiencia de conversión alimenticia. Según Stefansson *et al.*, (2002), en el rodaballo (*Scophthalmus maximus*) los periodos largos de luz actúan como un irritante, inducen el estrés, reducen la eficiencia de conversión de alimento y el crecimiento. En contraste, los ejemplares de *S. maximus* cultivados en fotoperiodos de 12:12 y 08:16, presentaron mayor eficiencia de conversión de alimento, lo que generó un aumento en el crecimiento somático (Stefansson *et al.*, 2002).

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. En contraste, el cultivo en periodos continuos de oscuridad (00:24) 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 Kalmer, 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).

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). Ejemplares de 10, 15 y 30 días de nacidos de *H. trimaculatus* consumen más de alimento en periodos continuos de luz y proporcionales de luz y oscuridad (Sheng *et al.*, 2006). Contrario a lo anterior, *Hippocampus abdominalis* presentó preferencia por periodos largos y cortos de luz, juveniles de 1 a 5 días de nacidos expuestos a periodos continuos de luz obtuvieron menor crecimiento y supervivencia comparados con periodos largos y cortos de luz (Martínez-Cárdenas y Purser, 2011). Adicionalmente, Martínez-Cárdenas *et al.*, (2008) reportaron que los niveles de melatonina en la sangre de *H. abdominalis* aumentan durante periodos de oscuridad en fotoperiodos 12:12. Esta respuesta fue relacionada con la reducción de las actividades fisiológicas del pez como la actividad locomotriz.

## Influencia del fotoperiodo en la reproducción de peces

La manipulación del fotoperiodo en el cultivo de peces es utilizado para modificar el ciclo reproductivo, mejorar la sincronía de la maduración sexual, inducir el desove e incluso resolver problemas de sobrepoblación (Kissil *et al.*, 2001; Campos-Mendoza *et al.*, 2004; Biswas *et al.*, 2005). Estas modificaciones pueden ser generadas mediante variaciones de luz captadas por la glándula pineal y el hipotálamo, ambas glándulas secretan y sintetizan hormonas reproductivas, como la hormona liberadora de gonadotropina, el estradiol, la progesterona y la testosterona, las cuales regulan el desarrollo gonadal en los peces (Frantzen *et al.*, 2004; Prayogo *et al.*, 2012).

En algunas especies como el bacalao del atlántico (*G. morhua*), los periodos prolongados de luz no influyen positivamente en la reproducción. Según Hansen *et al.* (2001), la exposición a periodos largos de luz produce un retraso en el desove, disminución en la fecundidad y en el tamaño de los huevos, mientras que los periodos de luz natural producen un mayor desarrollo gonadal y aumento en el número y tamaño de huevos. Hildahl *et al.* (2013), reportó que los periodos de luz continua inhibieron el desarrollo sexual y el desove de *G. morhua*, lo cual se atribuyó a la baja expresión de los genes 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 de un eje de señales denominado cerebro-pituitaria-gónada, el cual regula la reproducción en vertebrados, por lo que la ausencia de la expresión de los genes GnRH3 y GnRH-R2a rompe la cadena de señales entre el cerebro y la 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.

En contraste con lo anterior, se ha reportado que en periodos de día largo (18:06 y 14:10, L:O) la maduración sexual de *Oreochromis niloticus* es más rápida, aumenta la frecuencia de fecundidad, se eleva la producción de huevos y la secreción de hormonas como el estradiol, la testosterona y la hormona liberadora de gonadotropina (Campos-Mendoza *et al.*, 2004; Biswas *et al.*, 2005). El cerebro capta señales de las variaciones luminicas, lo que estimula la liberación de melatonina de 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 *O. niloticus*.

Adicionalmente, Campos-Mendoza *et al.* (2004) y Biswas *et al.* (2005) coincidieron en que la actividad reproductiva de *O. niloticus* disminuye en periodos de día corto (06:18 y 06:06, L:O). Biswas *et al.* (2005) observó mayor crecimiento de los ejemplares de *O. niloticus* en fotoperiodos (06:06) debido a la reducción en la reproducción. 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 *O. niloticus* en periodos de día corto (08:16) o proporcionales (12:12). De manera similar Rad *et al.* (2006), observó un bajo desarrollo gonadal y un aumento en el crecimiento de *O. niloticus* en periodos de luz continua, comparado con fotoperiodos extendidos (20:4 y 18:06, L:O). Este efecto se relacionó a un mayor consumo de alimento observado en 24:00 comparado con el consumo en el resto de los fotoperiodos, así como 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 *O. niloticus* a diferentes intensidades de luz (2500 y 500 lx) combinado con tres fotoperiodos diferentes (12:12, 15:09 y 18:06, L:O). En machos expuestos a

intensidades de 2500 lx/12:12 y 500 lx/15:09, el retraso de la reproducción y el aumento en el crecimiento fue mayor comparado con el resto de los tratamientos. Este fenómeno fue explicado desde una perspectiva social de los peces en el cultivo. Según Ridha y Cruz (2000), la jerarquización social genera que pocos peces machos sean los que se reproduzcan, mientras que el resto de los individuos no se reproducen y presentan un mayor crecimiento debido a la utilización de la energía en crecimiento somático. Fiszbein *et al.* (2010) expuso ejemplares de *Cichlasoma dimerus* a un fotoperiodo largo (14:10, L:O) y uno corto (08:16) para observar el comportamiento y fisiología reproductiva de la especie. La exposición a periodos de 14:10 produjo mayor agresión en comparación con periodos de 08:16, las agresiones se relacionaron durante la competencia reproductiva y defensa territorial. En los periodos de luz corta, se observó una reducción en la conducta agresiva de los ejemplares. La disminución en esta conducta fue relacionada a los bajos niveles producción de la hormona GnRH3, la cual puede estimular el comportamiento agresivo en peces en etapas reproductivas.

#### Influencia de la intensidad luminica en el crecimiento de peces

La intensidad luminica es un factor que se ha estudiado en conjunto con el fotoperiodo. Se han realizado diferentes estudios sobre la influencia de la intensidad luminica en teleósteos (Oshima y Yokozeki, 1999; Ridha y Cruz, 2000; Puvanendran y Brown, 2002; Trippel y Neil, 2003). En luz continua (24:00, L:O) e intensidades de 30 luxes (lx), se observó que el crecimiento del anón (*M. 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 2400 lx en *G. morhua* aumentaron la visibilidad de alimento, lo que incrementó la ingesta y generó un mayor crecimiento de los individuos (Puvanendran y Brown, 2002). Existe una discrepancia especie-especifica en la preferencia de

intensidades luminicas entre *M. aeglefinus* la cual es de 30 lx, mientras que para *G. morhua* es de 2400 lx. Pese a pertenecer a la misma familia, la preferencia a diferentes intensidades luminicas fue evidente entre las especies, dicha preferencia se relacionó a las profundidades en las que habitan *M. aeglefinus* (80 a 200 m) y *G. morhua* (30 y 80 m) (Aragón-Flores *et al.*, 2014a).

