

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y  
AGROPECUARIAS

DIVISIÓN DE CIENCIAS VETERINARIAS



USO DE LA FLUOXIMESTERONA EN LA INVERSIÓN SEXUAL DE  
LA TILAPIA DE LA LÍNEA *Niloticus Stirling* EN EL CENTRO  
ACUÍCOLA JALA, TECOMÁN, COL.

TESIS PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA  
PRESENTA:

PMVZ. JACQUELINE VILLAFUERTE RINCÓN

DIRECTOR:  
BIOL. MAURILIO SOTO ESPINOZA

ASESORES:  
MC. DAVID ÁVILA FIGUEROA  
MC. MARTÍN PÉREZ PEÑA

LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JALISCO, JULIO DE 2008



# Agradecimientos

*En nuestras vidas nos encontramos siempre una mano amiga que nos ayuda a levantarnos cuando hemos caído o nos da alguna lección de vida.*

*Varias personas han estado en mi camino y se han convertido en pieza importante desde el principio de mi preparación académica o de la vida misma.*

*Agradezco entonces:*

*A Dios, por darme vida, por colocar a mi paso a todas aquellas personas que mediante Él han sido guía en mi camino. También por darme fuerza cuando me he sentido vencida.*

*A mis Padres, a quienes adoro, por cuidar cada uno de mis pasos, gracias por su amor y comprensión, por ustedes soy lo que soy.*

*A mis hermanos, por los pocos o muchos momentos que disfrute su compañía, especialmente a Claudia que ha sido como una madre y una gran amiga, "sabes que te quiero mucho".*

*Al profesor Francisco Amezcua, quien me hizo ver que valía la pena continuar y que gracias a él renació en mí el interés por prepararme, pues ha sido de las personas que más ha creído en mí.*

*A mi amiga Bárbara, por su amistad y todos los momentos divertidos que hemos pasado, espero tener tu amistad por siempre.*

*Al biólogo Joaquín Campos, a quien admiro por ser el gran ser humano que es. Gracias por orientarme en la elección y realización del proyecto y levantarme el ánimo.*

*A Adolfo, gracias por tu paciencia, amistad y ayuda en la realización de este trabajo. De ti he aprendido mucho, gracias por todo. Eres alguien especial.*

*A las familias que conocí en Tecomán, que me brindaron apoyo desde mi llegada, me dieron su amistad y me abrieron las puertas de su hogar.*

*A la memoria de Doña Clemen (q.p.d.)*



## CONTENIDO

	PAG.
RESUMEN.....	I
INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
JUSTIFICACIÓN.....	11
HIPÓTESIS.....	12
OBJETIVOS.....	13
METODOLOGÍA.....	14
RESULTADOS.....	21
DISCUSIÓN.....	31
CONCLUSIONES.....	33
BIBLIOGRAFÍA.....	34

## RESUMEN

El cultivo de la tilapia aunque cuenta con muchas ventajas tales como su capacidad de adaptación, rápido crecimiento y resistencia a enfermedades, presenta una gran desventaja al producirla, que es su precocidad y alta tasa reproductiva, lo cual causa sobrepoblación en estanques impidiendo el crecimiento de los peces. El método que se ha utilizado para controlar la reproducción precoz de manera muy eficaz, es la inversión sexual. Éste tratamiento consiste en aplicar a los alevines hormonas androgénicas en sus primeras 4 semanas de vida, es decir, en etapas tempranas de su desarrollo, cuando no se han diferenciado los tejidos gonádicos; para producir poblaciones masculinizadas, en virtud de que el macho presenta mayor crecimiento. La hormona más utilizada es la 17- $\alpha$ -metiltestosterona, que ha sido muy eficaz, pero de difícil obtención. En ésta investigación se evaluó el uso de la fluoximesterona en la inversión sexual de alevines de tilapia de la línea *Niloticus Stirling*, con el objetivo de demostrar el efecto de dicha hormona sobre la inversión sexual. Para ello se utilizó un grupo control (tratado con 17- $\alpha$ -metiltestosterona) y un grupo experimental (tratado con fluoximesterona) con variantes en la aplicación del tratamiento de 2, 3 y 4 semanas. Siendo cada grupo de 6000 alevines de tilapia *Niloticus Stirling*. La determinación sexual se realizó mediante el sexado visual al término de la etapa de crecimiento. Los resultados obtenidos muestran que la fluoximesterona a dosis de 20mg en tratamientos de 3 y 4 semanas los peces muestran un efecto de inversión de sexual del 100%. Además se observó un incremento en el crecimiento en un 15 a 20%, mayor al uso de la 17- $\alpha$ -metiltestosterona. El análisis histológico de las gónadas de los peces mostró cambio de tejido ovárico a testicular. El tratamiento de inversión sexual mediante la aplicación de fluoximesterona presenta una alta efectividad, requiere de un menor tiempo de exposición, es más accesible y representa mayores beneficios económicos.

## INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

La producción piscícola ocupa el quinto lugar de importancia en la producción pecuaria mundial. Este producto provee el 25% de la proteína de origen animal en países desarrollados y el 75% en países en vía de desarrollo (22). La acuicultura es una actividad con gran potencial de desarrollo en México debido a que existen las condiciones climáticas y técnicas necesarias para desarrollar esta actividad, además invertir en este rubro representa una inversión atractiva ya que es de alta rentabilidad (11).

La acuicultura es una actividad que consiste en la manipulación de biotipos acuáticos naturales o artificiales, y engloba todas las actividades que tienen por objeto la producción de especies útiles para consumo humano (5, 6).

En las últimas décadas, la acuicultura en México ha adquirido gran relevancia, y está representada por especies dulceacuícolas entre las que destacan la tilapia, carpa, trucha y bagre (16). Por otro lado, de acuerdo a declaraciones de CONAPESCA (2007), la acuicultura se ha convertido en una actividad relevante ya que el plan rector del Gobierno Federal contempla el garantizar el aprovechamiento sustentable de los recursos pesqueros y generar certeza jurídica en las actividades productivas. En este sentido, la nueva Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables, reconocen a la pesca y la acuicultura como actividades que fortalecen la soberanía alimentaria y territorial de la nación, considerándolas de seguridad nacional y prioridad para el desarrollo del país.

Aunque, existen diversas especies y variedades de peces, una de las más utilizadas en la acuicultura es la tilapia debido a su alto nivel proteínico, bajo costo

de producción y precio de venta asequible respecto a otras especies piscícolas, lo cual la convierten en un producto de gran importancia (31).

Los primeros descubrimientos acerca de la existencia de la tilapia datan de hace unos 18 millones de años y se remontan al África oriental. Entre 1909 y 1916 se reportaron más de 96 especies diferentes de tilapia en África, y se empezó a desarrollar una metodología para el manejo de la incubación y el cuidado de alevines para la producción de peces para consumo (1).

En 1924 se inició el cultivo experimental de la tilapia en Kenia, el cual se extendió a Zaire, cuya práctica se propagó hasta Sudáfrica. Simultáneamente, desde Java se difundió hacia el Sureste Asiático donde en sus inicios la tilapia fue considerada como una especie indeseable. En Malasia su cultivo provocó gran expectativa debido a su alto potencial productivo, lo cual contribuyó a que de 1950 a 1970, ésta especie fuera distribuida al resto del mundo, tanto en zonas tropicales como subtropicales (39).

Los primeros pies de cría de tilapia fueron introducidos a México en la década de los 60, motivados por el éxito alcanzado en otras naciones tropicales del mundo (47). Para 1964, se introdujeron al país las especies *Tilapia rendalli*, *Oreochromis aureus* y *Oreochromis mossambicus*, procedentes de norte América las cuales fueron llevadas al Centro Acuícola de Temascal, en el estado de Oaxaca. Para 1970 la especie más importante en la producción nacional fue la *Oreochromis aureus* (11).

En 1978, se importó de Panamá un lote de *O. niloticus*, que inicialmente se depositó en el Centro Acuícola de Tezontepec de Aldama, Hidalgo y para

asegurar su sobrevivencia, fueron enviados al centro Acuícola de Temascal, Oaxaca (23).

A principios de 1981 se intensificó la acuicultura para el fomento del cultivo de 4 especies: Bagre, Carpa, Trucha y Tilapia. A partir de este periodo se superó la etapa de la piscicultura de siembra y propagación en aguas dulces y se comenzó a desarrollar una acuicultura intensiva en estanques.

En 1986 nuevamente se importó un lote de la especie *O. niloticus*, junto con algunos ejemplares de la variedad híbrido rojo, los cuales fueron donado a México por la Universidad de Stirling.

