

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**TRATAMIENTO HORMONAL PARA LA OBTENCIÓN DE TILAPIA
MACHO PARA EL CULTIVO INTENSIVO EN ESTANQUES DE
ENGORDA EN TELIXTAC, MORELOS.**

POR

JAVIER ANTONIO CASTILLO MONTECINOS

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL TÍTULO DE:**

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

TESIS

POR

JAVIER ANTONIO CASTILLO MONTECINOS

TRATAMIENTO HORMONAL PARA LA OBTENCIÓN DE TILAPIA
MACHO PARA EL CULTIVO INTENSIVO EN ESTANQUES DE
ENGORDA EN TELIXTAC, MORELOS.

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ
PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

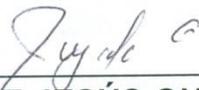
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA



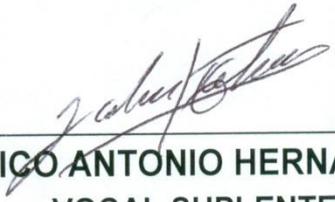
MS. DELFINO REYES MACIAS
PRESIDENTE



MVZ. ERIC ALEJANDRO REYES RAMÍREZ
PRIMER VOCAL



MC. JOSÉ DE JESÚS QUEZADA AGUIRRE
SEGUNDO VOCAL



MVZ. FEDERICO ANTONIO HERNÁNDEZ TORRES
VOCAL SUPLENTE

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



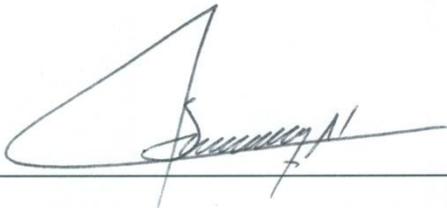
TRATAMIENTO HORMONAL PARA LA OBTENCIÓN DE TILAPIA
MACHO PARA EL CULTIVO INTENSIVO EN ESTANQUES DE
ENGORDA EN TELIXTAC, MORELOS.

TESIS

APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE
ASESORÍA



MS. DELFINO REYES MACIAS
PRESIDENTE



MVZ. RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL
DE CIENCIA ANIMAL

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO 2012

AGRADECIMIENTOS

A mi papá y a mi mamá

Expreso mi agradecimiento principalmente a mis padres David Castillo Martínez y Magdalena Montesinos Alamilla por haberme apoyado incondicionalmente en las buenas y en las malas, en momentos difíciles que pasamos económicamente y que ellos se quitaban el pan de la boca para dármele y para poder seguir fortaleciendo mi vocación profesional. Les agradezco también por darme la oportunidad de sobrevivir en esta bella vida, y a todos sus apoyos que con mucho sacrificio me dieron para que terminara mi carrera, muchas gracias por todo, los quiero mucho.

A Dios

Por darme la oportunidad de estar aquí y haberme dado la fe y la fortaleza para seguir luchando en la vida cotidiana.

A mi esposa e hijo

A mi esposa Maricruz Hernández Uribe y a mi hijo David Castillo Hernández, por brindarme su apoyo incondicionalmente, por darme todos estos momentos tan felices que hemos pasado juntos.

A mis hermanos

Por estar siempre unidos, en las buenas y en las malas. Gracias por todo, algún día estaremos juntos otra vez como cuando fuimos niños.

A mis asesores internos y externos

Al M.V.Z. Eric Alejandro Reyes Ramírez de la Universidad Agraria Autónoma Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN UL.).

Agradezco también la colaboración de los auxiliares del Centro Acuícola de SAGARPA de Zacatepec, Morelos, principalmente al Biólogo Arturo Castañeda Castillo, por su apoyo y asesoraría durante la investigación de la tesis.

A todos los profesores

Que me dieron la enseñanza requerida.

A la Universidad Agraria Autónoma Antonio Narro

Por ofrecerme el apoyo de beca, comedor, y demás servicios, muchas gracias a mi "Alma Terra Mater."

Gracias a todos por haberme ayudado a convertirme en un Médico Veterinario Zootecnista, para el bien de uno y, por ende, de la sociedad.

DEDICATORIA

A mis padres

David castillo Martínez

Magdalena Montesinos Alamilla

Que me ayudaron a superarme apoyándome emocionalmente y económicamente con mis estudios sin esperar nada a cambio, y sobre todo el amor que me han brindado.

A mi esposa

Maricruz Hernández Uribe

Quien me ha apoyado con su gran amor, pasando los días más bellos de mi vida a su lado. Por haber cuidado muy bien a nuestro hijo David Castillo Hernández cuando yo me encontraba estudiando en la universidad, muchas gracias mi vida te amo.

A mis hermanos

Que siempre hemos convivido juntos y me han apoyado emocionalmente en todo, los quiero hermanos.

A mis amigos

Por convivir en los momentos más difíciles, cuando no le entendíamos a las clases, nos enseñábamos unos a los otros, ya que eso solo nos queda como recuerdo.

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	IV
RESUMEN.....	V
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Clasificación taxonómica.....	3
2.2 Etapas de la reproducción.....	4
2.3 Obtención de la cría.....	6
2.4 Sexado visual o diferenciación de sexo.....	6
2.5 Requerimiento de calidad del agua.....	6
2.6 Hábitos alimentarios.....	6
2.7 Desarrollo embrionario y crecimiento.....	7
2.8 Motivo para cultivar tilapia macho.....	8
2.9 Acción hormona.....	9
2.9.1 Estructura química de la 17 alfa-metiltestosterona.....	9
2.10 Efectos que tiene el consumo de pescado tratado.....	9
con hormona en la alimentación del hombre.....	9
2.11 Ventajas y desventajas de la inversión sexual.....	10
3. JUSTIFICACIÓN.....	11
4. OBJETIVOS.....	12
4.1 Objetivo general.....	12
4.2 Objetivos específicos.....	12
5. METAS.....	12
6. ANTECEDENTES.....	13
7. HIPÓTESIS.....	16
8. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
8.1 Área de estudio.....	16
8.2 Materiales.....	17
8.3 Métodos.....	18
8.3.1 Tratamiento hormonal.....	19
8.3.2 Preparación del alimento.....	19
8.4 Cronograma de actividades.....	20
8.5 Distribución y alimentación alevines.....	20
8.5.1 Estanque 1.....	20
8.5.2 Distribución de las jaulas del estanque 2.....	21
8.5.3 Distribución de las jaulas del estanque 3.....	22
8.6 Determinación del sexo.....	23
9. RESULTADOS DE LA VALUACIÓN SEXADO VISUAL.....	25
10. DISCUSIÓN.....	27
11. CONCLUSIONES.....	28
12. BIBLIOGRAFÍA.....	29

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO		PÁGINA
1.	Tabla de talla y peso aproximado en diferentes estadios de desarrollo de la tilapia.....	8
2.	Trabajos de inversión sexual en tilapias autor y fecha especie esteroide y dosis.....	14
3.	Actividades realizadas en el estanque 2 del método de alimentación con hormona.....	18
4.	Actividades del estanque del método de inmersión.....	19
5.	Cronograma de actividades en el estanque de inmersión.....	20
6.	Resultados del sexado visual en el estanque 1 determinación por el medio ambiente.....	25
7.	Resultados del sexado visual en el estanque 2 tratamiento hormonal en el alimento.....	26
8.	Resultados del sexado visual en el estanque 3 tratamiento hormonal por técnica de inmersión.....	26
9.	Resultado general de los 3 estanques.....	27

FIGURA		PÁGINA
1.	Macho excavando el nido	4
2.	Hembra atraída por el macho.....	5
3.	Hembra depositando huevos	5
4.	Hembra incubando huevos.....	5
5.	Hembra protegiendo sus crías.....	5
6.	Forma correcta de sujetar la tilapia para revisar su sexo.....	6
7.	Estructura química de la 17 alfa-metiltestosterona.....	9
8.	Ubicación del Estado de Morelos.....	17
9.	Ubicación de Telixtac municipio de Axochiapan, Morelos.....	17
10.	Estaque 1 de la investigación.....	20
11.	Estaque 2 de la investigación.....	21
12.	Estaque 3 de la investigación.....	22
13.	Anatomía externa de tilapia.....	24

RESUMEN

La tilapia es ampliamente producida a nivel mundial, sin embargo, uno de sus inconvenientes es la alta precocidad reproductiva en los estanques destinados para engorda, lo que afecta su crecimiento y ocasiona la superpoblación. Para controlar esta situación se realiza una reversión fenotípica de sexo, mezclando una hormona androgénica en el alimento que se le dio por treinta días, inicia el tratamiento desde el primer día que eclosionan.