Varios autores han reportado que la intensidad luminica puede influir (positiva o negativamente) en el comportamiento alimenticio de los peces, lo cual tiene un efecto directo en el crecimiento (Nwosu y Holzlohner, 2000; Puvanendran y Brown, 2002; Trippel y Neil, 2003; Richmond *et al.*, 2004; Monk *et al.*, 2006; Sheng *et al.*, 2006). En algunos casos, es necesario un nivel minimo de intensidad de luz para que un pez pueda tener una mejor visualización del alimento y un mayor éxito de captura, ya que la escasa o excesiva cantidad de luz puede ser estresante para los peces e incluso causar la muerte de los individuos (Boeuf y Le Baile 1999). En el caso específico de *C. gariepinus*, se ha reportado que las larvas y juveniles de *C. gariepinus* tienen preferencia a periodos continuos de oscuridad en los cuales mejora la alimentación, aumenta el crecimiento y la supervivencia, comparado con periodos largos o continuos de luz en los que la especie presenta mayor actividad locomotriz, lo que aumenta el gasto de energía, produce estrés y estimula el comportamiento agresivo de los peces (Appelbaum y Kelmer, 2000; Mustapha *et al.*, 2012). En otros teleósteos, el uso de niveles sub-óptimos de intensidad luminica pueden producir falta de apetito, baja visualización del alimento, baja conversión alimenticia, supresión de la actividad reproductiva y estrés social (Ridha y Cruz, 2000; Trippel y Neil, 2003; Monk *et al.*, 2006; Sheng *et al.*, 2006; Ashley, 2006; Karakatsaouli *et al.*, 2010).

## OBJETIVOS E HIPOTESIS

### Objetivos

#### *General*

Conocer el efecto de diferentes fotoperiodos e intensidades lumínicas sobre el crecimiento, supervivencia e índice de condición de *C. beanii*.

#### *Específicos*

-Evaluar en cual intensidad lumínica se obtiene un mayor crecimiento, supervivencia e índice de condición de *C. beanii*.

-Evaluar en cual fotoperiodo *C. beanii* obtiene mayor crecimiento, supervivencia e índice de condición.

### Hipótesis

En periodos largos de luz con intensidades de 1000 y 1500 lx, *C. beanii* puede obtener un mayor crecimiento, una mejor supervivencia y una mejor condición.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Infraestructura experimental y métodos generales

Los peces fueron capturados en el sitio "Laguna del Mar", municipio de Ruiz, Nayarit, ubicado a 21° 56' 56" latitud Norte y 105° 02' 59" longitud Oeste. Los individuos recolectados fueron transportados en un tanque de plástico de 200 litros (L) con agua en condiciones similares a las del sitio de recolección (30° C de temperatura y 0 gramos/litro (g/L) a vista de refractómetro). Durante el transporte se suministró aireación mediante una bomba aireadora (Hagen®) conectada a una manguera de silicona flexible con terminal en un difusor de aire de 2.5 centímetros (cm) de longitud. Los peces se trasladaron al centro acuícola "San Cayetano", en el municipio de Tepic, Nayarit, donde se ubicaron en tanques de mantenimiento para la aclimatación y posterior experimentación.

Se utilizaron sistemas de recirculación de 160 L, compuestos por tres tanques de plástico de 55 cm de largo, 38 cm de ancho y 30 cm de alto, con un volumen de trabajo de 40 L. Los tanques fueron conectados a un biofiltro integrado por un tanque utilizado como reservorio de agua (40 L de volumen de trabajo), provisto de una canasta plástica suspendida entre sus paredes. El fondo de la canasta fue cubierto con un tejido esponjoso sintético (fieltro) para la retención de sólidos. Sobre el tejido se esparcieron 150 bioesferas de plástico de 40 milímetros (mm) de diámetro, como sustrato de fijación para bacterias nitrificantes.

Los sistemas de recirculación fueron cubiertos con plástico oscuro para impedir la filtración de luz. La aireación fue provista por un aireador "Blower" (Sweetwater®) conectado a un distribuidor que condujo el aire a mangueras de plástico flexible con

terminal en un difusor de 2.5 cm de longitud dentro de cada tanque. La temperatura del agua fue establecida a 30° C mediante el uso de calentadores con termostato electrónico de 200 watts (W) (GAL<sup>®</sup>). Se colocó follaje artificial compuesto por 100 tiras plásticas de color verde de 5 mm de ancho unidas a un peso inerte de cristal dentro de cada tanque. Se ubicaron dos segmentos de 10 cm de tubo de PVC de una pulgada (1") de diámetro para proveer refugio a los peces ante la posibilidad de la aparición de la típica conducta agresiva de especies de la familia Cichlidae (Grant *et al.*, 2002; Leiser *et al.*, 2004; Arnott y Elwood, 2009; Heg, 2010; Lorenz *et al.*, 2011).

La longitud patrón y el peso húmedo fueron registrados individualmente al inicio y al final de los experimentos. El peso húmedo de los peces se determinó con una balanza electrónica con precisión de 0.1 g. La longitud patrón de los peces se registró con una precisión de 1 mm. Para monitorear el peso de los individuos se realizaron biometrias semanales en las que se definió la biomasa total de cada tanque para evitar el estrés generado por manejo individual. Los organismos no se alimentaron 24 h antes de cada biometría.

Se proporcionó alimento comercial (hojuela) para peces de acuario (Biomaa<sup>®</sup> 42% de proteína y 5% de grasa) al 5% de la biomasa total de cada tanque. Las raciones se ajustaron a la cantidad de organismos por tanque, conforme a la mortalidad diaria y al crecimiento semanal. Las raciones correspondientes a las mortalidades no fueron proporcionadas al resto de los peces en cada tanque. La temperatura fue monitoreada diariamente, mientras que el amonio, pH, nitritos y nitratos se registraron cada 14 días con un kit de pruebas colorimétricas (Aquarium Pharmaceuticals Inc.). Los tanques fueron inspeccionados diariamente para extraer los peces muertos, mientras que el exceso de heces y alimento no consumido se eliminó a través de sifoneo.

Al final de los experimentos la supervivencia, la longitud patrón y el peso húmedo fueron registrados individualmente. La tasa específica de crecimiento (TEC % incremento del peso corporal por día) se obtuvo con la fórmula:  $TEC = [(\ln P_f - \ln P_i) / t] \times 100$ , donde  $\ln =$  logaritmo natural,  $P_f =$  peso final (g),  $P_i =$  peso húmedo inicial,  $t =$  tiempo (días). La heterogeneidad de tallas (HT) se determinó con la fórmula  $HT = CV_{P_f} / CV_{P_i}$ , donde  $P_f =$  peso húmedo final,  $P_i =$  peso húmedo inicial. El índice de condición de K de Fulton fue calculado con la ecuación:  $K = W / L^3$ , donde  $W =$  peso húmedo (g),  $L =$  longitud patrón (cm) elevada al cubo.

#### Experimento 1: Efecto de la intensidad luminica en *Cichlasoma beanii*

Un total de 120 peces se ubicaron en cuatro sistemas de recirculación en grupos de 10 peces por tanque (un pez por cada 4 L). Durante ocho semanas se probaron tres intensidades lumínicas: 1000 lx, 1500 lx y 2000 lx, establecidas con un fotómetro (Digital Meter® LX-1020B). Estas fueron provistas por lámparas de luz blanca-fría (AKSI®) suspendidas sobre los tanques individualmente, cada tratamiento constó con cuatro replicas. Para mantener la intensidad de 1000 lx se utilizó una lámpara de 9 W suspendida a 22 cm desde la superficie del agua. Para mantener la intensidad de 1500 lx, se instaló una lámpara de 15 W a una altura de 14 cm a partir de la superficie del agua, mientras que los tanques fueron cubiertos con red plástica oscura de luz de malla del 70%. La intensidad de 2000 lx se obtuvo con una lámpara de 15 W ubicada a 14 cm sobre la superficie del agua. En los tres tratamientos se utilizó un fotoperiodo 12:12 (L:O). El alimento se proporcionó a los peces tres veces al día (08:00, 12:00 y 16:00 h).

La calidad del agua durante el experimento se mantuvo en los siguientes niveles: pH 7.6 (intervalo 7.4-7.7), oxígeno disuelto >75% de saturación, nitrógeno amoniacal total (NAT) <0.25 mg/L, nitritos <0.5 mg/L, nitratos <5 mg/L.

