



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**EFECTO DEL FOTOPERIODO CONTROLADO
EN LA MADURACIÓN GONÁDICA
DE MACHOS DE PARGO MULATO
Lutjanus griseus (LINNAEUS, 1758)**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO EN:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

MARTHA DE JESÚS JIMÉNEZ PERALTA

DIRECTORES

M. en C. María Leandra Salvadores Baledón

M. en C. María de Jesús Contreras García

Villahermosa, Tabasco, México. Octubre, 2019

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Efecto Del Fotoperiodo Controlado En La Maduración Gonádica De Machos De Pargo Mulato *Lutjanus Griseus* (Linnaeus, 1758)

Por Martha de Jesus Jimenez Peralta

CANTIDAD DE PALABRAS 8395

HORA DE ENTREGA

01-JUL-2025 01:39P. M.

NÚMERO DE
IDENTIFICACIÓN DEL
TRABAJO

117018504

Efecto Del Fotoperiodo Controlado En La Maduración Gonádica De Machos De Pargo Mulato Lutjanus Griseus (Linnaeus, 1758)

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	orinoquia.unillanos.edu.co Internet	227 palabras — 3%
2	www.redciencia.cu Internet	136 palabras — 2%
3	tropicalaquaculture.ujat.mx Internet	115 palabras — 2%
4	vsip.info Internet	92 palabras — 1%
5	biblat.unam.mx Internet	73 palabras — 1%
6	www.revista.unam.mx Internet	50 palabras — 1%
7	www.scribd.com Internet	48 palabras — 1%
8	www.coursehero.com Internet	45 palabras — 1%
9	pescayrios.juntaextremadura.es Internet	35 palabras — 1%

10	ecosur.repositorioinstitucional.mx Internet	34 palabras — < 1%
11	docplayer.es Internet	28 palabras — < 1%
12	ri.ujat.mx Internet	21 palabras — < 1%
13	vdocumento.com Internet	21 palabras — < 1%
14	revistas.ujat.mx Internet	20 palabras — < 1%
15	www.slideshare.net Internet	20 palabras — < 1%
16	Carazo Ortega, Ignacio. "Comportamiento reproductivo y fisiología del lenguado senegalés, (<i>Solea Senegalensis</i>) en cautividad.", Universitat de Barcelona (Spain) ProQuest	19 palabras — < 1%
17	documentop.com Internet	17 palabras — < 1%
18	pdf.usaid.gov Internet	17 palabras — < 1%
19	Jose Antonio Estrada Godinez, Minerva Maldonado Garcia, Vicente Gracia Lopez, Manuel Carrillo et al. "Efecto del fotoperiodo y la temperatura sobre la composicion bioquimica en reproductores silvestres de cabrilla sardinera, <i>Mycteroperca rosacea</i> (Streets, 1877)", Latin American Journal of Aquatic Research, 2014 Crossref	15 palabras — < 1%

20	www.fhi.org Internet	15 palabras — < 1%
21	bibliotecape.umar.mx Internet	13 palabras — < 1%
22	repositorio.unap.edu.pe Internet	13 palabras — < 1%
23	pt.scribd.com Internet	12 palabras — < 1%
24	www.ovinos.info Internet	12 palabras — < 1%
25	www.researchgate.net Internet	12 palabras — < 1%
26	revistas.up.ac.pa Internet	11 palabras — < 1%
27	www.fs.usda.gov Internet	11 palabras — < 1%
28	bdigital.dgse.uaa.mx:8080 Internet	10 palabras — < 1%
29	es.scribd.com Internet	10 palabras — < 1%
30	repositorio.unimagdalena.edu.co Internet	10 palabras — < 1%
31	repositorio.uns.edu.pe Internet	10 palabras — < 1%
32	bvearmb.do Internet	9 palabras — < 1%

33	hdl.handle.net Internet	9 palabras — < 1%
34	repositorio.unac.edu.pe Internet	9 palabras — < 1%
35	shcp.gob.mx Internet	9 palabras — < 1%
36	www.inifapcirpac.gob.mx Internet	9 palabras — < 1%
37	www.uanl.mx Internet	9 palabras — < 1%

EXCLUIR CITAS

ACTIVADO

EXCLUIR FUENTES

DESACTIVADO

EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA

ACTIVADO

EXCLUIR COINCIDENCIAS

< 9 PALABRAS

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN

OCTUBRE 01 DE 2019

**C. MARTHA DE JESÚS JIMÉNEZ PERALTA
PAS. DE LA LIC. EN BIOLOGIA
PRESENTE**

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se les autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis denominado: **"EFECTO DEL FOTOPERIODO CONTROLADO EN LA MADURACIÓN GONÁDICA DE MACHOS DE PARGO MULATO *Lutjanus griseus* (LINNAEUS, 1758)"**, asesorado por la M.C.A. María Leandra Salvadores Baledón y MCA. María de Jesús Contreras sobre el cual sustentará su Examen Profesional, cuyo jurado está integrado por el Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez, M.C.A. Alejandro Mcdonal Vera, M.C.A. María Leandra Salvadores Baledón, Dr. Ulises Hernández Vidal y MCA. María de Jesús Contreras.

**ATENTAMENTE
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCION EN LA FE**


**DR. ARTURO GARRIDO MORA
DIRECTOR**

UJAT
DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



DIRECCIÓN

C.c.p.- Expediente del Alumno.
Archivo.



KM. 0.5 CARR. VILLAHERMOSA-CÁRDENAS ENTRONQUE A BOSQUES DE SALOYA
Tel. (993) 358-1500 Ext. 6400 y 6401, 337-9611, 337-9706, Fax (993) 354-4308 y 358-1579

Usar papel reciclado economiza energía, evita contaminación y despilfarro de agua y ayuda a conservar los bosques

www.ujat.mx

CARTA AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis denominado: **"EFECTO DEL FOTOPERIODO CONTROLADO EN LA MADURACIÓN GONÁDICA DE MACHOS DE PARGO MULATO *Lutjanus griseus* (LINNAEUS, 1758)"**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco el Trabajo Recepcional antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en éste documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el Día 01 de Octubre de 2019

AUTORIZO



MARTHA DE JESÚS JIMÉNEZ PERALTA

Dedicatorias

Este pequeño espacio dentro del más grande reto que ahora presento me permite de la manera más humilde, humana y atenta agradecer a todas aquellas personas que fueron aportando en mi formación integral profesional, y desarrollo humano. Mis más sincero reconocimiento a mis padres, como inspiración de lucha y disciplina, a mis hermanos por sus enseñanzas y empatía.

Agradezco a mi institución que me dio el privilegio de formarme y permitirme hacer estancias que enriquecieron mi aprendizaje. De manera especial reconozco con cariño y respeto los aportes de mis profesores, Evelia, María Leandra, Wilfrido, Mary, Marisol, Arlette, Coral, Carlos Alfonso, Fernando, Dalila y Manuel Brown, los llevo en mi corazón.

Mis grandes amigos de aventuras, Nato, Omar, Aracely, Anais, Imer, Marcos Antonio, Estefanía, Elsy, Navith e Isaura, y sobre todo a ti Pita por tu apoyo incondicional, paciencia y tiempo, muchas gracias a todos. Agradezco sinceramente al equipo de Acuacultura, Jenny, Rama, Memo, Manuel y Felipe., que con mucha paciencia y solidaridad me apoyaron.

Me reconozco por lograr concluir este trabajo a pesar de las adversidades y mis temores, me prometo seguir haciendo y luchando por mis sueños porque deseo *“Hacer lo mejor para cumplir con mi deber, con la ciencia y con mis sueños”*.