En el caso del método de inmersión inicia el tratamiento hormonal para inducción sexual, partir del desoves, y si el tratamiento de inducción no es eficiente, hace que en los estanques de crecimiento se encuentren peces de ambos sexos, y a causa de eso se presentan reproducciones indeseadas, además de diferentes grupos en edades y tamaño lo que entorpece las labores de cosecha en los estanques. El objetivo de esta tesis es comprobar cuál de los dos métodos es el más eficiente para la obtención de macho tilapia.

Por tal motivo, esta investigación pretende explorar la alternativa de reversión sexual por alimentación e inmersión de las alevines en una solución para aumentar la producción de tilapia macho, utilizando una hormona androgénica con el nombre de 17-alfa-metiltestosterona. Esta misma hormona masculinizante se utilizara en ambos métodos, realizando una posterior evaluación de los resultados en cuanto a eficiencia, mortalidad, y análisis económico. Dicha investigación se tiene pensado realizarla en el pueblo de Telixtac, municipio de Axochiapan, Morelos.

En esta investigación se utilizaron algunas variantes en ambos métodos, la cual evaluamos en qué tiempo es el más óptimo para iniciar el tratar a los alevines y en cuantos días de post-eclosionado empezó a descender la eficiencia del tratamiento hormonal.

En el tratamiento hormonal en el alimento se obtuvieron los mejores resultados de 100% machos y en el método de inmersión el más alto fue de 94.67% machos, a pesar de la gran diferencia, aun así siguen en un rango aceptable para los estanques engorda pequeños.

Con los resultados obtenidos se recomienda utilizar el método de inducción por medio del alimento ya que es menos laborioso, se obtienen mayor porcentaje de machos, menor mano de obra, y menor mortalidad a comparación del método por inmersión.

PALABRAS CLAVE:

- Tilapia macho
- 17-alfa-metiltestosterona
- Inmersión
- Inducción
- Hormonas

1. INTRODUCCIÓN

El término “tilapia” proviene de un género taxonómico que anteriormente contenía una gran cantidad de especies de peces de África y del Medio Oriente. Luego las especies fueron separadas en tres géneros según sus hábitos reproductivos. Las especies mayormente de interés en la acuicultura son clasificadas actualmente en el género *Oreochromis*, que presentan incubación bucal materna de los embriones y peces-larvas (Marañón).

La piscicultura es una actividad que surge como resultado de la experiencia obtenida en la búsqueda de alternativas que permitan diversificar las actividades agropecuarias de los productores rurales, con el objetivo de generar mayores ingresos y no depender de una sola actividad productiva. Después de las carpas y los salmones, las tilapias son el grupo más importante en la piscicultura mundial, con una producción mayor de 700,000 toneladas métricas al año. Las tilapias son cultivadas en muchas partes del mundo con clima tropical o subtropical por su capacidad de agregar proteína a la dieta humana, ofreciendo así una solución potencial al problema del hambre en el mundo.

El cultivo moderno de la tilapia comenzó después de la Segunda Guerra Mundial en diferentes partes de África. Los primeros intentos para lograr su cultivo fueron en países tropicales y los trabajos fueron organizados y dirigidos por los colonos europeos. Además, durante la guerra, miembros del ejército japonés habían encontrado ejemplares de la tilapia (*Oreochromis mossambicus*) en un canal de riego durante la ocupación de la isla de Java, Indonesia. Luego el pez fue introducido a muchas islas del Pacífico para proveer proteína animal a las tropas y habitantes locales (Marañón).

Muchos proyectos piscícolas con tilapia han sido organizados y realizados al nivel de subsistencia y con tecnologías inapropiadas. En Latinoamérica hay miles de estanques en fincas de pequeños productores rurales que fueron construidos en las décadas de 1970 y 1980 para el cultivo de tilapia. La mayoría de estos estanques han sido abandonados o no han contribuido significativamente a mejorar el nivel de vida de las familias rurales.

Para su cultivo comercial exitoso, los peces son sembrados a elevadas densidades, se emplean grandes cantidades de los alimentos concentrados especializados para lograr su engorde rápido y eficientemente, y se usan la aireación artificial y el recambio continuo del agua. Las tilapias ofrecen una carne blanca y sólida con buen sabor. El rendimiento en filete (sin piel) de la tilapia es de 33-38% del peso vivo.

Las Tilapias son peces fito-planctívoros y dentritívoros que presentan una buena tolerancia para aguas salobres (Watanabe y et al), y son resistentes a enfermedades y parásitos.

Existe una marcada diferencia en el ritmo de crecimiento entre machos y hembras de las varias especies de tilapias. El crecimiento de los machos es rápido durante su engorde (1 a 5g/pez/día) y varía en relación a la temperatura del agua y otros factores.

Poco se entiende de la genética de este grupo de peces y pocos trabajos han sido realizados en el área de la genética aplicada. Todavía, en estudios formales, los peces extraídos directamente de los lagos y ríos de África crecen igual o mejor en comparación con las tilapias domesticadas. Existe un gran potencial para incrementar la producción de tilapias con programas de mejoramiento (Marañón).

En México, la tilapia se ha distribuido en una gran cantidad de cuerpos de agua continentales. Los primeros especímenes llegaron en 1964, procedentes de la Universidad de Auburn, Alabama, EE.UU., y fueron llevados al Centro Acuícola de Temascal, en el Estado de Oaxaca. En esa ocasión se determinó que las especies introducidas eran *Tilapia melanopleura*, *Tilapia nilotica* y *Tilapia mossambica* (Arredondo y Tejeda, 1989). Después de algunos años se dio lugar al establecimiento de pesquerías importantes y fue en este momento cuando, por la necesidad de un manejo adecuado de las poblaciones de tilapia, se presentaron serias dificultades para su identificación taxonómica.

Dada dicha problemática, en 1975 se recurrió a la Dra. Trewavas, (El Dr. Ethelwynn Trewavas (5 noviembre 1900 hasta 16 agosto 1993) fue un ictióloga en el Museo Británico de Historia Natural. Ella era conocida por su trabajo en la familia Cichlidae y Sciaenidae. Se desempeñó como científica en la Sección de Pesca del Museo Británico de Historia Natural durante casi 50 años, y fue conocido internacionalmente como una autoridad en varios diversos grupos de peces. Ella era más conocido por su trabajo que describe los cíclidos africanos del lago del Rift, pero publicado numerosos trabajos sobre otros grupos también. Ella utilizó un estudio de laboratorio y los viajes de campo extendidas para investigar sus actuales áreas de estudio, y con frecuencia se basó en entrevistas con la población local para entender los comportamientos, las formas y el potencial de la alimentación de los peces.), quien determinó que las especies presentes en esa época y debido al origen de las mismas, correspondían a *Tilapia rendalli*, *Sarotherodon mossambicus* y *Sarotherodon aureus*. Esta última especie originalmente fue enviada de Israel a Estados Unidos en 1957, cuando estaba confundida con *Tilapia nilotica*; por lo tanto, llegó a nuestro país en éste estado de confusión en 1964 (Arredondo y Tejeda, 1989). Desde ese momento, muchos estudios y publicaciones han discutido la taxonomía de aquellas primeras especies importadas.

En 1979 llegaron a México los primeros ejemplares de *Oreochromis niloticus*, procedentes de Panamá, y fueron depositados en el Centro Acuícola de Tezontepec de Aldama, Hidalgo; de ahí fueron enviados al Centro Acuícola de Temascal, Oaxaca. A principios de 1981, la Secretaría de Pesca importó de Palmeto, Florida, EE.UU., dos especies: *Oreochromis urolepis hornorum* y *Oreochromis mossambicus*. Esta última especie de una línea genética roja, siendo depositadas en el Centro Acuícola El Rodeo, Morelos, las que al igual que las especies anteriores fueron distribuidas en todo el territorio nacional (Arredondo y Tejeda, 1989).

En 1986, llegó otro lote de *Oreochromis niloticus* en el que venían algunos organismos de color rojo, que fueron donados a nuestro país por la Universidad de Stirling, Escocia, y reclutados en las instalaciones del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), en donde se tienen actualmente en observación. No obstante, una parte de este lote se donó a la Secretaría de Pesca, quien se encargó de repartirla en varios centros como Temascal, Oaxaca; Varejonal, Sinaloa y Zacatepec, Morelos, en donde ya se han obtenido las primeras crías (Arredondo y Tejeda, 1989).