#### Experimento 2: Efecto del fotoperíodo en *Cichlasoma beanii*

Un total de 90 peces se ubicaron en tres sistemas de recirculación en grupos de 10 peces por tanque (un pez por cada 4 L). Durante ocho semanas se probaron tres fotoperíodos: 24:00, 16:08 y 08:16 (L:O), establecidos con temporizadores eléctricos (RadioShak®). Se utilizó una intensidad luminica de 1000 lx en los tres tratamientos establecida con un fotómetro (Digital Meter® LX-1020B) y provista por una lámpara de luz blanca fría (AKZI®) suspendido sobre los tanques a una altura de 13.5 cm sobre la superficie del agua. los tanques fueron cubiertos con red plástica oscura de luz de malla del 60%. Cada tratamiento constó de tres replicas. El alimento se proporcionó a los peces tres veces al día (09:00, 12:00 y 15:00 h).

La calidad del agua en el experimento se mantuvo en los siguientes niveles: pH 7.4 (intervalo 7.4-7.6), oxígeno disuelto >75% de saturación, NAT <0.25 mg/L, nitritos <0.5 mg/L, nitratos <5 mg/L.

#### Tasa carbono-nitrógeno

Una vez efectuada la biometría final se seleccionó al azar un pez de cada tanque para determinar el índice de condición mediante el análisis de la tasa Carbono-Nitrógeno y contenido de humedad. Los individuos fueron eutanizados con una sobredosis de benzocaina (400 mg/L). Se registró el peso y la longitud patrón de

los peces eutanizados tras eliminar el excedente de agua. Las muestras fueron expuestas a una temperatura de 100° C hasta alcanzar un peso constante. Posteriormente se realizó un análisis de carbono y nitrógeno por detección de oxidación/IR, usando un auto-analizador CHNS.

#### Contenido de Histaminas

Para determinar y cuantificar histamina se empleó el método fluorométrico (977.17) de la AOAC (2002) y un método espectrofotométrico propuesto por Patange *et al.* (2005) con pequeñas modificaciones (Barba-Quintero *et al.*, 2012).

**Método fluorométrico.** Se homogeneizaron muestras de 10 g en 50 mL de metanol (Oster-4172, Newark, NJ, USA) y se calentaron a 60 °C por 15 minutos (min) en baño María. El volumen del extracto de metanol se ajustó a 100 mL en un matraz volumétrico con metanol. Se filtró el extracto (papel Whatman No. 1) y se pasó por una columna de intercambio iónico (200 x 7 mm empacada con Dowex 1-X8) y se eluyó con agua. El líquido eluido de la columna se derivatizó con OPA y se determinó la intensidad de la fluorescencia con un fluorómetro (Quantech-FM109535, Barnstead Thermolyne Corp, Dubuque, IA, USA), con longitudes de onda de 350 y 444 nanómetros (nm) para la excitación y emisión respectivamente.

**Método espectrofotométrico.** Se transfirieron 5 g de muestra y 20 mL de solución salina (NaCl al 0,85%) en un tubo para centrifuga de 75 mL, homogeneizando (2 min) con un procesador de alimentos (Oster-4172, Newark, NJ, USA) y centrifugando a 5000 x g durante 20 min a 4 °C. Se diluyó el sobrenadante hasta 25 mL con solución salina. Se diluyó 1 mL del extracto con 2 mL de solución salina y 0,5 g de mezcla de sales (compuesta de 6,25 g de sulfato de sodio anhidro con 1 g de fosfato trisódico

monohidratado). La mezcla se agitó vigorosamente en un vortex (Genie 2, modelo S-7350- 1, Scientific Industries, Inc., Bohemia, NY, USA) por 2 min. Se agregaron 2 mL de n-butanol y se agitó fuertemente durante 1 min, la solución se dejó en reposo por 2 min. Posteriormente se centrifugó a 3100 x g durante 10 min. Se tomó 1 mL de la capa superior de butanol y se transfirió a un tubo limpio y seco, evaporándose a sequedad con una corriente de nitrógeno. El residuo se disolvió en 1 mL de agua destilada y se agregó la solución reactiva compuesta por 5 mL de solución de carbonato de sodio al 1,1% y 2 mL de la siguiente solución: en baño de hielo, se mezclaron 1,5 mL de ácido sulfanílico 0.9% peso/volumen en ácido clorhídrico 4% con 1,5 mL de nitrito de sodio al 5% peso/volumen. Después de 5 min se agregaron 6 mL de nitrito de sodio al 5%, se reposó la solución 5 min y se aforó hasta 50 mL con agua destilada. Se dejó reposar por 5 min y se midió la absorbancia a 496 nm en un espectrofotómetro (Hach DR/2000, Loveland, CO, USA). La concentración de histamina en la muestra se calculó mediante una curva de calibración con el uso un estándar de Histamina.

#### Análisis estadístico

El promedio de peso inicial y final, longitud patrón inicial y final, así como los resultados de supervivencia, el coeficiente de variación final, la heterogeneidad de tallas, la tasa específica de crecimiento, los resultados de la tasa carbono nitrógeno, contenido de humedad y el índice de condición de K de Fulton fueron comparados con un análisis de varianza (ANOVA) de una vía con un nivel de significancia de  $P < 0.05$  (SPSS 17.0). Se utilizó una prueba de Tukey (HSD) *post hoc* para identificar las diferencias entre los promedios de los tratamientos.

## RESULTADOS

### Experimento 1: Efecto de la intensidad luminica en *Cichlasoma beanii*

No se encontraron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en peso húmedo ni en longitud patrón entre los tratamientos al inicio del experimento. Después de ocho semanas de cultivo, no hubo diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos (Tabla 1) para ninguna de las variables de respuesta (Figuras 1 y 2).

Tabla 1. (Promedio  $\pm$  1 D.E.) Peso húmedo y longitud patrón inicial y final ( $P_i$ ,  $P_f$ ,  $L_i$ ,  $L_f$ ), supervivencia final observada, tasa específica de crecimiento (TEC) heterogeneidad de tallas [HT (g)] (peso húmedo final), K de Fulton (peso húmedo y longitud patrón final), tasa Carbono-Nitrógeno (Tasa C:N), contenido de humedad (%) y contenido de Histamina (ppm/músculo) de *Cichlasoma beanii* cultivados en intensidades luminicas de 1000 lx, 1500 lx y 2000 lx.

Intensidad de luz	1000 lx	1500 lx	2000 lx
Supervivencia final (%)	95.0 $\pm$ 5.77	90.0 $\pm$ 8.16	97.5 $\pm$ 5.0
$P_i$ (g)	2.90 $\pm$ 0.18	2.90 $\pm$ 0.08	2.85 $\pm$ 0.05
$L_i$ (cm)	4.26 $\pm$ 0.06	4.21 $\pm$ 0.07	4.21 $\pm$ 0.04
$P_f$ (g)	10.09 $\pm$ 0.35	9.48 $\pm$ 0.44	9.43 $\pm$ 0.68
$L_f$ (cm)	6.40 $\pm$ 0.54	6.13 $\pm$ 0.19	6.08 $\pm$ 0.14
T.E.C. (%/día)	2.19 $\pm$ 0.12	2.07 $\pm$ 0.12	2.09 $\pm$ 0.14
H.T. (g)	1.48 $\pm$ 0.40	1.95 $\pm$ 0.18	0.98 $\pm$ 0.31
K de Fulton	3.96 $\pm$ 0.89	4.12 $\pm$ 0.24	4.18 $\pm$ 0.10
Tasa C:N	2.98 $\pm$ 0.16	3.22 $\pm$ 0.14	3.19 $\pm$ 0.13
Contenido de Humedad (%)	64.10 $\pm$ 2.48	66.36 $\pm$ 2.48	66.30 $\pm$ 1.52
Histaminas (ppm/músculo)	1.19 $\pm$ 0.62	0.49 $\pm$ 0.60	0.83 $\pm$ 0.56

Los superíndices han sido omitidos debido a la ausencia de diferencias entre tratamientos ( $P>0.05$ ).