INDICE

Dedicatoria	V
Índice	VI
Capítulo 1	1
Introducción	2
Antecedentes	3
Justificación	6
Objetivo	7
Hipótesis	7
Materiales y métodos	7
Capítulo 2	11
Portada de artículo	12
Resumen	13
Introducción	13
Materiales y métodos	14
Resultados	18
Discusión	19
Conclusión	21
Agradecimientos	21
Literatura citada	22
Anexos figura	
Anexos tablas	

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

CAPÍTULO 1

(Protocolo)

Introducción

Los peces son, desde tiempos ancestrales, una fuente importante para la obtención de proteína animal, aportando vitaminas y sales esenciales, así como aceites de la serie omega-3 que ayudan a controlar el colesterol y prevenir las enfermedades cardiovasculares. Adicionalmente, es un producto fácilmente comercializable y se obtiene por pesca o bien mediante la acuicultura. Esta última ha tomado gran relevancia en los últimos años, con un crecimiento del 8.9% desde 1970, en comparación al 2.8% del sector terrestre (Vela Vallejo & Gonzáles Posada, 2007). La acuicultura representa una grandiosa alternativa para producir animales acuáticos de manera sustentable, evitando así la explotación masiva de algunas especies de importancia comercial, a la vez que son una fuente generadora de empleo. Tan sólo en 1979 representaba el 7% del consumo humano total mundial, sin embargo en 1994 aumentó al 26%, reportándose en 2004 el 39 %, siendo uno de los crecimientos más rápidos; únicamente en la producción de animales acuáticos en 2014 se reporta 73,8 millones de toneladas, con un valor estimado de primera venta de 160.200 millones de USD (FAO, 2016).

La producción de especies continentales es la más consistente en su aporte, con un estimado de 47 millones de ton en comparación con las marítimas, que producen 26 millones de ton aportando anualmente en conjunto 73.78 millones de ton, en contraste con la producción mundial por pesca de 91.1 millones de ton (FAO, 2014). Dentro de los peces de aletas utilizados en la acuicultura destaca *Mylopharyngodon piceus* (FAO, 2014), para la cual se reportaron 5.5 millones de ton, demostrando que el ambiente acuático que tiene mayor recurrencia es de agua dulce, en contraste a las especies como *Catla catla* que reportó 2.7 millones de ton siendo marino.

En México, las especies de agua salobre o marina con algún grado de desarrollo en el cultivo son, robalo blanco del Atlántico *Centropomus undecimalis* (Álvarez-Lajonchère & Tsuzuki, 2008); el botete (*Sphoeroides annulatus*), el pargo lunarejo

(*Lutjanus guttatus*) del Pacífico (Álvarez-Lajonchère *et al.*, 2010), donde los niveles de producción de crías alcanzados hasta el momento (laboratorio y piloto-comercial) son reducidos y distan aún de alcanzar las magnitudes que se requieren a escala comercial, como se ha logrado hacer con otras especies de peces que se producen a nivel mundial en el orden de millones de organismos/año (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca [CONAPESCA, 2014]).

La familia *Lutjanidae* (pargos) está representada por tres géneros y diez especies, no obstante, únicamente el género *Lutjanus* (ocho especies) y el género *Hoplopagrus* (con una especie), son de interés comercial y recreativo, distribuidos en las plataformas continentales de la zona tropical y subtropical (Claro & Lindeman, 2008). Esta familia tiene una gran plasticidad por lo que han sido utilizados en estudios de acuicultura orientados al desove, reproducción y crecimiento mediante fotoperiodo y temperatura controlada obteniendo resultados positivos (Arnold *et al.*, 1978; Turano *et al.*, 2000; Martínez-Lagos, 2003; Botero-Arango & Castaño-Rivera, 2005; Papanikos *et al.*, 2008 & Guerrero-Tortolero *et al.*, 2008). En las costas de Tabasco se ha reportado la especie *Lutjanus griseus*, que al igual que las otras especies de su familia, cuenta con una gran apreciación en el mercado gracias a su excelente calidad, de acuerdo a (Procuraduría Federal del Consumidor [PROFECO, 2019]) la apreciación del kilogramo de pargo se encuentra en 120 pesos; cabe señalar que el consumo de pescado *per cápita* en México ha experimentado un dinamismo pasando de 8.9 en 2012 a 12k en 2015, (CONAPESCA, 2016).

Esta importancia ha generado interés en su cultivo, por lo que resulta imperioso generar información que permita controlar la reproducción en cautiverio. Paralelamente, este trabajo pretende inducir la maduración de los organismos empleando fotoperiodo controlado.

Antecedentes

L. griseus, es una especie muy versátil puesto que es eurihalina y euritópica: se le encuentra en casi todos los hábitats marinos de la zona costera, desde agua dulce

hasta 50 ppm y a profundidades desde unos pocos centímetros hasta 180 m (Rathjen, 1959; Rivas, 1971; Starck, 1971; FAO, 1978; Cervigón, 1993). Es una especie gonocórica, sin embargo, como caso excepcional Báez *et al.*, (1982), reportaron un ejemplar hermafrodita con una gónada de cada sexo. Sus gónadas son pares, de igual forma y tamaño en ambos sexos, no presenta caracteres externos de dimorfismo sexual y las tallas mínimas encontradas de organismos maduros son 185 mm longitud estándar (LE) en los machos y 195 mm LE en las hembras (Starck, 1971); en la plataforma suroeste (SW) de Cuba (Golfo de Batabanó), éste autor encontró ejemplares machos de *L. griseus* con las gónadas maduras, desde 180 mm longitud patrón (LH), 160 g de peso y un año de edad. Su época de desove es reportada desde junio a septiembre (Starck, 1971), aunque Domeier *et al.* (1996) plantean que el desove ocurre de junio a agosto.

Los principales desafíos a los que se enfrenta la acuicultura es la adaptación en cautiverio, maduración y reproducción de los organismos, consecuencia de la alta vulnerabilidad al estrés (Castelló, 2013), por lo cual se buscan alternativas reproductivas menos invasivas, como la manipulación de factores ambientales, entre ellos el fotoperiodo, la temperatura, conductas sociales y estimulación química. De manera concreta, los peces están sujetos a un proceso rítmico regulado por factores cíclicos ambientales como el fotoperiodo y temperatura; los cambios de estos factores a lo largo de las estaciones del año crean condiciones propicias para la maduración simultánea entre reproductores. Estos cambios son percibidos mediante receptores sensoriales de los mismos organismos; uno de los principales órganos sensoriales es el órgano pineal, cuya estructura secretora tiene la función neuronal de la percepción de información 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, como la reproducción. Esta información neuronales que percibe y codifica el órgano pineal deben alcanzar de manera directa o indirecta el hipotálamo y la hipófisis para modular la síntesis de factores reguladores

hipotalámicos y gonadotropinas hipofisarias, las cuales dirigen los ritmos del desarrollo gonadal y la reproducción (Muñoz-Cueto, 2013).

La melatonina es la hormona que determina la mayoría de las actividades rítmicas circadianas y estacionales de los vertebrados (Muñoz-Cueto, 2013). Los niveles de melatonina plasmática se elevan durante la noche y descienden durante el día, al darse los cambios cíclicos diarios se lleva a cabo la biosíntesis de la melatonina mediante la captación y conversión de triptófano a 5-hidroxitriptamina (serotonina) en dos pasos enzimáticos: inicia con la hidroxilación de triptófano por triptófano hidroxilasa conduce a la formación de 5- hidroxipriptófano que luego se descarboxila por medio del aminoácido aromático descarboxilasa para dar serotonina, en este punto la serotonina puede ser N-acetilada por medio de un específico serotonina N-acetiltransferasa (NAT), para ahora sí darse la conversión de N-acetilserotonina formado a melatonina es catalizado por hidroxindol-O-metiltransferasa (HIOMT), es importante considerar que existen otros compuestos metoxiindólicos que pueden ser sintetizados a partir de serotonina (Ekström & Meissl, 1997; Falcón *et al.*, 2009; Muñoz-Cueto, 2013). Hontela & Peter (1980) realizaron estudios en peces *Carassius auratus* mediante el procedimiento de la pinealectomía (extirpación de la glándula pineal) y así determinar el efecto en los niveles de gonadotropinas, encontrando que la pineal influye en el desarrollo gonadal a través de la alteración de los ciclos diarios de los niveles séricos de GTH en peces de colores, en otra investigación Khan & Thomas (1996) al trabajar en la influencia de la melatonina en *Micropogonias undulatus* sobre los niveles de gonadotropinas hipofisarias y/o de hormona liberadora de gonadotropinas, concluyendo que puede estimularse o inhibirse la secreción de GtH II actuando a nivel preóptico área hipotalámica anterior (POAH) y también directamente en la pituitaria para estimular GtH II.

