



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA
BIOLOGIA

EFFECTO DE LAS HORMONAS GONADOTROPICAS (PMSG y HCG) SOBRE LA MADURACION GONADAL DE Oreochromis niloticus EN CONDICIONES DE LABORATORIO.

297230

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A :
ROMERO MARTINEZ EFREN JORGE

DIRECTORA DE TESIS: DRA. BERTHA PEÑA MENDOZA

MEXICO, D. F.

SEPTIEMBRE, 2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PARA LOS SUEÑOS DE AYER.
PARA LAS REALIDADES DE HOY.
PARA LOS DUEÑOS DEL FUTURO.
ANTHAR Y TAMARA
...MIS HIJOS

A MIS PADRES AURORA Y PEDRO
POR QUE LA VIDA ME LA DIERON
DÍA CON DÍA

A MIS HERMANOS:

RAFA
ISA
ALE
PATI
MARU
GABI
MECHE
FER
CLAUDIA

...LOS ROMERO

POR EL ORIGEN, LA
BUSQUEDA Y EL APOYO
INCONDICIONAL

Y A TODOS MIS SOBRINOS

AGRADECIMIENTOS

A LA DOCTORA BERTHA PEÑA MENDOZA, AL DOCTOR JOSÉ LUIS GÓMEZ MARQUES, JEFES DEL LABORATORIO DE LIMNOLOGÍA DE LA FES ZARAGOZA, UNAM, POR SU APOYO, SU COMPRENSIÓN Y SOBRE TODO POR SU AMISTAD.

A LOS MIEMBROS DEL JURADO; DRA. MA. ELENA AYALA ESCOBAR, AL DOCTOR ISAIAS SALGADO UGARTE Y AL MAESTRO ALEJANDRO CÓRDOVA CARDENAS, POR SUS ATINADOS COMENTARIOS SOBRE EL PRESENTE TRABAJO.

A LA DOCTORA ROSAURA MAYÉN Y AL MAESTRO RAFAEL ROMERO, POR SUS OBSERVACIONES AL PRESENTE ESCRITO.

A OSCAR F., JOSÉ LUIS, OSCAR B., JORGE, FRANCISCO, EDUARDO Y A TODOS LOS COMPAÑEROS DEL LABORATORIO DE LIMNOLOGÍA DE LA FES ZARAGOZA.

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES	8
JUSTIFICACIÓN	11
OBJETIVOS	13
MÉTODO	14
RESULTADOS	18
DISCUSIÓN	34
CONCLUSIONES	40
RECOMENDACIONES	41
BIBLIOGRAFÍA	42

INTRODUCCIÓN

Los seres vivos han desarrollado diferentes estrategias (características generales hereditarias, para enfrentar el medio ambiente) de reproducción, entre las que se encuentran: Tipo de fecundación, edad de inicio de la reproducción, organización de la conducta reproductiva, duración de la temporada de reproducción, así como la frecuencia de las etapas reproductivas, tamaño y naturaleza de los gametos (Wootton, 1984). Además de que en algunas especies de peces se presenta un solo periodo reproductivo durante su ciclo de vida como es el caso de los salmones (Bardach y col. 1986), otras especies presentan ciclos reproductivos cada dos o tres años, un ejemplo es *Salvelinus malma* ó anual como *Labeo collaris*, a diferencia de *Oreochromis niloticus* que exhibe varios ciclos reproductivos en el transcurso de un año (Bye, 1984). Estas estrategias son el resultado de la interacción de los ciclos exógenos (fotoperiodo, temperatura, alimento, etc.) con los ciclos endógenos (síntesis y liberación de hormonas), en donde los primeros son captados por los sistemas sensoriales (fotoreceptores en el quiasma óptico y quimiorreceptores en el epitelio olfatorio), y éstos a su vez mandan las señales al sistema nervioso central, el cual actúa sobre el eje neuroendócrino, desencadenando una intrincada red de procesos fisiológicos mediante los cuales se controla desde la conducta reproductiva hasta la maduración de los gametos, a diferencia de los segundos en que las hormonas son sintetizadas conforme avanza el desarrollo gonadal de los organismos y presentando variaciones cíclicas a lo largo de su ciclo de vida (Bye, 1984).

El eje neuroendocrino es la interacción entre el hipotálamo, la hipófisis y las gónadas (Figura 1), donde el hipotálamo tiene una función rectora, éste como parte del cerebro funciona como puente entre el sistema nervioso y el sistema endocrino, transmitiendo la información del ambiente al sistema neuroendocrino (Wootton, 1984).

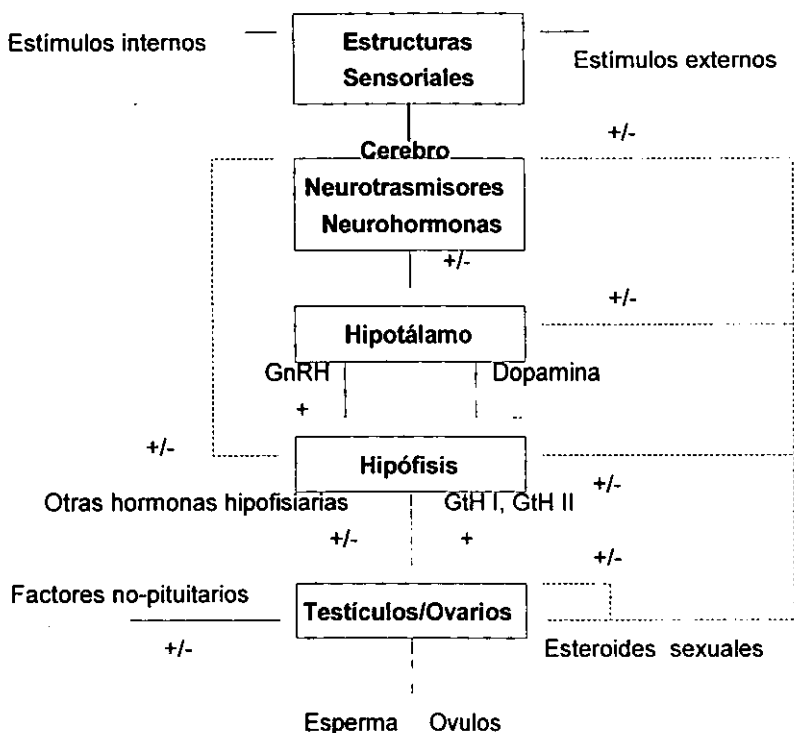


Figura 1. Eje neuroendocrino. Hormona liberadora de las gonadorpinas (GnRH); hormona gonadotrópica I (GtH I); hormona gonadotrópica II (GtH II); efecto estimulante (+); efecto inhibitorio (-) (Tomado de Redding y Patiño, 1993).

El hipotálamo se localiza en la base del diencefalo, atrás del quiasma óptico y por encima de la hipófisis, contiene una gran cantidad de neuronas secretoras, sus cuerpos celulares forman grupos independientes denominados núcleos. El hipotálamo envía fibras de proyección sobre la hipófisis constituida por los axones de las neuronas de los núcleos paraventricular y supraóptico (Wendelaar,1993). Existen otras relaciones dadas por conexiones vasculares, lo que provoca que la actividad gonadotropa de la hipófisis esté sometida parcialmente al control del hipotálamo (Ruiz-Durá, 1988).

La hipófisis se sitúa en el centro del eje neuroendocrino, éste es un órgano relativamente pequeño unido por un tallo muy delgado al piso del cerebro y es

una glándula impar situada en el hueco del hueso esfenoideos denominado silla turca, por lo que se considera como uno de los órganos más protegidos e inaccesibles. Se encuentra formado de dos partes, con origen embriológico distinto, la parte glandular o anterior (adenohipófisis) procede de una evaginación del epitelio que reviste la bóveda del estomodeo, inmediatamente por delante de la membrana faringea, llamada bolsa de Rathke y la porción nerviosa o posterior (neurohipófisis) la cual procede de una evaginación del suelo del diencefalo, denominado infundíbulo. La capacidad funcional de la hipófisis depende de sus conexiones nerviosas y vasculares con el hipotálamo. Estas conexiones anatómicas hacen posible que el órgano produzca su rendimiento hormonal en respuesta a estímulos que se originan tanto en el ambiente, como dentro del organismo (McDonald, 1978).

Tanto en la adenohipófisis como en la neurohipófisis se pueden diferenciar distintas regiones. En la adenohipófisis se pueden reconocer tres regiones (figura 2): La pars distalis rostral, la pars distalis proximal y la pars intermedia. En los peces, así como en el resto de los vertebrados, la pars distalis es la que ocupa la mayor parte de la adenohipófisis y es en esa región donde se forman diversas hormonas (Norris, 1985).

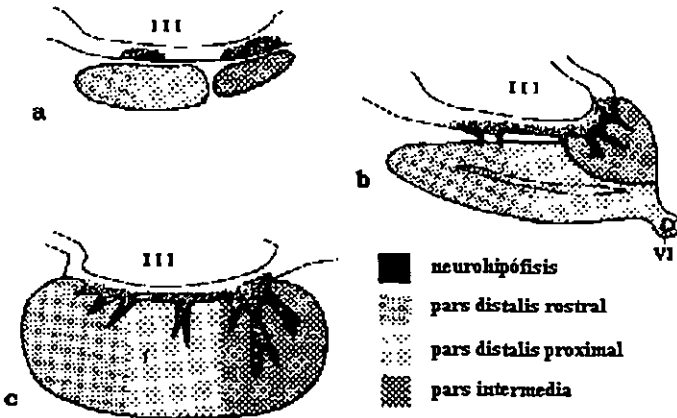


Figura 2.-Representación de una sección sagital de hipófisis de peces: a) Agnathos (lampreas); b) Condrihtyes (tiburones); c) Actinoptergios (teleósteos). Tercer ventrículo (III); cuarto ventrículo (IV) (Tomado de Wendelaar, 1993).

INTRODUCCIÓN

En la adenohipófisis se sintetizan (tabla 1) la somatotrópina (hormona del crecimiento GH); prolactina (hormona lactógena PRL); corticotropina (ACTH); tirotropina (TSH); intermedina (hormona estimulante de los melanóforos MSH); hormona estimulante del folículo (FSH) y luteinizante (LH) (Beck, 1973). La FSH, LH y PRL son llamadas hormonas gonadotropinas, por actuar directamente sobre las gónadas, mismas que secretan las hormonas sexuales (estrógenos, progesterona y testosterona) (Nalbandov, 1969; Frazer, 1969).

Tabla 1.- Hormonas de la Hipófisis (anterior) (Tomado de www.endocri/prod.anim/hormonas.htm).

Hormona	Sitio de acción	Actividad biológica
Somatotropina (STH)	soma en general	crecimiento (huesos, órganos, músculos) síntesis de proteínas, metabolismo, otros.
Adrenocorticotropina (ACTH)	corteza adrenal	Mantenimiento estructural de la corteza adrenal y secreción de glucocorticoides.
Tirotropina (TSH)	tiroides	Mantenimiento de la estructural normal de la tiroides; liberación de Tiroxina.
Prolactina (PRL)	glándula mamaria	lactación.
Gonadotropina (FSH)	ovario	crecimiento y maduración de los folículos
Gonadotropina (FSH)	testículo	Espermatogénesis.
Gonadotropina (LH)	ovario	secreción de estrógenos; maduración folicular; ovulación y mantenimiento del cuerpo lúteo.
Gonadotropina (LH)	testículo	secreción de andrógenos.

El testículo cumple dos funciones que son en gran parte complementarias: la proliferación de los espermatozoides (espermatogénesis) y la producción de hormonas esteroides sexuales (progesterona y testosterona). Estas determinan el estado fisiológico de los conductos y glándulas accesorias y generalmente condicionan la aparición de los caracteres sexuales secundarios (Ruiz-Durá, 1988; Williams, 1981).

El ovario funciona esencialmente para la producción de óvulos maduros y la síntesis de hormonas esteroides sexuales (progesterona y testosterona) y proteicas (inhibina y activina) que regulan la reproducción y la aparición de los caracteres sexuales secundarios. Ni la función gametogénica ni la endocrina se consideran procesos continuos, ya que fluctúan rítmicamente durante la vida del individuo. Las modificaciones periódicas del aparato genital femenino son

determinadas por variaciones cíclicas en la hipófisis y los ovarios (Williams, 1981).