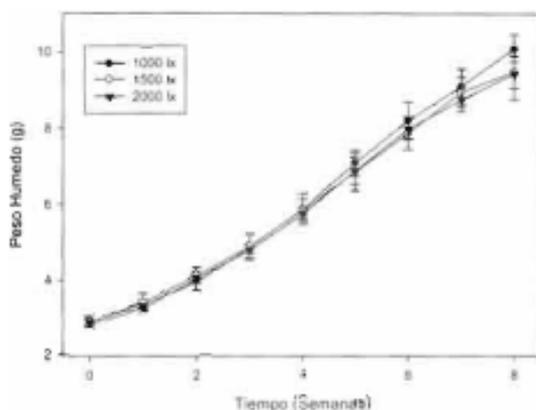


Figura 1. Efecto de tres intensidades lumínicas en el crecimiento de *Cichlasoma beanii* cultivados en tanques de recirculación (40 L) durante ocho semanas ( $n = 4$ ).

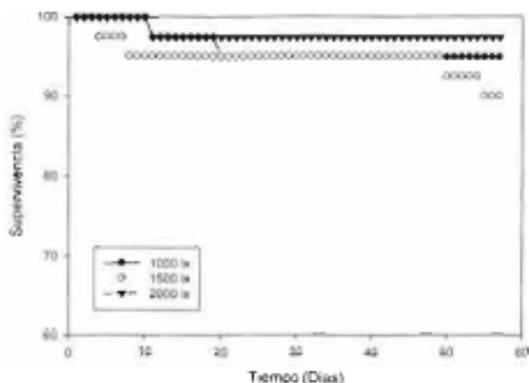


Figura 2. Efecto de tres intensidades lumínicas en la supervivencia de *Cichlasoma beanii* cultivados en tanques de recirculación (40 L) durante ocho semanas. Las barras de error estándar han sido omitidas para mejorar la visualización (% promedio;  $n = 4$ ).

Experimento 2: Efecto del fotoperíodo en *Cichlasoma beanii*

Al inicio del experimento, no se observaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en peso húmedo ni en longitud patrón entre los tratamientos. Después de ocho semanas de cultivo, no se encontraron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos (Tabla 2) para ninguna de las variables de respuesta (Figuras 3 y 4).

Tabla 2. (Promedio  $\pm$  1 D.E.) Peso húmedo y longitud patrón inicial y final ( $P_i$ ,  $P_f$ ,  $L_i$ ,  $L_f$ ), supervivencia final observada, tasa específica de crecimiento (TEC) heterogeneidad de tallas [HT (g)] (peso húmedo final), K de Fulton (peso húmedo y longitud patrón final), tasa Carbono-Nitrógeno (Tasa C:N), contenido de humedad (%) y contenido de Histamina (ppm/músculo) de *Cichlasoma beanii* cultivados en fotoperíodos de 24:00, 16:08 y 08:16 (L:O).

Fotoperíodo (L:O)	24:00	16:08	08:16
Supervivencia final (%)	93.33 $\pm$ 11.54	96.86 $\pm$ 5.77	100.0 $\pm$ 0.00
$P_i$ (g)	9.50 $\pm$ 0.26	9.76 $\pm$ 0.63	9.76 $\pm$ 1.00
$L_i$ (cm)	6.19 $\pm$ 0.10	6.17 $\pm$ 0.09	6.23 $\pm$ 0.05
$P_f$ (g)	18.97 $\pm$ 1.09	18.08 $\pm$ 1.05	18.20 $\pm$ 0.85
$L_f$ (cm)	7.51 $\pm$ 0.04	7.52 $\pm$ 0.19	7.49 $\pm$ 0.23
T.E.C. (%/día)	1.21 $\pm$ 0.11	1.08 $\pm$ 0.01	1.09 $\pm$ 0.09
HT (g)	1.35 $\pm$ 0.43	1.24 $\pm$ 0.02	1.19 $\pm$ 0.22
K de Fulton	4.46 $\pm$ 0.17	4.24 $\pm$ 0.11	4.33 $\pm$ 0.25
Tasa C:N	2.91 $\pm$ 0.19	3.07 $\pm$ 0.34	2.97 $\pm$ 0.26
Contenido de Humedad (%)	66.01 $\pm$ 1.81	67.68 $\pm$ 4.12	67.71 $\pm$ 4.45
Histaminas (ppm/musculo)	1.53 $\pm$ 1.56	3.19 $\pm$ 2.50	1.46 $\pm$ 1.22

Los superíndices han sido omitidos debido a la ausencia de diferencias entre tratamientos ( $P>0.05$ ).

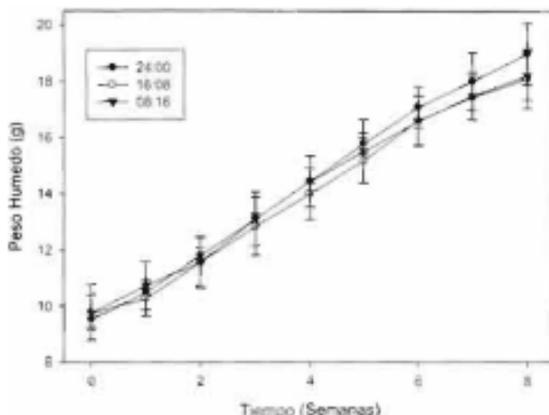


Figura 3. Efecto de tres fotoperiodos en el crecimiento de *Cichlasoma beani* cultivados en tanques de recirculación (40 L) durante ocho semanas ( $n=3$ ).

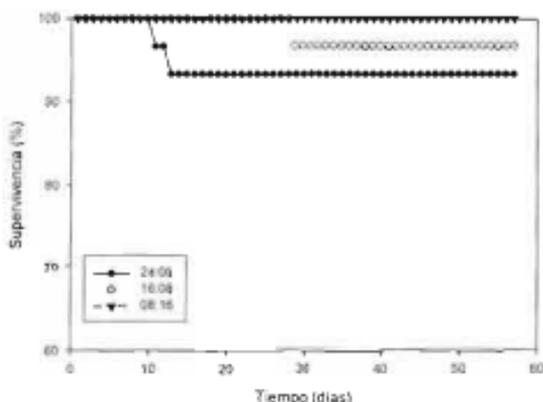


Figura 4. Efecto de tres fotoperiodos en la supervivencia de *Cichlasoma beani* cultivados en tanques de recirculación (40 L) durante ocho semanas. Las barras de error estándar han sido omitidas para mejorar la visualización (% promedio;  $n=3$ ).

## DISCUSIÓN

El presente estudio es el primero en demostrar, bajo las condiciones de cultivo utilizadas, que el intervalo de intensidades de luz y los fotoperiodos probados no influyen en el desempeño de *Cichlasoma beanii*. Las intensidades y periodos de luz utilizados en la presente investigación se basaron en los cuales *O. niloticus* ha sido cultivada, esto debido a que la información sobre la biología y cultivo de *C. beanii* es escasa (García-Lizárraga *et al.*, 2011; Aragón Flores *et al.*, 2014b; Martínez-Cárdenas *et al.*, 2014). De manera similar, la exposición a diferentes intensidades de luz y fotoperiodos no generó un efecto significativo en el desempeño en especies como *Hippocampus whitei*, *O. niloticus* y *C. carpio* (Wong y Benzie, 2003; Vera-Cruz *et al.*, 2004; Karakatsaouli *et al.*, 2010).