A principios de 1987, el gobierno de Costa Rica donó 15 ejemplares de *Oreochromis mossambicus*, 15 de *Oreochromis urolepis hornorum*, y 15 híbridos provenientes de la cruce de estas dos especies, las que posteriormente a fines del mismo año, fueron enviadas al Centro Acuícola de Temascal, Oaxaca (Arredondo y Tejeda, 1989).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Las tilapias, a diferencia de otros organismos que nacen con el sexo definido, empiezan a diferenciar sus gónadas en la etapa temprana de su desarrollo, poco tiempo después de que eclosionan (Eckstein y Spira, 1965). Las tilapias del género *Oreochromis* tienen un crecimiento rápido, son tolerantes a las bajas temperaturas, a las bajas concentraciones de oxígeno disuelto y al agua saladas, y presentan precocidad sexual. La tilapia del Nilo (*O. niloticus*) y la tilapia azul (*O. aureus*) tienen un color azul- grisáceo, mientras que la tilapia de java (*O. mossambicus*) presenta una fuerte pigmentación negra, la cual facilita la separación de sexos.

Debido a la precocidad y rápido crecimiento, es común que las tilapias destinadas al engorde se reproduzcan en el estanque. Esta proliferación interfiere con el desarrollo normal de los peces sembrados originalmente en el estanque, lo que lleva a una sobrepoblación indeseable que reduce la rentabilidad del cultivo. Este problema provocó muchas pérdidas económicas y desilusión en los primeros intentos para cultivar estas especies durante las décadas de 1950 a 1970 (Marañón).

Debido a las observaciones anteriores, se determinó que el cultivo comercial de tilapia requiere controlar o eliminar por completo la reproducción de los peces en la fase de engorde. Hay varios procedimientos posibles para lograr formar poblaciones monosexuales de estos peces. Los machos de tilapia crecen mejor que las hembras, como consecuencia, es preferible trabajar con poblaciones de solamente machos para la fase de engorde de los peces (Marañón).

2.1 Clasificación taxonómica:

Para su manejo científico y técnico, las más de 70 especies y 100 subespecies de tilapias han sido agrupados en cuatro géneros de la Tribu TILAPINI de acuerdo con sus hábitos reproductivos y dentición (Astilapia 2009):

Oreochromis (Gunther)

Tilapia (Smith)

Sarotherodon (Rupell)

Danakilia (Thys)

Tristamella

Pelmatochromis.

De acuerdo con Berg y modificado por Trewavas (1984), las especies de tilapia introducidas a la República Mexicana, presentan la clasificación taxonómica siguiente:

Phylum: Vertebrata.
Subphylum: Craneata.
Superclase: Gnathostomata.
Serie: Pisces.
Clase: Aetinopterygii.
Orden: Perciformes.
Suborden: Percoidei.

Familia: Cichlidae.

Género: Tilapia.

Especies: melanopleura.
rendalli.

Género: Oreochromis.

Especies: *O. niloticus*.
O. aureus.
O. mossambicus.
O. urolepis hornorum.
O. niloticus, variedad roja.
O. mossambicus, variedad roja Género: *Oreochromis*.

2.2 Etapas de la reproducción

En estas especies no hay contacto sexual, por lo que la fecundación es de forma externa. Una hembra de entre los 150 y 300 g desova entre 800 y 1600 huevos con una frecuencia de desove de 10 veces por año (Saavedra, 2006).

En esta especie son 7 etapas de desarrollo embrionario, después del desove completa 4 etapas. El tamaño del huevo indica cuál será el tamaño a elegir para obtener el mejor tamaño de alevín. A continuación se describe la secuencia de eventos característicos del comportamiento reproductivo (apareamiento) de *Oreochromis niloticus* en cautividad:

1.-Después de 3 a 4 días de sembrados los reproductores se acostumbran a los alrededores.

2.- En el fondo del estanque el macho delimita y defiende un territorio, limpiando un área circular de 20 a 30 cm de diámetro forma su nido. En estanques con fondos blandos el nido es excavado con la boca y tiene una profundidad de 5 a 8 cm.



Figura 1. Macho excavando el nido

3.- La hembra es atraída hacia el nido en donde es cortejada por el macho.

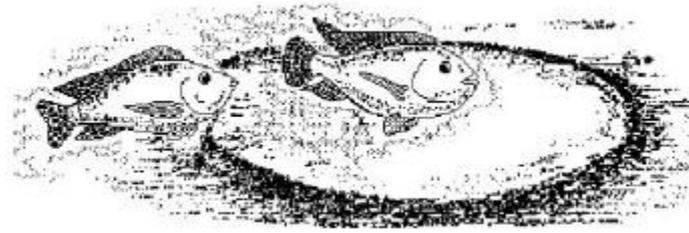


Figura 2. Hembra atraída por el macho

4.- La hembra deposita sus huevos en el nido para que inmediatamente después sean fertilizados por el macho.

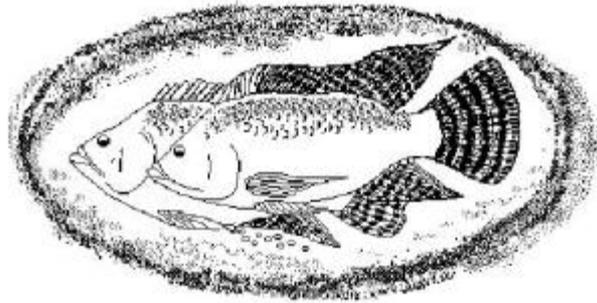


Figura 3. Hembra depositando huevos

5.- La hembra recoge a los huevos fertilizados con su boca y se aleja del nido. El macho continúa cuidando el nido y atrayendo otras hembras con que aparearse. Para completarse el cortejo y desove requieren de menos de un día.

6.- Antes de la eclosión los huevos son incubados de 3 a 5 días dentro de la boca de la hembra. Las hembras no se alimentan durante los períodos de incubación y cuidado de las larvas.

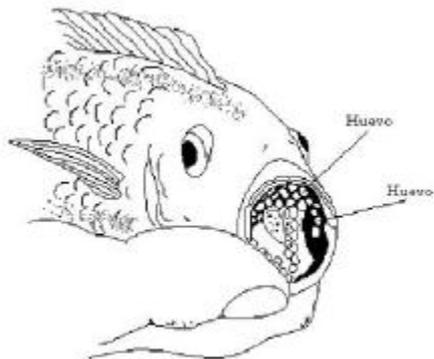


Figura 4. Hembra incubando huevos

7.- Las larvas jóvenes (con saco vitelino) permanecen con su madre por un periodo adicional de 5 a 7 días, escondiéndose en su boca cuando el peligro acecha.

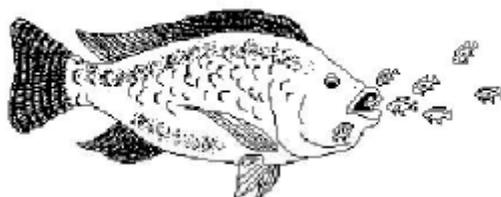


Figura 5. Hembra protegiendo sus crías

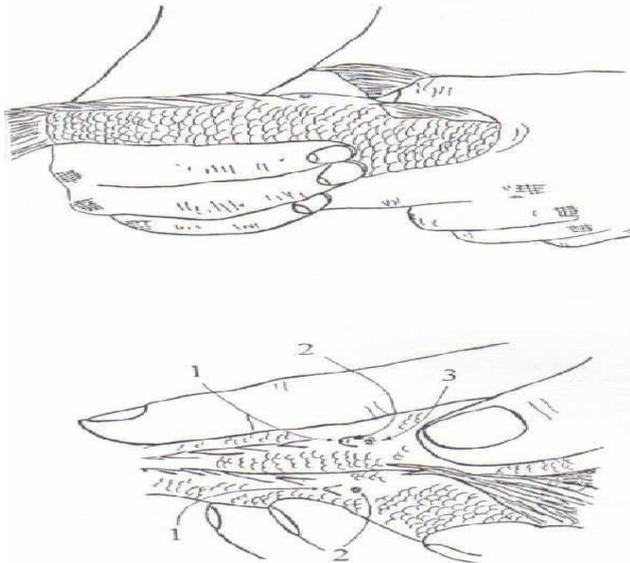
La hembra estará lista para aparearse de nuevo aproximadamente una semana después de que ella deja de cuidar a sus hijos. Después de dejar a sus madres los pececillos forman grupos (bancos) que pueden ser fácilmente capturados con redes de pequeña abertura (ojo) de malla. Bancos grandes de pececillos pueden ser vistos de 13 a 18 días después de la siembra de los reproductores (Saavedra, 2006).

2.3 Obtención de la cría

Existen granjas de producción de crías destinados para la engorda en estanques, presas o represas. Tanto como hembras y machos maduros son sincronizados para apareamiento. Generalmente son sometidos al sistema en una relación de sexos de 3:1 (hembras: machos). Se espera una producción promedio de un huevo por gramo de peso de la hembra.