Las gonadotropinas son hormonas que regulan el desarrollo y funcionamiento de las gónadas, así como a los diferentes componentes del aparato reproductor tanto de la hembra como del macho. La FSH en la hembra estimula el desarrollo de los folículos ováricos y en los machos inicia y hace que se continúe la espermatogénesis. La LH actúa en las hembras y regula la maduración final de los folículos ováricos. El aumento en la concentración sérica de ésta hormona estimula la ovulación y posteriormente la reorganización de las células del folículo para que se forme el cuerpo Lúteo. En los machos la hormona leutinizante se denomina , hormona estimulante de las células intersticiales (ICSH), y actúa como su nombre lo indica, estimulando a las células intersticiales entre los túbulos seminíferos, para que produzcan testosterona (Ganong, 1986; Guyton, 1988).

El control endocrino del sistema reproductor se inicia con la integración de los factores ambientales, sociales e internos por parte del hipotálamo, esta integración termina con la consecuente liberación de GnRH hacia la hipófisis, la cual responde con la liberación de las gonadotropinas en sangre. La respuesta de las gónadas a las gonadotropinas se traduce en la producción de esteroides sexuales y el inicio o continuación de la gametogénesis (espermatogénesis u ovogénesis) (Advis y Warren, 1985; Redding y Patiño, 1993).

Los endocrinólogos han tratado de identificar en peces los dos tipos de hormonas gonadotrópicas correspondientes a las que se encuentran en muchos otros grupos de vertebrados (FSH y LH), lo cual ha sido confirmado en *Ciprinus carpio* por Van der Kraak, 1992 (citado en Redding y Patiño 1993), quien identificó dos tipos de hormonas gonadotrópicas actualmente conocidas como GtH I y GtH II. La GtH I es estructural y funcionalmente comparable a la FSH de mamíferos y se ha encontrado de manera predominante en la hipófisis y en la sangre cuando inicia el crecimiento de las gónadas y la gametogénesis. En contraste, la GtH II se asemeja a la LH predominando en la temporada final de la maduración gonadal y el desove (Redding y Patiño, 1993).

Existen factores producidos por la placenta de mamíferos durante los estados tempranos de la preñez, que simulan algunas de las actividades de las gonadotropinas hipofisarias a pesar de las diferencias bioquímicas entre ambas. Las dos gonadotropinas exógenas utilizadas comúnmente son la Gonadotropina de Suero de Yegua Preñada (PMSG, por sus siglas en inglés), preparada a partir del suero de yegua preñada con propiedades semejantes a una combinación de la FSH y LH; y la Gonadotropina Coriónica Humana (hCG por sus siglas en inglés), preparada a partir de la orina de mujer preñada y que actúa más como LH (Turner, 1966 citado por Hoar, 1969).

ANTECEDENTES

Recientemente se han incrementado los trabajos sobre los mecanismos neuroendocrinos que regulan los procesos fisiológicos fundamentales de los peces, como son; el crecimiento, desarrollo gonadal y reproducción. Lee y Weber (1986), reportaron que al aplicar en el alimento L-17 α metiltestosterona en dosis de 12.5 mg/kg. de pez, por día, a machos de *Mugil cephalus* con edad de dos años y peso de 169 g, mantenidos a temperatura de 5°C y fotoperiodo 12 luz/12 oscuridad, se alcanzó la madurez del 100% de los organismos en cuatro semanas. En Filipinas Central Emata y col. (1994) trabajaron con machos y hembras de *Lutjanus argentimaculatus* a los cuales les aplicó hCG por vía intramuscular en dosis de 1500 UI/kg. de peso corporal, obteniendo el desove 27 horas. después de la aplicación de la hormona; Kuo y col. (1988) al trabajar con hembras de *Ephinephelus fario* de cuatro años de edad y peso promedio de 1.69 Kg. al aplicarles dos o tres inyecciones (una cada 24 horas) de hCG (de 2000-3000 UI/kg. de pez) hicieron que éstas desovaran 24 horas. después de la última inyección. Jansen (1993) logró que el 86% de hembras de *Salvelinus alpinus* desovaran al aplicarles dos inyecciones (con diferencia de 48 horas) de GnRH (análogo) más 1 mg de domperidona por kilogramo de peso corporal; dichos desoves se llevaron a cabo de 4 a 8 días después de la aplicación. Asimismo Kouril y col. (1986), estudiaron la respuesta del sitio de aplicación de un análogo de LH-RH y reportaron que al llevar a cabo la aplicación intraperitoneal e intramuscular no existía diferencia en cuanto al número de hembras que desovaron; Kestemont (1988), al aplicar 10 μ g/kg. de peso por vía intramuscular de extracto de pituitaria de carpa en combinación con pimizida-LHRH (análogo), a hembras de *Gobio gobio* L. se logró que el 100 % de éstas desovaran; Babiker e Ibrahim (1979b) trabajaron con *Tilapia nilotica* a 27°C aplicándoles concentraciones de 1200, 3540, 6000 y 12000 U.I. de hCG/kg. de peso obteniendo con ésta última el 100% de hembras que desovaron espontáneamente, con 6000 U.I. se logró que solo el 83% lo hicieran, mientras que al aplicar PMSG no se obtuvo la ovulación, además de que el índice gonadosomático en la mayoría de los casos fue menor que los de su control; Ramos (1986), trabajó en España con hembras de *Solea solea* (peso de 180-600 gr.) aplicándoles dosis de 500 y 1000 UI de hCG/kg. de peso logrando porcentajes de ovulación de 75% y 80% respectivamente, 48 horas después de

su aplicación. Legendre (1986), observó en *Heterobranchus longifilis* (pez gato) que al aplicar hCG por vía intramuscular en dosis de 1000 y 2500 UI/kg. de peso, el 100% de las hembras ovopositaron. Epler y col., (1986) aplicaron dosis combinadas de hCG y HPC (homogeneizado de pituitaria de carpa), tanto *in vivo* como *in vitro* y con dosis de 60, 50 y 40 UI de hCG y 40, 50 y 60 g/ml de HPC, reportando que *in vitro* con dosis de 50:50 y 60:50 (hCG:HCP) se lograron 17% y 17.3% de óvulos maduros, mientras que *in vivo* cuando se utilizó únicamente HPC se obtuvo un 80 % de ovulación.

Además de la aplicación de hormonas exógenas para el desarrollo gonadal de los animales, se logran resultados similares si se controlan las condiciones ambientales, entre las cuales se encuentran: La temperatura, que puede favorecer o inhibir los procesos fisiológicos, y el fotoperiodo que es un factor regular y periódico al que están expuestos los seres vivos y que influye para desencadenar los procesos reproductivos.

Geraldes (1980), reportó que al trabajar con *Tilapia aureus* y *Tilapia nilotica* (con promedio de peso de 125 g) se induce la reproducción fuera del período normal para regiones templadas, lo que se logró exponiendo a los peces a 10 h de luz y 25°C, manteniéndolas en éstas condiciones durante 45 días y a 13 h luz con 23°C durante 24 días. Colin y Thorpe (1989), observaron que a una temperatura 5°C mayor a la ambiental (máxima de 20 °C) y fotoperiodo ambiental (temperatura y fotoperiodo correspondientes a junio), se logró en el mes de febrero que machos de *Salmo salar* alcanzaran la madurez sexual, mientras que en las hembras sólo se incrementó el tamaño de los ovocitos.

Davis y Hanyu (1986), reportaron que al trabajar con *Cyprinus carpio* mantenidas a 24°C y fotoperiodo de 12:12 horas. (luz:oscuridad) la mitad de las hembras desovaron parcialmente a los 6 meses; a fotoperiodo de 16:8 horas. (luz:oscuridad.) 12 de 15 hembras desovaron totalmente. Córdova (1994), al comparar los efectos de tres fotoperiodos (12:12, 0:24 y 24:0, luz:oscuridad) reportó mayor incremento en peso y longitud, cuando los peces fueron expuestos a fotoperiodo de 12:12, además de que el índice gonadosomático entre hembras y machos en distinto fotoperiodo fue similar, pero diferente entre hembras y machos del mismo fotoperiodo. Boyer y col. (1994) al trabajar con *Salvelinus alpinus* a fotoperiodos de 24, 20, 16 ó 12 h de luz en ciclo de 24 h

durante 78 días y alimentados *ad libitum*, concluyeron que no había diferencia entre los resultados de los fotoperiodos de 20, 16 y 12 horas de luz, en el crecimiento; sin embargo, en los animales sometidos a 24 h luz existía un mejor factor de conversión alimenticia; Nakari y col. (1987), trabajaron con *Salmo gairdneri* en Finlandia en el mes de diciembre y compararon el efecto del fotoperiodo adelantado tres meses con respecto al normal y observaron que los peces expuestos al fotoperiodo correspondiente a marzo maduraban más rápido y presentaban un mayor tamaño en los ovocitos.

Babiker e Ibrahim (1979a), mencionan que el desarrollo de las gónadas está íntimamente relacionado con el crecimiento general del cuerpo, por lo que, la determinación del estado de madurez en las especies sujetas a cultivo es importante ya que de esta forma se puede precisar el momento en que se encuentra en su ciclo reproductivo. Existen 2 métodos para evaluar la madurez gonadal: a) empírico (la suavidad y forma del vientre o la aparición del poro genital), b) analítico (por estudios endoscópicos (Moccia y col. 1984), inmunológico (Kime y col. 1985), inmunocitoquímicos (Van Oordt y Peute, 1983, citados por Rodríguez, 1992) e histoquímicos (Yamazaki y Donaldson, 1969).

JUSTIFICACIÓN

Las tilapias constituyen un grupo de peces ampliamente cultivado en el mundo y en México, la producción nacional en 1999 fue de 1,245 toneladas (SEMARNAP, 2000), donde el 7.9% corresponde a *Oreochromis niloticus* (Gómez-Márquez, 1998) lo que representa para el sistema alimentario mexicano, un gran aporte de proteína animal a la dieta de la población y por otro lado, apoya a la economía de una cantidad importante de mexicanos. Sin embargo para la producción intensiva, se presenta un problema técnico importante que es la reproducción continua, ya que a partir de los tres meses de edad los organismos pertenecientes a esta especie (figura 3) tienen la capacidad de reproducirse, provocando que en los estanques haya un reclutamiento continuo hacia la población y como resultado de tal situación se presentan las siguientes consecuencias: a) enanismo, por la desviación de la energía que debiese ser orientada a la formación de tejido constructivo y que se utiliza en la preparación de las diferentes etapas de la reproducción (Advis y Warren, 1985); b) competencia por el espacio y el alimento, tales situaciones evitan que los peces alcancen las tallas adecuadas para el mercado en los tiempos estimados, provocando que los costos de producción se eleven.

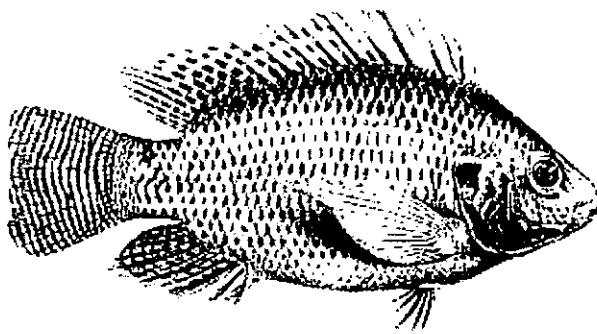


Figura 3.-*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1757, (Tomado de CTSA, 1996).

Por lo anteriormente expuesto se considera la importancia de realizar estudios que tengan como finalidad conocer la respuesta al cambio de factores exógenos (fotoperiodo, densidad y temperatura) y endógenos (aplicación de PMSG y hCG), con el fin de entender como actúan de manera individual y global sobre la reproducción de *Oreochromis niloticus*. Los datos obtenidos podrían ser utilizados para las alternativas en el control de la reproducción continua de la tilapia, y así poder llevar a cabo una mejor planeación y desarrollo de los cultivos comerciales.

OBJETIVO GENERAL

Estudiar los efectos de las hormonas gonadotrópicas PMSG y hCG, sobre la maduración gonadal de *Oreochromis niloticus* bajo diferentes condiciones de fotoperiodo, temperatura y densidad.