La preferencia de una especie por un nivel de intensidad luminica o un fotoperiodo depende de la etapa del ciclo de vida en la que se encuentre, esto debido a que la distribución en el hábitat y la alimentación se modifican acorde al crecimiento de los peces (Boeuf y Le Baile, 1999). En diferentes investigaciones, *O. niloticus* ha sido expuesta a una amplia gama de intensidades de luz que van desde los 120 lx hasta los 2500 lx (Rhida y Cruz, 2000; Biswas y Takeuchi, 2003; Biswas *et al.*, 2005; Campos-Mendoza *et al.*, 2004; El-Sayed y Kawanna, 2004; Rad *et al.*, 2006; Luchiani y Freire, 2009). Sin embargo, las intensidades de luz probadas en el presente estudio se basaron tomando en cuenta las utilizadas por Rhida y Cruz (2000), quienes reportaron que el efecto combinado de intensidades luminicas de 500 y 2500 lx y fotoperiodos 15:09 y 12:12 (L:O) (2500 lx/15 L y 500 lx/ 12 L) incrementaron el crecimiento de reproductores de *O. niloticus* sin estimular la reproducción. En el presente estudio se eligieron intensidades de 1000, 1500, y 2000 lx (intervalo utilizado por Rhida y Cruz, 2000) con un fotoperiodo 12:12 (L:O), con el objetivo de observar el efecto de estas intensidades en el crecimiento de *C. beanii* y no en su reproducción. El uso de fotoperiodos continuos o extendidos de luz puede optimizar

el cultivo de una especie comparado con el fotoperiodo al que está expuesta de manera natural (Boeuf y Le Baile, 1999). Debido a esto, el fotoperiodo 12:12 (L:O) considerado similar al que *C. beanii* pudiera estar expuesta de manera silvestre, no fue elegido como tratamiento en la presente investigación. Se ha reportado que los periodos continuos o largos de luz han estimulado el crecimiento de *O. niloticus* (Campos-Mendoza *et al.*, 2004; El-Sayed y Kawanna, 2004; Rad *et al.*, 2006), así como han estimulado el crecimiento de especies como *Scophtalmus maximus*, *G. morhua*, *Psetta maeotica*, *C. carpio*, *H. abdominalis*, *S. alpinus* y *Acipenses persicus* (Stefánsson *et al.*, 2000; Puvanendran y Brown, 2002; Turker, 2005; Danisman y Yigit, 2009; Martínez-Cárdenas y Purser, 2011; Falahakatar *et al.*, 2012; Gunnarson *et al.*, 2012). Debido a lo anterior, fueron seleccionados los fotoperiodos probados en la presente investigación. Sin embargo, pese a que en ambos experimentos se observó crecimiento de los individuos (Tabla 1 y 2), no hubo una preferencia estadísticamente significativa de *C. beanii* por alguna intensidad de luz o fotoperiodo.

Los periodos 24:00, 16:08 y 08:16 (L:O) no generaron un efecto significativo en el crecimiento, supervivencia y condición de *C. beanii* en el presente estudio (Tabla 2). Los peces cultivados en los tratamientos 16:08 y 08:16 (L:O) fueron alimentados durante la fase luminica de estos periodos, lo cual posiblemente proporcionó el tiempo suficiente para que se alimentaran, digirieran y asimilaran el alimento de igual forma que los peces cultivados en 24:00 (L:O). Lo anterior en combinación con la disponibilidad de alimento durante el experimento, pudo evitar el estrés fisiológico en los tres tratamientos sin producir diferencias estadísticas como se observó en los resultados de condición. La eficiente asimilación del alimento en los tratamientos de fotoperiodo pudo ser originada por los hábitos diurnos de *C. beanii*, los cuales pueden estar relacionados con la distribución natural de la familia Cichlidae que se restringe a regiones tropicales (Smith *et al.*, 2008). Estas zonas se caracterizan por tener fotoperiodos más largos o proporcionales comparados con otras regiones del mundo, así como por mantener temperaturas altas la mayoría del año. Posiblemente esta adaptación, permitió a *C. beanii* mejorar la asimilación del alimento y disminuir la

influencia de los tres fotoperiodos utilizados en el presente estudio. Lo anterior coincide con El-sayed y Kawanna (2004), quienes reportaron que juveniles de *O. niloticus* cultivados en sistemas de recirculación con una intensidad de 2500 lx, no presentaron un efecto significativo en crecimiento, T.E.C., supervivencia y tasa de conversión alimenticia en periodos de 24:00, 18:06, 12:12 y 06:18 (L:O), lo anterior se atribuyó a los hábitos diurnos de *O. niloticus*, así como la etapa del ciclo de vida de los ejemplares estudiados. Cabe resaltar que pese a las diferentes intensidades luminicas usadas en el experimento de fotoperiodo del presente estudio y de la investigación de El-sayed y Kawanna (2004), los resultados de ambos trabajos fueron similares. Por otra parte, los hábitos diurnos de *C. beanii* pueden estar relacionados con los niveles de melatonina que produce la especie, esta hormona producida por la glándula pineal y conos retinales, funciona como un temporizador natural en los vertebrados (Boeuf y Le Baile, 1999). La actividad locomotriz y los ritmos endógenos de los peces se relacionan con la producción de melatonina, la cual disminuye durante la fase luminica e incrementa durante la fase oscura como se ha observado en *H. abdominalis* (Martinez-Cárdenas *et al.*, 2008). Sin embargo, no existen estudios sobre los niveles de melatonina producidos por *C. beanii*, debido a esto sería útil que en futuras investigaciones se examinen los niveles de melatonina de *C. beanii* cultivada en diferentes fotoperiodos e intensidades luminicas.

Varios autores han reportado que la intensidad luminica puede influir (positiva o negativamente) en el comportamiento alimenticio de los peces, lo cual tiene un efecto directo en el crecimiento (Nwosu y Holzlohner, 2000; Puvanendran y Brown, 2002; Trippel y Neil, 2003; Richmond *et al.*, 2004; Monk *et al.*, 2006; Sheng *et al.*, 2006). En algunos casos, es necesario un nivel mínimo de intensidad de luz para que un pez pueda tener una mejor visualización del alimento y un mayor éxito de captura, ya que la escasa o excesiva cantidad de luz puede ser estresante para los peces e incluso causar la muerte de los individuos (Boeuf y Le Baile 1999). La similitud en la respuesta de los peces del experimento de intensidad luminica del presente estudio puede estar relacionada con la adaptación de *C. beanii* a las variaciones de