Los ajustes en los periodos de luz/oscuridad genera un efecto en los peces dependiendo el de especie, etapa y comportamiento, se aplicó 8L/16D y 24L en larvas y juveniles de *Lates calcarifer* para evaluar el efecto de la luz prolongada en el crecimiento, supervivencia, mostrando que durante los primeros 8-10 días hay

un aumento en la tasa de crecimiento considerable, sin embargo no necesariamente en la sobrevivencia (Barlow *et al.*, 1995). Biswas en colaboración (2005); al utilizar el fotoperiodo largo (16L/8D) y continuo (24L/0D) encontraron una diferencia significativa en el *Pagrus major* respecto a su tasa de crecimiento en comparación a un estado normal. Otro estudio que se enfocó en la manipulación del fotoperiodo para la reproducción, crecimiento y respuesta al estrés en el *Pagrus major* encontró que las hembras expuestas a 16L/8D tuvieron desoves favorables, así como no hubo una respuesta significativa al estrés del experimento, respecto a crecimiento 24L/0D fue el mejor (Biswas *et al.*, 2010). Algunas especies de pargos han sido sometidas a este método, al igual que a la manipulación de la temperatura. En *Ocyurus chrysurus* se han reportado resultados positivos con 35.5 y 46.1% la fertilización de huevos (Turano *et al.*, 2000). El pargo amarillo *Lutjanus argentiventris*, respondió favorablemente al fotoperiodo logrando elevar la fecundidad y producir desoves fuera de temporada (Guerrero-Tortolero *et al.*, 2008); mientras que *Lutjanus campechanus* mostró un porcentaje de más del 90% de fertilidad (Arnold *et al.*, 1978). La mayoría de los estudios se enfoca a la maduración de las hembras, sin embargo, en años recientes se ha dado importancia a la conservación de germoplasma mediante la recolecta y criopreservación de esperma.

Justificación

El interés por cultivar pargos no es nuevo, pues existen varias especies sujetos a investigación por poseer alta apreciación mercantil debido a la calidad de la carne. En particular *Lutjanus griseus* presenta características que la hacen atractiva para su cultivo pues posee una gran plasticidad por ser resistente a cambios físico-químicos, presentando amplia distribución en las aguas costeras de Tabasco. La familia *Lutjanidae* ha tenido buena respuesta al ser sometida al confinamiento, sin embargo en la reproducción se presentan aún muchos retos, conseguir que el pez se reproduzca de manera natural sin ejercer ningún tipo de hormona ayuda a disminuir los gastos de producción, y evita el desorden hormonal con su injerencia,

obteniendo así carne libre de hormonas y esteroides, que a su vez llegan al organismo del consumidor. De ser posible lo anterior, nos permitiría en un futuro cercano utilizar la criopreservación aunado al fotoperiodo y obtener producciones de pargos a lo largo del año.

De tal manera, el presente estudio se enfoca en generar información nueva sobre el fotoperiodo en esta especie, que serán determinantes para elevar la producción de peces de manera óptima, de excelente calidad y fortalecer el comercio de las mismas con el menor gasto posible.

Objetivo general

Determinar el efecto del fotoperiodo en el proceso de maduración espermática de *Lutjanus griseus*

Objetivos específicos:

- Obtener machos maduros con espermatozoides fluidos de *L. griseus* mediante la manipulación del fotoperiodo.
- Evaluar la calidad del espermatozoides generados mediante fotoperiodo controlado.

Hipótesis: Los peces expuestos al fotoperiodo controlado responderán a los estímulos ambientales simulados, generando la maduración de las gónadas.

Materiales y métodos

La presente investigación se llevará a cabo en las instalaciones de la Estación Marina de Acuicultura (EMA) de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), ubicada en Jalapita, Centla, Tabasco. Se emplearán reproductores silvestres de *Lutjanus griseus* capturados en la laguna Mecoacán que son mantenidos en tanques de fibra de vidrio circulares de 63.6 m³ de capacidad (9m Ø, 1m altura), en condiciones del agua similares a su hábitat y alimentación a saciedad aparente, mediante el

suministro de alimento comercial para peces marinos (Skretting Alimento Marine MX® de 6mm, 45% de proteína, 12% de grasa, 1.2% fibra y 1.5% fosforo).

Tratamiento profiláctico. Se desparasitarán los peces con formol al 37% (0.2 mL por litro de agua) durante una hora, aplicándose dos veces con diferencia de un día.

Diseño experimental. Para determinar el efecto del fotoperiodo en la maduración de *L. griseus*, se realizará un diseño completamente aleatorizado de un factor (fotoperiodo), compuesto por dos tratamientos (natural y controlado) con dos réplicas cada uno. El primer tratamiento mantendrá las condiciones naturales que se presenta en la EMA, en dos tinajas de fibra de vidrio de 7 m³ de capacidad (3m Ø, 1m altura) con diez organismos cada uno, mientras que para el segundo se habilitará un cuarto forrado completamente con polietileno, con iluminación 24 horas (Lámparas de 200 W VOLTECK®), con características similares y el equivalente al número de ejemplares colocados al azar.

Medición de parámetros fisicoquímicos. Se tomará el pH con el potenciómetro (EcoSense® pH 100A, EE.UU.), la salinidad se medirá con el refractómetro (Aquafauna Bio marine Inc®, EE. UU), el oxígeno disuelto (OD) y la temperatura del agua con (YSI Model 55® Handheld Dissolved Oxygen System, EE.UU.), la temperatura ambiental se registrará con un termómetro ambiental diariamente. Asimismo, se hará mediciones de amonio (NH₃), nitritos (NO₂) y nitratos (NO₃) una vez por semana empleando el fotómetro Aquaculture photometer® (HANNA instruments, HI 83203, EE.UU.), estos datos se capturarán en una base de datos en Excel 2013 para su posterior análisis. Se harán recambios de agua de 2 a 3 veces por semana y para eliminar restos de excreta y alimentos no consumidos serán sifonado diariamente.

Alimentación. Los peces de ambos tratamientos se alimentarán a saciedad tres veces al día (9:00, 12:00 y 16:00 horas) con alimento comercial (Skretting Alimento Marine MX® de 6mm, 45% de proteína, 12% de grasa, 1.2% fibra y 1.5% fosforo).

Manipulación de organismos. Al inicio del experimento, cada pez se le implantará un inductor de transmisión pasiva (PIT tag) (Avid Identification Systems, Inc.; Norco, California, USA). Los transmisores se insertarán empleando una jeringa hipodérmica cerca de la aleta ventral, esta aguja será deslizada bajo las escamas, usando la punta de la jeringa para realizar una incisión lo suficientemente grande, como para que el transmisor pudiera ser insertado con la mínima penetración con el fin de evitar daños.

Se realizarán tres biometrías registrando el peso en gramos, longitud patrón (LP), grosor y altura del pez. También se registrará el sexo de cada organismo y la presencia / ausencia de esperma; estas medidas se tomarán al inicio, a los 30 días y a los 60 días del experimento. El peso se determinará empleando una balanza (Ohaus®, Scout Pro SP-2001, EE.UU.) con una precisión de 0.001 g. la longitud y la altura serán medidas con un ictiómetro convencional con precisión de 1 mm. Antes de cada manipulación, los peces serán anestesiados con aceite de clavo a una dosis de 0.015 mL L⁻¹. Una vez anestesiados, se realizará presión abdominal para la obtención de esperma y determinar la calidad del mismo. La supervivencia será estimada al final del experimento mediante conteo de los peces presentes.

Obtención de muestras de esperma. La extracción de esperma se hará con una jeringa de 3 mL y se dispondrá en tubos eppendorf de 2mL de capacidad para observar al microscopio en fresco, y en una dilución de 1µl/ 200 µl de agua marina. El resto se colocará a 4°C para realizar la activación los días posteriores.

Evaluación espermática. La evaluación de la calidad espermática se considerarán: La fluidez del esperma al salir por el poro urogenital, para ello se aplicará presión abdominal al pez y se determinará mediante los parámetros propuestos por Alvarez-Lajonchère y Hernández Molejón (2001); Cuando sale escaso semen con mucha dificultad después del masaje abdominal (+), cuando hay trazas de semen espeso y viscoso (++) , cuando hay pequeños volúmenes de semen fluido (hidratado) (+++) •

y (++++) para cuando el semen es copioso. La motilidad de los espermatozoides se medirá en segundos y a la vez el porcentaje de las células activas, para ello se secará perfectamente el poro urogenital para evitar activar las células espermáticas por agua de mar u orina; se utilizará 0.1 μ L de semen mismo que será diluido en 200 μ L de agua marina para activarlo simultáneamente a un cronómetro y registrar el tiempo total de actividad al ser observado al microscopio óptico (Zeiss) a 40X.