OBJETIVOS PARTICULARES

Señalar el efecto en el crecimiento y la madurez gonadal que se presenta cuando peces juveniles de *Oreochromis niloticus* son sometidos a diferentes condiciones de laboratorio: fotoperiodo (12:12 luz:oscuridad, 24:0 luz:oscuridad y 0:24 luz:oscuridad), densidad (4 y 8 organismos en 30 litros de agua) y temperatura (25 y 30 °C).

Analizar los efectos de la administración de PMSG sobre la maduración gonadal de individuos juveniles de *Oreochromis niloticus*.

Estudiar los efectos de la administración de hCG sobre la maduración gonadal de individuos juveniles de *Oreochromis niloticus*.

Analizar los efectos de la aplicación de PMSG-hCG (de forma secuencial) sobre la maduración gonadal de individuos juveniles de *Oreochromis niloticus*.

Estudiar los efectos de la aplicación de 15 U.I. de PMSG sola y secuencialmente con hCG sobre la madurez gonadal de individuos juveniles de *Oreochromis niloticus* cuando se someten a fotoperiodos de; 12:12, 24:0, 0:24 horas. Luz:oscuridad; temperatura de 25°C y densidad de 8 organismos en 30 litros de agua.

MÉTODO

El trabajo se dividió en dos fases:

- I).- Trabajo de Laboratorio
- II).- Trabajo de Gabinete

I).-Trabajo de Laboratorio

Montaje de peceras

Las tilapias *Oreochromis niloticus* se obtuvieron del Centro Piscícola de Zacatepec, Morelos. Para su aclimatación se introdujeron en peceras de vidrio (50 X 30 X 25 cm), con volumen de 30 litros y equipadas con calentador, bomba aireadora y filtro con carbón activado y fibra de vidrio, a temperatura de 25 ó 30 \pm 1 °C. Los peces se alimentaron a razón del 5% de la biomasa total (alimento balanceado con 50% de proteína) dividido en 3 raciones al día..

Los peces se eligieron y asignaron al azar, razón por la cual en el experimento dos y tres solo hubo machos.

Registro de datos.

Para obtener el peso de los peces se utilizó una báscula digital marca OHAUS con precisión de \pm 0.1 g, la longitud total de cada uno de los individuos se realizó con un ictiómetro con precisión de \pm 1 mm y el peso de las gónadas se tomó con una balanza analítica marca Bosch con precisión de \pm 0.0001 g.

Aplicación de Hormonas:

En los experimentos 2 y 3 donde se aplicaron dosis de hormonas y solución salina, éstas se realizaron cada 24 horas. En los casos en que se aplicaron más de una hormona, esta se hizo 48 horas después.

Las aplicaciones se realizaron por inyección intramuscular (a la altura del inicio de la aleta dorsal, entre el opérculo y la aleta).

Sacrificio de los organismos.

Para el experimento de temperatura, densidad y fotoperiodo los organismos se sacrificaron a los 90 días de iniciado el experimento. Para los experimentos de PMSG y hCG, así como el de PMSG, hCG y fotoperiodo, el sacrificio de los peces se realizó 72 horas después de que se les aplicó la última dosis. Llevándose a cabo en ambos casos por decapitación

Experimento 1: Efecto de la temperatura, densidad y fotoperiodo.

Bajo las condiciones anteriormente descritas, los peces con edad aproximada de un mes, longitud patrón y peso promedio de 1.5 cm y 0.7 g respectivamente, se sometieron a diferentes fotoperiodos (A; 12:12; B; 24:0 y C; 0:24 horas de luz:oscuridad) cada uno de ellos con 2 subtratamientos (densidades de 4 u 8 organismos/pecera) y temperatura de 25 y 30 ± 1 °C. Cada 15 días se realizó el registro de datos morfométricos: longitud patrón (cm) y peso (g), momento en el que se ajustó la cantidad de alimento suministrado. Una vez transcurridos noventa días los animales se sacrificaron entre las 11 y las 13 horas. Se registraron los datos morfométricos, y se obtuvieron las gónadas, órganos que fueron pesados para calcular el índice gonadosomático. Cada tratamiento se realizó con dos repeticiones

Experimento 2: Efecto de la aplicación de PMSG y hCG.

Se trabajó con 4 peces por tratamiento con edad aproximada de 4 meses, longitud promedio de 7.5 cm y peso promedio de 8 g, los cuales se introdujeron en una pecera donde se mantuvieron a temperatura de 25 ± 1 °C, durante 15 días, una vez transcurrido dicho tiempo se les administraron las hormonas.

Aplicación de Hormonas:

1).-Grupo testigo.- A los animales se les aplicaron 3 inyecciones de solución salina al 7%.

2) Grupo con gonadotropina de suero de yegua preñada (PMSG) (Sigma Chemical. Co. St. Louis USA). Se aplicaron 3 dosis de 3 UI cada una.

3) Grupo con PMSG (Sigma Chemical. Co. St. Louis USA).-Se aplicaron a los peces 3 dosis de 5UI cada una.

4) Grupo con PMSG-hCG. Se realizaron 3 aplicaciones de 3 UI de PMSG (Sigma Chemical. Co. St. Louis USA) seguida de una cuarta dosis de 10 UI de gonadotropina coriónica humana (hCG) (Sigma Chemical. Co. St. Louis USA).

5) Grupo PMSG- hCG. Se les aplicaron a los peces 3 dosis de 5 UI de PMSG (Sigma Chemical. Co. St. Louis USA) y una posterior de hCG (Sigma Chemical. Co. St. Louis USA).

6) Grupo PMSG (Sigma Chemical. Co. St. Louis USA). En una aplicación de 10 UI.

Experimento 3: Efecto del fotoperíodo combinado con la aplicación de hormonas (PMSG y hCG).

Se trabajaron 3 fotoperíodos distintos; A; 12:12; B; 24:0 y C; 0:24 horas de luz:oscuridad, cada tratamiento constó de tres peceras con 8 individuos cada una, la edad de los peces fue de aproximadamente de un mes, la longitud patrón promedió 1.5 cm y el promedio de peso fue de 0.3 g, los peces se colocaron en acuarios de 30 litros de capacidad, y temperatura de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$: Se mantuvieron durante 90 días en estas condiciones y posteriormente se dividieron en 3 subtratamientos para la aplicación de hormonas.

Aplicación de Hormonas:

1) Grupo PMSG.- Se aplicó 5 U.I. de PMSG (Sigma Chemical. Co. St. Louis USA) por vía intramuscular cada 24 horas. en tres ocasiones

2) Grupo PMSG-hCG. -Se realizaron 3 aplicaciones de 5 U.I. de PMSG (Sigma Chemical. Co. St. Louis USA) y una cuarta dosis de 10 U.I. de hCG (Sigma Chemical. Co. St. Louis USA).

3) Grupo testigo.- Se le suministró solución salina al 7%.

II).-Trabajo de Gabinete

Una forma de relacionar el desarrollo gonadal con el cuerpo del pez es el Índice Gonadosomático (IGS), donde éste se incrementa con el desarrollo de las gónadas tanto en hembras como en machos hasta el momento en que los gametos son expulsadas para su fecundación, momento en el cual el IGS disminuye y se vuelve a iniciar el ciclo reproductivo:

$$IGS = \frac{Wg}{Wt} 100$$

IGS = índice Gonadosomático

Wg = peso de las gónadas

Wt = peso del pez

Tomado de DeVlaming y col. (1981).

Análisis Estadístico

Es importante mencionar que debido al bajo número de datos (*n* pequeña), se trabajo con análisis de estadística no paramétrica, realizando la prueba H de Kruskal-Wallis. Para el cálculo se utilizó el paquete estadístico computarizado STATGRAPHICS versión 5, donde se realizó la prueba de rechazo a $p < 0.05$ y la obtención de los diagramas de "caja y bigote".

RESULTADOS

Experimento 1: Efecto de la temperatura, densidad y fotoperiodo.

El crecimiento en longitud patrón (cm) y peso (g) para *O. niloticus* machos mantenidos bajo diferentes condiciones de temperatura: (25 y 30 °C); densidad (4 y 8 peces por acuario) y fotoperiodo (12:12, 24:0 y 0:24 luz:oscuridad), durante 90 días, se muestra en las figuras 4 y 5, donde se puede observar que cuando los peces (machos) se mantuvieron bajo diferentes fotoperiodos, estos alcanzaron longitudes y pesos mayores cuando fueron sometidos a temperatura de 30°C que cuando se sometieron a 25°C; así mismo, a baja densidad se lograron mayores crecimientos que a alta densidad (considerando la temperatura y densidad por separado), sin llegar a ser diferentes ($p > 0.05$) para ambos casos. Sin embargo, bajo condiciones de oscuridad continua (tratamiento C) se observan diferencias significativas ($p = 0.035$) entre los subtratamientos 2 (baja temperatura y alta densidad) y 3 (alta temperatura y baja densidad), siendo mayor el crecimiento en éste último.

Durante el desarrollo experimental se observó cierta jerarquización en el comportamiento social, es decir se estableció dominancia por algunos de los peces, situación que se observa en la figura 5, esto ocurrió de manera marcada en el tratamiento A, (subtratamientos 2, 3 y 4), dicha situación determinó que estos peces obtuvieran un mayor peso que el resto de la población con la cual compartían el espacio. Cabe hacer mención que se observó este comportamiento de manera generalizada y que sin embargo en algunos casos no llegó a reflejarse esta diferencia en peso y longitud, entre los peces dominantes y los dominados.

Al comparar el crecimiento entre los diferentes fotoperiodos (figura 4 y 5), se puede observar que no hay diferencia significativa, sin embargo, el peso alcanzado en el subtratamiento 3 de los tratamientos de 12:12 y 0:24 son mayores que los demás subtratamientos, tanto para peso como para longitud patrón.

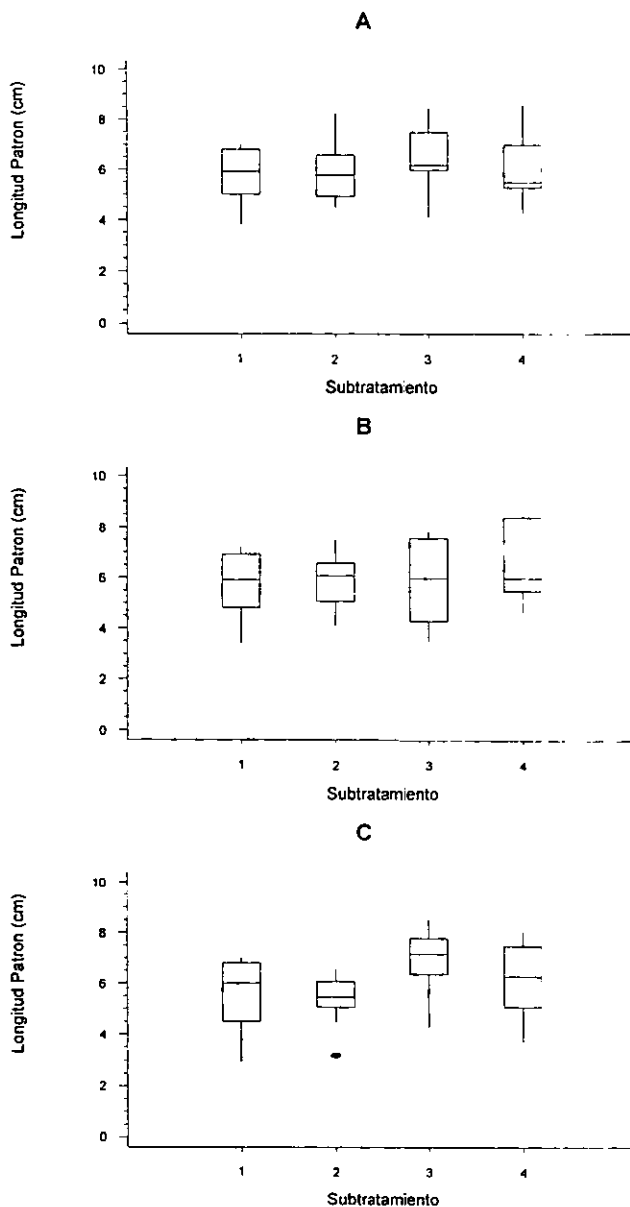


Figura 4.- Longitud Patrón (cm) de *O. niloticus* machos sometidos a fotoperiodos de; A) 12:12; B) 24:0 y C) 0:24, con subtratamientos : 1 = 4 organismos a 25°C; 2 = 8 peces a 25°C; 3 = 4 peces a 30°C y 4 = 8 peces a 30°C.