intensidad de luz en su hábitat natural, el cual se caracteriza por tener aguas claras a turbias ricas en algas y hasta 2 m de profundidad (Miller *et al.*, 2009). Uno de los principales mecanismos de distribución de la luz en el agua es la profundidad debido a que la absorción, dispersión y refracción de la luz se realiza en las primeras capas de la superficie del agua, mientras que gran parte de la absorción de la luz es causada por las partículas suspendidas que impiden el paso de luz a través de la columna de agua (Boeuf y Le Baile, 1999; De-Robertis *et al.*, 2003). Estas condiciones en conjunto con las variaciones diarias y estacionales del fotoperiodo producen oscilaciones en la cantidad de luz que reciben los peces, lo que pudo ocasionar que los ejemplares *C. beanii* no percibieran diferencias en el intervalo de intensidades a las cuales fueron expuestos durante el presente estudio. Lo anterior coincide con Karakatsouli *et al.* (2010) quienes reportaron que las intensidades luminicas de 150 y 300 lx no mostraron un efecto significativo en el crecimiento de juveniles de dos variedades de *C. carpio*, los cuales fueron cultivados en sistemas de recirculación con filtración biológica y mecánica, expuestos a un fotoperiodo 12:12 (L:O) durante 143 días. La respuesta de *C. carpio* se relacionó al insuficiente contraste entre las intensidades de 150 y 300 lx, las cuales asemejan el ambiente turbio en el que habita naturalmente la especie. De manera similar, Luchiani *et al.* (2006) reportaron que *Sander lucioperca* fue expuesta a dos gradientes de intensidad uno de 1 a 50 lx y otro de 25 a 300 lx durante un periodo de cinco días sin alimentación. Las intensidades de 1.2 y 27.5 lx fueron preferidas por *S. lucioperca*, esta preferencia se relacionó a que la especie se considera un predador crepuscular, ya que en su medio natural se alimenta durante la tarde o noche. Por otra parte, intensidades de 100, 500, 1000 y 1500 lx no influyeron significativamente en el crecimiento de larvas tempranas de *Centropomus striata* cultivadas en periodos 12:12 (L:O) (Copenalnd y Watanabe, 2006). En futuras investigaciones sería interesante ampliar el intervalo de intensidades luminicas para observar cual es la respuesta de *C. beanii* y establecer si tiene preferencia por otra intensidad.

La tolerancia que presentaron los individuos de *C. beanii* a los fotoperiodos e intensidades lumínicas en las que fueron cultivados durante el presente estudio puede estar relacionada con la etapa de vida de los peces (juvenil). Según Karakatsouli *et al.* (2010) los efectos del espectro de luz pueden tardar en manifestarse en etapas juveniles de algunos peces. Esto coincide con El-Sayed y Kawana (2004), quienes expusieron a *O. niloticus* durante 60 días (alevines) y 90 días (juveniles) a periodos de 24:00, 18:06, 12:12 y 06:18 (L:O) con una intensidad lumínica de 2500 lx. La respuesta de los juveniles no produjo diferencias estadísticas, mientras que los alevines presentaron mejor crecimiento en periodos de 24:00 y 18:06 (L:O) comparado con el resto de los tratamientos. En contraste, Rad *et al.* (2006) expusieron alevines de *O. niloticus* durante 24 semanas a periodos de 24:00, 20:04, 16:08 (L:O) y un fotoperiodo natural, en tanques con volumen de 500 L, a intensidades lumínicas de 700 a 850 lx y una temperatura de 27° C. Los autores reportaron que *O. niloticus* presentó mayor crecimiento en 24:00 (L:O) comparado con el resto de los tratamientos, este efecto se observó hasta la sexta semana de cultivo cuando los ejemplares eran ya juveniles. Es posible que los alevines de *O. niloticus* se adaptaran a los fotoperiodos durante las primeras seis semanas de cultivo lo que originó diferencias estadísticas hasta la etapa juvenil.

Las tendencias (aunque no significativas) de mayor crecimiento en 1000 lx y 24:00 (L:O) en el presente estudio, se observaron hasta la octava semana de experimento (Gráficas 1 y 2). Se ha reportado que es necesario un periodo de adaptación a los cambios de fotoperiodo para observar algún efecto significativo de este sobre los peces (Simensen *et al.*, 2000; Ergun *et al.*, 2003; Danisman y Yigit, 2009). Esto coincide con Vera-Cruz *et al.* (2004), quienes señalaron que después de tres semanas de cultivo, periodos de 16:08 y 08:16 (L:O) no afectaron significativamente el crecimiento de juveniles *O. niloticus* alimentados con el 3% de la biomasa total por tanque. Lo anterior se relacionó a que el periodo de cultivo fue insuficiente para que *O. niloticus* se aclimatara a los fotoperiodos en los que se cultivó, así como a la distribución del alimento durante el experimento. En contraste, según Biswas y

Takeuchi (2003), juveniles tempranos de *O. niloticus* alimentados a saciedad y con el 5% de la biomasa total por tanque obtuvieron mayor crecimiento en periodos de 06:06 (L:O) después de seis semanas de cultivo. En el presente estudio, la disponibilidad de alimento fue adecuada para los peces como se mencionó anteriormente, es posible que el periodo de aclimatación de juveniles de *C. beani* a los cambios de luz en cautiverio sea más largo, debido a esto solo se observó una tendencia no significativa sobre 1000 lx de intensidad de luz y el fotoperiodo 24:00 (L:O). En futuras investigaciones se sería útil extender el periodo de cultivo de *C. beani* en diferentes intensidades luminicas y fotoperiodos, así como estudiar su efecto en las diversas etapas del ciclo de vida de *C. beani*.

Las condiciones favorables de cultivo establecidas en ambos experimentos de la presente investigación pudo propiciar la respuesta positiva de los ejemplares de *C. beani* a las intensidades de luz y fotoperiodo a los que fueron expuestos. Entre estas condiciones cabe resaltar la tasa de alimentación (5% de la biomasa total por tanque) que se ofreció a los peces. Biswas y Takeuchi (2003) probaron en *O. niloticus* diferentes tasas e intervalos de alimentación en diferentes fotoperiodos, reportaron que el mejor crecimiento de los ejemplares se observó en periodos de 06:06 (L:O) [comparado con 03:03, 12:12 y 24:24 (L:O)] alimentados *ad libitum* y con el 5% de la biomasa total por tanque (ambas divididas en cuatro raciones), esto se relacionó con el equilibrio entre el consumo de alimento y gasto de energía de los peces, así como con la distribución del alimento en los fotoperiodos. Durante el desarrollo del presente estudio, se observó que en los periodos de alimentación los peces consumían alimento de la superficie y del fondo del tanque, mientras que el alimento no consumido era extraído durante el sifoneo antes de la primera alimentación del día siguiente. Es posible que la tasa de alimentación (5% de la biomasa total por tanque) permitiera a los peces disponer de alimento durante los periodos sin suministro de alimentación, lo que sugiere que fue adecuada para *C. beani*. En futuras investigaciones, resultaría útil investigar el efecto de oscuridad continua en *C. beani*, así como probar diferentes periodos y porcentajes de alimentación. Según los

requerimientos de cada especie, una temperatura adecuada puede mejorar el consumo y asimilación de alimento, lo que incrementa el crecimiento y la supervivencia (Jonassen *et al.*, 2000). Martínez-Cárdenas *et al.* (2014), reportaron que existe una tendencia hacia un mejor crecimiento en juveniles de *C. beanii* cultivados en temperaturas de 30° C comparado con temperaturas de 26 y 28° C, el cual se relacionó con una mejor asimilación de nutrientes y mayor metabolismo. Posiblemente, la temperatura de 30° C establecida en el presente estudio estimuló la ingesta de alimento en los peces de ambos experimentos, lo que pudo favorecer la respuesta de los individuos de forma similar al final del presente estudio.

La calidad del agua durante el presente estudio se mantuvo en niveles adecuados para el cultivo en ambos experimentos, estos niveles coinciden con otros trabajos (Aragón-Flores *et al.*, 2014b; Martínez-Cárdenas *et al.*, 2014) sobre juveniles de *C. beanii* cultivados en sistemas de recirculación con biofiltración similares a los utilizados en el presente estudio. Las condiciones favorables de calidad de agua en la presente investigación y los altos valores de la tasa Carbono:Nitrogeno (mayor de 3) y el contenido de humedad (aproximadamente 70%) en todos los tratamiento de ambos experimentos, sugiere que los peces no fueron estresados ambiental o nutricionalmente. De manera similar, los resultados de las pruebas de histaminas estuvieron por debajo de los niveles que establecen la Administración de Drogas y Alimentos de Estados Unidos (USFDA, Lampila y Tom, 2009) y la NOM-242-SSA1-2009 (100 ppm y 50 ppm respectivamente), lo cual indica que la toxicidad en el tejido de los peces fue nula (Barba-Quintero *et al.*, 2012), y sugiere que los peces no sufrieron estrés por la exposición a los tratamientos de intensidad de luz y fotoperíodo en el presente estudio.