Las crías tratada con alimento hormonado pueden ser vendidas en esta fase que aproximadamente le dan una edad al pez de 30 días. El precio del mercado actual es de \$0.5 a \$1.0/ pez según la empresa y variedad (Sedagro y et al).

2.4 Sexado visual o diferenciación de sexo



En la figura del lado izquierdo se puede apreciar la forma correcta de sujetar al pez para su revisión sexual.

La hembra presenta las siguientes partes anatómicas externas:

- 1.- Uréter.
- 2.- Oviducto.
- 3.- Ano.

El Macho presenta las siguientes partes anatómicas externas:

- 1.- Poro urogenital.
- 2.- Ano.

Figura 6. Forma correcta de sujetar la tilapia para revisar su sexo.

2.5 Requerimiento de calidad del agua

Temperatura óptima	20 a 30 °C
Oxígeno	Menos de 3 mg / l
pH	7 – 8
Transparencia.	40 a 45 cm

2.6 Hábitos alimentarios

Es una especie omnívora que incluye en su dieta preferentemente detritus y restos de plantas vasculares. De manera secundaria consume algas unicelulares y ocasionalmente algas filamentosas, semillas de gramíneas, insectos, restos de peces, cladóceros, ostrácodos, rotíferos y copépodos, dependiendo de la disponibilidad de recursos (Astilapia 2009).

2.7 Desarrollo embrionario y crecimiento.

La penetración del espermatozoide en el óvulo es llamada *impregnación*, presentándose una reacción cortical para evitar la entrada de otro espermatozoide. El huevo pasa a través de un proceso de dilatación para posteriormente formarse dos partes de la masa central, que se distingue por su forma y color. El polo animal se alza como un pequeño glóbulo sobre la masa vitelina y adquiere una coloración amarillo oscuro; tras un breve intervalo cuya duración depende de la temperatura del agua, comienza la segmentación del polo animal, dividiéndose sucesivamente en dos, cuatro, ocho, dieciséis y treinta y dos células respectivamente. En esta fase el embrión presenta el aspecto de "mora", conociendo por lo tanto este estadio como *mórula*; en esta etapa el embrión es muy sensible a las sacudidas y las células pueden desprenderse de su superficie causando su muerte. Más tarde, aparece un espacio entre el vitelo y la masa celular, denominándose a ésta la etapa de *blástula*. A medida que avanza la división celular las células comienzan a envolver el vitelo hasta rodearlo completamente dejando en el extremo una abertura llamada *blastoporo*, que más tarde se cierra (Hurtado, 2005).

La masa celular adquiere mayor espesor y se dispone en forma de diadema en el lado opuesto del blastoporo, apareciendo simultáneamente los brotes correspondientes a la cabeza y a la cola.

En la cabeza se desarrollan los ojos y el brote de la cola empieza a crecer longitudinalmente. A mitad del proceso de desarrollo se forma el corazón y empieza a latir; simultáneamente se forma un sistema capilar en la superficie de la masa vitelina.

El embrión empieza a agitar la cola ocasionalmente y más tarde agita todo el cuerpo; posteriormente comienza también a girar dentro del espacio peri-vitelino, movimientos que se hacen más enérgicos poco antes de la eclosión. Los metabolitos del embrión contienen algunas enzimas que actúan sobre la membrana del huevo y la disuelven desde adentro, permitiendo al embrión romperla fácilmente y salir (Arredondo y Tejeda, 1989).

El crecimiento es isométrico en todas las etapas de su desarrollo a partir de alevín y depende de varios factores como son temperatura, densidad de individuos en el ambiente y tipo de alimento disponible principalmente.

Las etapas de crecimiento que se reconocen son las siguientes:

Alevín.

Se llama así al pez recién salido del huevo y que aún conserva el saco vitelino, el cual es la fuente de alimentación del pez durante varios días.

Cría.

Se denomina de esta manera al pez cuando absorbió por completo el saco vitelino y comienza a alimentarse por sí mismo.

Juvenil.

El organismo sigue creciendo; sus necesidades nutritivas se van diferenciando y se asemejan más a las de un organismo adulto.

Adulto.

El pez alcanza su madurez sexual y presenta todas las características distintivas de su especie (Hurtado, 2005).

Tabla de talla y peso aproximado en diferentes estadios de desarrollo de la tilapia.

ESTADIO	TALLA (cm)	PESO (g)	TIEMPO EN DIAS
Huevo	0.2 -0.3	0.01	3 -5
Alevín	0.7-1.0	0.10-0.12	10-15
Cría	3-5	0.5-4.7	15-30
Juvenil	7-12	10-50	45-60
Adulto	10 –18	70 –100	70- 90

Tabla 1. Tabla de talla y peso aproximado en diferentes estadios de desarrollo de la tilapia

2.8 Motivo para cultivar tilapia macho

Es más conveniente si cultivamos puro macho tilapia ya que tiene el doble de ganancia de peso que la hembra. El motivo por el cual la hembra no tiene el mismo desarrollo, por gasta energía en reproducir los huevecillos e incubarlos en su boca después de haber sido fertilizados por el macho, además de incubarlos después de eclosionar solo oculta o protege de depredadores aproximadamente 15 días, lo cual la hembra no come y hay una gran importancia de pérdida de peso de la hembra. (Hurtado, 2005).

La obtención de tilapia macho por el método de sexado manual es muy tardado ya que es individualmente y tenemos que esperar a que la tilapia tenga un cierto peso para poder identificar el sexo, si no se realiza correctamente las hembras de los machos abra una sobre población y una menor ganancia de peso y crecimiento.

Una de las limitaciones biológicas más fuertes para el desarrollo comercial del cultivo de tilapia es su madurez sexual precoz que da lugar antes de que los peces alcancen el tamaño de mercado, lo cual origina superpoblación e impedimentos del crecimiento en los peces (SAPA, 1997). Para prevenir esto se implementan los métodos que utilizaremos.

Para controlar esta situación se realiza una inducción fenotípica de sexo, ya que la tilapia es una especie gonocórica indiferenciada, lo que significa que el tejido gonadal de la larva al momento de eclosionar, no está diferenciado (López, 2007).

Este período de indiferenciación en la morfogénesis, que va hasta los 15 días después de la eclosión.

Los factores como constituyentes químicos específicos, que determinan el sexo de a los alevines en el medio ambiente son: hormonas, temperaturas extremas, alimentación, entre otros (López, 2007).

La hormona masculinizante 17-alfa-metiltestosterona es mezclada con el alimento en una concentración de 60 mg/kg de alimento, con niveles de eficiencia, dependiendo de las condiciones de manejo del cultivo (como temperatura y calidad del agua, disponibilidad de alimento vivo, frecuencia de alimentación), de las condiciones del alimento (como porcentaje de proteína, cantidad de hormona masculinizante y homogenización de la misma) y otras como competencia por el alimento, condiciones climáticas y sanidad (López, 2007).

El proceso de reversión produce estrés en las larvas y altas tasas de mortalidad, dado que se ven obligadas a consumir exclusivamente el alimento con la hormona evitándose al máximo el acceso a alimento vivo para que haya buenos índices de eficiencia en los resultados. El establecimiento de jerarquías entre las larvas de tilapia a la hora de alimentarse y la disponibilidad de alimento vivo a causa de la

productividad primaria, son dos de las principales causas de la disminución de la eficiencia de la reversión con hormona (López, 2007).

2.9 Acción hormonal

Los andrógenos actúan sobre los órganos y los caracteres sexuales secundarios, actúan tanto como en el sexo masculino, así como también en el femenino. Su acción fundamental consiste en el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios; comportamiento reproductor; maduración de los gametos en los machos, los andrógenos también contribuyen al crecimiento general y a la síntesis de proteína tal como acontece con las proteínas miofibrilares, presentado por la mayor masa muscular de los machos en relación a las hembras en muchos de los vertebrados. En el sexo femenino se produce el fenómeno de virilización y puede inhibir y suprimir la maduración de los folículos ováricos (Hurtado, 2005).

2.9.1 Estructura química de la 17-alfa-metiltestosterona.

Esta hormona es el andrógeno que más se emplea en los procesos a escala comercial, por las ventajas que presenta este fármaco, como es la inmediata disolución de sus cristales en el alcohol. El 17-alfa-metiltestosterona, se caracteriza porque posee el grupo metilo en el carbono 17 (Hurtado, 2005).