La cuantificación de células espermática se hará en la cámara de Neubauer improved[®] de 0.100mm de profundidad, equipada con dos cámaras de conteo y se empleará el método de conteo de (Alvarez-Lajonchère, 2001).

Análisis estadísticos. Para comparar los resultados entre tratamientos, se realizará un análisis de varianza simple (ANOVA), seguido de un contraste de rangos múltiples empleando el método HSD Tukey y considerando un nivel de significancia <0.05; todos los análisis estadísticos se harán mediante el programa Statgraphics Centurion XVI.I[®] y la construcción de todas las gráficas se harán en el paquete Sigma Plot V. 11.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

CAPÍTULO 2

(Artículo científico)

**Inducción de la maduración gonádica en machos de pargo mulato, *Lutjanus griseus*,
mediante manipulación del fotoperiodo**

Martha de Jesús Jiménez-Peralta¹, Wilfrido Miguel Contreras-Sánchez¹, María Jesús Contreras-García¹, María Leandra Salvadores-Baledón¹

¹División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas s/n entronque a Bosques de Saloya, C.P. 86039, Villahermosa, Tabasco, México

Autor de correspondencia. Wilfrido Miguel Contreras-Sánchez, Laboratorio de Acuicultura Tropical, División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Km. 0.5 Villahermosa-Cárdenas, Entronque a Bosques de Saloya, PC 86039, Tabasco, México. Email: contrerw@hotmail.com. Phone number: (52) 993-359-1593

Palabras clave: Manejo reproductivo, fotoperiodo controlado, machos, pargo mulato.

RESUMEN

La manipulación del fotoperiodo se ha empleado como un método alternativo no invasivo para estimular la maduración sexual en peces. Consiste principalmente en incidir espacial y temporalmente en el control fisiológico del animal sobre su periodo reproductivo. Existen escasos estudios sobre el efecto del fotoperiodo en machos de peces y mucho menos para climas tropicales; debido a esto, este estudio se enfocó en inducir la maduración gonádica en machos de pargo mulato (*Lutjanus griseus*) comprimiendo la temporada de maduración sexual de 5 meses en 2 meses, los meses comprimidos fueron de marzo a julio. A partir de la cuarta semana de marzo (12 h y 30 min de luz) se realizaron ajustes de 2.4 minutos por día hasta alcanzar las horas correspondientes al pico máximo estimado en el año (13h y 42 min de luz) horas de luz. El 100% de los peces confinados bajo fotoperiodo artificial tuvo una respuesta significativa en la producción de esperma. Además, se observó mayor fluidez y mayor motilidad de los espermatozoides, habiendo un número mayor de células espermáticas con respecto al fotoperiodo natural. Estos resultados permitirán ampliar los meses de manejo reproductivo de esta especie, empleando fotoperiodo controlado.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura ha tomado gran relevancia en los últimos años, con un crecimiento del 8.9% desde 1970, en comparación al 2.8% del sector terrestre (Vela Vallejo & González Posada, 2007), adicionalmente representa una grandiosa alternativa para producir animales acuáticos de manera sustentable, evitando así la explotación masiva de algunas especies de importancia comercial, a la vez que son una fuente generadora de empleo. En México, las especies de agua salobre o marina con amplio potencial para su cultivo son; robalo blanco del Atlántico *Centropomus undecimalis* (Álvarez-Lajonchère & Tsuzuki, 2008), el botete (*Sphoeroides annulatus*), el pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) del Pacífico (Álvarez-Lajonchère, *et al.*, 2010). Sin embargo, los niveles de producción de crías alcanzados hasta el momento (laboratorio y piloto-comercial) son reducidos y distan aún de alcanzar las magnitudes que se requieren a escala comercial, como se ha logrado hacer con otras especies de peces que se producen a nivel mundial en el orden de millones de organismos/año (CONAPESCA, 2014). La familia *Lutjanidae* está representada por tres géneros y diez especies; no obstante, únicamente el género *Lutjanus* (con ocho especies) y el género *Hoplopagrus* (con una

especie) son de interés comercial y recreativo. La obtención de peces mediante la acuicultura enfrenta desafíos como la adaptación en cautiverio, la maduración y la reproducción de los organismos, consecuencia de una alta vulnerabilidad al estrés (Castelló, 2013). Por esta razón, se buscan alternativas reproductivas poco invasivas, como la manipulación de factores ambientales (fotoperiodo y temperatura), conductas sociales y químicas. De manera concreta los peces están sujetos biológicamente a un proceso rítmico regulado por factores cíclicos medioambientales como el fotoperiodo y la temperatura. Los cambios de estos factores a lo largo de las estaciones del año crean condiciones propicias para la maduración simultánea entre reproductores (Muñoz-Cueto, 2013). Los Lutjánidos tienen una gran plasticidad al ser utilizados en estudios de acuicultura en el desove, reproducción y crecimiento mediante fotoperiodo y temperatura controlada obteniendo resultados positivos (Arnold *et al.*, 1978; Turano *et al.*, 2000; Martínez-Lagos 2003; Botero-Arango & Castaño-Rivera 2005; Papanikos *et al.* 2008 & Guerrero-Tortolero *et al.*, 2008). En las costas de Tabasco se ha reportado que la especie *Lutjanus griseus*, al igual que otras especies de su familia, cuenta con una gran apreciación en el mercado gracias a su excelente calidad y alto valor (García-Torcuato, 2006). Esta importancia ha generado interés en su cultivo, por lo que resulta imperioso generar información que permita controlar la reproducción en cautiverio. Por tal motivo, en el presente trabajo se pretende evaluar si la maduración gonádica de machos en *L. griseus* responde positivamente a la manipulación del fotoperiodo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y organismos empleados. La investigación se realizó en las instalaciones de la Estación de Acuicultura Marina (EAM) de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), ubicada en Jalapita, Centla, Tabasco. Se emplearon reproductores silvestres de *Lutjanus griseus* capturados en la laguna Mecoacán que fueron trasladados a la EAM, donde se mantuvieron en agua marina en tanques de fibra de vidrio circulares de 63.6 m³ de capacidad (9m Ø, 1m altura). A su llegada los organismos recibieron un tratamiento profiláctico que consistió en baños de formol al 0.2% por una hora. La alimentación se proporcionó a saciedad aparente tres veces al día (9:00, 12:00 y 16:00 horas) mediante el suministro de alimento comercial para peces

marinos marca Skretting Marine MX[®] (45% proteína, 12% grasas, 1.2% fibra y 1.5% fósforo).

Diseño experimental. El presente experimento tuvo una duración de 60 días, iniciando el 27 de marzo de 2017. Para determinar el efecto del fotoperiodo en la maduración de machos de *L. griseus*, se utilizó un diseño completamente aleatorizado de un factor (fotoperiodo), compuesto por dos tratamientos (fotoperiodo natural y fotoperiodo controlado) con dos réplicas cada uno. En el primero se mantuvieron las condiciones ambientales naturales que se presentan en el área de reproductores de la EAM durante los meses de estudio, mientras que para el segundo se habilitó un cuarto forrado con polietileno negro, equipado con iluminación artificial (Lámparas VOLTECK[®] de 200 W) generándose un fotoperiodo que comprimió las horas naturales de luz presentes en la zona durante los meses de marzo a julio (Fig. 1). Para ello, el primer día se tuvieron 12 horas y 30 minutos de luz, realizándose cambios en la duración de la iluminación de 2.4 minutos cada día, hasta alcanzar un máximo de iluminación diaria de 13 horas y 12 minutos, la cual se mantuvo hasta el último día de experimentación (Fig. 2).

Las unidades experimentales consistieron en tanques de fibra de vidrio de 7 m³ de capacidad (3m Ø, 1m altura) con agua marina filtrada. En cada unidad experimental se colocaron diez organismos seleccionados aleatoriamente de un lote de reproductores de *L. griseus*, mismos que promediaron en peso 180.47 g (\pm 37.66) y 8.58 cm (\pm 1.53) de longitud total. Al inicio del experimento no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para el peso, longitud o factor de condición de los peces ($p > 0.10$) Debido a que *L. griseus* no presenta dimorfismo sexual, el sexo de cada organismo era desconocido al inicio del experimento.