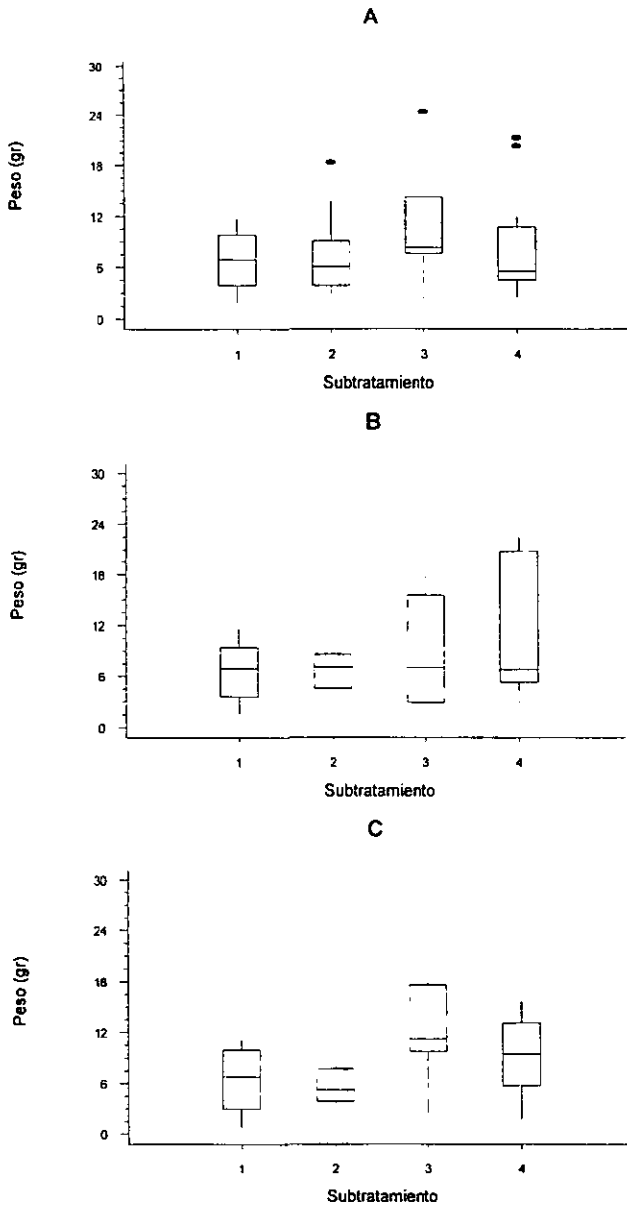


Figura 5.- Peso (g) de *O. niloticus* machos sometidos a fotoperiodos de: A) 12:12; B) 24:0; y C) 0:24, con subtratamientos: 1 = 4 organismos a 25°C; 2 = 8 peces a 25°C 3 = 4 peces a 30°C y 4 = 8 peces a 30°C

Para las hembras (figura 6 y 7) se observa que para el subtratamiento A solo hubo una hembra y para el subtratamiento B no las hubo, esto es debido a que al separarse los peces al inicio del experimento los peces se tomaron al azar, resultando que en los subtratamientos señalados se presentara la baja presencia o la ausencia de hembras. Además de que a esta edad los caracteres sexuales de ambos sexos son difíciles de distinguir

En la figura 6 y 7 se observa que la longitud patrón y peso alcanzados por las hembras bajo fotoperiodos de 12:12 y 0:24 no son diferentes significativamente ($p>0.05$). En el caso de baja densidad y alta temperatura (subtratamiento 3) en el fotoperiodo de luz continua (24:0) se observa un mayor crecimiento que en los otros subtratamientos y mostrando diferencia significativa con respecto al subtratamiento 2 ($p=0.022$).

Al comparar los resultados de los tres fotoperiodos probados (figura 6 y 7), se nota que las hembras en general obtienen un mayor crecimiento en peso y longitud a baja densidad y temperatura alta (subtratamiento 3), lo cual indica que a pesar del fotoperiodo, se mantiene este comportamiento.

Para los machos y hembras de *O. niloticus* se observó en los tratamientos de 12:12 y 0:24 (figura 2, 3, 4 y 5) que el crecimiento tanto en longitud como en peso, alcanzaron valores mayores cuando se sometieron a baja densidad (4 peces), tanto a 25 como a 30°C, sin llegar a mostrar diferencia significativa ($p>0.05$).

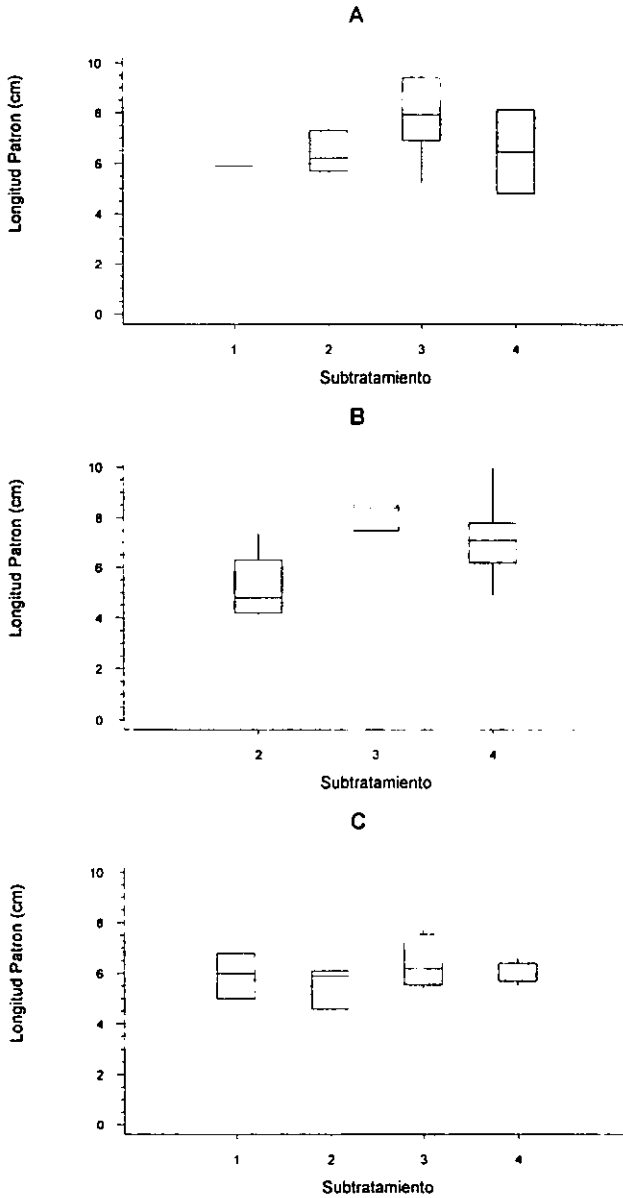


Figura 6.- Longitud patrón (cm) de *O. niloticus* hembras sometidas a fotoperiodo; A) 12:12; B) 24:0 y C) 0:24, con subtratamientos: 1 = 4 organismos a 25°C; 2 = 8 peces a 25°C; 3 = 4 peces a 30°C y 4 = 8 peces a 30°C

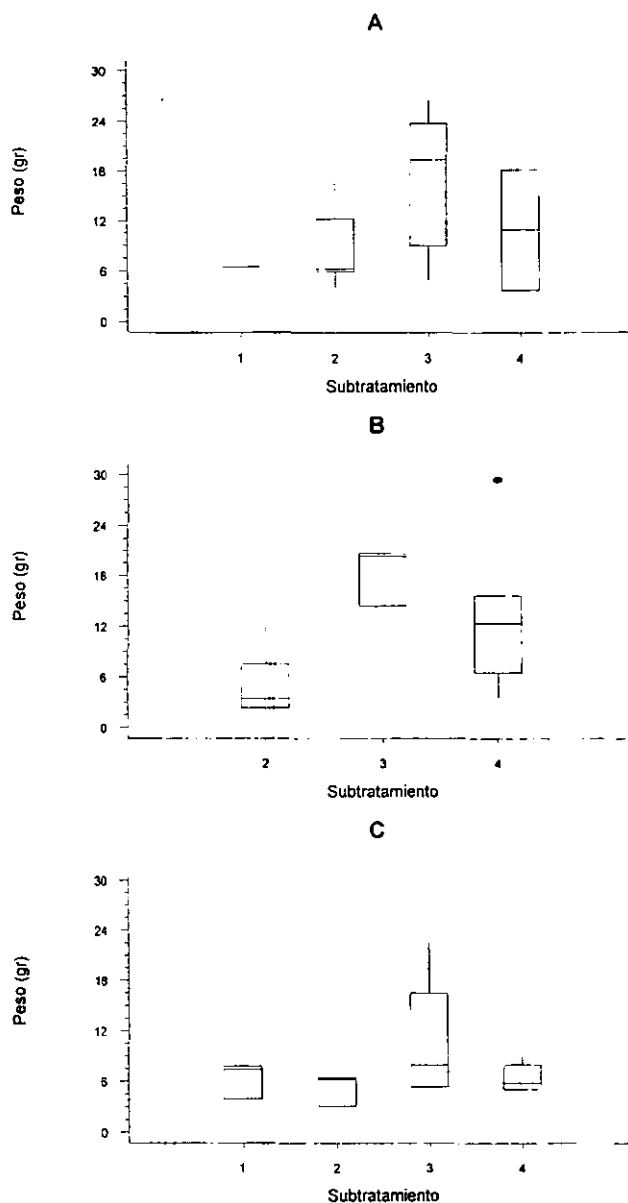


Figura 7.- Peso (gr.) de *O. niloticus* hembras sometidas a fotoperiodo de; A) 12:12; B) 24:0 y C) 0:24, con subtratamientos: 1 = 4 organismos a 25°C; 2 = 8 peces a 25°C; 3 = 4 peces a 30°C y 4 = 8 peces a 30°C

Para los machos expuestos a fotoperiodo normal (12:12) se observa en la figura 8 y 9 que a 30 °C (subtratamientos 3 y 4) se registraron los valores mas altos para peso de gónadas e IGS, que cuando estuvieron a 25 °C (subtratamientos 1y 2), siendo más notable en el caso del IGS, al comparar todos los subtratamientos, encontramos que a baja densidad (4 peces) y alta temperatura (30 °C) se alcanzan valores mayores para peso de gónadas e indice gonadosomático (subtratamientos 3).

En el caso de los animales expuestos a fotoperiodo de 24:0 y 0:24 (figura 8), se observa que para el IGS los resultados son semejantes en todos los subtratamientos (densidad y fotoperiodo), lo cual contrasta con lo sucedido en 12:12, donde hay un crecimiento mayor. Por lo que se considera que la densidad probada en combinación con los fotoperiodos (tratamientos B y C), afectan, disminuyendo la relación peso corporal-peso de gónadas a altas temperaturas, probablemente por el estrés causado por ser fotoperiodos extremos.

En el caso de las hembras (figura 10 y 11) se tiene que en los tres fotoperiodos los valores obtenidos para IGS y peso de gónadas son más altos cuando la densidad es de 8 peces por acuario y la temperatura es de 30°C, así como cuando la densidad fue de 4 organismos y temperatura de 30°C en el fotoperiodo de 0:24. Sin embargo no se muestra diferencia significativa entre los diferentes subtratamientos ($p>0.05$), aún cuando se puede observar que existe gran variabilidad en el subtratamiento 4 de todos los fotoperiodos probados.