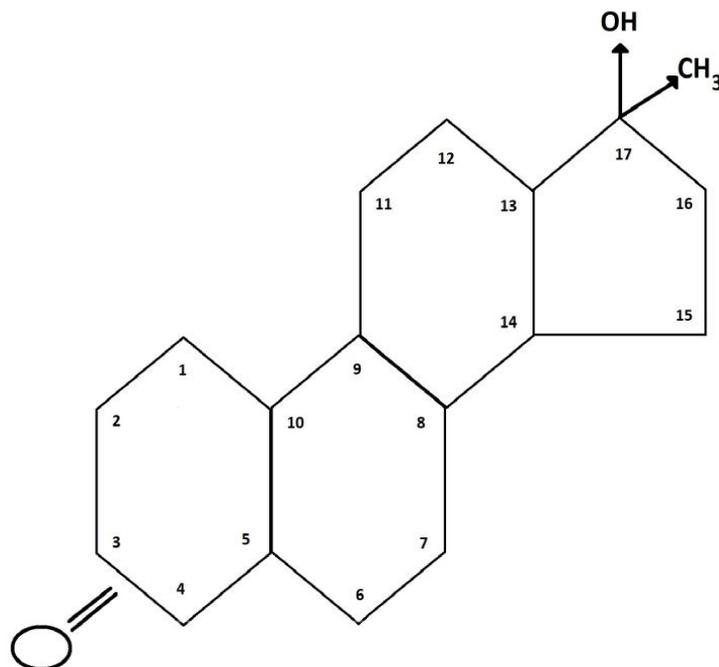


Figura 7. Estructura química de la 17-alfa-metiltestosterona.

2.10 Efectos que tiene el consumo de pescado tratado con hormona en la alimentación del hombre.

El justificativo uso de los compuestos androgénicos en la inducción química del sexo en las tilapias, que establece que sea apto para el consumo humano, se basa en las consideraciones de la cantidad total de hormona que es suministrado a los peces durante el proceso y la tasa de eliminación, finalizado el tratamiento de la inducción, es pequeña en comparación con las dosis normales usados en los humanos. La dosis mínima recomendada de testosterona, para el hombre es 100 veces mayor que para el total consumido por la tilapia durante la inducción química del sexo. En realidad, la

mayor cantidad de la dosis de hormona es metabolizada y eliminada antes que el pez alcance su tamaño comercial; paralelamente el hígado convierte al compuesto androgénico en sustancias más solubles, y al final es eliminado en la orina y en la bilis, (Hurtado, 2005).

Cuando la metiltestosterona es suministrado oralmente durante el tratamiento de la inducción química del sexo, el 90% de la hormona es excretado en las 24 horas siguientes, y solo 3 semanas después menos del 1% de la hormona permanece en el cuerpo del pez, (Hurtado, 2005).

En el engorde a tamaño comercial, alevinos, juveniles y adultos, el pez continúa eliminando el remanente de 1% de la hormona.

En el momento de captura de poblaciones inducidas, el contenido de hormona es insignificante en los peces, si se toman en relación con la cantidad de hormona que los peces presentan en un medio natural para un adulto macho de tilapia (Hurtado, 2005).

El uso de metiltestosterona para la reversión química del sexo de los peces para consumo ha sido aprobado por el Departamento de Drogas y Alimento de los EE. UU, (Hurtado, 2005).

2.11 Ventajas y desventajas de la inducción sexual.

Ventajas.

- Se ejerce un control en la tasa de reproducción con lo cual se evitan perdidas en la producción y la presencia de crías.
- La inducción sexual a machos es adecuada para evitar reproducción, debido a que los machos de tilapia tienen un crecimiento más acelerado que las hembras.
- El método de alimentación es fácil de aplicar, es de bajo costo, se obtiene buenos resultados, siempre que se cuente con la experiencia apropiada.
- Las hembras no se pierden, como en el método de selección de sexos, para cultivo monosexo.
- Se puede usar poblaciones con altas densidades de peces tratados (Hurtado, 2005).

Desventajas

El método de reversión sexual presenta algunas desventajas (Hurtado, 2005):

- El período de reversión es largo, oscila entre 30 y 45 días.
- La eficiencia depende de la voluntad de alimentación del animal, que está influenciada entre otras como son: temperatura y la turbidez del agua.
- No se puede utilizar en estanques grandes solo estanques pequeños y medianos.

-Exige mayor mano de obra en cantidad y calidad, debido al tiempo invertido en molida, mezcla de hormona y precisión en los pesajes de la misma.

-Mayor frecuencia de alimentación.

- Emplea un alimento balanceado con alta proteína (45%) para hacerlo más atractivo a las larvas, frente al alimento normalmente empleado del 38% de proteína.

3. JUSTIFICACIÓN

En México grandes sectores de la población rural y urbana padecen los efectos de la desnutrición, aproximadamente 45'000,000 de mexicanos no alcanzan a satisfacer los requerimientos mínimos nutricionales de 2,750 calorías y 80 g de proteína diaria.

Por otro lado, se realizara un aprovechamiento racional de los recursos naturales de la región que permitan desarrollar este proyecto, utilizando estos para disminuir los costos de inversión como agua, terreno y la producción de plantas hortícolas que se fertilizarán con los desechos fecales de los peces obteniendo un excelente fertilizante.

Con la implementación de este proyecto de producción de tilapia se lograría impactar positivamente a la población de la zona rural, en relación a contar con un alimento sano y rico nutricionalmente, principalmente en proteína, influyendo inmediatamente en la niñez del lugar; además de que el excedente puede ser comercializado, tanto en mercadeo como con la implementación de restaurantes especializados en mojarra; creando fuentes de empleo y generando recursos económicos. De tal manera que, la ejecución del proyecto redundaría en un beneficio palpable para los involucrados, justificándose social y económicamente.

Si utilizamos estos medos reduciremos la sobre población, canibalismo, enanismo, competencia de alimentación y los piscicultores obtendrán mayor ganancia económicamente.

Utilizando estas técnicas se aumentara la cantidad de ganancia de kg de carne de tilapia, no habrá desperdicio de alimento, será más rápida la cosechas, por lo regular toda la cosecha será casi del mismo tamaño y peso.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Determinar cuál es el mejor método de tratamiento hormonal que estimule la inducción de tilapia macho, para producción de cultivo intensivo, y obteniendo así el mayor porcentaje de machos en el menor tiempo posible.

4.2 Objetivos específicos

- Probar el método inmersión y realizar el sexado para obtener la relación macho hembra.
- Probar método de alimentación con hormona y el método por inmersión con hormona y efectuar el sexado para obtener la relación macho hembra.
- Probar con grupos testigo y estimar la relación macho hembra (por determinación de factores ambientales) de ambos métodos que serán determinados por el medio ambiente.
- Contrastar los resultados de las pruebas anteriores.

5. METAS

Tratar con hormona a todos los alevines durante 30 días post-eclosión.

Posteriormente, a los 80-90 días post-eclosión, sexarlos individualmente para poder tener finalmente los resultados de ambos métodos.

Obtener mayor porcentaje de tilapia macho al finalizar el sexado.

Evaluar cual de los dos métodos se obtienen mayor porcentaje de machos de acuerdo al costo-beneficio.

6. ANTECEDENTES

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) tiene mucha demanda en la producción en casi todo el mundo. Un inconveniente para su producción es la alta precocidad para la reproducción, lo que entorpece su crecimiento, ocasiona la superpoblación, canibalismo, reducción de oxígeno, competencia para el alimento.

Al buscar reportes de experiencias similares se hallaron los siguientes: respecto a reversión con hormona en el alimento, (López, 2007). Al evaluar el mejor tiempo de exposición a la hormona MT reportaron los siguientes resultados: 53.6% de machos en el tratamiento testigo (sin hormona), 99.3% de machos en las larvas alimentadas por dos semanas con alimento más hormona y 100% de machos en las larvas tratadas por cuatro semanas. Además (López, 2007). Reportan resultados de masculinización de tilapia con fluoximesterona (hormona similar a la testosterona), en proporción de 5 mg/kg de alimento, durante 35 días. En dichos ensayos se obtuvo una eficiencia de reversión del 95%. No se observaron diferencias significativas, en cuanto al peso y la longitud inicial de los alevinos, cuando su crecimiento fue homogéneo durante el proceso de reversión y la mortalidad se mantuvo dentro de los niveles reportados en condiciones semejantes (Hurtado, 2005).

Respecto de la reversión por inmersión de ovas, un método poco empleado, (López, 2007), reportan resultados del 88% de eficiencia cuando sometieron las ovas a inmersión en solución acuosa de MT, a razón de 800 µg/l (0.8 mg), durante un período de 96 horas mientras se realizaba la incubación artificial de los huevos.