Debido a sus características, las especies que más se cultivan en México son; *O. niloticus*, *O. mossambicus* y *O. aureus*, así como algunos híbridos resultantes de la cruce de las especies antes mencionadas, especialmente *O. niloticus* var. *Stirling* la cual ha sobrevivido por su gran adaptabilidad y mayor calidad de carnes en relación a la cantidad de espinas (11).

El género *Oreochromis* presenta las siguientes características:

- Cuerpo comprimido lateralmente, a menudo discoidal y raramente alargado.
- Las aletas dorsal y anal son cortas, la caudal redondeada.
- Piel cubierta por escamas.
- Boca ancha y bordeada de labios gruesos.
- Por ser una especie tropical su temperatura oscila entre los 20 y 30°C (34).

- Color variable conforme a su distribución geográfica, aunque generalmente es de color gris plateado uniforme, con matices violeta en los flancos, con aletas dorsal y pectoral rojizas.
- El tamaño del macho es invariablemente mayor al de la hembra.
- Su ciclo de vida comprende 5 etapas: huevo, alevín, cría, juvenil y adulto (8).
- La diferenciación gonadal se presentan entre los 16 y 20 días de edad; al dejar de ser alevín, alcanzan su madurez sexual entre el segundo y tercer mes de edad, y una longitud de entre los 8 a 18cm, y un peso que oscila entre los 70 y 100g (2).
- Algunos son incubadores bucales; las hembras guardan los huevos en su boca después de la fertilización. Su periodo de incubación varía entre las 60 a 72 h, y pueden permanecer en la cavidad bucal de 5 a 8 días (46).
- Las hembras pueden desovar de 6 a 12 veces por año.
- Presentan un índice de conversión alimenticia de 1 a 1.5 kg.
- Acepta diferentes tipos de alimentos entre los que se encuentran las mezclas comerciales balanceadas, alimento natural (algas, plancton y fitoplancton) y productos agrícolas (desechos de semillas y forraje), los cuales pueden disminuir los costos de producción (24).

demás, el cultivo de tilapia puede ofrecer ciertas ventajas entre las que destacan las siguientes:

- Son especies de gran resistencia física.
- Presentan alta capacidad de adaptación.
- Su crecimiento es rápido.

- Ofrecen resistencia al desarrollo de enfermedades.
- Elevada productividad.
- Pueden desarrollarse en condiciones de alta densidad poblacional, siempre y cuando cuente con el aporte necesario de agua, oxígeno y temperatura constante.
- No requiere de instalaciones costosas y/o complejas.
- Se puede manejar en policultivos con otras especies (31).

Uno de los inconvenientes que presenta la producción de tilapia, es su elevada precocidad reproductiva, ya que alcanza su madurez sexual ente el segundo y tercer mes de crecimiento lo cual puede generar sobrepoblación (38), y por consiguiente, pérdida de tiempo en manejos adicionales, aumenta el costo de producción, disminuye el alimento disponible debido a la sobrepoblación en los estanques y retraso del crecimiento debido a perdida energética que ocasiona la reproducción (20).

Debido a lo anterior, para el cultivo de la tilapia se realizan diversas prácticas para el control de su reproducción (31), entre las que se pueden mencionar:

1. Cosechas periódicas de alevines con redes para reducir la competencia por alimento.
2. Cultivos monosexo; separación de los peces por sexo tras un periodo de cultivo (19).
3. Siembra de alevines machos híbridos; peces procedentes de reproductores de líneas puras que presenta una elevada tasa de crecimiento (25).

4. Cultivo en jaulas flotantes en el estanque; los huevos desovados salen a través de las aberturas de malla de la jaula y mueren previniendo la sobrepoblación.
5. Siembra de peces depredadores en el estanque de engorda; los depredadores controlan la sobrepoblación.
6. Inversión sexual; masculinizar a la población de alevines de tilapia mediante el uso de hormonas aplicadas por inmersión o en el alimento (41).

### **Inversión de sexo en cultivos de tilapia**

La tilapia es una especie gonocórica indiferenciada, esto es, que las larvas al eclosionar aún no presentan diferenciación gonadal. Este periodo de indiferenciación sexual se puede prolongar hasta el día 15 después de la eclosión, lo cual permite la utilización de técnicas de inducción hormonal para reversión fenotípica del sexo mediante el empleo de hormonas masculinizantes (27). Se debe hacer notar que, los individuos (peces) se diferencian de acuerdo a su sexo genético, aunque se puede inducir la diferenciación gonadal al sexo contrario al presente en sus cromosomas sexuales. La tilapia es una especie que puede desarrollar inversión completa del sexo, aunque requiere la influencia de factores externos como algunos químicos específicos, hormonas, temperaturas extremas u otros agentes (37).

La masculinización es un método directo de inversión sexual a través del cual los peces con sexo genético femenino son convertidos a fenotipo masculino mediante manipulación hormonal (27, 51).

Generalmente, los alevines tratados con hormonas masculinas o andrógenos desarrollan testículos y características sexuales de machos maduros (37).

El pionero en el desarrollo de la técnica de inversión sexual fue Yamamoto (1950), quien la utilizó en peces de acuario *Oryzias latipes*, y obtuvo la primera generación de peces masculinizados en 1954 (32). Años más tarde Clemens e Inslee (1968), publicaron un trabajo en el cual evaluaron la efectividad en la masculinización en *O. mossambicus* con la utilización de hormonas (14). Posteriormente, Guerrero III (1974) publicó un artículo sobre la inversión sexual en la tilapia azul con la utilización de la hormona 17- $\alpha$ -etinitestosterona a dosis de 60  $\mu\text{g/g}$  de alimento (14). Estos hallazgos contribuyeron a la implantación y generalización del uso de la inversión sexual en cultivos de tilapia (35).

Los andrógenos utilizados con el propósito de obtener cultivos monosexo pueden ejercer dos acciones fisiológicas; primero, actividad androgénica a través de la cual se promueve el desarrollo del fenotipo masculino, y en segundo lugar actúa promoviendo la biosíntesis de proteínas (27).

A este respecto, Clemens e Inslee (1968) produjeron una población de machos de *O. mossambicus* incorporando 17-  $\alpha$ - metiltestosterona en el alimento a dosis de 10 a 40 mg/Kg (46). Desde entonces este andrógeno ha sido el más utilizado para la inversión del sexo en tilapia (27). Además, se han realizado estudios en los que se prueba que esta hormona no provoca daños en el humano (18), ya que según estos reportes, la eliminación total de la hormona se lleva a cabo durante los tres meses siguientes a la exposición (45), otros reportes indican que este tiempo es suficiente para la eliminación total de los residuos hormonales y no se altera la calidad del producto (50).

Comercialmente, existe una diversidad de anabólicos que se están utilizando para estos fines (11), aunque la utilización de algunos químicos es restringida, ya que no se ha llegado a un acuerdo legal para su uso (45), sin embargo, en México se ha generalizado el uso de andrógenos para la inversión sexual en la tilapia, ya que se sabe que la dosificación es única y exclusivamente durante el primer mes de vida de los peces, y que éstos son consumidos hasta 6 meses después sin presentar un riesgo para la salud humana (49). Para el año 2002 los productores de Estados Unidos, granjas del sector industrial y los investigadores de la Universidad de Auburn, Alabama, lograron la autorización muy controlada para la adquisición de la 17- $\alpha$ -metiltestosterona por la FDA, a una dosis máxima de 60mg y sólo de ciertas marcas (Rangen) dando la confianza de encontrarse dentro de la ley, aunque se siguen buscando alternativas a fin de evitar el uso de hormonas (44, 45).

La práctica de inversión sexual tiene como objeto el producir la mayor cantidad de machos (90 al 100%) (13), para evitar la reproducción en los estanque de engorda, aumentar el crecimiento aproximadamente en un 20% y la obtención de un producto con alta calidad (15). Aunque esta práctica presenta ciertas desventajas entre las que sobresalen, la necesidad de emplear personal capacitado y de tiempo completo, la dificultad para la adquisición de la 17- $\alpha$ -metiltestosterona y su elevado costo, además se requiere de instalaciones adecuadas y el suministro continuo de agua (39).