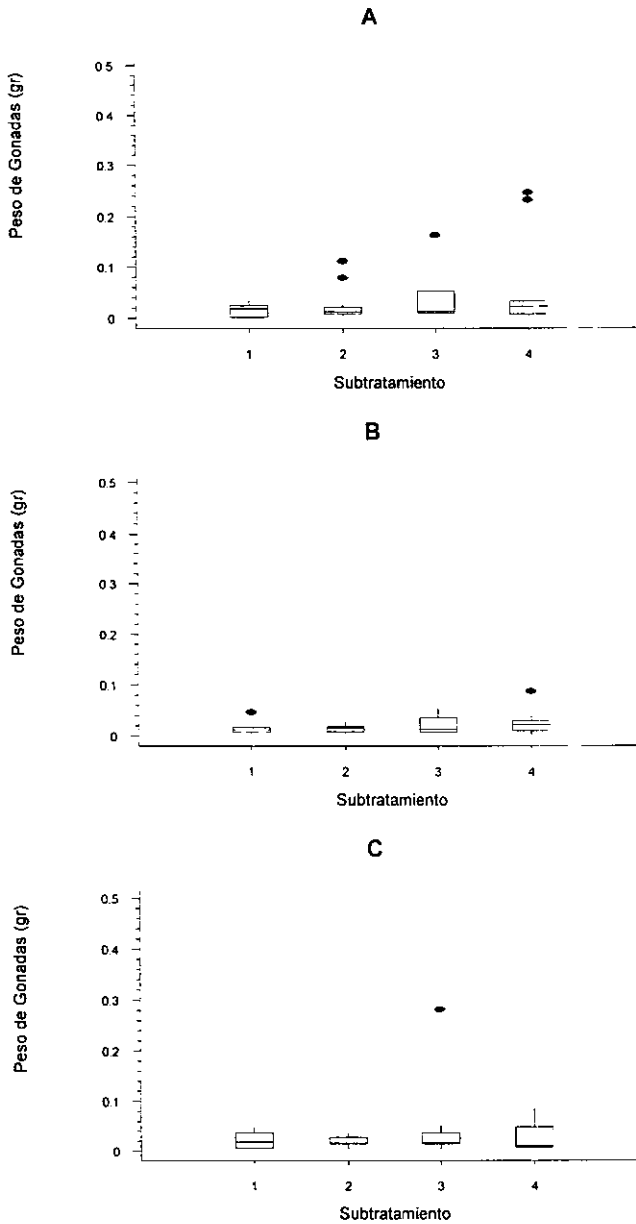


Figura 8.- Peso de Gónadas (gr.) de *O. niloticus* machos sometidas a fotoperiodo de; A) 12:12; B) 24:0 y C) 0:24, con subtratamientos: 1 = 4 organismos a 25°C; 2 = 8 peces a 25°C; 3 = 4 peces a 30°C y 4 = 8 peces a 30°C

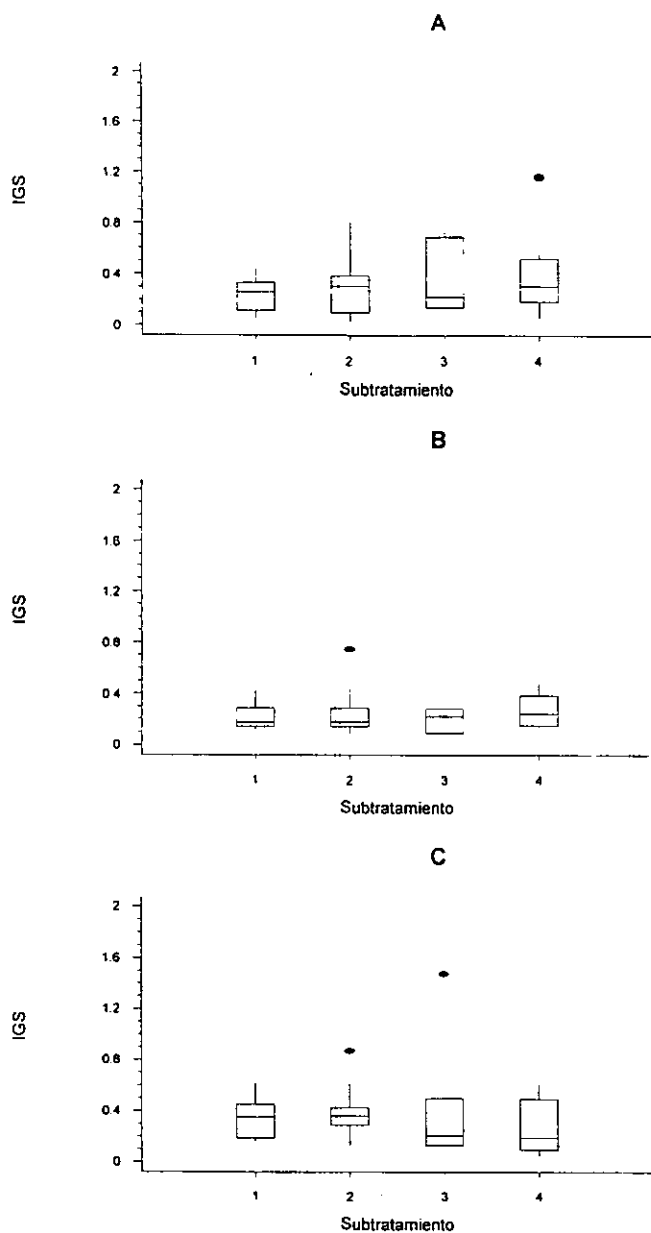


Figura 9.- Índice Gonadosomático (IGS) de *O. niloticus* machos sometidas a fotoperiodo de; A) 12:12; B) 24:0 y C) 0:24, con subtratamientos: 1 = 4 organismos a 25°C; 2 = 8 peces a 25°C; 3 = 4 peces a 30°C y 4 = 8 peces a 30°C

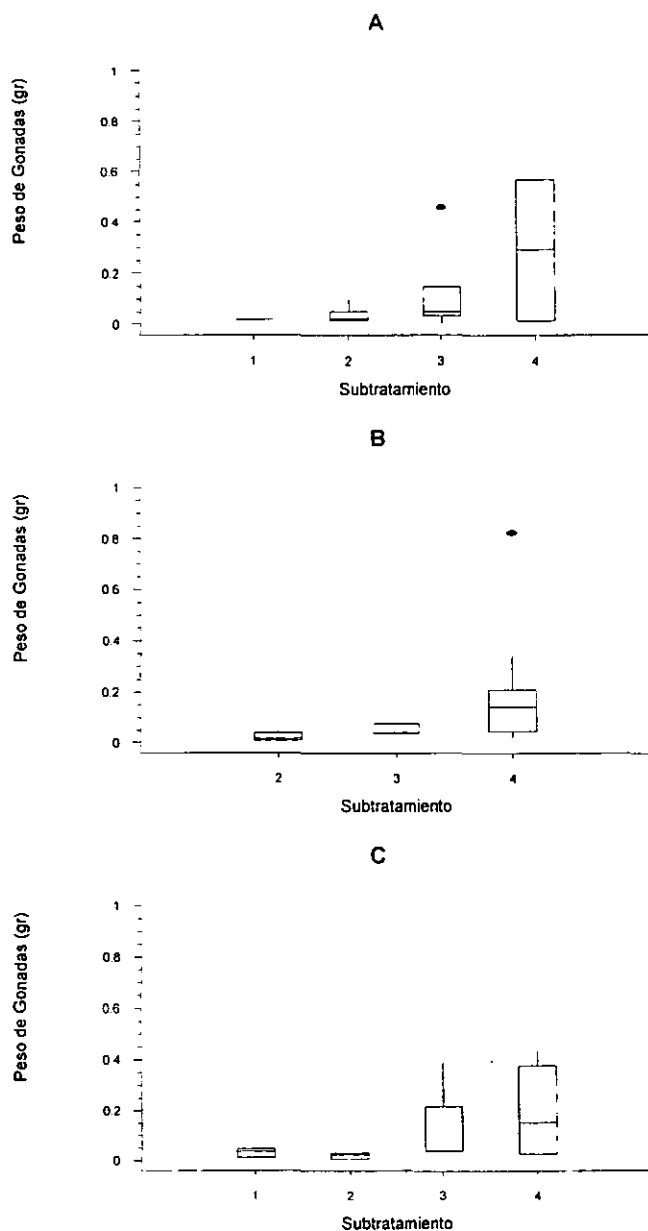


Figura 10.- Peso de Gónadas (gr.) de *O. niloticus* hembras sometidas a fotoperiodo de; A)12:12; B) 24:0 y C) 0:24, con subtratamientos: 1 = 4 organismos a 25°C; 2 = 8 peces a 25°C; 3 = 4 peces a 30°C y 4 = 8 peces a 30°C

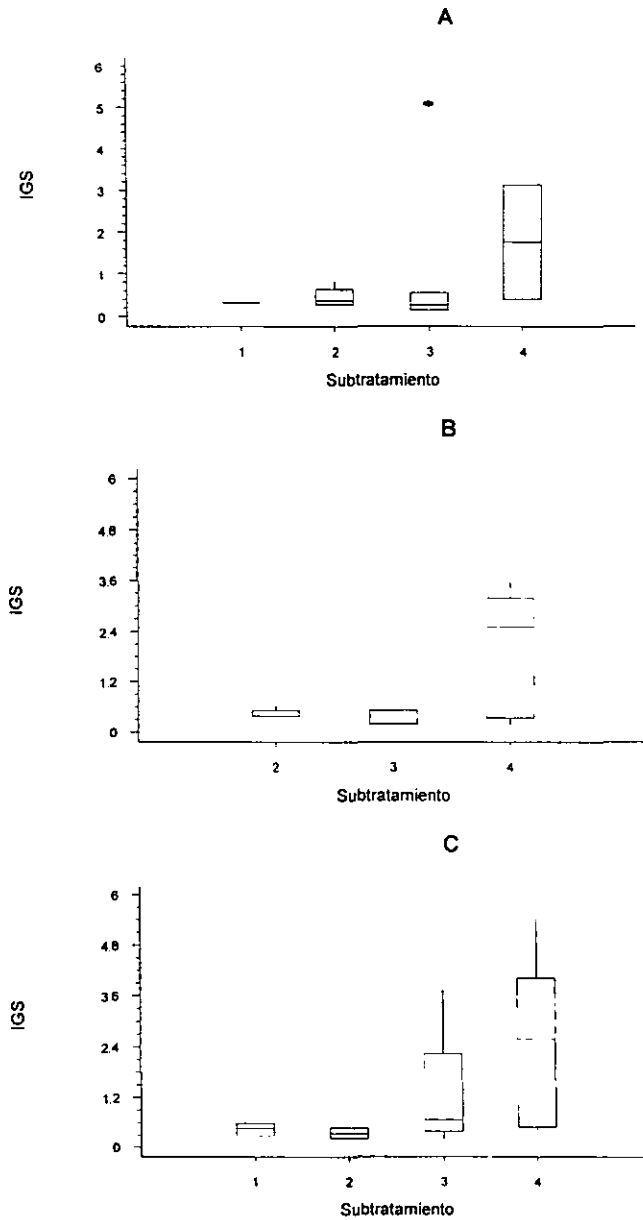


Figura 11.- Índice Gonadosomático de *O. niloticus* hembras, sometidas a fotoperiodo de; A) 12:12; B) 24:0 y C) 0:24, con subtratamientos: 1 = 4 organismos a 25°C; 2 = 8 peces a 25°C; 3 = 4 peces a 30°C y 4 = 8 peces a 30°C

Experimento 2: Efecto de la aplicación de PMSG y hCG.

Por lo que se refiere al peso de las gónadas e IGS de los peces a los que se les aplicó 9 y 15 UI PMSG, se tiene que los resultados son semejantes pero mayores que los obtenidos con el grupo testigo, no encontrándose diferencia significativa ($p > 0.05$) entre los tres tratamientos (figura 12 y 13). Al incrementarse la concentración de PMSG se incrementa el peso de las gónadas, sin embargo esto no es concluyente ya que la diferencias entre los tratamientos de 9 y 15 UI es mínima.

Para los peces a los que se les aplicaron 9 UI de PMSG más 10 UI de hCG la respuesta en el desarrollo de las gónadas fue similar que cuando se aplicó únicamente 9 UI de PMSG, sin embargo, cuando se administran 15 UI de PMSG más la hCG el peso de las gónadas es más bajo y semejante a lo observado en los índices del grupo testigo.