El investigación de Gale y et al, 1999 al emplear 17-alfa-metildihidrotestosterona (MDHT) y MT para reversión de larvas de tilapia nilotica (*O. niloticus*) por inmersión, a los días 10 y 13 post-fertilización, con una duración de tres horas cada una, obtuvieron resultados de 100, 94, y 83% de eficiencia para las tres réplicas con una dosis de 500 µg/l (0.5 mg) de MDHT. Con respecto a la misma dosis para MT, estos autores sólo hallaron masculinización en la tercera réplica (no se reportaron los datos). Para la dosis de 100 µg/l (0.1 mg) de MDHT y MT, se encontraron diferencias notorias entre la primera y tercera réplicas (para MDHT las eficiencias fueron de 73 y 83%, y para MT de 72 y 91%, respectivamente).

López, 2007 empleo tres tipos de hormona para reversión de tilapia nilotica con inmersiones de cuatro horas. Las hormonas empleadas fueron metiltestosterona T, y 17-alfa-metildihidrotestosterona (MDHT) 17 alfa etinilttestosterona (ET) con dosis de 200(0.2 mg), 600(0.6 mg) y 1800 µg/l (1.8 mg), encontrando que la mejor dosis era 1800 µg/l para las tres hormonas; la mayor eficiencia de reversión se observó con una sola inmersión a los catorce días post-eclosión con una eficiencia del 100, 91.6, y 76.9%, para MDHT, MT y ET, respectivamente, sin diferencias significativas ($p > 0.05$). Sin embargo, para MT la eficiencia en la reversión se incrementó a 98.3% con dos inmersiones realizadas a los 10 y 14 días post-eclosión, mostrando diferencia significativa.

TRABAJOS DE INVERSIÓN SEXUAL EN TILAPIAS AUTOR Y FECHA ESPECIE ESTEROIDE Y DOSIS

AUTOR Y FECHA	ESPECIE	ESTEROIDE Y DOSIS (mg/kg de alimento)	TIEMPO (días)	RESULTADO
Clemens e Inslee 1968	<i>T. mossambica</i>	Metiltestosteron a 30 y 60 mg.	69	100%-100% de inversión
Nakamura y Takahashi 1973	<i>T. mossambica</i>	MT 50-100 mg.	19 – 40	100% inversión precoz y reversión a hembras
Jalbert et al. 1974	<i>T. nilotica</i>	MT 40 mg.	60	100% de inversión
Guerrero 1975	<i>T. aurea</i>	MT 15-30-60 mg.	21	85-96-100%
Nakamura 1975	<i>T. mossambica</i>	Etinilestradiol 50 mg.	10 - 25	100% de feminización
Guerrero 1976	<i>T. mossambica</i>	MT	14-21-28	69-93-98%
Guerrero 1976	<i>T. mossambica</i>	MT 50 mg.	40	100% masculinización
Hopkins 1979	<i>T. aurea</i>	Etinilestradiol 25 mg.	42	50 % de feminización
Jansen 1979	<i>T. aurea</i>	Estrona y 17 estradiol 30-60-120 mg.	21 – 35	62-50-42% feminización
Shelton 1981	<i>T. aurea</i>	MT 60 mg.	16 – 19 21 – 28	83 – 93% 98 – 97%
Owsu Frimpong 1981	<i>T. nilotica</i>	MT 50 mg.	28 – 42	100 – 100%
Macintosh 1985	<i>T. mossambica</i>	MT 30 mg.	30 – 60	79 – 94%
Quintero 1985	<i>T. mossambica</i>	MT 60 mg.	. 21	96 – 100%

Tabla 2. Trabajos de inversión sexual en tilapias autor y fecha especie esteroide y dosis.

Así mismo Hurtado (2005) menciona que los primeros trabajos de inversión sexual se desarrollaron por primera vez en la Universidad de Auburn, en Alabama, EE.UU. Posteriormente, Jalabert y cols., 1974, realizaron la reversión sexual de la Tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus*, utilizándola hormona 17-alfa-metiltestosterona, en dosis de 40 mg de la hormona incorporada a un kilogramo de alimento balanceado. En 1978, Tayamen y Shelton evaluaron los andrógenos Etiniltestosterona (ET) y la MT, así como los estrógenos Dietilestilbestrol (DEB) y Estrona (E), Administrados oralmente, encontrando que se podrían obtener poblaciones 100 % machos utilizando ET y MT en una dosis de 30 mg por kilogramo de alimento, durante 30 y 59 días de tratamiento respectivamente. McGeachin y cols., 1987, realizaron pruebas con la hormona Etiniltestosterona (ET) a concentraciones de 60, 90, 120 y 240 mg por kilogramo de alimento y con la MT a concentraciones de 60, 90 y 120 por kilogramo de alimento, ambas por un periodo de 22, obteniendo para ET un 100 % de reversión para los cuatro tratamientos y para la MT 99, 98 y 96 % de machos respectivamente.

Vera Cruz y Mair 1994, probaron la MT en dosis de 40 mg por kilogramo de alimento en la Tilapia del Nilo (*O. niloticus*) a una densidad de 1 000 alevines por metro

cuadrado en estanques y hapas, obteniendo porcentajes de machos de 98.4 y 95.4 respectivamente. Probaron también, una dosis de 60 mg por kilogramos de alimento a densidades de 1 000, 3 000 y 5 000 alevines por metro cúbico en hapas, obteniendo porcentajes de reversión de 91.2, 96.7 y 99.4 respectivamente, Jiménez Badillo y cols. probaron la efectividad de la MT, la Fluoximesterona (FM) y el Propionato de Testosterona (PT), a una dosis de 40, 1 y 5 mg por kilogramos de alimento, obteniendo un porcentaje de machos de 98.9, 80.6 y 67.6 respectivamente. Jiménez y cols., 1998, encontraron que una dosis de 5 mg de FM en un kilogramo de alimento en 35 días de tratamiento permite obtener hasta 100 % de machos. Phelss y cols., 1992, probaron la hormona FM en dosis de 0.2, 1.5 y 25 mg / kg de alimento, encontrando una producción de 100 % machos en las concentraciones de 1.5 y 25 mg. Otros datos indican que el tratamiento hormonal se debe iniciar con alevines menores de 11 mm de longitud total, un peso de 0.1 gr y de cinco días de edad, para que este sea eficiente, aunque también se han logrado buenos resultados con alevines con una edad menor a los 19 días (Hurtado, 2005).

López, 2007. Evaluó la producción de alevines de Tilapia del Nilo masculinizados con la hormona FM a una concentración de 5 mg/kg de alimento, en un periodo de 35 días, en sistemas cerrados de recirculación obteniendo un 95.8 % de en promedio.

El impulso definitivo a la producción comercial de tilapia evitando el sobre poblamiento de los estanques y disminuyendo las áreas requeridas para los reproductores y alevines, se inicia con los trabajos de Clemens en 1968, quien emplea por primera vez un estrógeno masculinizante, Metiltestosterona adicionada al alimento (30 y 60 mg/kg) para producir progenie 100 % machos en, trabajos complementarios en forma independiente con las tesis de grado de Guerrero (1975) y Nakamura (1975) adicionando 60 mg/kg de alimento, (López, 2007).

Vega (1984), aplica el método usado por Guerrero en nuestro país, utilizando la hormona mesterolona, conocida como Provirón, determinando una cantidad de 40 a 60 mg de hormona por kilo de alimento.

Hoy en día se tiene conocimiento que existe gran diferencia entre la hormona Metiltestosterona y la mesterolona, sobre todo en la eficiencia y cantidad, recomendándose 90 mg/kilo de alimento de hormona mesterolona o Provirón a usar en la inducción sexual (Hurtado, 2005).

En cuanto a la Metiltestosterona, trabajos realizados por Rodríguez (1989), con la aplicación de diferentes cantidades de hormona en la inducción sexual de tilapia roja (15, 30 y 60mg), dieron resultados fuera de lo común, al concluir que las mejores producciones (y mejor eficiencia de inducción sexual), se dieron con las de menor cantidad.

Esto nos lleva a pensar que aun no está definido este punto, y más aún si hoy en día el reducir costos con menos insumos, es lo que se busca para obtener mayores rendimientos.

Así mismo, se tiene conocimiento por experiencia que ya no solo se puede confinar la inducción sexual al uso de sofisticados laboratorios y tanques de concreto, ya que también se puede realizar la inducción sexual en estanques de tierra usando jaulas (hapas), aprovechando la productividad primaria como fuente de nutrientes y vitaminas

que no se encuentran en los alimentos balanceados, tal como se comprobó en trabajos realizados por el autor en la ciudad de Piura (Hurtado, 2005).

Según Hurtado, 2005. Para la producción al nivel comercial de alevinos machos (monosexo) de Tilapia, se aprovecha la condición lábil primitiva en la definición del sexo de estos peces, las características biológicas de las tilapias que permite la aplicación de la inducción sexual son:

- a. El sexo en las Tilapias es muy inestable poco después de la eclosión de las larvas, y puede ser afectado por factores externos e internos.
- b. El sexo en estos peces se define en un estadio final del desarrollo de la post larva, en una longitud que puede variar dependiendo de la especie de entre 18 y 20 mm (Hurtado, 2005).