## CONCLUSIONES

El crecimiento, la supervivencia y la condición de *Cichlasoma beanii* no fueron influenciadas significativamente por las intensidades lumínicas y los fotoperiodos utilizados en el presente estudio bajo las condiciones de cultivo descritas. Sin embargo, se observó una ligera tendencia que sugirió que *C. beanii* podría tener mejor crecimiento en intensidades lumínicas de 1000 lx y fotoperiodos de 24:00 (L:O).

Los resultados de la presente investigación pueden estar relacionados a las adaptaciones naturales de *C. beanii*, las condiciones favorables de cultivo y la etapa del ciclo de vida de los ejemplares utilizados en el presente estudio, las cuales pudieron propiciar la tolerancia a las intensidades lumínicas y fotoperiodos a las que *C. beanii* fue expuesta.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAYAMO



SISTEMA DE BIBLIOTECA

## LITERATURA CITADA

- 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 of Fish Biology* 67: 1029-39.
- AOAC. 2002. Official Method 977.17. Método fluorométrico: análisis de histamina. AOAC II. (35), 17-19.
- Appelbaum, S. and Kelmer, E. 2000. Survival, growth, metabolism and behavior of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) early stages under different light conditions. *Aquaculture Engineering* 22: 169-287.
- Aragón-Flores, E.A., Martínez-Cárdenas, L. y Valdez-Hernández, E.F. 2014a. Efecto del fotoperiodo en peces de consumo cultivado en distintos tipos de sistemas experimentales. *Revista Bio Ciencias* 3: 17-27.
- Aragón-Flores, E.A., Martínez-Cárdenas, L., Valdez-Hernández, E.F., González-Díaz, A.A., Soria-Barreto, M., Castañeda-Chávez, M.R., Ruiz-Velazco, J.M. and Peña-Messina, E. 2014b. Effect of stock density on growth, survival and condition of the Mexican Cichlid *Cichlasoma beanii*. *Journal of the World Aquaculture Society* 45: 447-453.
- Arnott, G. and Elwood, R.W. 2009. Gender differences in aggressive behaviour in convict cichlids. *Animal Behaviour* 78: 1221-1227.
- Ashley, P.J. 2007. Fish welfare: Current issue in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science* 104: 199-235.
- Ballagh, D.A., Pankhurst, P.M. and Fielder, D.S. 2008. Photoperiod and feeding interval requirements of juvenile mulloway, *Argyrosomus japonicus*. *Aquaculture* 277: 52-57.

- Barba-Quintero, G., Ramirez-De León, J.A., Cortés-Ruiz, J.A., Sánchez-Humaran, I.L., Ruelas-Inzunza, J.R y Moreno-Hernández, J.M. 2012. Contenido de histamina y calidad microbiológica de pescado comercializado en Mazatlán, Sinaloa. *BIOTecnia* 14: 3-12.
- Barimani, S., Kazemi, M.B. and Hazei, K. 2013. Effects of different photoperiod regimes on growth and feed conversion rate of young Iranian and French trout (*Oncorhynchus mykiss*). *World Applied Sciences Journal* 21: 1440-44.
- Barlow, C.G., Pearce, M.G., Rodgers, L.J. and Clayton, P. 1995. Effects of photoperiod on growth, survival and feeding periodicity of larval and juvenile barramundi *Lates calcarifer* (Bloch). *Aquaculture* 138: 159-168.
- Biswas, A.K. and Takeuchi, T. 2003. Effects of photoperiod and feeding interval on food intake and growth rate of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. *Fisheries Science* 69: 1010-16.
- Biswas, A.K., Morita, T., Yoshizaki, G., Maita, M. and Takeuchi, T. 2005. Control of reproduction in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) by photoperiod manipulation. *Aquaculture* 243: 229-239.
- Biswas, A.K., Seoka, M., Inagaki, H. and Takii, K. 2010. Reproduction, growth, and stress response in adult red sea bream, *Pagrus major* (Temminck & Schlegel) exposed to different photoperiods at spawning season. *Aquaculture Research* 41: 519-527.
- Boeuf, G. and Le Bail, P.Y. 1999. Does light have an influence on fish growth? *Aquaculture* 177: 129-152.
- Bradshaw, W.E. and Holzapfel, C.M. 2007. Evolution of animal photoperiodism. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 38: 1-25.
- 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.
- Copeland, K.A. and Watanabe W. 2006. Light intensity effects on early life stages of black sea bass, *Centropristis striata* (Linnaeus 1758). *Aquaculture Research* 37: 1458-1463.
- Danisman-Yagci, D. and Yigit, M. 2009. Influence of increased photoperiods on growth, feed consumption and survival of juvenile mirror carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758). *Journal of Fisheries Sciences* 3: 146-152.
- De-Robertis, A., Ryer C.H., Veloza, A. and Brodeur, R.D. 2003. Differential effects of turbidity on prey consumption of piscivorous and planktivorous fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 60: 1517-1526.
- Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., Kawabata, Z.I., Knowler, D.J., Leveque, C., Naiman, R.J., Prieur-Richard, A.H., Soto, D., Stiassny, M.L.J. and Sullivan, C.A. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status, and conservation challenges. *Biological Reviews* 81: 163-182.
- El-Sayed, A.F.M. and 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.
- 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.
- Falahatkar, B., Poursaeid, S., Efatpanah, I. and Meknatkiah, B. 2012. Effect of photoperiod manipulation on growth performance, physiological and hematological indices in juvenile Persian sturgeon, *Acipenser persicus*. *Journal of the World Aquaculture Society* 43: 679-687.

- Felder, 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.
- Fiszbein, A., Cánepa, M., Vázquez, G.R., Maggese, C. and Pandolfi, M. 2010. Photoperiodic modulation of reproductive physiology and behaviour in the cichlid fish *Cichlasoma dimerus*. *Physiology & Behaviour* 99: 425-432.
- Foley, J.A., DeFries, R., Anser, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., Patz, J.A., Prentice, S.R., Ramankutty, N., and Snyder, P.K. 2005. Global Consequences of Land Use. *Science*. 309: 570-574.
- Frantzen, M., Arnesen, A.M., Damsgard, B., Tveiten, H. and Johnsen, H.K. 2004. Effects of photoperiod on sex steroids and gonad maturation in Arctic char. *Aquaculture* 240: 561-574.
- Froese, R. and Pauly, D. Editors. 2011. FishBase. World Wide Web electronic publication. (En línea). Consultado 15 de mayo 2012. Disponible en: [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version.
- García-Lizárraga, M.A., Soto-Franco, F.E., Velasco-Arce, R.J.M. J., Velazques-Abunader, J.I., Ramirez-Pérez, J.S. and Peña-Messina E. 2011. Population Structure and Reproductive Behavior of Sinaloa *Cichlasoma beani* (Jordan, 1889) in a Tropical Reservoir. *Neotropical Ichthyology* 9:593-599.
- Grant, J.W.A., Girard, I.L., Breau, C. and Weir, L.K. 2002. Influence of food abundance on competitive aggression in juvenile convict cichlids. *Animal Behaviour* 63:323-330.
- Gunnarsson, S., Imsland, A.K., Slikavuopio, S.I., Árnason, J., Gustavsson, A. and Thorarensen, A. 2012. Enhanced growth of farmed Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) following a short-day photoperiod. *Aquaculture* 350-353: 75-81.