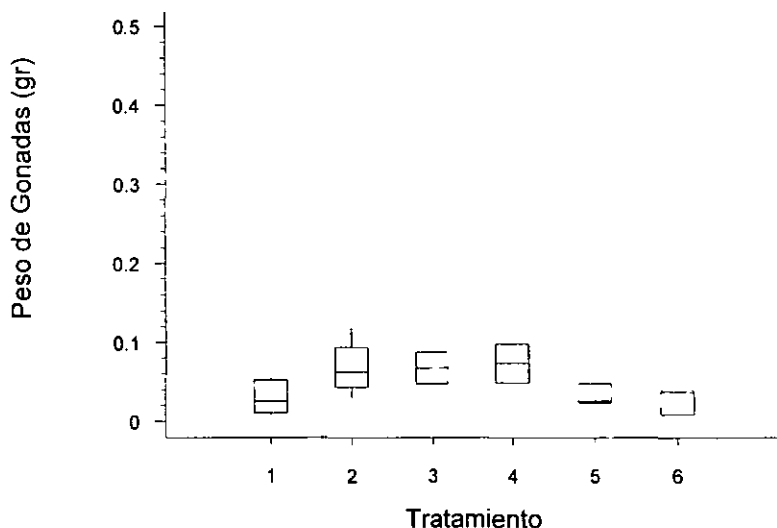


Figura 12. Peso de gónadas de machos de *O. niloticus* con edad de noventa días, a 25°C y con los siguientes tratamientos: 1 = TESTIGO; 2 = PMSG 9 UI; 3 = PMSG 15 UI; 4 = PMSG 9 UI + hCG 10 UI; 5 = PMSG 15 UI + hCG 10 UI; 6 = hCG 10 UI.

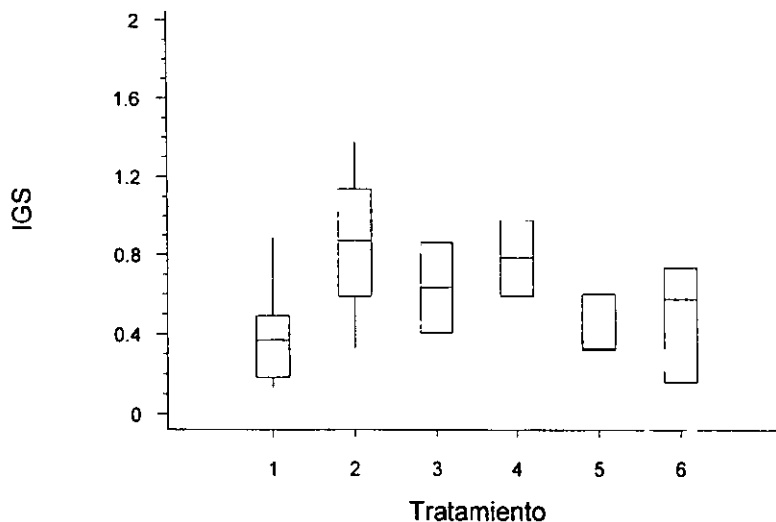


Figura 13. Índice gonadosomático de machos de *O. niloticus* con edad de noventa días, a 25 °C y con los siguientes tratamientos: 1 = TESTIGO; 2 = PMSG 9 UI; 3 = PMSG 15 UI; 4 = PMSG 9 UI + hCG 10 UI; 5 = PMSG 15 UI. + hCG 10 UI; 6 = hCG 10 UI.

En las gráficas de las figura 12 se observa que la aplicación de hCG no tiene respuesta diferente, que cuando se aplicó solución salina.

En los resultados mostrados en la figura 13, se observa que los peces del grupo al que se le aplicó 9 UI de PMSG obtuvieron un mayor índice gonadosómico que cuando se aplicó 15 UI de PMSG, comportamiento semejante se muestra cuando se suministran 9 UI de PMSG más 10 UI de hCG con respecto 15 UI de PMSG más 10 UI de hCG. También se observa que la aplicación de hCG indujo un mayor índice que cuando se aplicaron 15 UI de PMSG más 10 UI de hCG.

Experimento 3: Efecto del fotoperiodo combinado con la aplicación de hormonas (PMSG y hCG).

Para el caso de los animales que estuvieron expuestos a diferentes fotoperiodos para posteriormente aplicarles las dosis de gonadotropinas, se tiene que el peso de gónadas (figura 14) no presenta diferencia ($p > 0.05$) entre los subtratamientos de cada fotoperiodo, pero es claro que hay valores más grandes en el subtratamiento 2 (PMSG-hCG); sin embargo, esto se revierte al calcular el índice Gonadosomático (figura 15) ya que los peces de dicho subtratamiento resultaron ser los que mejor se desarrollaron en cuanto a peso.

En el tratamiento C, los peces destinados a aplicárseles PMSG-hCG, murieron durante los tres meses que estuvieron bajo la acción del fotoperiodo experimental.

En el fotoperiodo de 24:0 (figura 15 C), se observa que el grupo testigo alcanza valores de IGS más altos que los peces tratados con PMSG-hCG, así mismo, al comparar los valores del testigo del tratamiento C con los de los tratamientos A y B, se observa que son notablemente mayores a oscuridad continua, sin llegar a mostrar diferencia significativa ($p > 0.05$).

Para los peces tratados con PMSG-hCG, se observa que a luz continua se obtienen valores más altos de IGS, que cuando están a 12:12 y 0:24, aunque la dispersión de los datos es grande.

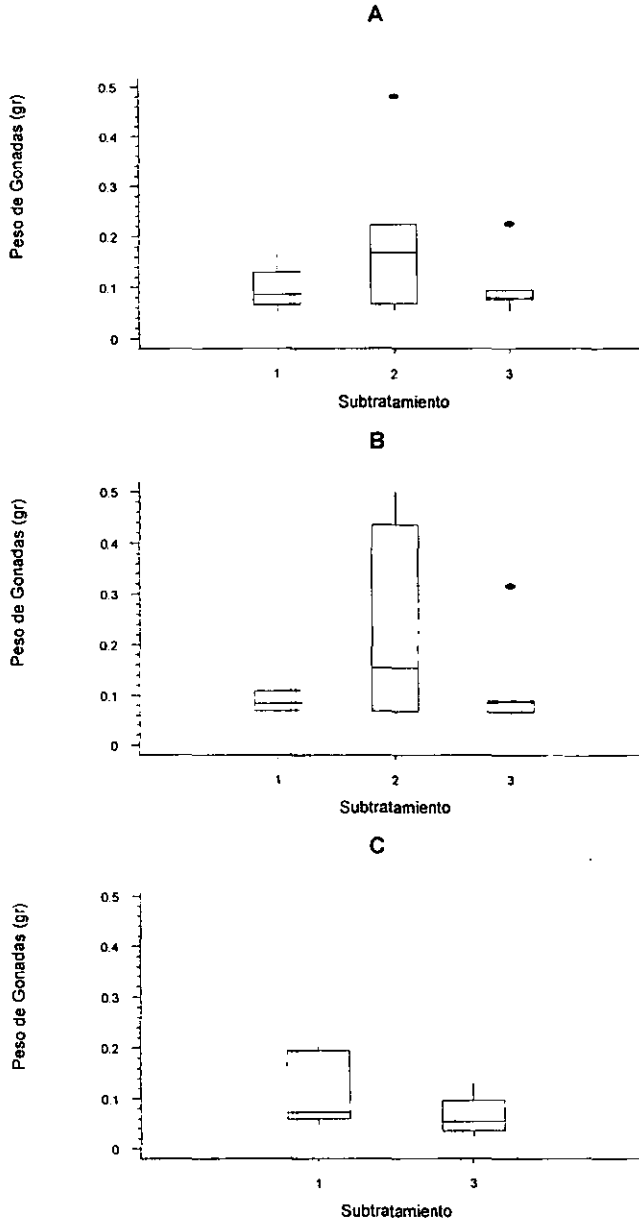


Figura 14.- Peso de Gónadas (gr.) de *O. niloticus* machos sometidos a fotoperiodo de; A) 12:12; B) 24:0 y C) 0:24, con subtratamientos: 1 = 3 dosis de 5UI de PMSG+10 UI de hCG; 2 = 3 dosis de 5 UI de PMSG; 3 = solución salina al 7% (testigo).

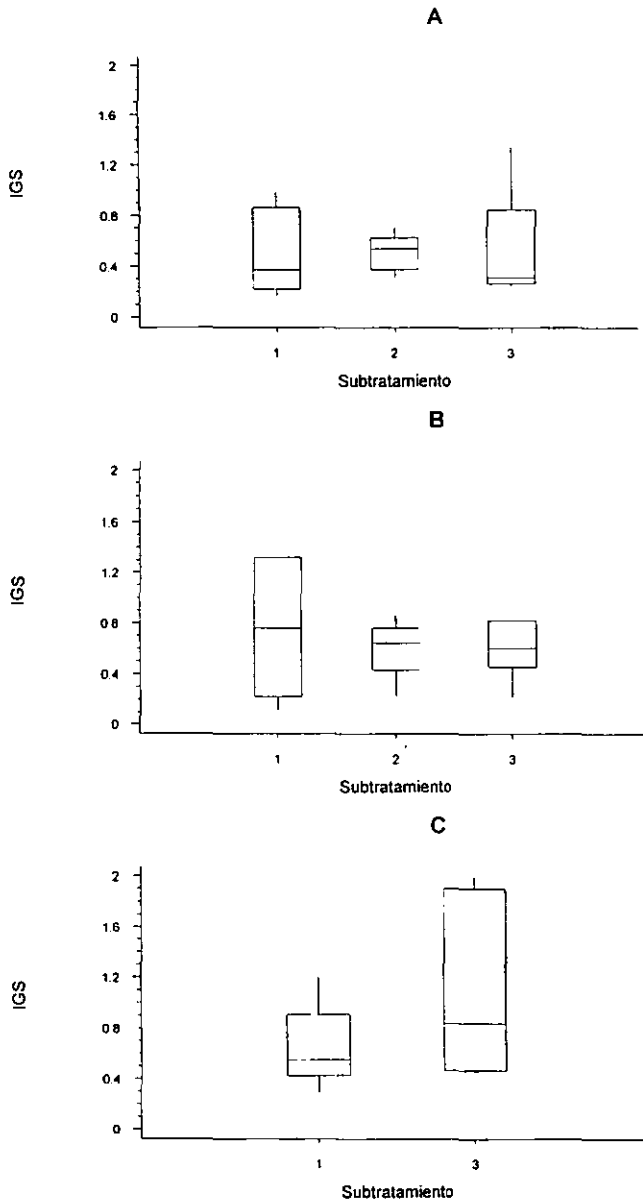


Figura 15.- Índice Gonadosomático de *O. niloticus* machos sometidos a fotoperiodo de; A) 12:12; B) 24:0 y C) 0:24, con subtratamientos: 1 = 3 dosis de 5UI de PMSG + 10 UI de HCG; 2 = 3 dosis de 5 UI de PMSG); 3 = solución salina al 7% (testigo).

DISCUSIÓN

En el experimento 1, en donde se mantuvo tanto machos como hembras de *O. niloticus* bajo diferentes condiciones de fotoperiodo, se observó en los tratamientos de 12:12 y 0:24, que en el crecimiento de longitud como de peso, alcanzaron valores mayores cuando se sometieron a baja densidad, tanto a 25 como a 30°C, comportamiento contrastante con lo observado por Córdova (1994), que al trabajar con densidades de 4, 6 y 8 peces en acuario de 30 litros de capacidad y 25°C, reportó que no existen diferencias estadísticas entre las tres densidades; Macintosh y DeSilva (1984), trabajaron con *O. mossambicus* y *O. niloticus* X *O. aureus*, y no registraron diferencias en el crecimiento de sus peces, por otro lado, Gall y Bakar (1999), reportaron que al trabajar con *O. mossambicus* y *O. hornorum* con densidades de 10 y hasta 20 peces por litro, encontraron que no existía diferencia en el crecimiento, y argumentan que cuando se presentan estas variaciones, se deben a características genéticas y fenotípicas de los peces.

Al comparar el crecimiento en peso total y longitud patrón entre los diferentes fotoperiodos, se observa que en el subtratamiento 3 bajo fotoperiodo de 12:12 y 0:24, los valores son mayores a los obtenidos para los otros subtratamientos, éstos resultados son diferentes a lo reportado por Nakari y col. (1987), quienes al trabajar con *Salmo gairdneri* a un fotoperiodo de 24:0, obtuvieron mayor crecimiento en longitud con respecto al obtenido con fotoperiodo de 12:12 (luz:oscuridad), diferencias que se pueden atribuir al área geográfica donde se encuentran, la cual está en relación con la temperatura del agua.