Los ciclos reproductivos de la mayoría de los peces son regulados por estímulos ambientales captados por receptores periféricos que envían dichos estímulos al cerebro en forma de impulsos nerviosos. Esta información es procesada en el

hipotálamo el cual promueve la síntesis de hormonas peptídicas denominadas genéricamente "hormonas liberadoras", las que a su vez, inducen la liberación de gonadotropinas a partir de la hipófisis. Las gonadotropinas ejercen sus efectos sobre las gónadas (7). Estas a su vez producen las hormonas sexuales (esteroides) encargadas de la formación de gametos y de la regulación de las características sexuales secundarias, coloración y comportamiento reproductivo.

El conocimiento de los mecanismos de diferenciación sexual en peces ha permitido la manipulación de los animales para la inversión del sexo. Es decir, la utilización de los estímulos ambientales apropiados y/o la administración de hormonas para estimular la diferenciación gonadal (28).

La hormona mas utilizada para la inversión del sexo en tilapias ha sido la 17- $\alpha$ -metiltestosterona, aunque, existe otra hormona androgénica potente que puede ser utilizada con el mismo propósito, la fluoximesterona (53).

Entre los antecedentes de la utilización de la fluoximesterona se encuentra el trabajo realizado por Lyster y col. (1956), los cuales encontraron que esta hormona ejerce efectos anabólicos casi 20 veces mayor a la 17- $\alpha$ -metiltestosterona en ratas machos castradas juveniles. Así mismo, reportaron que sus efectos androgénicos fueron 9.5 veces más fuertes (26).

Por lo anterior, en el presente trabajo se evaluó el efecto de la fluoximesterona sobre la inversión del sexo en tilapias de la especie *O. nilotica*, así como en la promoción del crecimiento en comparación con la 17- $\alpha$ -metiltestosterona (29).

TESIS/CUCBA

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento constante de la población y la demanda continua de alimento rico en proteína de origen animal, ha propiciado la búsqueda de alternativas para la producción de alimento. El cultivo de peces, como la tilapia representa una buena opción debido a que esta especie es de fácil adaptación, es resistente al manejo y a las enfermedades además de presentar un crecimiento rápido, elevada productividad y una buena conversión alimenticia, lo cual la hace una especie buena para su explotación en cultivo. Sin embargo, tiene la desventaja de ser una especie sexualmente precoz, lo cual puede provocar la sobrepoblación en los estanques de engorda.

Para evitar este problema, se han utilizado métodos que ayuden a controlar la reproducción y por consiguiente la sobrepoblación. Una de las prácticas más utilizadas es el método para inversión del sexo. Para lo cual se ha utilizado con buenos resultados la hormona 17- $\alpha$ -metiltestosterona, que tiene la desventaja de ser un fármaco de difícil obtención y de costo elevado.

Por esta razón en el presente trabajo se utilizó la hormona fluoximesterona como alternativa a la utilización de la 17- $\alpha$ -metiltestosterona, ya que presenta la ventaja de ser más accesible y económica. Así mismo, se valoró la eficacia en la inversión del sexo y promoción del crecimiento en tilapias de la especie *O. niloticus* var. *Stirling*.

## JUSTIFICACIÓN

Algunos estudios han mostrado que la fluoximesterona puede ser una buena alternativa para la inversión sexual y en la promoción del crecimiento corporal de peces en cultivo. Por esta razón en el presente trabajo se comprobó la eficiencia de la fluoximesterona en la inversión del sexo y se evaluó el rendimiento económico en comparación con el método tradicional empleado en la acuicultura.

Los resultados de este trabajo podrán brindar una alternativa a los productores de peces y centros acuícolas con el propósito de mejorar su producción y disminuir sus costos.

## HIPÓTESIS

El uso de la fluoximesterona permite la inversión sexual de manera efectiva, y la reducción del tiempo empleado para el tratamiento hormonal así como la disminución en los costos de producción.

## OBJETIVOS

### GENERAL:

Evaluar la eficacia de la fluoximesterona en comparación con la 17- $\alpha$ -metiltestosterona en el proceso de inversión sexual de la tilapia de la línea nilótica *Stirling* en diferentes tiempos de tratamiento.

### PARTICULARES:

- Cuantificar la población invertida en los diferentes tiempos de tratamiento hormonal con el fin de establecer la efectividad de cada tratamiento.
- Evaluar el efecto de las dos hormonas sobre la producción (peso y longitud) durante la fase de tratamiento y en la fase de crecimiento.
- Analizar la ventaja costo-beneficio, en relación a cantidad de organismos hormonados tras la utilización de los diferentes tratamientos.
- Analizar el efecto que ejercen las hormonas sobre el tejido gonadal.

## METODOLOGÍA

El presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones del Centro Acuícola Jala, ubicado en; Camino a la derivadora Gregorio Torres Quintero Km. 5.5 Tecomán, Colima. Y se realizó de Mayo a Septiembre de 2006.

### Descripción de la muestra

Para el presente trabajo se utilizaron un total de 36,000 alevines de la línea *Oreochromis niloticus* var. *Stirling* los cuales fueron mantenidos en estanques de concreto con dimensiones de 2 x 2 x 1 m. Para llevar un control los estanques fueron numerados como se muestra en el cuadro 1. Cada estanque contó con una toma de agua de 2 pulgadas, y 2 piedras difusoras, el recambio de agua fue del 30% en 24 horas continuas.

Para la inversión del sexo en los alevines se utilizaron dos tratamientos: Tratamiento 1; peces expuestos a la hormona 17- $\alpha$ -metiltestosterona (control); y Tratamiento 2; peces expuestos a la hormona fluoximesterona (experimental). Se utilizaron 3 estanques por tratamiento, con tiempos de exposición a las diferentes hormonas de 2, 3 ó 4 semanas. Los grupos experimentales fueron identificados de acuerdo al tratamiento hormonal y a las semanas de exposición como se muestra en el cuadro 1. Se depositaron un total de 6000 alevines por estanque.

Cuadro 1. Distribución de tratamientos, duración y hormona utilizada.

ESTANQUE	TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
1	F2S	Fluoximesterona 2 semanas de tratamiento
2	F3S	Fluoximesterona 3 semanas de tratamiento
3	F4S	Fluoximesterona 4 semanas de tratamiento
4	M2S	17- $\alpha$ -metiltestosterona 2 semanas de tratamiento
5	M3S	17- $\alpha$ -metiltestosterona 3 semanas de tratamiento
6	M4S	17- $\alpha$ -metiltestosterona 4 semanas de tratamiento

### Procedimiento

Antes de iniciar el proceso experimental los estanques fueron lavados para evitar el desarrollo de algas. Se llenaron con agua limpia, bien oxigenada a la cual se le agregó 0.5g de permanganato de potasio por m<sup>3</sup>.

Las crías utilizadas fueron obtenidas del estanque de reproducción y se eligió una medida de entre 6 y 7mm, debido a que cuando los alevines presentan esta talla aún no han iniciado su proceso de diferenciación sexual. Antes de sembrar las crías se determinó la temperatura y oxígeno disuelto en el agua mediante la utilización de un oxímetro (Oxímetro multifunción YSI 85).

El manejo de las crías se efectuó entre las 8 y 11 h, para evitar que el calor dañara a los peces y pusiera en peligro su sobrevivencia.

### Registro biométrico

Este se realizó mediante el registro de la talla y peso semanal de los peces de cada estanque. Con estos datos, se calculó la tasa alimenticia necesaria para cada estanque mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{WT \times \%TA}{R}$$

En donde,

WT= Biomasa (peso total de las crías)

%TA= Porcentaje de tasa alimenticia

R= Número de raciones.

## **Alimentación**

Los peces fueron alimentados con un producto comercial de la marca Beienes, el cual contiene 50% de proteína, a base de harina de pescado, harina de maíz y soya, en presentación migaja tamaño 0 (harina).

## **Preparación de las dosis de hormonas**

A partir de la siembra de las crías en los estanques, se inició el proceso de inversión sexual (38). Para esto, las hormonas seleccionadas fueron administradas en el alimento de la siguiente manera; para el grupo control se utilizó una concentración de 60mg de 17- $\alpha$ -metiltestosterona/Kg de alimento, mientras que para el grupo experimental se le agregó una concentración de 20mg de fluoximesterona (8 pastillas)/Kg de alimento. La frecuencia de suministro de alimento fue de 10 veces por día durante las horas diurnas (8am a 5pm) con intervalos de una hora, los 7 días a la semana (17).

La tasa alimenticia fue ajustada semanalmente hasta completar el mes de tratamiento; para la primera semana fue del 30% de la biomasa, la segunda del 20%, la tercera del 15% y la cuarta del 10%.

## **Preparación del alimento**

La preparación del alimento para ambos tratamientos se realizó bajo el mismo procedimiento, utilizando las cantidades de hormona correspondientes.