- Hansen, T., Karlsen, O., Taranger, G.L., Hemre, G.I., Holm, J.C. and Kjesbu, O.S. 2001. Growth, gonadal development and spawning time of Atlantic cod (*Gadus morhua*) reared under different photoperiods. *Aquaculture* 203: 51-67.
- Heg, D. 2010. Status-dependent and strategic growth adjustments in female cooperative cichlids. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 64: 1309-16.
- 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.
- Howell, A., Berlinsky, D.L. and Bradley, T.M. 2003. The effect of photoperiod manipulation in the reproduction of black sea bass, *Centropristis striata*. *Aquaculture* 218: 651-669.
- Imsland, A.K. and Jonassen, T. 2005. The relation between age at first maturity and growth in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) reared at four different light regimes. *Aquaculture Research* 36: 1-7.
- Imsland, A.K., Foss, A., Stefansson, S.O., Mayer, I., Norberg, B., Roth, B. and Jenssen, M.D. 2006. Growth, feed conversion efficiency and growth heterogeneity in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) reared at three different photoperiods. *Aquaculture Research* 37: 1099-1106.
- Jonassen, T. M., Imsland, A.K., Kadowaki, S. and Stefansson, S.O. 2000. Interaction of temperature and photoperiod on growth of Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus* L. *Aquaculture Research* 31: 219-227.
- Karakatsouli, N., Papoutsoglou, E.S., Sotiropoulos, N., Mourtikas, D., Stigen-Martinsen, T. and Papoutsoglou, S.E. 2010. Effects of light spectrum, rearing density and light intensity on growth performance of scaled and mirror common carp *Cyprinus carpio* reared under recirculating system conditions. *Aquacultural Engineering* 42: 121-127.

- Kissil, G.Wm., Lupatch, I., Elizur, A. and Zohay, Y. 2001. Long photoperiod delayed spawning and increased somatic growth in gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture* 200: 363-379.
- Lampila, L. and Tom, P. 2009. Compendium of fish and fishery product processing methods, hazards and controls. Chapter 27. Scombrototoxin (histamine) formation. National Seafood HACCP Alliance for Training and Education. <http://seafood.ucdavis.edu/haccp/compendium/Chapt27.htm#Top>.
- Leiser, J.K., Gagliardi, J.L. and Itzkowitz, M. 2004. Does size matter? Assessment and fighting in small and large size-matched pairs of adult male convict cichlids. *Journal of Fish Biology* 64:1339-1350.
- Lorenz, O.T., O'Connell, M.T. and Schofield, P.J. 2011. Aggressive interactions between the invasive Rio Grande cichlid (*Herichthys cyanoguttatus*) and native bluegills (*Lepomis macrochirus*), with notes on redspotted sunfish (*Lepomis miniatus*). *Journal of Ethology* 29:39-46.
- Luchiani, A.C., Morais-Freire, F.A., Koskela, J. and Pirhonen, J. 2006. Light intensity preference of juvenile pikoperch *Sander lucioperca* (L.). *Aquaculture Research* 37: 1572-1577.
- Luchiani, A.C. and Morais-Freire, F.A. 2009. Effects of environmental colour on growth of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758), maintained individually or in groups. *Journal of Applied Ichthyology* 25: 162-167.
- Martinez-Cárdenas, L., Porter, M. and Purser, G.J. 2008. Light-dark variations in plasma melatonin concentrations in pot-bellied seahorse *Hippocampus abdominalis* Lesson, 1827. *Journal of Fish Biology* 72: 1799-1803.
- Martinez-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.

- Martínez-Cárdenas, L., Valdez-Hernández, E.F., González-Díaz, A.A., Soria-Barreto, M., Castañeda-Chávez, M.R., Ruiz-Velazco, J.M., Peña-Messina E. and Robles-Bermudez, A. 2014. Preliminary observations on *Cichlasoma beanii* in culture conditions. *Latin American Journal of Aquatic Research* 42: 639-643.
- Miller, R.R., Minckley, W.L. and Norris, M.S. 2009. Peces dulceacuicolas de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, El Colegio de la Frontera Sur, Sociedad Ictiológica Mexicana, A.C., Desert Fishes Council. México. 559 p.
- Monk, J., Puvanendran, V. and Brown, J.A. 2006. Do different light regimes affect the foraging behaviour, growth and survival of larval cod (*Gadus morhua* L.)? *Aquaculture* 257: 287-293.
- 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.
- NOM-242-SSA1-2009. Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba. Norma Oficial Mexicana.
- Nwosu, F.M. and Holzlohner, S. 2000. Effect of light periodicity and intensity on the growth and survival of *Heterobranchius longfilis* Val. 1840 (Teleostei: Clariidae) larvae after 14 days of rearing. *Journal of Applied Ichthyology* 16: 24-26.
- Oshima, N. and Yokozeki, A. 1999. Direct control of pigment aggregation and dispersion in *Tilapia erythrophores* by light. *Zoological Science* 16: 51-54.
- Patange, S.B., Mukundan, M.K. and Ashok-Kumar, K. 2005. A simple and rapid method for colorimetric determination of histamine in fish flesh. Central Institute of Fisheries Technology, India. *Food Control* 16: 465-472.
- Prayogo, N.A., Wijayanti, G.E., Murwantoko, Kawaichi M. and Astuti, P. 2012. Effect of photoperiods on melatonin levels, the expression cGnRH-II and sGnRH

- genes and estradiols level in hard-lipped barb (*Osteochilus hasselti* C.V.). *Global Veterinaria* 8: 591-597.
- Pérez-Sánchez, E. and Páramo-Delgadillo, S. 2008. The Culture of Cichlids of Southeastern Mexico. *Aquaculture Research* 39: 777-783.
- Puvanendran, V. and Brown, J.A. 2002. Foraging, growth and survival of Atlantic cod larvae reared in different light intensities and photoperiods. *Aquaculture* 214: 131-151.
- Rad, F., Bozaoglu, S., Gozukara, S.E., Karhan, A. and Kurt, G. 2006. Effects of different long-day photoperiods on somatic growth and gonadal development in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture* 255: 292-300.
- Richmond, H.E., Hrabik, T.R. and Mensinger, A.F. 2004. Light intensity, prey detection and foraging mechanism of age 0 year yellow perch. *Journal of the fish biology* 65: 195-205.
- 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.
- 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 Stefánsson, S. 2000. Photoperiod regulation of growth of juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) *Aquaculture* 190: 119-128.
- Smith, W., Prosanta, L. C. and Sparks, J.S. 2008. Phylogeny, Taxonomy, and Evolution of Neotropical Cichlids (Teleostei: Cichlidae: Cichlinae). *Cladistics* 24: 1-17.

- Stefánsson, 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.
- Trippel, E.A. and Neil, S.R.E. 2003. Effects of photoperiod and light intensity on growth and activity of juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Aquaculture* 217: 633-645.
- Turker, A. 2005. Effects of photoperiod on growth and feed utilization of juvenile black sea turbot (*Psetta meiotica*). *The Israel Journal of Aquaculture* 57: 156-163.
- Vera-Cruz, E.M. and Brown, C.L. 2009. Influence of the photoperiod on growth rate and insulin-like growth factor-I gene expression in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Journal of the Fish Biology* 75: 130-141.
- Vitousek, P.M., Mooney, H.A., Lubchenco, J. and Melillo, J.M. 1997. Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science* 277: 494-479.
- Waples, R.S., Zabel, R.W., Scheuerell, M.D. and Sanderson, B.L. 2007. Evolutionary Responses by Natives Species to Major Anthropogenic Changes to Their Ecosystems: Pacific Salmon in the Columbia River Hydropower System. *Molecular Ecology* 17: 84-96.
- 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.