Los peces mantenidos a una temperatura de 30°C (hembras y machos) tuvieron un crecimiento (en longitud y peso) mayor que a 25°C, esto concuerda con lo señalado por Arredondo-Figueroa, (1994); Rakocy (1989) y SEPESCA (1986), señalan que la temperatura óptima para el crecimiento es de 29°C, Brett (1979), Lagler y col. (1977) y Weatherley y Gill (1987) señalan, que a mayor temperatura el consumo de alimento se incrementa e influye en la eficiencia de la asimilación,

Córdova (1994) al trabajar con la misma especie, observó un mayor crecimiento a 30°C con respecto al obtenido a 25°C. Sin embargo, no encontró diferencias estadísticas en el crecimiento de los peces mantenidos en diferentes condiciones, esto se debió principalmente a la gran variación en los resultados, lo que es ocasionado por las características intrínsecas de todo ser vivo, aunado a la influencia de la temperatura y densidad, que provocan cambios en el comportamiento de los peces, tales como ataques entre ellos y mordedura de las aletas, entre otros (Bardach y col., 1986). Otra característica es la dominancia jerárquica en el grupo, que propicia competencia por el espacio en el acuario e impide que los demás peces se desplacen y tengan libre acceso al alimento; ya que como lo menciona Jones (1976), ciertas especies de peces exhiben un orden jerárquico o dominancia, tal que peces pueden ser inhibidos para tomar alimento simplemente por la presencia de otros individuos de la misma especie, tal es el caso de las Tilapias. En éste sentido se observó en cada acuario un pez, ya fuese hembra o macho que ejercía dicha dominancia o jerarquía, observaciones que concuerdan con lo reportado por Córdova (1994), resultando finalmente que tales peces son los más grandes y robustos.

Al finalizar el experimento se observó, que el crecimiento fue semejante para los machos y hembras de *O. niloticus*, lo cual, no concuerda con lo señalado por Bardach y col. (1986), quienes indicaron que los machos crecen de dos a tres veces más rápido que las hembras. Sin embargo, para ambos sexos se notan niveles de crecimiento más bajo que lo obtenido en estanques y esto probablemente se deba en primer lugar al estrés provocado por las condiciones del laboratorio y al manejo al que están supeditados, provocando que los peces tengan una mayor actividad, así como una menor alimentación, redundando en un bajo crecimiento, y por otro lado al espacio vital que requieren los organismos, ya que en un cultivo intensivo. se introducen 6 organismos por metro cuadrado (SEPESCA, 1995), lo cual, el espacio en las peceras no representa ni el 50%.

En relación al efecto que tiene el fotoperiodo, se observó que la combinación de oscuridad total con baja densidad y alta temperatura permitió mayor crecimiento, Brett (1979) menciona que el fotoperiodo es una variable compleja que está relacionada con la temperatura, además de ser un factor rector de la

estimulación cerebro-hipófisis. Barlow y col. (1995) señalan que la oscuridad origina que la actividad de los peces disminuya, teniendo como resultado que la competencia por alimento y espacio disminuya, por lo cual los peces pueden orientar mayor energía al crecimiento; Weatherley y Gill (1987), Brett (1979) y Lagler col. (1977), citan que la ingesta de alimento se incrementa con la temperatura. Jourdan y col. (2000) reportan para la *Perca fluviatilis* que el crecimiento se ve favorecido al incrementar las horas de luz; Siemensen y col. (2000) reportan que en los juveniles de *Hipoglossus hipoglossus*, el tratamiento bajo luz continua favorece el crecimiento, sin embargo, en contraste Córdova (1994) al trabajar con *O. niloticus* a fotoperiodos de 12:12, 24:0 y 0:24, reporta que los peces obtienen un mayor incremento en peso y longitud cuando fueron expuestos a fotoperiodo de 12:12, resultados semejantes a los obtenidos por Boyer y col. (1994), con *Salvelinus alpinus*.

Los machos expuestos a fotoperiodo normal (12:12) y temperatura de 30 °C alcanzaron altos valores de peso de gónadas e IGS, situación congruente con los resultados obtenidos en crecimiento y a la temperatura señalada como óptima para los organismos (29°C) por Arredondo-Figueroa, (1994), Rakocy (1989) y SEPESCA (1986). Por otro lado, Jourdan y col. (2000), observaron que en los machos de *Perca fluviatilis* el incremento de la duración del día inhibe el crecimiento de las gónadas, lo cual coincide con lo obtenido en el presente trabajo, ya que los peces que se que se mantuvieron a luz continua presentaron un desarrollo gonadal menor que a 12:12.

Los resultados obtenidos a alta densidad (8 peces) y 30°C parecen indicar que el fotoperiodo no influye sobre la maduración gonadal de las hembras y que el buen desarrollo de éstas se debe a sus características ambientales a las cuales están adaptados los peces, por lo cual, se logra un mejor crecimiento y desarrollo gonadal a mayor temperatura. Brett (1979), indica que la temperatura es el factor que controla los requerimientos metabólicos, ya que al elevarse ésta, se incrementa el consumo de alimento y la digestión, redundando directamente en el crecimiento y como consecuencia en el desarrollo gonadal; además, se debe de considerar que la temperatura óptima para el buen desarrollo y reproducción de las tilapias es de 29°C.

Los resultados obtenidos en peso de gónadas e IGS para hembras y machos podrían indicar que las hembras tienen mayor desarrollo gonadal lo cual, como ya se sabe las gónadas de las hembras son mayores que las de los machos y a que las hembras maduran más rápido que los machos, lo que se corrobora con lo reportado por Córdova, (1994).

En el experimento 2, la aplicación de PMSG dio mejor resultado que la aplicación de hCG, resultados que no concuerdan con lo reportado por Babiker e Ibrahim (1979b) quienes reportan que en las hembras maduras de *T. nilotica*, que la aplicación de PMSG no modificó el IGS y que el hCG provocaba el desove en ellas. La diferencia probablemente estriba en que los peces utilizados en el presente estudio eran machos y relativamente jóvenes (4 meses), etapa en que están llegando a la madurez y al parecer la aplicación de PMSG favorece la gametogénesis (Redding y Patiño, 1993), por lo cual, se obtienen IGS mayores que el testigo. La hCG en esta etapa parece no tener mayor efecto sobre el desarrollo gonadal. Epler (1986), reporta que *in vivo* la hCG no incrementa la maduración de ovocitos en carpa común, por que ésta hormona actúa en la etapa final de la maduración gonadal y en el desove, Redding y Patiño (1993), en contraste con Babiker e Ibrahim (1979b), reportan para hembras de *T. nilotica* que al aplicar diferentes concentraciones de hCG (de 6,000 y 12,000 UI/ kg. de peso) se logra el desove espontáneo. Así como un incremento importante en el IGS (con respecto a su control), resultados semejantes reportados por Ramos (1986), para *Solea solea*.

En el experimento 3, después de 90 días de crecimiento y desarrollo, ocurrió que al sacrificar los peces la mayoría fueron machos, únicamente hubo 2 hembras en total, pero se desecharon los datos, ya que no eran suficientes para trabajar con ellos.

Para los peces expuestos a oscuridad continua se observó que el grupo testigo alcanzó índices gonadosomáticos altos, con respecto al tratamiento 1, lo cual

indica que a oscuridad continua hay una mayor estimulación para el desarrollo del estadio gonádico en los machos y que el obtener bajos IGS al aplicar hormonas, es el resultado de la retroalimentación negativa con el que actúan las mismas (Saliagut, 1999; Redding y Patiño, 1993; Ruíz-Durá, 1988) y ya que la aplicación de PMSG-hCG en un estado avanzado de madurez gonadal pudo provocar que el proceso se detuviese, y que si se hubiese aplicado únicamente hCG el macho estaría listo para liberar el esperma. La oscuridad continua favorece que los peces tengan menor actividad según Barlow y col. (1995) y parece ser que la energía la encaminan al desarrollo gonadal, contrario a lo que ocurrió en el subtratamiento 2 de los tratamientos C y B (figura. 15), donde se orienta más energía al crecimiento que al desarrollo gonadal (de ahí su bajo IGS).

Con respecto a la aplicación de PMSG-hCG a los peces sometidos a luz continua, se obtuvieron altos índices gonadosomáticos, lo cual puede ser explicable en función de que los peces se encontraban, al momento de la aplicación en un estadio (provocado por el fotoperiodo) en que la presencia de ambas hormonas favorecieron el final de la maduración (Schulz y Goos, 1999; Redding y Patiño, 1993; Dominguez y Cruz, 1991; Stacey, 1984) lo anterior puede ser explicable si consideramos que las hormonas FSH y LH se encuentran presentes durante los procesos naturales y que el predominio de alguna de ellas, está en función de su concentración, por lo cual es más razonable esperar que funcione mejor la aplicación de ambas como un subtratamiento que la PMSG o la hCG por separado.

Lo obtenido en este experimento contrasta con lo reportado por Babiker e Ibrahim (1979b) quienes al trabajar con hembras de *T. nilotica* encontraron que la PMSG no provocó respuesta positiva como el desove, la cual si se presentó al aplicar hCG; de la misma manera Haddy y Pankhurst (2000) provocaron el desove a *Aconthopagrus butcher*.

En los experimentos realizados no se observó una clara respuesta para los estímulos internos y los ambientales, en ambos casos existen experiencias en las cuales se logra el desove o el incremento del desarrollo gonadal. Sin

embargo, se debe de tomar en cuenta que en el presente trabajo hay varios factores que influyeron para no alcanzar los resultados esperados o al menos con la claridad deseada. Uno de estos factores es la gran cantidad de variables manejadas al mismo tiempo, lo que impide que se pueda dilucidar si la respuesta de los organismos corresponde a una u otra variable, es decir los resultados se enmascaran por el efecto de dos o más variables que interactúan sobre el mismo parámetro de respuesta; otro factor es la ausencia de hembras en los experimentos 2 y 3, lo cual limita los resultados, pues es preciso conocer la respuesta tanto de hembras como de machos. Un tercer factor son las características etológicas de la especie que indujo a que los peces se atacaran entre sí provocando la muerte de algunos de ellos y disminuyendo la cantidad de los datos hacia el final del estudio. Se puede considerar un cuarto factor que es la historia individual, es decir, si los peces fueron el resultado de las primeras o de las últimas camadas de los reproductores, así como la época de nacimiento de estas.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

CONCLUSIONES

- 1.- Los machos y hembras bajo fotoperiodo de 12:12 y 0:24 (L:O) tuvieron un mayor crecimiento cuando se trabajó con 4 peces, que cuando se realizó con 8 peces por acuario.
- 2.- Los peces de ambos sexos expuestos a densidad de 4 organismos en 30 litros de agua, temperatura de 30°C y fotoperiodo de 12:12 ó 0:24 (L:O), lograron un crecimiento en longitud y peso mayor que a 24:0 L:O.
- 3.- A temperatura de 30°C las hembras y machos de *O. niloticus*, lograron un mayor tamaño en peso y longitud que los expuestos a 25°C, en los tres fotoperiodos probados.
- 4.- El crecimiento en longitud total y peso fue semejante entre machos y hembras en los tres fotoperiodos (12:12, 24:0 y 0:24 (L:O) y los subtratamientos densidad (4 y 8 peces) y temperatura (25 y 30°C).
- 5.- Los machos expuestos a iluminación de 12:12 y temperatura de 30°C tienen un mejor desarrollo gonadal (en peso), que los expuestos a 24:0 y 0:24 (L:O).
- 6.- Los machos a los que se le aplicó 9UI de PMSG alcanzaron valores mayores para IGS, que los tratados con hCG.
- 7.- Los machos de *O. niloticus* que se trataron con 9 UI de PMSG tuvieron un mayor IGS que los tratados con 15 UI de PMSG

RECOMENDACIONES

- Es pertinente continuar con estos trabajos, asegurando que haya hembras.
- Continuar la experimentación con peces que tengan como edad de inicio, 3 ó más meses.
- Considerar menos variables en un mismo experimento para que las respuesta sean más claras y aumentar la muestra, para que se pueda observar de mejor manera el comportamiento de las variables, como resultado de los tratamientos y subtratamientos..
- Tomar en cuenta la época del año en la que nacieron las crías.
- Disminuir la densidad de animales por acuario, para evitar ataques entre ellos.

BIBLIOGRAFÍA

Advis, R. y Warren 1985. Reproductive Physiology and Behavior Interactions in Nonmammalian Vertebrates. En Callar, D. y Goy, R. W. **Neurobiology of Reproduction**. Vol IX. Plenum Publishing Corporation. pp: 101-114.

Arredondo-Figeroa, F. J. L. 1994. **Desarrollo Científico y Tecnológico del Banco de Genoma de Tilapia**. SEPESCA/UAMI. México. pp 1-9.