La hormona fue diluida en 500ml de alcohol etílico al 95% ésta dilución se agregó al alimento y se mezcló hasta formar una masa homogénea. Realizado lo anterior,

la mezcla hormona-alimento se extendió sobre una superficie plana, y se dejó reposar aproximadamente 12h para facilitar la volatilización del alcohol (38). Posteriormente, el alimento fue tamizado y suministrado en las cantidades calculadas a partir de la ecuación mencionada anteriormente.

### **Etapas de crecimiento**

Una vez concluido el periodo de dosificación hormonal, de acuerdo a las condiciones experimentales descritas, se realizó la separación de los peces por talla, bajo los siguientes parámetros:

- a) Talla pequeña; peces entre 14mm y 1cm de longitud.
- b) Talla mediana; peces de entre 1.5 y 3cm de longitud
- c) Talla grande; peces con longitud mayor a 3.5cm.

El parámetro anterior fue utilizado para seleccionar a los peces pequeños los cuales fueron desechados del estudio, debido a que tal vez no consumieron el alimento suficiente como para influir en su inversión sexual (34). Así mismo, se desecharon los peces de talla grande, ya que dicha talla es alcanzada solo por peces macho y no presentaron modificación sexual aparente. Así mismo, se registro el peso y sexo de los peces que se desecharon del estudio.

De los peces (talla mediana) se seleccionó una muestra de 200 organismos, a los cuales se les registró talla y peso. Efectuando lo anterior, se inició la etapa de crecimiento la cual se extendió hasta los 4 meses. Para esta etapa el alimento proporcionado fue de la marca AS, la cual contiene 30% de proteína, a base harina de maíz, soya y pescado, en presentación migaja 3.5 flotante. La cantidad y frecuencia de alimento que se suministró se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Suministro de alimento en la etapa de crecimiento.

TIPO DE ALIMENTO	TASA ALIMENTICIA	RACIONES	FRECUENCIA
Pulverizado 50% de proteína	8%	5	C/2 horas
Pelletizado 30% de proteína	7%	5	C/2 horas
Pelletizado 30% de proteína	6%	3	C/4 horas
Pelletizado 30% de proteína	5%	3	C/4 horas

Durante el tiempo de crecimiento, se valoró el desarrollo de los peces y el efecto de cada tratamiento hormonal mediante el registro de talla y madurez sexual.

Se desecharon los peces en mal estado para evitar que afectaran a los sanos.

Para los animales eliminados del estudio se realizó el registro de número de animales desechados, peso, talla y sexo.

#### Determinación de desarrollo

Para evaluar la ganancia de peso de acuerdo a cada tratamiento, se registró el peso corporal y longitud de los peces cada 15 días. Para lo cual se seleccionaron al azar 20 peces de cada condición experimental. Además, este parámetro fue utilizado para reajustar las dosis de alimento para cada estanque.

#### Determinación del sexo

Al finalizar la etapa de crecimiento (4 meses), cuando los peces alcanzaron una talla entre 15 y 20cm de longitud (27), se llevó a cabo la determinación del sexo, para lo cual se empleó la técnica de sexado visual de las papilas genitales en la porción ventral y caudal del cuerpo del pez. En las hembras se observan dos poros, mientras que en los machos se presenta solo un poro (21). Para facilitar la observación, se impregnaron las papilas genitales con azul de metileno mediante su aplicación con un hisopo (Fig. 1).

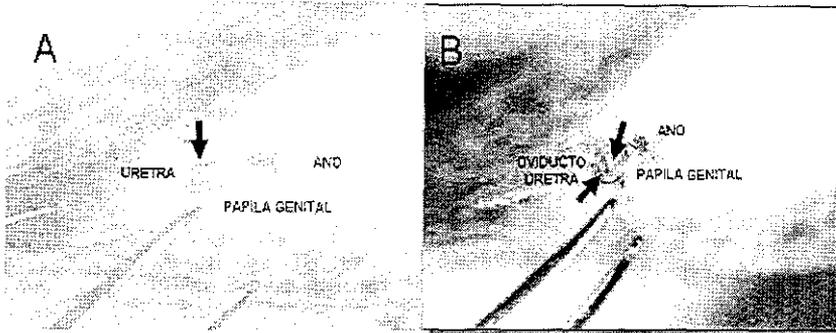


Figura 1. Identificación de sexo en la tilapia *Oreochromis niloticus* var. *Stirling*. (A) Muestra el poro genital en el macho (punta de la flecha); (B) las puntas de las flechas muestran los dos poros presentes en las hembras.

### Análisis histológico del tejido gonadal

Para analizar el efecto del tratamiento hormonal sobre el tejido gonadal, se seleccionaron 5 peces provenientes de cada condición experimental. Tras el sacrificio de los animales se extrajeron las gónadas (ovario o testículo). En las hembras, los ovarios se presentan como dos cordones de células con aspecto granuloso, localizadas en la cavidad abdominal del pez, en posición dorsal respecto al intestino (36). En los machos, los testículos presentan un aspecto blanquecino, con una superficie mas lisa en comparación a los ovarios, se les localiza en una posición similar a las hembras (43). Los tejidos obtenidos se fijaron con una solución buferada de formol al 10% y se procesaron histológicamente para su inclusión en parafina, se realizaron cortes de 4  $\mu\text{m}$  de espesor y se procesaron para su tinción con hematoxilina y eosina (HE).

El análisis histológico de las preparaciones se llevó a cabo en el laboratorio de Histología del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara. Para lo cual, los tejidos se observaron con la utilización de un microscopio de luz (LEICA) con el objetivo 40x.

### **Registro de mortalidad**

La mortalidad de los peces fue registrada diariamente hasta concluir los 4 meses de crecimiento, al mismo tiempo se registró la temperatura (°C) del agua y la concentración de oxígeno disuelto (OD). La limpieza se realizó cada 8 días, evitando al máximo el estrés de los peces.

### **Análisis costo-beneficio**

Ambos tratamientos fueron sometidos a un análisis financiero con el propósito de evaluar las ventajas económicas. Para esto se tomó en cuenta el costo de las materias primas (alimento, hormonas, alcohol), cantidad de organismos hormonados y el tiempo requerido para la inversión sexual.

### **Análisis estadístico**

El análisis estadístico de los resultados se efectuó mediante la aplicación de la prueba de ANOVA de una vía *post hoc* la prueba de Tukey para la comparación entre medias a un nivel de significancia de  $p < 0.05$ . Lo anterior se realizó con el programa estadístico Statgraphics versión 5.5.

## RESULTADOS

### Inversión sexual

El análisis de la eficiencia de la fluoximesterona para la inversión sexual de los peces mostró un nivel de masculinización del 100% en los peces tratados durante 3 y 4 semanas. Para el grupo de peces tratado con esta hormona durante 2 semanas se observó un nivel de masculinización del 98%. Por otro lado, la administración de la 17- $\alpha$ -metiltestosterona por 4 semanas mostró masculinización del 99.5% de los peces, mientras que el tratamiento por 3 semanas fue del 99% y del 97% para los peces dosificados durante 2 semanas (cuadro 3).

Los porcentajes de inversión sexual son muy similares entre si, aunque cabe señalar que el tratamiento con fluoximesterona produjo el 100% de machos desde la tercera semana.

Cuadro 3. Muestra la eficiencia de inversión sexual en porcentaje de masculinización tras diferentes periodos de exposición al tratamiento hormonal.

<u>TRATAMIENTO</u>	<u>% INVERSIÓN SEXUAL</u>
F2S	98%
F3S	100%
F4S	100%
M2S	97%
M3S	99%
M4S	99.5%

El porcentaje de masculinización se evaluó para n=200.

### Parámetros productivos durante la aplicación del tratamiento

Al inicio del experimento los alevines registraron un peso promedio de 0.028g y una longitud de 6mm. Al finalizar la fase experimental, se registró un peso máximo de 0.391g y una longitud de 3.8cm en los peces tratados con fluoximesterona por

4 semanas; en contraste, los peces tratados con la 17-  $\alpha$ - metiltestosterona por 4 semanas presentaron un peso de 0.325g y una longitud de 3.4cm. El análisis estadístico de los resultados mostró diferencias significativas entre ambos tratamientos ( $p < 0.05$ ). El efecto de cada tratamiento en las diferentes condiciones experimentales sobre el peso y longitud se presenta en el cuadro 4a, las diferencias entre la ganancia de peso obtenida por tratamiento se muestra en el cuadro 4b.