Medición de parámetros fisicoquímicos. Se midió el pH con el potenciómetro (EcoSense[®] pH 100A, EE.UU.); la salinidad se tomó con el refractómetro (Aquafauna Bio marine Inc[®], EE.UU), el oxígeno disuelto (OD) y la temperatura del agua con (YSI Model 55[®] Handheld Dissolved Oxygen System, EE.UU.), la temperatura ambiental se midió diariamente con un termómetro ambiental. Asimismo se realizaron mediciones de amonio (NH₃), nitritos (NO₂) y nitratos (NO₃) una vez por semana usando un fotómetro (HANNA instruments, HI 83203, EE.UU.). Para mantener la calidad del agua se realizaron recambios dos a tres veces por

semana remplazándose el 80% del agua. Para eliminar restos de excretas y alimentos no consumidos se realizó diariamente un sifoneo del fondo dos horas después de haber tenido su último alimento.

Manipulación de organismos. Al inicio del experimento, cada pez fue implantado con un inductor de transmisión pasiva (Avid Identification Systems, Inc.; Norco, California, USA). Los transmisores fueron insertados empleando una jeringa hipodérmica cerca de la aleta ventral. La aguja empleada para insertar el transmisor se deslizó debajo de las escamas, usando la punta de la jeringa para realizar una incisión lo suficientemente grande, como para que el transmisor pudiera ser insertado con la mínima penetración para evitar daños.

Se realizaron tres biometrías registrándose el peso en gramos, la longitud total (LT) y la altura del pez. También se registró el posible sexo de cada organismo considerando la presencia o ausencia de esperma; estas medidas se tomaron al inicio, a los 30 días y a los 60 días del experimento. El peso se determinó empleándose una balanza analítica (Ohaus®, Scout Pro SP-2001, EE.UU.) con una precisión de 0.001 g. la longitud y la altura fueron medidas con un ictiómetro convencional con precisión de 1 mm. Antes de cada manipulación, los peces fueron anestesiados con aceite de clavo a una dosis de 0.015 mL L⁻¹. La supervivencia fue estimada al final del experimento mediante conteo de los peces presentes.

Obtención de muestras de esperma. Después de tres meses de confinamiento, se procedió a verificar el efecto de los tratamientos. Una vez anestesiados los peces, se realizó una ligera presión abdominal para la obtención de esperma y determinar la calidad del mismo. El esperma obtenido se recolectó con una jeringa de 3 mL y se dispuso en tubos eppendorf de 2mL de capacidad. Las muestras fueron observadas en fresco.

Evaluación espermática. Para evaluar la calidad espermática se consideró la fluidez y consistencia del esperma al salir por el poro urogenital inactivo y se determinaron categorías mediante los siguientes criterios creados para fluidez *ex profeso*: cuando no sale semen a pesar de hacer masaje abdominal (0), cuando sale escaso semen con mucha dificultad después del masaje abdominal (1), cuando hay trazas de semen espeso y viscoso (2), cuando hay pequeños volúmenes de semen fluido hidratado (3) y cuando el semen es abundante al primer masaje (4); las categorías utilizadas en consistencia fueron cuatro, (poco) consistente al percibirse al tacto el esperma ligeramente viscoso, (medio) cuando el fluido es más

blanquecino y entre los dedos presenta un hilo de viscosidad, se consideró (alto) al formarse hilos espesos de semen al separarse entre los dedos y (muy alto) cuando el color blanquecino era más evidente y se perciben hilos gruesos y altamente maleables de esperma. La motilidad de los espermatozoides se midió en segundos y a la vez el porcentaje de las células activas, para esto último se secó perfectamente el poro urogenital para evitar activar las células espermáticas por agua de mar u orina; se tomó 0.1 μL de semen mismo que fue diluido en 200 μL de agua marina para activarlo y registrar el tiempo total de actividad con un cronómetro al ser observado al microscopio óptico (Carl Zeiss Primo Star, Germany) a una magnificación de 40X.

Conteo de espermatozoides: De cada muestra de semen obtenida, se realizó una dilución de 1:200 con agua marina. Cada muestra se dejó reposar por 3 minutos previo a realizar el conteo. El conteo de espermatozoides se realizó empleando una cámara Neubauer improved[®] de 0.10 mm de profundidad con dos cámaras. Se consideraron cinco campos de conteo por cada una de las cámaras y se empleó el método de estimación descrito por Clark & Hippel 2004; empleando la siguiente fórmula: $Y=N \times 200 \times 10 \times 400 / 80$; donde: N es el número de espermatozoides en la muestra, 200 es el título de la dilución, 10 es el factor de corrección de la profundidad de la cámara para llevar a mm^3 , 400 es el total de cuadros de la cámara y 80 es el número total de cuadros contados.

Análisis estadísticos. La evaluación del estado morfológico de los peces se hizo mediante un análisis de condición múltiple de Fulton (K) empleándose la fórmula propuesta por Ricker (1975). La normalidad de los datos se verificó empleando los valores Z de sesgo y curtosis estandarizada (-2/+2) y la homocedasticidad se verificó empleándose la prueba de Bartlett. Para determinar si existieron diferencias en los ambientes generados en los tratamientos se realizó una comparación de medias en pH, temperatura ambiental y temperatura del agua, y una comparación de medianas para salinidad y oxígeno disuelto, empleando la prueba de T de Student (T) las variables de peso y longitud total se analizaron mediante contraste de medianas con la prueba de Mann-Whitney (MW). Los efectos de los tratamientos se evaluaron empleando una prueba de Chi cuadrada (χ^2) para fluidez, una tabla de contingencia para el contraste de la consistencia, mientras que para la motilidad, porcentaje de células activas y número de espermatozoides/mL se empleó la prueba de T de Student. Los datos de

porcentajes fueron transformados a arcoseno para su análisis (Zar, 1999), sin embargo los resultados son mostrados en porcentajes. Todos los análisis estadísticos se realizaron empleándose un límite de confianza $\alpha = 0.05$. Para ello se utilizó el programa Statgraphics Centurión XVIII® y la representación gráfica de los datos se hizo en el paquete SigmaPlot v.11®. Los valores son presentados en medias (\pm desviación estándar) para variables paramétricas y medianas (\pm rango intercuartil) para las no paramétricas.

RESULTADOS

Al examinarse los peces al final del experimento se determinó que en el tratamiento de fotoperiodo controlado se encontraron 16 machos en los 20 peces empleados, mientras que en el tratamiento con fotoperiodo natural se identificaron 15 machos de 20. Al término del tratamiento, los peces bajo fotoperiodo artificial incrementaron su peso en 15.43 g, duplicando el incremento logrado por los peces en fotoperiodo natural (7.65 g); sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.10$) en peso, longitud o factor de condición final entre los tratamientos (Tabla 1).

Se observó un efecto significativo del fotoperiodo controlado (χ^2 ; $p < 0.01$) en la cantidad de peces que produjeron esperma. En los peces mantenidos en fotoperiodo artificial se logró obtener esperma del 100 % de los machos (16), mientras que en el fotoperiodo natural, únicamente se obtuvo esperma en 9 organismos (60 %). La prueba de T empleada en el conteo espermático (mm^3) sugiere diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p = 0.03$), siendo mayor en el tratamiento artificial (5.14 millones de células $\pm 1.64 \text{ e}^6$) que en fotoperiodo natural (3.63 millones de células $\pm 0.36 \text{ e}^6$).

Los resultados de la tabla de contingencia para la fluidez del esperma indican un efecto significativo del fotoperiodo controlado (χ^2 ; $p < 0.01$) ya que 11 organismos presentaron fluidez alta (3) o muy alta (8), mientras que en el fotoperiodo natural únicamente dos lo hicieron (un pez en cada categoría) (Tabla 2). Al evaluarse la consistencia del esperma, los resultados sugieren que no existe una diferencia estadísticamente significativa (χ^2 ; $p = 0.07$). Sin embargo, se observa una tendencia a que el fotoperiodo artificial tenga más peces con una consistencia alta (32%) en contraste al natural con 4% en la misma categoría. El contraste de valores de motilidad indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p > 0.10$).