Babiker, M. M. e Ibrahim, H. 1979b. Studies on the Biology of reproduction in the cichlid *Tilapia nilotica* (L.) Effects of Steroid and Trophic Hormones on Ovulation and Ovarian Hydration. **Journal Fish Biology**, 15: 21:30.

Babiker, M.M. e Ibrahim, H. 1979a. Studies on the Biology of Reproduccion in the Cichlid *Tilapia nilotica* (L): Gonadal Maturation and Fecundity. **Journal Fish Biology**; 14:437-448.

Bardach, E. J., Ryter, H. J. y McLaren, O. W. 1986. **Acuicultura, Crianza y Cultivo de Organismos Marinos y de Agua Dulce**. AGT Editor, México, pp: 288-316, 368-375.

Barlow, C. G., Pearce, M. G., Rodgers, L. J. y Clayton, P. 1995. Effects of Photoperiod on Growth Survival and Feeding Periodicity of Larval and Juveniles Barramundi *Lates calcarifer* (Bloch). **Aquaculture**, 138, 159-168.

Beck, W. S. 1973. **Fisiología Molecular, Celular y Sistemática**. Editor. Cultural. México, pp: 680-694.

Boyer, J., N., Jansen, M.E. y VanToever, W. 1994. Effect of Photoperiod on Growth of Arctic Char Under Commercial Production Conditions. **The Progressive Fish-Culturist**, 56:44-46.

Brett, J. R. 1979. Environmental Factors and Growth. En: Hoar, W. S., Randall, D. J. y Brett, J. R. (eds.). **Fish Physiology**. Vol. VIII Academic Press. New York. pp: 599-677.

Bye, V.J. 1984. The Role of Environmental Factors in the Timing of Reproductive Cycles. En Potts, W. G and Wootton, J. R. (eds.). **Fish Reproduction, Strategies and Tactics**. Academic Press. San Diego . pp:187-202.

Colin, E. A, y Thorpe, E. J. 1989. Photoperiod and Temperature Effects on Early Development and Reproductive Investment in Atlantic Salmon (*Salmo salar* L). **Aquaculture**, 79:403-409.

Córdova, C. A. 1994. Influencia de la Densidad y Fotoperiodo con Diferentes Temperaturas en el Crecimiento de la Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), en Condiciones Controladas de Laboratorio. **Tesis de Licenciatura.FES Zaragoza UNAM**. 71pp.

CTSA 1996. **Tilapia**. Center for Tropical and Subtropical Aquaculture (CTSA). 123:1-13.

Davies, R. P. y Hanyu, I. 1986. Effect of Temperature and Photoperiod on Sexual Maturation and Spawning of the Common Carp. Under Conditions of High Temperature. **Aquaculture**, 51:277-288.

DeVlaming, V.; Grossman, G. y Chapman, F. 1981. On the Use of the Gonadosomatic Index. **Comparative Biochemical Physiology**, 73A: 31-39.

Emata, C. A., Eullaran, B. y Bagarinao, T. U. 1994. Induced Spawning and Early Life Description of the Mangrove Red Snapper, *Lutjanus argentimaculatus*. **Aquaculture**, 121:381-387.

Epler, P., Sokolowka, M., Popek, W. y Bienarz, K. 1986. Joint Action of Carp (*Cyprinus carpio* L.) Pituitary Homogenate and Human Chorionic Gonadotropin

(HCG) in Carp Oocyte Maturation and Ovulation: In Vitro and in Vivo Studies. **Aquaculture**, 51:133-142.

Frazer, F. F. D. 1969. **Los ciclos Sexuales en los Vertebrados**. Labor. Barcelona. pp 47-74

Gall, G. A. E. y Bakar, Y. 1999. Stocking Density and Tank size in the design of Breed Improvement Programs for Body size of Tilapia. **Aquaculture**, 173: 197-205.

Ganong, W. F. 1996. **Fisiología Médica. Manual Moderno**. pp: 470-476.

Geraldes, F. X. 1980. El Efecto de la Variación en la Temperatura y Luz Sobre la Reproducción de *Tilapia aurea* (Steindachner) y *Tilapia nilotica* L. **Memorias del 2 Simposio Latinoamericano de Acuicultura**. México. pp:1123-1138.

Gómez-Márquez, J. L. 1998. Age and Growth of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) in México. **Revista de Biología Tropical**. 46: 929-936.

Guyton, A. 1987. **Fisiología Humana**. Interamericana, México. pp: 568-586.

Haddy, J. A. y Pankhurst, N. W. 2000. The Efficacy of Exogenous Hormonus in Stimulating Changes in Plasma Steroids and Ovulation in Wild Black Bream *Acanthopagrus butcheri* is Improved by Treatment at Capture. **Aquaculture**. 191: 351-356.

Hoar, W. S. 1969. Reproduction. En: Hoar, W. S., Randall, D. J. y Brett, J. R. (eds.). **Fish Physiology**. Vol. VIII Academic Press. New York. pp: 1-59.

Jansen, M.E. 1993. Induction of Ovulation in Arctic Char Held Under Unchanging Temperature and Photoperiod. **Progressive Fish-Culturist**, 55:32-34.

Jones, R. 1976. Groth of Fishes. En Cushing, D. H. y Walsh, J. J. (eds.). *The Ecology of the Seas*. W. B. Sanders Company. Toronto. pp: 251-279.

Jourdan, S.; Fontaine, P.; Boujard, T.; Vandeloise, E.; Gardneur, J. N.; Anthohuard, M. y Kestemont, P. 2000. Influence of Daylength on Growth, Heterogenety, Gonad Development, Sexual Steroid and Thyroid Levels, and N and P Budgets in *Perca fluviatilis*. *Aquaculture*, 186: 253-265.

Kestemont, P. 1988. Effects of Hormonal Treatments on Induced Ovulation in Gudgeon, *Gobio gobio* L. *Aquaculture*, 68:373-385.

Kime, D. y Manning, N. 1986. Maturation and Temperature Effects on Steroid Hormone Production by Testes of the Carp, *Cyprinus carpio*, *Aquaculture*. 54: 49-55.

Kouril, C.; Barth, T.; Hamackova, J. y Flegel, M. 1986. Induced Ovulation in Tench (*Tinca tinca* L) By Various LH-RH Syntetic Analogues: Effect of Site of Administration and Temperature. *Aquaculture*, 54: 37-44.

Kuo, C. M.; Ting, Y. Y. y Yeh, S. L. 1988. Induced Sex Reversal and Spawning of Blue-Spotted Grouper, *Epinephelus fario*. *Aquaculture*, 74: 113-126.

Lagler, K. F.; Bardach, J. E.; Miller, R. R. y Passino, D. R. M. 1977. *Ictiologia*. AGT. México. 487.

Lam, T. J., 1969. Environmental Influences on Gonadal Activity in Fish. En: Hoar, W. S., Randall, D. J. y Brett, J. R. (eds.). *Fish Physiology*. Vol. IV Academic Press. New York. pp: 65-112.

Lee, C. S y Weber, G. M. 1986. Effects of Salinity and Photoperiod on 17alfa-Methyltestosterona Induced Spermatogenesis in the Grey Mullet, *Mugil cephalus* L. *Aquaculture*, 56:53-62.

Legendre, M. 1986. Seasonal Changes in Sexual Maturity and Fecundity and HCG Induced Breeding of the Catfish *Heterobranchus longifilis* Val. (Clariidae), Reared in Ebrie Lagoon (Ivory Coast). *Aquaculture*, 55:201-203.

Liu, Z. y Patiño, R. 1993. High Affinity Binding of Progesterone to the Plasma Membrane of *Xenopus* oocytes: Characteristics of Binding and Hormonal and Development Control. *Biology of Reproduction*, 49:980-988.

Macintosh, D. J. y Desilva, S. S. 1984. The Influence of Stocking Density and Food Ration on Fry Survival and Growth in *O. mossambicus* and *O. niloticus* X *O. aureus* Male Hybrids Reared in Closed Circulated Systems. *Aquaculture*, 41: 345-358.

Macintosh, D. J.; Varghese, T. J. y Satyanara, G. P. 1985. Hormonal Sex reversal of Wild-Spawned Tilapia in India. *J. Fish Biology*. 26:87-94.

McDonald, E. L. 1978. *Reproducción y Endocrinología Veterinarias*. Interamericana. México: 29-33.

McGill, R.; Tukey, J. W. y Larsen, W. A. 1978. Variations of Box Plots. *American Statistician*. 32: 12-15.

Moccia, R.; Wilkie, E.; Munkittrick, R. y Thompson, W. 1984. The Use of Fine Needle Fibre Endoscopy in Fish for *in vivo* Examination of Visceral Organs, with Special Reference to Ovarian Evolution. *Aquaculture*. 40: 255-259.

Nakari, T.; Soivio, A. y Pesonen, S. 1987. Effects of an Advanced Photoperiod Cycle on the Gonadal Development and Spawning Time of 2-Year-Old *Salmo gairdneri* R. Reared in Earth Ponds Under Extreme Annual Water Temperatures. *Aquaculture*, 67:369-384.

Nalbandov, V. A. 1969. *Fisiología de la Reproducción*. Acribia. Zaragoza, España. pp: 177-182.

Peter, R.E. 1969. The Brain and Neurohormones in Teleost Reproduction. En: Hoar, W. S., Randall, D. J. y Brett, J. R. (eds.). **Fish Physiology**. Vol. IX Academic Press. New York. pp: 95-37.

Rakocy, J. 1989. Biology of Tilapia. **Southern Regional Aquaculture Center**. 280: 1-10.

Ramos, J. 1986. Induction of Spawning in Common Sole (*Solea solea* L.) With Human Chorionic Gonadotropin (HCG). **Aquaculture**, 56: 239-242.

Redding, M.J., y Patiño, R., 1993. Reproductive Physiology. En Evans, H. D. (ed.). **The Physiology Fishes**. CRC Press. Boca Raton. pp 503-534.

Rodríguez, G. M. 1992. **Técnicas de Evaluación Cuantitativa de la Madurez Gonádica en Peces**. A G T. México. 79 pp.

Ruiz-Durá, M. F. 1988. **Fundamentos de Embriología y Fisiología de la Reproducción**. UNAM, México, pp 81-89.

Saliagut, C.; Linard, B.; Breton, B.; Anglade, I.; Bailhache, T.; Kah, O. y Jégo, P. 1999. Brain Aminergic system in Salmonids and Other teleost in Relation to Steroid Feedback and Gonadotropin release. **Aquaculture**. 177: 13-20.

SEMARNAP 2000. **Anuario estadístico de Pesca 1999**. México: 150.

SEPESCA. 1986. **Piscicultura de Agua Dulce. Manual-Recetario**. SEPESCA. México: 53-75.

SEPESCA. 1995. **Cultivo de Tilapia**. Secretaría de Pesca. México: 45.

Siemensen, L. M.; Jonassen, T. M.; Imsland, A. K. y Stefansson, S. O. 2000. Photoperiod regulation of growth of Juvenile Atlantic Halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). **Aquaculture**. 190: 119-128.

Stacey, N. E. 1984. Control of the Timing of Ovulation by Exogenous and Endogenous Factors. En Potts, W.G y Wooton, J.R. (eds.). **Fish Reproduction, Strategies and Tactics**. Academic Press. San Diego. pp: 207-219.

Turner C. L. 1983. Adaptions for Viviparity in Embryos and Ovary of *Anableps anableps*. **Journal of Morphology**, 62: 323-349.

Weatherley, A.H. y Gill, H. S. 1987. **The Biology of Fish Growth**. Academic Press. Londres. pp: 57-100.

Wendelaar, B. S. E. 1993. Endocrinology. En Evans, H. D. (ed.). **The Physiology Fishes**. CRC Press. Boca Raton. pp: 69-502.

Williams, R. H. 1981. **Endocrinologia**. Salvat, Barcelona. pp: 25 75.

Wooton, R.J. 1984. Strategies and Tactics in Fish Reproduction. En Potts, W.G y Wooton, J. R. (eds.). **Fish Reproduction, Strategies and Tactics**. Academic Press. San Diego. pp:1-12.

Yamazaki, F. y Donaldson, E. 1969. Involvement of Gonadotropin and Steroid Hormones in the Spermiation of the Gold Fish (*Carassius auratus*). **General and Comparative Endocrinology**. 12: 491-497.