Cuadro 4a. Promedio de peso y longitud de los peces al terminar el periodo experimental.

TRATAMIENTO	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	LONG. INICIAL (mm)	LONG. FINAL (cm)
F2S	0.028 $\pm$ 0.000004 <sup>a</sup>	0.316 $\pm$ 0.00022 <sup>a</sup>	6 $\pm$ 0.044 <sup>a</sup>	3.6 $\pm$ 1.108 <sup>a</sup>
F3S	0.028 $\pm$ 0.000004 <sup>a</sup>	0.375 $\pm$ 0.00022 <sup>b</sup>	6 $\pm$ 0.044 <sup>a</sup>	3.7 $\pm$ 1.108 <sup>a</sup>
F4S	0.028 $\pm$ 0.000004 <sup>a</sup>	0.391 $\pm$ 0.00022 <sup>c</sup>	6 $\pm$ 0.044 <sup>a</sup>	3.8 $\pm$ 1.108 <sup>ab</sup>
M2S	0.028 $\pm$ 0.000004 <sup>a</sup>	0.3 $\pm$ 0.00022 <sup>d</sup>	6 $\pm$ 0.044 <sup>a</sup>	3.1 $\pm$ 1.108 <sup>a</sup>
M3S	0.028 $\pm$ 0.000004 <sup>a</sup>	0.375 $\pm$ 0.00022 <sup>be</sup>	6 $\pm$ 0.044 <sup>a</sup>	3.4 $\pm$ 1.108 <sup>ac</sup>
M4S	0.028 $\pm$ 0.000004 <sup>a</sup>	0.325 $\pm$ 0.00022 <sup>f</sup>	6 $\pm$ 0.044 <sup>a</sup>	3.4 $\pm$ 1.108 <sup>ad</sup>

Se presenta el promedio de peso y longitud  $\pm$  error estándar.

a, b, c, d, e, f Valores con letras distintas muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), para  $n=20$ .

Cuadro 4b. Ganancia de peso de los peces al terminar el periodo experimental.

TRATAMIENTO	GANANCIA DE PESO (g)
F2S	0.288 $\pm$ 0.014 <sup>a</sup>
F3S	0.347 $\pm$ 0.014 <sup>b</sup>
F4S	0.363 $\pm$ 0.014 <sup>c</sup>
M2S	0.272 $\pm$ 0.014 <sup>d</sup>
M3S	0.347 $\pm$ 0.014 <sup>b</sup>
M4S	0.297 $\pm$ 0.014 <sup>e</sup>

Se presenta la ganancia de peso  $\pm$  error estándar.

a, b, c, d, e Valores con letras distintas muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), para  $n=20$ .

### Parámetros productivos durante la etapa de crecimiento

Al iniciar la etapa de crecimiento, los animales de los diferentes grupos presentaron pesos y longitud variable y al finalizar este periodo (4 meses) los animales de los grupos F3S y F4S presentaron pesos de 81.81 $\pm$ 0.013g y 89.28 $\pm$

0.013 g respectivamente, lo cual fue significativo ( $p < 0.05$ ) en comparación con el resto de los grupos de estudio (cuadro 5a). Los resultados muestran que los peces dosificados con fluoximesterona presentan mejor ganancia de peso y talla durante el periodo de crecimiento. En contraste, los animales dosificados con 17- $\alpha$ -metilttestosterona por 3 y 4 semanas presentaron un peso promedio de  $76.66 \pm 0.013$  y  $77.9 \pm 0.013$  g respectivamente, y una longitud de  $17.5 \pm 1.51$  cm y  $17.8 \pm 1.51$  cm para las mismas semanas de tratamiento. Los resultados de la ganancia de peso obtenida por tratamiento al final de la etapa de crecimiento se muestra en el cuadro 5b.

Cuadro 5a. Promedio de peso y longitud al finalizar el periodo de crecimiento de 4 meses.

TRATAMIENTO	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	LONG. INICIAL (cm)	LONG. FINAL (cm)
F2S	$0.316 \pm 0.0001^a$	$73.17 \pm 0.013^a$	$3.6 \pm 1.70^a$	$17.9 \pm 1.51^a$
F3S	$0.375 \pm 0.0001^b$	$81.81 \pm 0.013^b$	$3.7 \pm 1.70^a$	$18.5 \pm 1.51^b$
F4S	$0.391 \pm 0.0001^c$	$89.28 \pm 0.013^c$	$3.8 \pm 1.70^{ab}$	$18.9 \pm 1.51^c$
M2S	$0.3 \pm 0.0001^d$	$71.25 \pm 0.013^d$	$3.1 \pm 1.70^f$	$17.1 \pm 1.51^d$
M3S	$0.375 \pm 0.0001^e$	$76.66 \pm 0.013^e$	$3.4 \pm 1.70^g$	$17.5 \pm 1.51^e$
M4S	$0.325 \pm 0.0001^f$	$77.9 \pm 0.013^f$	$3.4 \pm 1.70^g$	$17.8 \pm 1.51^f$

<sup>a, b, c, d, e, f</sup> Valores con letras distintas muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ),  $n=20$ . Se presentan los promedios de peso y talla  $\pm$  error estándar.

Cuadro 5b. Ganancia de peso al finalizar el periodo de crecimiento de 4 meses.

TRATAMIENTO	GANANCIA DE PESO (g)
F2S	$72.85 \pm 0.017^a$
F3S	$81.43 \pm 0.017^b$
F4S	$88.88 \pm 0.017^c$
M2S	$70.95 \pm 0.017^d$
M3S	$76.28 \pm 0.017^e$
M4S	$77.57 \pm 0.017^f$

Se presenta la ganancia de peso  $\pm$  error estándar.

<sup>a, b, c, d, e</sup> Valores con letras distintas muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), para  $n=20$ .

### Análisis económico

Los costos de los diferentes tratamientos, para obtener 5000 peces con sexo invertido se presentan en el cuadro 6. Cabe hacer notar que el costo de cada tratamiento varió de acuerdo al tiempo de exposición al tratamiento hormonal y al ajuste del alimento suministrado, lo cual dependió de la talla y peso de los animales de los diferentes estanques esto es, de acuerdo a la biomasa obtenida al realizar la biometría.

Cuadro 6. Costo total de cada tratamiento. Incluyendo hormona, alimento y alcohol.

TRATAMIENTO	COSTO TOTAL
F2S	\$35.17
F3S	\$72.03
F4S	\$118.51
M2S	\$30.80
M3S	\$56.15
M4S	\$95.42

Al hacer la comparación entre tratamiento con respecto a los tiempos de exposición hormonal, los resultado mostraron que aunque la  $17\text{-}\alpha\text{-}$ metiltestosterona tiene un precio mas bajo que la hormona fluoximesterona, esta última probó ser mas eficiente en la inversión sexual, en tiempos mas cortos de exposición en comparación con la  $17\text{-}\alpha\text{-}$ metiltestosterona, y es mas fácil de adquirir, ya que la hormona  $17\text{-}\alpha\text{-}$ metiltestosterona requiere permiso de importación ya que no se distribuye localmente.

### Parámetros físico – químicos

Debido, a la importancia de las condiciones físico-químicas del agua en los estanques para el desarrollo adecuado de los peces, se monitoreo diariamente

por la mañana (7am) la temperatura y la cantidad de OD. Los resultados muestran registros mínimos de temperatura de 25.9°C y un máximo de 27.1°C (Figura 2).

En cuanto al monitoreo de OD el registro diario mostró valores mínimos de 4.91mg/L y máximos de 6.71mg/L (Figura 3). Los resultados de los parámetros físico-químicos sugieren que la calidad del agua se mantuvo en condiciones óptimas.

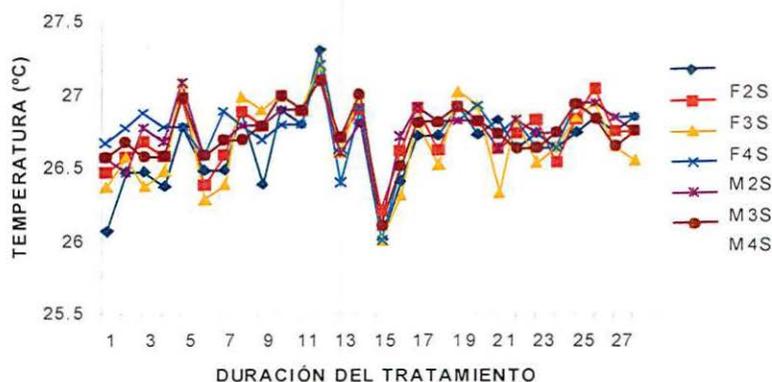


Figura 2. Se presentan los valores promedio de temperatura en °C durante el periodo experimental.