La inestabilidad sexual de las larvas recién eclosionados permite poder intervenir para determinar el sexo final en toda o casi toda la población de peces descendientes. Para la obtención de una población de machos es común la aplicación de una hormona andrógena por vía oral, lo cual nos permite obtener una descendencia de entre 95 y 99% machos, los cuales servirán para un cultivo monosexual con un alto rendimiento en la producción por hectárea en piscigranjas comerciales (Hurtado, 2005).

Zoila Abad Márquez, en el 2002 presenta un trabajo en el evento sobre Biotecnología en la Habana, sobre producción de alevinos machos en Tilapia aurea, la cual consiste en la suministración de hormonas femenizantes a los padres (machos), para convertirlos en hembras (manteniendo los cromosomas de machos), al cruzarlos con machos normales nacerán alevines 100 machos libres de hormonas (Hurtado, 2005).

7 HIPÓTESIS:

H0: Los tratamientos de inducción sexual no tienen más efectividad que el tratamiento testigo.

H1: El método de alimentación con hormona tiene mejor % de eficacia en la obtención de tilapia macho que en el método de inmersión.

H2: El método del tratamiento hormonal por inmersión es de menos costo que el de alimentación, pero se obtiene menor % de tilapia macho.

H3: En cuanto más temprana sea aplicado el tratamiento hormonal mejores resultados tendremos y en el caso de inmersión en cuantas más inmersiones sean mejor porcentaje de tilapia macho obtendremos.

8. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1 Área de estudio

Dicha propuesta de trabajo se tiene pensado realizarla en el domicilio mina # s/n, en la colonia centro del pueblo de Telixtac, municipio de Axochiapan, Morelos, en una propiedad particular, que cuenta con agua potable de bombeo en tubería.



Figura 8. Ubicación del Estado de Morelos.



Figura 9. Ubicación de Telixtác municipio de Axochiapan, Morelos.

8.2 Materiales

- Estanque en donde se recibió a los alevines con medidas de 2m x 1m x 60cm (se llenara solo 40 cm de profundidad) posteriormente se irán distribuyendo en cada jaula que corresponda en el estanque 2 y 3.
- Estaque de geomembrana o rustico con medidas de 10m x 10m x 1.2m que se lleno de agua 1m de profundidad. (fue utilizado para el método de alimento con hormona (2250 alevines) y un control (150 alevines).
- Estanque con geomembrana o rustico con medidas de 3m x 2m x 1.2m (utilizo para el método de inmersión (350 alevines) y un control (150 alevines).
- Agua suficiente para cambiar el agua por lo menos cado 8 días
- 20 jaulas de malla sombra con medidas de 50cm x 50cm x 70cm
- 3150 alevines recién eclosionados (150 alevines por cada tratamiento + incluyendo los 450 alevines de control).
- Una pecera con las medidas de 50 cm x 30 cm x 40 cm, en las que se realizaron las inmersiones (con una dosis de hormona 17-alfa-metiltestosterona de 1.8 mg/L de agua)
- Se dio alimento en polvo 10 veces al día a los alevines que anteriormente mencionado (si hormona en el caso del método de inmersion y los que estanque 1).
- 1 kg de Alimento en polvo normal del 38 % de proteína tratado con hormona (17-alfa-metil testosterona) (pre elaborado) 60 mg/kg de alimento (Fitzpatrick y et al, 1999).
- Alimento de crecimiento (para 3 meses)

8.3 Métodos

Utilizamos dos métodos:

- Alimentación con hormona de los alevines recién salidos del huevo (eclosionados) con alimento tratado con hormona (60 mg 17-alfa-metitestosterona/1 kg de alimento) masculina por 30 días para la obtención de machos.

En este método solo se utilizó en el estanque 2 en la cual tuvo algunas variantes que fueron las siguientes:

Utilizamos 16 jaulas en el estanque 2 las cuales fueron enumeradas del 1-16, en el primer día se introdujeron dos jaulas al estanque 2, la jaula 1 (esta jaula contuvo 150 alevines con en todas las demás y fue alimentada 10 veces al día con alimento hormonado) y la jaula 16 (se utilizó como control, esta solo fue alimentada 10 veces al día con alimento en polvo inicial).

Por cada día que pasaba se introducía una jaula con 150 alevines y se alimentaban 10 veces al día con alimento hormonado y así sucesivamente hasta con la jaula número 15 (como se muestra en la siguiente tabla).

Numero de jaula	Días de tratamiento	Número de individuos/ jaula	Tipo de alimento
1	30	150	Alimento hormonado
2	29	150	“
3	28	150	“
4	27	150	“
5	26	150	“
6	25	150	“
7	24	150	“
8	23	150	“
9	22	150	“
10	21	150	“
11	20	150	“
12	19	150	“
13	18	150	“
14	17	150	“
15	16	150	“
16	0	150	alimento en polvo inicial sin hormona

Tabla 3. Actividades realizadas en el estanque 2 del método de alimentación con hormona

- Inmersiones en agua con una mezcla de testosterona (con una dosis de 1.8 mg/L de agua)

En este método solo se utilizó en el estanque 3 en la cual también tuvo algunas variantes que fueron las siguientes:

Utilizamos 4 jaulas en el estanque 3, las cuales fueron enumeradas del 17-20, en un solo día se introdujeron las 4 jaulas al estanque 3, las jaulas 17-19 se utilizaron para el método de inmersión y la jaula 20 se utilizó como control (en esta solo se les daba alimento) que contuvieron 150 alevines recién eclosionados, fueron alimentada 10 veces al día con alimento en polvo sin hormona.

En la jaula 17 se realizaron 2 inmersiones

En la jaula 18 se realizaron 3 inmersiones

En la jaula 19 se realizaron 4 inmersiones

Como se muestra en la siguiente tabla.

Numero de jaula	Días de tratamiento	Numero de inmersiones	Número de individuos/ jaula	Tipo de alimentación
17	10 y 15 de julio	2	150	alimento en polvo inicial sin hormona
18	10,20 y 30 julio	3	150	“
19	10,17,24,31 julio	4	150	“
20		0	150	“

Tabla 4. Actividades del estanque del método de inmersión

8.3.1 Tratamiento hormonal

En la reversión sexual, la hormona 17-alfa-metil testosterona modifica directamente las características sexuales secundarias (fenotipo), y tiene un efecto adicional sobre las gónadas, al afectar su normal desarrollo, pero en ningún momento afecta el genotipo, por lo que los individuos genéticamente mantienen la segregación normal esperada en el momento de la fertilización, lo que ocasiona una disparidad de tallas típicas de machos y hembras, pero con menor incidencia de enanismo.

La hormona se elimina naturalmente a lo largo del crecimiento de los peces, hasta que alcanzan la talla comercial. Los residuos de esteroides no han sido nunca detectados en los peces que llegan al mercado (SAPA, 1997).

8.3.2 Preparación del alimento

- Se pesan 60 mg de hormona y se disuelven en 500 ml de alcohol etílico al 95 %.
- Se compra 1 kg de alimento en polvo con 38% de proteína etapa inicio, se mezcla 1 kg de alimento con la solución de alcohol – hormona con un atomizador hasta logra que la solución que perfectamente distribuida en el alimento.
- Se seca el alimento a temperatura ambiente ó de cualquier forma excepto exposición al sol > de 60 °C.
- Para producir > ó < cantidad se ajustan todas las cantidades.
- Guardar en frío el alimento (Toledo, 2003).

8.4 Cronograma de actividades en el estanque de inmersión.

JULIO						
L	M	M	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10 (inmersión a la jaula 17,18,19)
11	12	13	14	15	16	17 (inmersión a la jaula 19)
18	19	20 (inmersión a la jaula 18)	21	22	23	24 (inmersión a la jaula 19)
25 (inmersión a la jaula 17)	26	27	28	29	30 (inmersión a la jaula 18)	31 (inmersión a la jaula 19)

Cuadro 5. Cronograma de actividades en el estanque de inmersión.

8.5. Distribución y alimentación alevines

Se utilizara jaulas de tela mosquitera para poder tener el control y monitoreo de los alevines y se realiza la distribución de la siguiente manera:

8.5.1 Estanque 1

En este estanque recibiremos a todos los alevines y posteriormente se irán distribuyendo de acuerdo como pasaba el tiempo. Al terminar de distribuir a todas las jaulas con 150 alevines en cada una de ellas, solo dejaremos 150 alevines en este estanque, con el fin de tener un control y el sexo lo determinara el medio ambiente.