Los ambientes creados por los tratamientos generaron algunas condiciones ligeramente particulares. La prueba de T de Student indicó que la temperatura del agua presentó una diferencia altamente significativa ($p < 0.001$) siendo $1.77\text{ }^{\circ}\text{C}$ más alta en el fotoperiodo artificial ($28.97\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.75$) que en el fotoperiodo natural ($27.20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.48$). De igual manera, el contraste de medianas de Mann Whitney para la concentración de oxígeno sugiere que este parámetro fue más alto ($p = 0.016$) en los tanques mantenidos bajo fotoperiodo natural ($5.56\text{ mg/L} \pm 1.30$) con respecto al fotoperiodo controlado ($5.69\text{ mg/L} \pm 1.51$). La salinidad fue ligeramente más alta (MW; $p < 0.01$) en el fotoperiodo natural ($34.01\text{ ppm} \pm 4.00$) que en el fotoperiodo controlado (33.00 ± 3.00). Las variables pH y temperatura ambiental no presentaron diferencias estadísticas significativas (T, $p > 0.10$), registrándose valores promedio de $8.57\text{ UI} (\pm 0.13)$ y $29.00\text{ }^{\circ}\text{C} (\pm 0.82)$ en el fotoperiodo controlado y $8.56\text{ UI} (\pm 0.15)$ y $28.97\text{ }^{\circ}\text{C} (\pm 1.21)$ en el fotoperiodo natural. De acuerdo al ANOVA de los parámetros de calidad de agua, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para las concentraciones de nitritos, nitratos y amonio ($p > 0.05$). Los valores promedio (\pm DE) de parámetros en el fotoperiodo controlado fueron de $2.08 (\pm 2.46)$; $5.02 (\pm 0.09)$ y $4.30 (\pm 3.27)$, respectivamente. Mientras que para el fotoperiodo natural fueron de $4.08 (\pm 5.8)$; $4.98 (\pm 0.09)$ y $4.15 (\pm 3.65)$, respectivamente.

DISCUSIÓN

El fotoperiodo empleado en *L. griseus* como estrategia de maduración gonádica en machos, mostró notables diferencias en el número de organismos que produjeron esperma en contraste a los pocos peces que respondieron en el fotoperiodo natural, aunque la calidad espermática en ambos no fue estadísticamente diferente, excepto en la fluidez que sí se mostró una diferencia lo cual es muestra de la maduración de los peces y la calidad. Estos resultados nos permiten sustentar que sí se puede madurar a *L. griseus* fuera de temporada al acelerar el proceso mediante el fotoperiodo, y es posible reproducirlos en diferentes periodos del año. Para este experimento no se consideró a las hembras, debido a que la especie no presenta dimorfismo sexual y no se pudieron identificar desde el inicio; aunque en un principio se consideró sincronizarlos al final no fue posible, por lo que sería interesante hacer una evaluación para las hembras y observar los efectos en la calidad de huevo y fecundidad.

Se conoce que los cambios anuales en el fotoperiodo actúan sobre la glándula pineal y el hipotálamo los cuales secretan y sintetizan hormonas como la testosterona, progesterona, estradiol y la hormona liberadora de gonadotropina que son responsables de la reproducción, (Frantzen *et al.*, 2004; Prayogo *et al.*, 2012, Aragón-Flores *et al.*, 2014). Además, es prudente mencionar que no todas las especies de peces reaccionan de la manera esperada a las modificaciones de luz; en peces de aguas templadas como lo han reportado Hansen *et al.*, 2001 & Hildahl *et al.*, 2013, las hembras del bacalao atlántico (*Gadus morhua*) mostraron una menor fecundidad y huevos más pequeños, inhibición en el desarrollo sexual y desove al ser expuestas a horas de luz prolongadas; también se ha visto este efecto en otras especies como el salmón atlántico (*Salmo salar*) y tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus* (Aragón-Flores *et al.*, 2014); en el caso particular de *O. niloticus* se ha observado que su respuesta a días largos (8:16) y (14:10) de luz-oscuridad, es excelente teniendo un efecto significativo al acelerar la maduración, y aumentando la producción de huevos y la fecundidad así como, la secreción de hormonas como el estradiol, testosterona y GRH (Campos-Mendoza *et al.*, 2004). En peces tropicales, las hembras reportan una buena producción de huevos y buena fecundidad fuera de temporada en *Lutjanus argentiventris*, en días largos (14L-10D) así como un aumento significativo en los niveles de testosterona en comparación a los tratamientos 8L:16D, 10L:14D, y 12L:12D (Guerrero-Tortolero *et al.*, 2008), en las hembras *L. analis*, al ser confinados a un acondicionamiento empleando fototermoperiodo se obtuvo maduración avanzada y completa, con un porcentaje de fertilización del 70% (Botero-Arango *et al.*, 2005). Los estudios realizados en machos son limitados, un estudio realizado en la trucha alpina (*Salvelinus alpinus*) que es un pez templado respondió favorablemente al presentar altos niveles de KT11 testosterona que es la hormona fundamental en la maduración de peces, se obtuvo machos maduros 8 semanas antes que en el tratamiento natural (Frantzen *et al.*, 2004). En 1999, Peña & Domínguez, encontraron niveles de Norepinefrina (efecto en la respuesta al estrés) más elevados en el hipotálamo en el fotoperiodo de 24 horas oscuridad en contraste al confinamiento natural en Tilapias del Nilo (*O. niloticus*), se ha demostrado sistemáticamente que este neurotransmisor tiene un efecto en la producción de la hormona luteinizante (HL), que a su vez interviene en el desarrollo gonadal.

Por otra parte, se ha reportado que la temperatura es un elemento que tiene incidencia en la sincronización de los peces que indica si las condiciones son apropiadas para la reproducción y la maduración de los gametos (Estrada-Godínez *et al.*, 2014); a pesar de ello, en este trabajo no se consideró como un factor determinante, sin embargo, si se obtuvo una mayor temperatura en el tratamiento artificial que en el natural, lo cual es producto de una mayor incidencia de luz que en la escala de compresión hecha coincide con los meses en los que la temperatura es más alta. Es importante mencionar que la diferencia de temperatura era 1° C en contraste al fotoperiodo natural, y sería pertinente razonar si este resultado es atribuible únicamente a la luz.

CONCLUSIÓN

El fotoperiodo en machos para madurarlos es una buena alternativa, sin embargo se requieren más estudios, enfocados en la temperatura y fotoperiodo y saber que efecto produce esta combinación, y así tener una perspectiva más amplia de cómo funciona este proceso en los peces tropicales, debido a que se podría pensar que por ser del trópico no hay un efecto significativo del ambiente en los peces, sin embargo al haberse evaluado en este experimento la incidencia de la luz, obtuvimos resultados significativos, sin embargo al no haber podido controlar la temperatura desconocemos que efecto produciría al combinarlos y simular algo más detallado, donde las temperaturas por lo general son altas y constantes, debido a la geografía de la zona tropical.

La técnica de fotoperiodo al ser empleada en otras especies tropicales, permitiría un mayor control en la producción de los peces, incluso se podría probar en especies más cotizadas, y seguir trabajando para poder emplearse posteriormente técnicas de crío preservación espermática para una producción de peces fuera de temporada. Es importante que se sigan realizando estudios en machos, porque por lo general solo se realizan en hembras y existe un desabasto de información en estos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal técnico de la Estación de Acuicultura Marina DACBio-UJAT por su apoyo técnico durante la investigación. Esta investigación es un componente de programa colaborativo Aquaculture CRSP, el cual fue apoyado en parte por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) bajo el proyecto No. LAG-G-

00-96-90015-00. Las opiniones expresadas aquí son de los autores y no necesariamente reflejan los puntos de vista del Aquaculture CRSP o del USAID. El INAPESCA soportó parcialmente este estudio bajo el proyecto No. 11131.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Lajonchère, L.S. & Tsuzuki M.Y. 2008. A review of methods for *Centropomus spp.* (snooks) aquaculture and recommendations for the establishment of their culture in Latin America. *Aquaculture Research*. 39 (7): 684-700.
- Álvarez-Lajonchère, L. & O. G. Hernández Molejón. 2001. Producción de juveniles de peces estuarinos para un Centro en América Latina y el Caribe: diseño, operación y tecnologías. The World Aquaculture Society. Baton Rouge. Pp.424
- Álvarez-Lajonchère, L.S., Chávez-Sánchez, L., Abdo de la Parra & M.C, García-Aguilar, M.I. 2010. Pilot-scale marine finfish hatchery at Mazatlán, Mexico. *World Aquaculture*. 41(1): 26-29, 71-72.
- Aragón- Flores, E.A, Martínez-Cárdenas, L. & Valdez-Hernández, E.F. 2014. Photoperiod effect on commercial fishes cultured in different types of experimental systems. *Rev. Bio Ciencias* 3(1): 17-27
- Arnold,C.R, Wakeman, J.M, Williams & T.D,Treece, G.D. 1978. Spawning of red snapper (*Lutjanus campechanus*) in captivity. Elsevier, Scientific Publishing Company, 15 (3): 301-302.
- Báez, M., Álvarez-Lajonchere, L., & Ojeda Serrano, E.1982. Reproducción del caballero, *Lutjanus griseus* (Linnaeus) en Tunas de Zaza. *Rev. Invest. Mar*,43-86.
- 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 *Lates calcarifer* (Bloch). *Aquaculture*. (138): 159-168.
- Biswas, A.K, Seoka, M, Inoue, Y, Takii, K & Kumai H. 2005. Photoperiod influences the growth, food intake, feed efficiency and digestibility of red sea bream (*Pagrus major*). Elsevier *Aquaculture*. (250): 666-673.
- Biswas, A.K, Seoka, M, Inagaki, H. & 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.