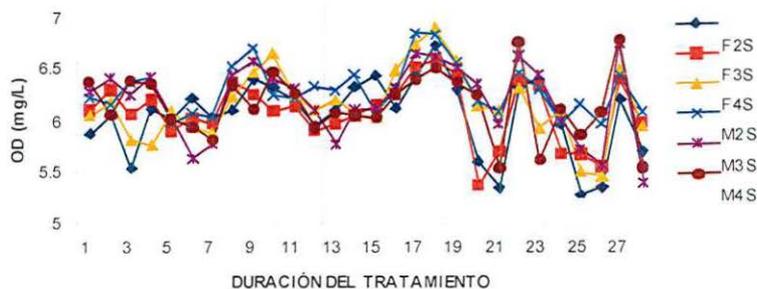


Figura 3. Se presentan los valores promedio de OD durante en mg/L de agua en la etapa experimental

### Porcentaje de mortalidad

El porcentaje registrado de mortalidad mostró valores entre 2.9% a 9.2% durante el periodo experimental, es decir, se encontró dentro de los parámetros considerados como normales. Cabe señalar, que la mortalidad de los peces se incrementó a partir de la semana 2 de la fase experimental (Figura 4). Por otro lado, se debe mencionar que la mortalidad de los peces disminuyó al finalizar las 4 semanas de tratamiento. Además, se encontró mortalidad más elevada en los peces del tratamiento F2S. Durante la etapa de crecimiento no se registraron más decesos.

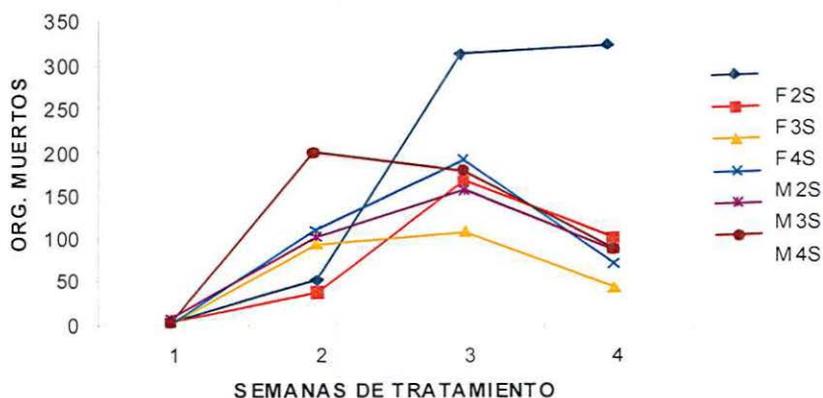
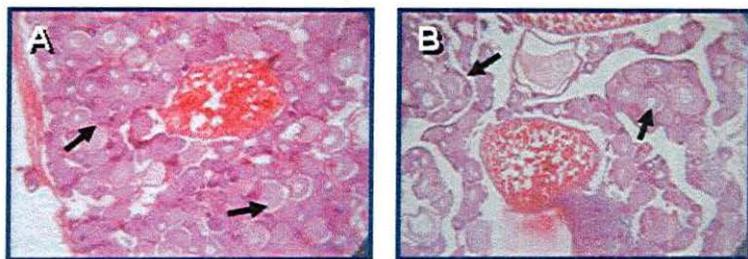


Figura 4. Mortalidad registrada durante la etapa de tratamiento. Muestra el número de peces muertos durante el periodo experimental.

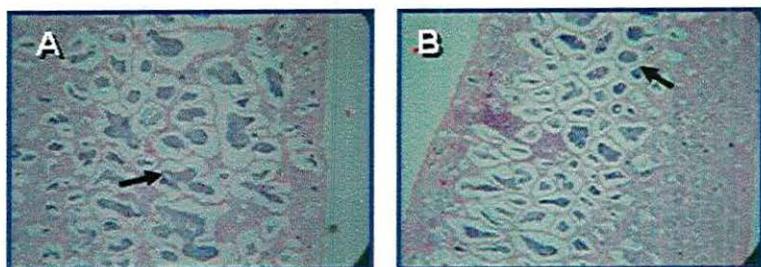
### Análisis histológico del tejido gonadal

El análisis histológico del tejido gonadal obtenido a partir de animales dosificados con fluoximesterona durante 2 semanas reveló la presencia de tejido ovárico, generalmente folículos inmaduros, como se muestra en las figuras 5 (A y B).



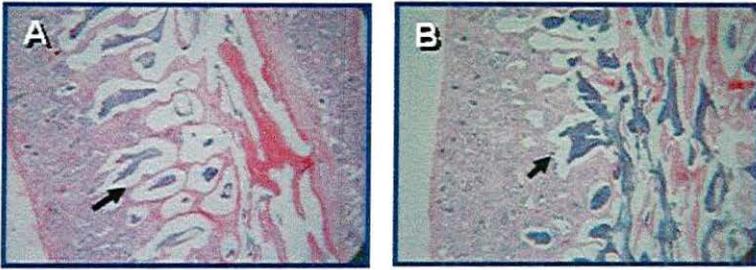
Figuras 5. Las Figura A y B muestran cortes de 4  $\mu\text{m}$  de espesor de tejido gonadal obtenido de peces dosificados por dos semanas con la hormona flouximesterona y procesados con la tinción de HE. Las flechas indican la presencia de folículos inmaduros (40x).

Por otra parte, en peces dosificado durante 3 semanas con fluximesterona, el análisis histológico muestra la presencia de tejido testicular lo cual sugiere que a partir de la tercer semana se puede lograr la inversión sexual con esta hormona (figura 6, A y B).



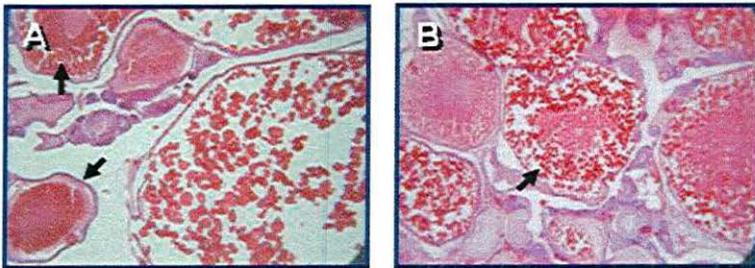
Figuras 6. Las Figura A y B muestran cortes de 4  $\mu\text{m}$  de espesor de tejido gonadal obtenido de peces dosificados por tres semanas con la hormona flouximesterona y procesados con la tinción de HE. Las flechas indican la presencia de células germinales y espermias (40x).

A las 4 semanas de tratamiento se observó el desarrollo de tejido testicular además de la presencia de espermias. Esto sugiere que a partir de la cuarta semana de tratamiento la inversión sexual es completa (figura 7, A y B).



Figuras 7. Las Figura A, muestra la presencia moderada de espermatozoides; B, muestra la presencia de espermatozoides abundantes. Cortes de  $4\ \mu\text{m}$  de espesor de tejido gonadal obtenido de peces tratados por cuatro semanas con la hormona fluoximesterona y procesados con la tinción de HE. Las flechas indican la presencia de espermatozoides (40x).

Por otra parte, el análisis del tejido gonadal de peces tratados con  $17\text{-}\alpha\text{-}$  metiltestosterona por dos semanas muestra la presencia de folículos maduros, característica propia de las hembras. Estos resultados sugieren que a dos semanas de tratamiento la  $17\text{-}\alpha\text{-}$  metiltestosterona no ha promovido la masculinización de los peces (figura 8, A y B).



Figuras 8. Las figura A y B muestran la presencia de folículos maduros en tejido gonadal de peces dosificados por dos semanas con la hormona  $17\text{-}\alpha\text{-}$  metiltestosterona. Cortes de  $4\ \mu\text{m}$  de espesor procesados con la tinción de HE. Las flechas muestran la presencia de folículos maduros (40x).

Mientras que el análisis histológico del tejido gonadal de peces tratados durante 3 semanas con la hormona 17- $\alpha$ -metiltestosterona, muestra que no todos los peces se han logrado masculinizar. Se observa en algunas muestras la existencia de células germinales espermáticas (figura 9) mientras que en otras aún hay, la presencia de folículos maduros (figura 10). Estos resultados sugieren, que tres semanas de tratamiento con la hormona 17- $\alpha$ -metiltestosterona no logran la inversión sexual de manera homogénea.

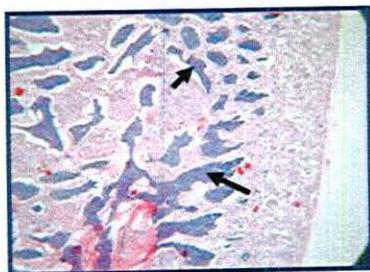


Figura 9. Muestra la abundante generación de células germinales y espermias en tejido gonadal de peces (flechas) tratado con la hormona 17- $\alpha$ -metiltestosterona durante 3 semanas. Corte de 4  $\mu$ m de espesor procesado con la tinción de HE (40x).

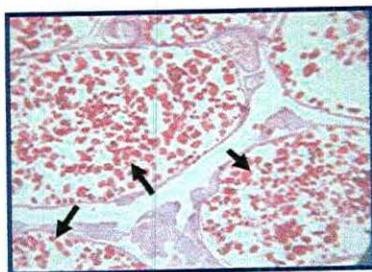


Figura 10. La figura muestra que tras la dosificación con la hormona 17- $\alpha$ -metiltestosterona durante 3 semanas, aun se puede encontrar la presencia de de folículos maduros (flechas). Corte de 4  $\mu$ m de espesor procesado con la tinción de HE (40x).

A las cuatro semanas de tratamiento con la hormona 17-  $\alpha$ - metiltestosterona, el análisis histológico del tejido gonadal muestra el desarrollo de tejido testicular con la presencia moderada de espermias (figura 11, A y B).

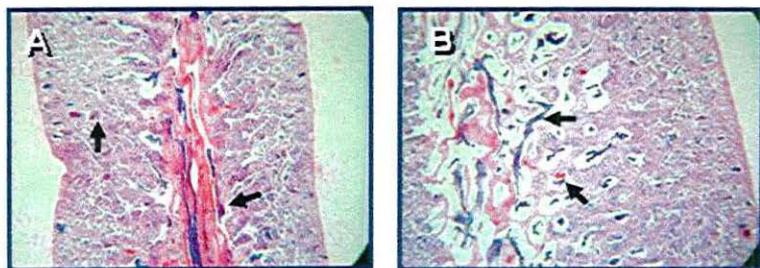


Figura 11. Las figuras A y B muestran la presencia de tejido testicular y la presencia moderada de espermias (flechas), tras 4 semanas de tratamiento con la hormona 17-  $\alpha$ - metiltestosterona. Cortes de 4  $\mu$ m de espesor procesados con la tinción de HE (40x).

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos a partir del presente trabajo sugieren que la hormona fluoximesterona es más eficiente en la inversión del sexo en tilapia en comparación con el tratamiento hormonal con la 17- $\alpha$ -metiltestosterona. Cuevas (2003) reporto resultados similares para la hormona 17- $\alpha$ -metiltestosterona al utilizar la hormona por 30 días. Sin embargo, la utilización de la hormona fluoximesterona no es generalizado, aunque el resultado muestra que es un hormonal eficaz en la inversión sexual de la tilapia. A este respecto, solo Phelps y col., (1992) han reportado la inversión sexual del 100% tras 4 semanas de tratamiento solo que con la utilización de 25 mg/Kg de alimento. Cabe hacer notar, que en el presente trabajo se obtuvieron resultados similares al aplicar dosis de 20 mg/Kg de alimento a partir de la tercera semana.

Por otra parte, al comparar el resultado del desarrollo corporal entre ambos tratamientos, se encontró que la hormona fluoximesterona promueve mayor desarrollo en comparación con la 17- $\alpha$ -metiltestosterona entre un 15 a 20% lo cual concuerda con lo reportado por Phelps y Popma (2000).

De acuerdo al análisis costo-beneficio, se sugiere el reemplazo de la hormona 17- $\alpha$ -metiltestosterona por la fluoximesterona. Esto, debido a que esta hormona ejerce sus efectos en menos tiempo de exposición y promueve un mejor desarrollo corporal lo cual implica que se puede reducir el tratamiento hormonal a tres semanas con una efectividad del 100% de inversión sexual.

Lo anterior, puede ayudar a reducir los costos de producción ya que durante el desarrollo del presente trabajo se requirió de una inversión de \$72.03 para obtener 5000 peces hormonados en tres semanas, en contraste se requirió de una inversión de \$95.42 para obtener el mismo número de peces con inversión sexual en 4 semanas de tratamiento.

Al comparar ambos tratamientos, la diferencia de \$23.39 para obtener 5000 peces hormonados pareciera insignificante, pero si se toma en cuenta que, en los centros acuícolas se producen grandes cantidades de crías, entonces el ahorro resulta significativo.

Con respecto al desarrollo de tejido testicular, ambos tratamientos indujeron la masculinización de los peces. Shepherd y Bromage (1999), reportaron que los peces tratados con hormonas masculinas pueden promover el desarrollo de tejido testicular y fenotipo de machos. Los datos obtenidos del análisis histológico del tejido gonadal mostraron masculinización al aplicar el tratamiento hormonal antes de que se inicie el proceso de diferenciación sexual. Además, la observación histológica de los tejidos mostró el cambio de tejido ovárico a testicular y el desarrollo de espermias. Aunque, no se evaluó la viabilidad espermática.

Los resultados sugieren que la utilización de la hormona androgénica fluoximesterona es una buena opción para la inversión sexual de la tilapia *Oreochromis niloticus* var. *Stirling* ya que mostró una efectividad del 100% de masculinización en solo tres semanas de tratamiento.

## CONCLUSIONES

1. La fluoximesterona aplicada en dosis de 20mg/Kg de alimento ente 3 y 4 semanas promueve la inversión sexual de la tilapia de la línea *nilótica Stirling*, con una efectividad del 100%.
2. La fluoximesterona invierte el sexo de la tilapia en un 100% desde tratamientos de 3 semanas.
3. La 17- $\alpha$ -metiltestosterona administrada a una dosis de 60mg requiere de hasta 4 semanas de tratamiento para obtener resultado de 99.5% de inversión sexual.
4. Los tratamientos de 2 semanas con ambas hormonas, no son recomendables, ya que se observó reproducción en el cuarto mes de la etapa de crecimiento.
5. La fluoximesterona presenta una capacidad anabólica mayor que la 17- $\alpha$ -metiltestosterona de entre 15 a 20%.
6. En ambos tratamientos se presenta el desarrollo de tejido testicular, aunque en la mayoría de los casos no se presenta maduración sexual.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILERA, H. P y NORIEGA, C. P.: La Tilapia y su Cultivo. Fondo de Pesca, México, D. F. 1986. 59.
2. ALVENDIA, C. A and CARINO V. S.: Gonadal Sex Differentiation in *Oreochromis Niloticus*. The second International Symposium on Tilapia in Aquaculture, ICLARM, Bangkok, Tailand. 1988. 14 -124.
3. ANDERSON, C. E and SMITHERMAN R. D.: Production of Normal Male and Androgen Sex Reversed Tilapia Aurea and Tilapia Nilotica Fed a Commercial Catfish Diet in Ponds. Culture of Exotic Fishes. American Fisheries Society, Auburn University, Alabama, 1976. 34- 42.
4. BALFOUR, H.: Cultivo de Peces Comerciales. Limusa, México, D. F., 1985. 102- 106.
5. BARNABÉ, G.: Acuicultura. Vol. I, Omega, Barcelona, 1991. 108- 134.
6. BARNABÉ, G.: Bases Biológicas y Ecológicas de la Acuicultura. Acribia, España, 1996. 340- 348.
7. BAUTISTA, P. C.: Peces Marinos Tecnología de Cultivo. Mundiprensa, Madrid, 1991. 98- 109.
8. BROWN, L.: Acuicultura para Veterinarios. Acribia, España, 2000. 33- 50.
9. BUDDLE, C. R.: Androgen Induced Sex Inversion of *Oreochromis* Hybrid Fry Stocked into Cages Standing in an Earthen Pond Aquaculture. American Fisheries Society, Alabama, 1984. 233- 239.
10. CABAÑAS, L. P.: Diseño y operación de un sistema intensivo de cultivo de crías de tilapia (*oreochromis* spp). Tesis de licenciatura. Fac. de Cs. Universidad Autónoma de México. México, D. F., 1995. 76.
11. CAMACHO, B. E.: Guía para el Cultivo de Tilapia. SEMARNAP, México D. F., 2000. 8- 52.
12. CAMACHO, B., MORENO, C y RODRÍGUEZ, M. A.: Guía para el Cultivo de Tilapia. SEMARNAP, México, D. F., 2000. 136.
13. CASTILLO, C. L.: Reversión Sexual. Panorama Acuícola Magazine. 31 (2005).
14. CUEVAS, U. R.: Masculinización hormonal de la tilapia (*oreochromis niloticus*) en Teocaltiche, Jalisco. Tesis de licenciatura. Div. Cs. Biol. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal. 2003. 6.