- Botero-Arango, J, & Castaño-Rivera, F. 2005. Inducción de la madurez gonadal del pargo palmero *lutjanus analis* (pisces: lutjanidae) mediante la aplicación de un fotoperiodo artificial de acondicionamiento. Bol. Invest. Mar. Cost., 34: 69-79.
- Campos-Mendoza, A, McAndrew, B.J, Coward, K & Bromage, N. 2004. Reproductive response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to photoperiodic manipulation; effects on spawning periodicity, fecundity and egg size. *Aquaculture* (231): 99-314.
- Castelló, F. 2013. Manejo de reproductores y control de la reproducción. En F.C. (coord.), Piscicultura Marina en Latinoamérica Bases científicas y Técnicas para su desarrollo. Universidad de Barcelona. Pp. 87-95.
- Cervigón, F. 1993. Los peces marinos de Venezuela. Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela. 2 (2): 497.
- CONAPESCA. 2014. Operación de Centros Acuícolas Federales. Principales Resultados 2013. Disponible en: [<http://www.conapesca.gob.mx/wb/cona/>] Reviewed: 15 Enero 2018
- CONAPESCA. 2016. Consumo per cápita anual. Disponible en [<https://www.gob.mx/conapesca/prensa/consumo-per-capita-anual-de-pescados-y-mariscos-llega-a-12-kg-conapesca>] Reviewed: 1 Octubre 2019.
- Claro, R., & C. Liderman, K. 2008. Biología y manejo de los pargos (Lutjanidae) en el Atlántico occidental. Habana, Cuba.: Instituto de Oceanología, CITMA. Pág-948.
- Clark. K & Hippel. T. 2004. Pruebas de rutina en hematología. Rodack Bernadette F. Hematología fundamentos y aplicaciones clínicas 2da edición. Médica Panamericana. Buenos Aires. Pp. 157
- Domeier, M, Koenig, C, & Coleman, F. 1996. Reproductive biology of the gray snapper (*Lutjanus griseus*), with notes on spawning for other western Atlantic snappers (Lutjanidae). Biology, fisheries and culture of tropical groupers and snappers. ICLARM, Pp. 189-201.
- Ekström, P, Meissl, H. 1997. The pineal organ of teleost fishes. Rev. Fish. Biol. Fisheries. (7): 199-248
- Estrada-Godínez, J., Maldonado-García, M., Gracia-López, V., Carrillo, M., Rebollar-Prudente, R. & Spanopoulos-Zarco, M. 2014. Efecto del fotoperiodo y la temperatura sobre la composición química en reproductores silvestres de cabrilla sardinera, *Mycteroperca rosacea* (Streets, 1877). LAJAR. 42 (1): 85-96.

- FAO (Food and Agricultural Organization). 1978. Species identification sheets for fishery purposes, western central Atlantic, Fishing Area 31. World Fisher, ed. FAO, Roma. (2): 1-4.
- FAO (Food and Agricultural Organization). 2014. Estado mundial de la pesca y la acuicultura Oportunidades y desafíos. Roma. 274.
- FAO (Food and Agricultural Organization). 2016. Estado mundial de la pesca y la acuicultura Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma. 224.
- Falcón, J, Migaud, H, Muñoz-Cueto, JA & Carrillo M. 2009. Current knowledge on the melatonin system in teleost. *Gen Comp Endocrinol.* 165 (3): 469-82.
- Frantzen, M., Arnesen, A.M., Damsgard, B., Tveiten, H. & Johnsen, H.K. 2004. Effects of photoperiod on sex steroids and gonad maturation in *Arctic charr*. *Aquaculture.* (240): 561-574.
- García-Torcuato, R, Cervantes-Trujano, M, & Ancona-Ordaz, A. 2006. Evaluación del crecimiento de pargo Canne *Ocyrus chrysurus* y Biajaiba *Lutjanus synagris* cultivadas en jaulas flotantes en la costa de Lerma, Campeche, México. IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. 1-8.
- Guerrero-Tortolero, D, Campos-Ramos, R, Pérez-Urbiola, J, & Muhlia-Melo, A. 2008. Photoperiod manipulation of yellow snapper (*Lutjanus argentiventris*) broodstock induced out-of-season maturation, spawning, and differences in steroid profiles. *Int.J.Ichthyology.* 327-328.
- Hansen, T., Karlsen, O., Taranger, G.L., Hemre, G.I., Holm, J.C. & Kjesbu, O.S. 2001. Growth, gonadal development and spawning time oh Atlantic cod (*Gadus morhua*) reared under different photoperiods. *Aquaculture* (203): 51-67.
- Hildahl, J., Taranger, G.L., Norberg, B., Haug, T.M. & 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.
- Hontela, A, & Peter, R. 1980. Effects of Pinealectomy, Blinding, and Sexual Condition on Serum Gonadotropin Levels in the Goldfish. *General and Comparative Endocrinology.* (40): 168-179.

- Khan, Z, & Thomas, P. 1996. Melatonin Influences Gonadotropin II Secretion in the Atlantic croaker (*Micropogonias undulatus*). *General and Comparative Endocrinology*. 104(2): 231–24
- Martinez-Lagos, R.A. 2003. Maduración y desove del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) en condiciones controladas de temperatura y fotoperiodo. La paz, Baja California : Centro de Investigaciones Biologicas del Noroeste, s.c. 134.
- Muñoz Cueto, J. A. 2013. Regulación neuroendocrina de la reproducción en peces teleósteos: aspectos básicos. En F. C. (coord.), *Piscicultura marina en Latinoamérica bases científicas y técnicas para su desarrollo*. Universidad de Barcelona. Pp.21-34.
- Papanikos, N, Phelps, P, Allen, R, Ferry, D, & Maus, D. 2008. Spontaneous Spawning of Captive Red Snapper, *Lutjanus campechanus*, and Dietary Lipid Effect on Reproductive Performance. *Journal of the World Aquaculture Society*, 39 (1): 324-338.
- Peña, B & Dominguez, R. 1999. The effects of different photoperiods on body growth, gonadal growth and hypothalamic monoamine content in juvenile *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757). *Hidrobiológica*. 9 (1) 63-70.
- 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.
- PROFECO, 2016. Lista de precios de peces. Disponible en [<https://www.gob.mx/profeco/prensa/publica-profeco-precios-de-pescados?idiom=es>].
Reviewed: 01 Octubre 2019.
- Rathjen, W. F. 1959. Experimental trawling for red snapper. *Proc. Gulf and Caribb. Fish. Inst*, (11): 128-132.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* (191):1-382
- Rivas, L. 1971. Snappers of the Western Atlantic. *Commercial Fisheries Review*. 41-44.
- Starck, W. A. 1971. Biology of the gray snapper, *Lutjanus griseus* (Linnaeus) in the Florida Keys. *Stud. Trop. ceanogr.Univ*, (10): 224.

Turano, J., Allen, M.D., & Connie, R.A. 2000. Observations and Techniques for Maturation, Spawning, and Larval Rearing of the Yellowtail Snapper *Ocyurus chrysurus*. World Aquaculture Society, 31(1): 59-68.

Vela-Vallejo, S. & González-Posada, J. 2007. Acuicultura: La revolución azul. Observatorio español de acuicultura consejo superior de investigaciones científicas ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid, España. Pp. 364.

Zar, H. 1999. Biostatistical Analysis. 4^a. Edition. Department Northern. Pearson Education. Appendix B.