15. FAO.: Manual de Piscicultura Artesanal en Agua Dulce. Serie: capacitación. Italia, 1999. 129.
16. FITZSIMMONS, K.: Producción y Mercadeo de Tilapia en E. U. A. y América Latina. Memorias del Primer foro Internacional de Acuicultura. Guadalajara, Jalisco, 2003. 321.
17. GÁLVEZ N., PARÍS L y RECINOS M.: Actas del primer Simposio Centroamericano sobre Cultivo de Tilapia 15, 16 y 17 de Noviembre. INCOPECA / PRADEPECA, Sn. José Costa Rica, 1995. 102- 105.
18. GREEN B. W.: Human Food Safety and Enviromental Assessment of the Use of 17-alfa- metiltestosterone to Produce Male Tilapia in the United states. Vol. 31. Journal of the world aquaculture society, Alabama, 2000. 337- 357.
19. HANSON, T. R., SMITHERMAN, W. L. Shelton and E. A. DUNHAM.: Growth Comparisons of Monosex Tilapia Produced by Separation of Sexes, Hybridization and Sex Reversal. Symposium on Tilapia in Aquaculture. Te Aviv, Israel, 1983. 564- 573.
20. HUANG C. M., and LIAO I. C.: Response to Mass Selection for Growth Rate in *Oreochromis Niloticus*. Aquaculture. Elsevier, Holanda, 1990. 199- 205.
21. HUET, M.: Tratado de piscicultura. Mundi prensa. México, D.F. 1998. 310.
22. INSTITUTO SUPERIOR DEL MAR.: Antecedentes Históricos de la Acuicultura. SEP, SEIT. Boca del río, Ver. 1997. 1.
23. JIMÉNEZ, G. F.: Manual de Sanidad Piscícola. SEMARNAP. México, D. F. 1999. 3- 8.
24. MORALES, D. A.: La Tilapia en México; Biología, Cultivo y Pesquerías. AGT, México, D. F. 1991. 10.
25. PANDIAN, T. J and VARADAJ, K.: Techniques to Regulate Sex Ratio and Breeding in Tilapia. Madurai Kamaraj University. Current Science, India, 1987. 21.
26. PHELPS, R. P., COLE, W. and KATZ, T.: Effect of Fluoxymesterone on Sex Ratio and Growth of Nile Tilapia, *Oreochromis Niloticus* (L). Aquaculture and Fisheries Management. E. U. A, 1992. 25.
27. PHELPS, R. P and POPMA, T. J.: Sex Reversal of Tilapia. Tilapia Aquaculture in the Americas. Vol. II. The world aquaculture Society. E. U. A, 2000. 34- 59.

28. PILLAY, T. V. R.: Acuicultura Principios y Prácticas. Limusa. México, D. F. 1997. 201- 210.
29. POPMA, T. J.: Fry Production and Sex Reversal of Tilapia Nilotica in Ponds. Final Technical Report, Freshwater Fish Culture Development Project. ESPOL. Guayaquil, Ecuador. 1987
30. POPMA, J and GREEN, B. W.: Sex Reversal of Tilapia in Earthen Ponds. International Center for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University. Alabama, 1990. 15.
31. PULLIN, R. S.: Choice of Tilapia Species for Aquaculture. Compilers proceedings of the first international Symposium on tilapia in aquaculture. Tel Aviv University. Israel, 1983. 64-67.
32. PURDOM, C. E.: Genetics and Fish Breeding. Chapman and Hall. Gran Bretaña, 1995. 277.
33. RODERICK, E. E.: Simposium sobre Tilapia en la Acuicultura. Panorama Acuícola. 60- 61 (2004).
34. SECRETARÍA DE PESCA.: Cultivo de Tilapia. Dirac. Grai. de Org. y Cap. pesquera. México, D. F. 1994. 46.
35. SHELTON, W. L., K. D. HOPKINS and G. L. JENSEN. Use of Hormones to Produce Monosex Tilapia for Aquaculture. In culture of exotic fishes Symposium proceedings. Fish Culture Section. American Fisheries Society; Aurburn University. Alabama, 1978. 10- 36.
36. SHEPHERD, J.: Piscicultura Intensiva. Acribia. España, 1999. 27- 28.
37. SHEPHERD, J. y BROMAGE N.: Piscicultura Intensiva. Acribia. España, 1999. 134 – 136.
38. TORRES, O.: Los Peces de México. AGT. México, D. F. 1991. 236.
39. UNAM, SEMARNAP.: Primer Curso Internacional de Producción de Tilapia. 20 – 22 de junio. 1996. 7 – 223.
40. YAMAMOTO, T.: Sex reversal differentiation. In: Fish Physiology. Vol. III Academic Press. New York, 1969. 117 -175.

## PÁGINAS DE INTERNET CONSULTADAS:

41. BOCEK, A.: Internacional Center for Aquaculture. Arizona. <http://www.ag.arizona.edu>. Consultado 28/ Jun/ 2005. 11:15 am.
  
42. CONTRERAS, Y. J.: Centro de Investigación y Capacitación en Acuicultura y Ambiente. Tampico. <http://www.bioshabitat.com.mx>. Consultado 28/ Jun/ 2005. 10:14 am.
  
43. DEPTO. DE PESCA.: Deposito de documentos de la FAO. Manual de la ciencia pesquera parte 2. <http://www.fao.org/documentes/show>. Consultado 26/jul/2005, 2:35pm.
  
44. DELGADILLO, M. SOLEDAD.: Reversión sexual de tilapia a escala comercial. Memorias del primer curso Internacional de Producción de Tilapia. UNAM, UAM. Iztapalapa, SEMARNAP. [http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/ISTA7/Memorias/soledad\\_delgadillo.doc](http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/ISTA7/Memorias/soledad_delgadillo.doc) Consultado 15/jul/2008, 11:20am.
  
45. FDA.: Code of federal regulations exempt anabolic steroid products. En: <http://www.deadiversion.usdoj.gov>. Food Drug Administrations. Consultado 19/ Jul/ 2005. 3:10 pm.
  
46. LIBIOLLE, L. M and MOLLET F.: Noé Aquaculture Consultants. Ecuador. <http://www.noé-aquaculture.com>. Consultado 28/ Jun/ 2005. 10:52 am.
  
47. PHELPS, R. P.: Masculinization of Tilapia Fry by Inmmersion in MDHT at a Production Level. PD/ A CRSP Publications: Details of selected publication. <http://www.biosys.bre.orst.edu>. Consultado 15/ Jun/ 2005. 1:48 pm.
  
48. SECRETARIA DE AGRICULTURA GANADERÍA PESCA Y ALIMENTOS. Argentina. <http://www.sagpya.mecon.gov.ar>. Consultado 28/ Jun/ 2005. 12:37 pm.
  
49. SEPÚLVEDA, C. S.: Comentarios sobre la Reversión Sexual. Tomado de la revista Acuacorient. Panorama Acuícola Magazine on line. Publicado el 30/ mar/ 2004. <http://www.panoramaacuicola.com>. Consultado 28/ Jun/ 2005. 12:48 pm.
  
50. SUWANWELA, M. D.: Instituto Asiático de Tecnología. XI Reunión Interamericana de Salud Animal a Nivel Ministerial. Washintong., 1999. <http://bvs.panaftosa.org.br>. Consultado 28/ Jun/ 2005. 11:25 am.

51. TACIO, H. D. Transsexual Tilapia may Hold Key to more Bountiful Harvest. The Manila Times. Secciones Bussines (agribussines). <http://www.manilatimes.net>. Consultado 17/ Jul/ 2005. 2:45 pm.
52. UAM. Planta Experimental de Producción Acuícola, Iztapalapa, México. Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. Panorama Acuícola Magazine on line. <http://www.panoramaacuicola.com>. Consultado 4/ jul/2005. 1:25 pm.
53. UNAM.: Diccionario de especialidades farmacéuticas. <http://www.facmed.unam.mx>. Consultado 27/ Jun/ 2005. 10:54 am.

TESIS/CUCBA