Anexos figuras

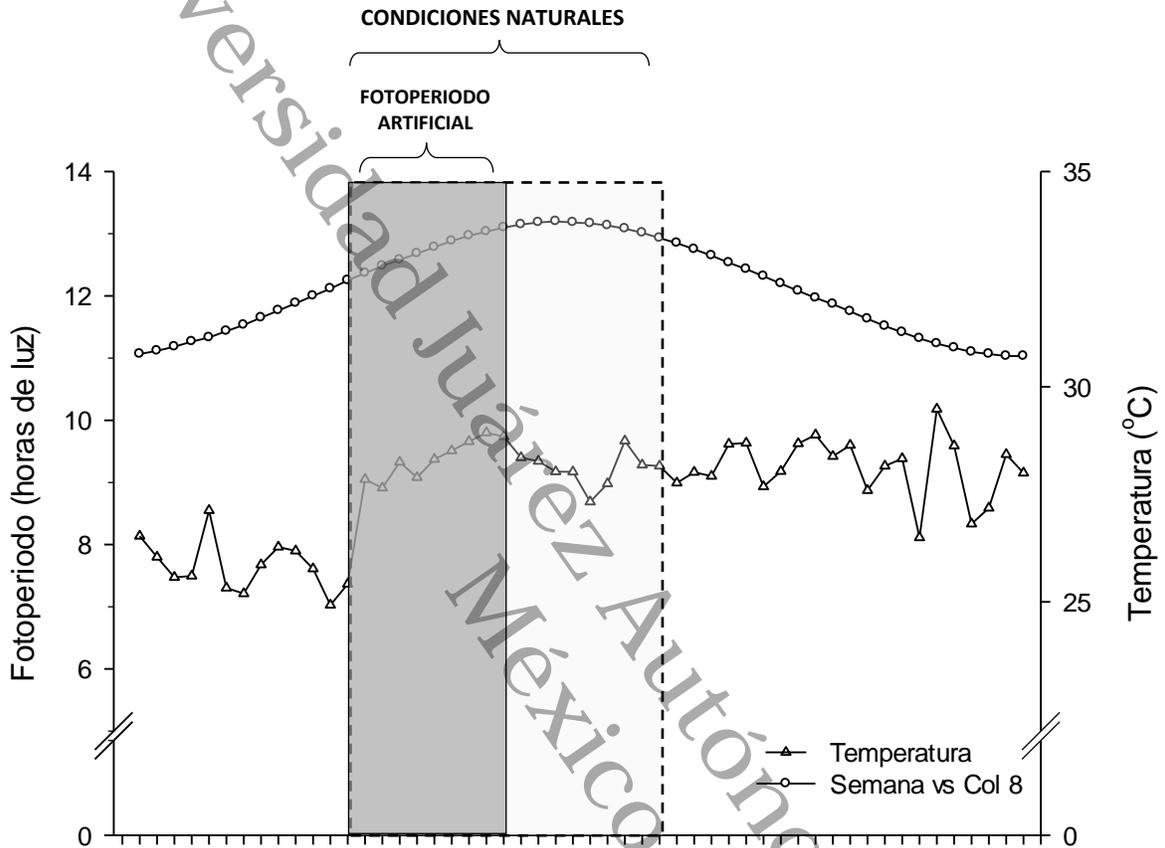


Figura 1. Valores promedio semanal de fotoperiodo y temperatura a lo largo de un año en estanques de maduración de reproductores de la Estación de Acuicultura Marina. El recuadro en líneas punteadas indica el tiempo y las condiciones de fotoperiodo a simular y el recuadro sombreado representa las semanas de duración del experimento.

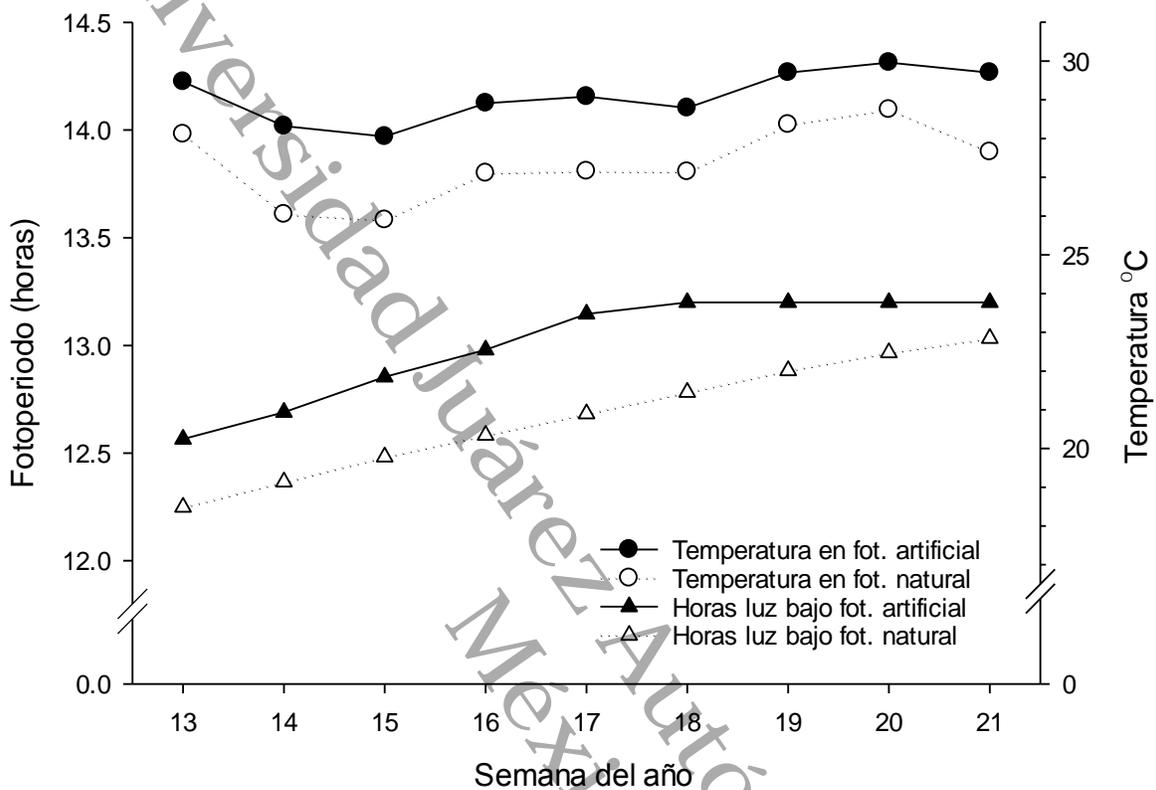


Figura 2. Valores promedio semanal para fotoperiodo y temperatura bajo condiciones naturales (símbolos abiertos) y obtenidas bajo fotoperiodo controlado (símbolos oscuros). Las semanas del año indican aquellas en las que se llevó a cabo el experimento.

Anexos tablas

Tabla 1. Valores promedio (\pm DE) de Peso, Longitud Total (LT) y Factor de condición de Fulton (K) de los peces empleados al inicio y al final del experimento.

TRATAMIENTO	INICIAL			FINAL		
	PESO (g)	LT (cm)	K	PESO (g)	LT (cm)	K
FOT.	174.32 \pm 18.43	18.43 \pm 2.76	2.76 \pm 0.23	189.74 \pm 18.94	18.94 \pm 2.77	2.77 \pm 0.23
CONTROLADO	38.43 \pm 1.46	1.46 \pm 0.23	0.23 \pm 0.04	41.23 \pm 1.25	1.25 \pm 0.17	0.77 \pm 0.08
FOT. NATURAL	188.04 \pm 18.72	18.72 \pm 2.84	2.84 \pm 0.33	195.69 \pm 19.93	19.93 \pm 2.55	2.55 \pm 0.33
	36.75 \pm 1.44	1.44 \pm 0.33	0.33 \pm 0.04	34.24 \pm 1.76	1.76 \pm 0.52	0.52 \pm 0.06

Tabla 2. Frecuencia de observaciones de fluidez del esperma en organismos sometidos a diferentes regímenes de fotoperiodo.

TRATAMIENTO	CATEGORÍAS DE FLUIDEZ				
	NO (0)	BAJA (I)	MEDIA (II)	ALTA (III)	MUY ALTA (IV)
FOT. NATURAL	6	4	3	1	1
FOT. CONTROLADO	0	1	4	3	8