Figura 10. Estaque 1 de la investigación.

8.5.2 Distribución de las jaulas del estanque 2

En las jaulas del 1-15 (con 159 alevines en cada jaula) se utilizó el tratamiento hormonal con el alimento-hormona y 16 como control (150 alevines)

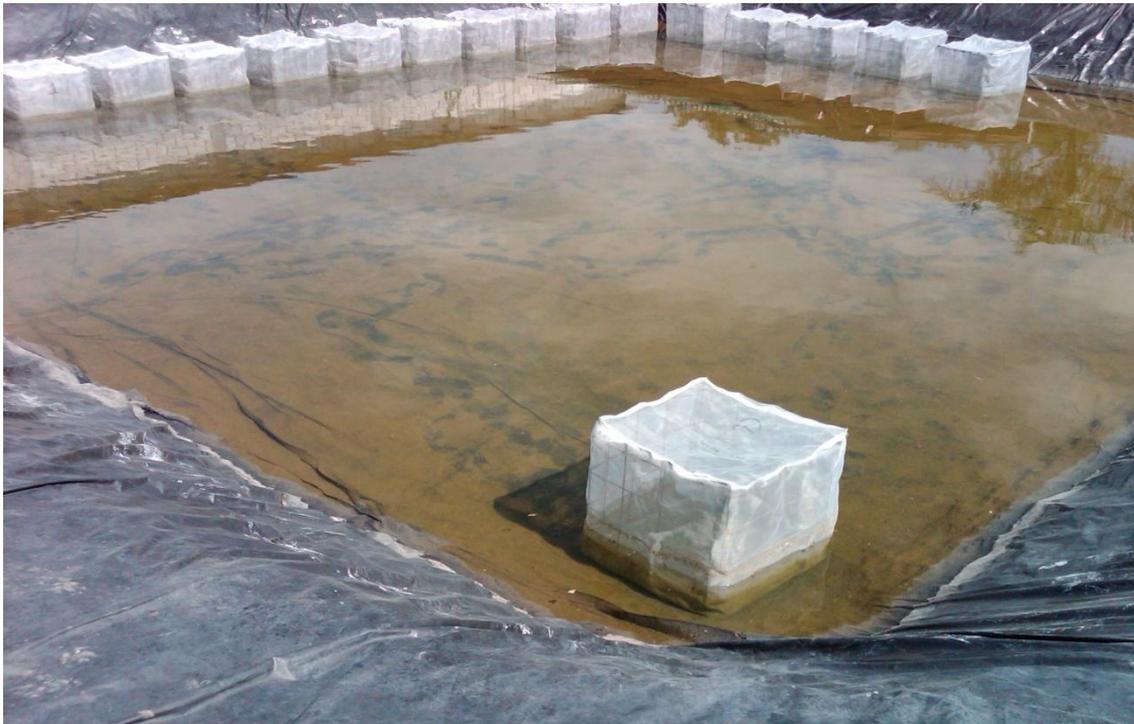


Figura 11. Estaque 2 de la investigación.

- **Jaula 1** se introdujo 150 alevines con un día de haber eclosionado y se les dio de comer 10 veces al día (durante 30 días) con alimento hormonado.
- **Jaula 2** se introdujo 150 alevines con dos días de haber eclosionado y se les dio de comer 10 veces al día (durante 29 días) con alimento hormonado.
- **Jaula 3** se introdujo 150 alevines con tres días de haber eclosionado y se les dio de comer 10 veces al día (durante 28 días) con alimento hormonado.
- **Jaula 4** se introdujo 150 alevines con cuatro días de haber eclosionado y se les dio de comer 10 veces al día (durante 27 días) con alimento hormonado.
- **Jaula 5** se introdujo 150 alevines con cinco días de haber eclosionado y se les dio de comer 10 veces al día (durante 26 días) con alimento hormonado.
- **Jaula 6** se introdujo 150 alevines con seis días de haber eclosionado y se les dio de comer 10 veces al día (durante 25 días) con alimento hormonado.
- **Jaula 7** se introdujo 150 alevines con siete días de haber eclosionado y se les dio de comer 10 veces al día (durante 24 días) con alimento hormonado.
- **Jaula 8** se introdujo 150 alevines con ocho días de haber eclosionado y se les dio de comer 10 veces (durante 23 días) al día con alimento hormonado.

- **Jaula 9** se introdujo 150 alevines con nueve días de haber eclosionado y se les dio de comer 10 veces (durante 22 días) al día con alimento hormonado.
- **Jaula 10** se introdujo 150 alevines con diez días de haber eclosionado y se les dio de comer 10 veces (durante 21 días) al día con alimento hormonado.
- **Jaula 11** se introdujo 150 alevines con once días de haber eclosionado y se les dio de comer 10 veces (durante 20 días) al día con alimento hormonado.
- **Jaula 12** se introdujo 150 alevines con doce días de haber eclosionado y se les dio de comer 10 veces (durante 19 días) al día con alimento hormonado.
- **Jaula 13** se introdujo 150 alevines con trece días de haber eclosionado y se les dio de comer 10 veces (durante 18 días) al día con alimento hormonado.
- **Jaula 14** se introdujo 150 alevines con catorce días de haber eclosionado y se les dio de comer 10 veces (durante 17 días) al día con alimento hormonado.
- **Jaula 15** se introdujo 150 alevines con quince días de haber eclosionado y se les dio de comer 10 veces (durante 16 días) al día con alimento hormonado.
- **jaula 16** se introdujo 150 alevines para llevar un control de tratamiento, el factor que determino el sexo de los alevines es el medio (esto se realizo en los 3 estagues).

8.5.3 Distribución de las jaulas del estanque 3

En las jaulas 17-19 se utilizara el tratamiento hormonal a por inmersiones y se alimentaran con alimento comercial sin hormonas.



Figura 12. Estaque 3 de la investigación

- **Jaula 17** se introdujo los 150 alevines después de haber realizado la primer inmersión que duro 4 horas, que se realizo en una acuario con las concentraciones ya mencionadas anteriormente (a los dieciséis días de haber eclosionad se realizo la segunda inmersión) que también duro las inmersiones 4 horas, posteriormente regresaremos a los alevines a la jaula que correspondían.
- **Jaula 18** se introdujo los 150 alevines después de haber realizado la primer inmersión que duro 4 horas, que se realizo en una acuario con las concentraciones ya mencionadas anteriormente (a los once días de haber eclosionad se realizo la segunda inmersión y a los veintiuno días de haber eclosionado se realiza la tercer inmersión) que también duro las inmersiones 4 horas, posteriormente regresaremos a los alevines a la jaula que correspondían.
- **Jaula 19** se introdujo los 150 alevines después de haber realizado la primer inmersión que duro 4 horas, que se realizo en una acuario con las concentraciones ya mencionadas anteriormente (a los ocho días de haber eclosionad se realizo la segunda inmersión y a los quince días de haber eclosionado se realizo la tercer inmersión y por último a los veintidós día de haber eclosionado se realizo la cuarto inmersión) que también duro las inmersiones 4 horas, posteriormente regresaremos a los alevines a la jaula que correspondían.
- Las **jaula 20** se introdujeron 150 alevines que llevo un control de tratamiento, el factor que determinara el sexo de los alevines por factores ambientales.

8.6 Determinación del sexo

Para determinar el sexo de sexado visual (también conocido como sexado manual) (para obtener resultados de porcentaje de la eficacia de los diferentes métodos utilizados)

La determinación del sexo mediante inspección visual se realizó el día 97 al total de individuos restantes, mediante tinción con azul de metileno al 3%, directamente en las papilas genitales de los peces, para facilitar su diferenciación. Este procedimiento es el empleado rutinariamente en sexado de peces. Ambos tratamientos fueron sometidos a un análisis económico con el propósito de evaluar las ventajas económicas de uno u otro tratamiento.

El sexado manual es relativamente sencillo aunque resulta muy laborioso, tardado y requiere destreza por el personal que lo realiza. En muchas de las especies de tilapia que se cultivan, ambos sexos pueden ser diferenciados a simple vista debido al desarrollo diferencial de la papila genital que presenta al alcanzar los 50 a 70 g.

El sexo de un pez de tilapia de 25 g puede determinarse por exanimación de la papila genital localizada inmediatamente detrás del ano (Figura 13). En machos la papila genital tiene solamente una abertura (el poro urinario del uréter) a través del cual pasa tanto la lechaza como la orina. En hembras la salida de los huevos es a través de un oviducto separado y solamente la orina pasa a través del poro urinario. Se Colocar una

gota de tinta (azul de metileno o colorante de alimento) en la región genital ayuda a destacar la papila y sus aberturas (Popma y Masser, 1999).

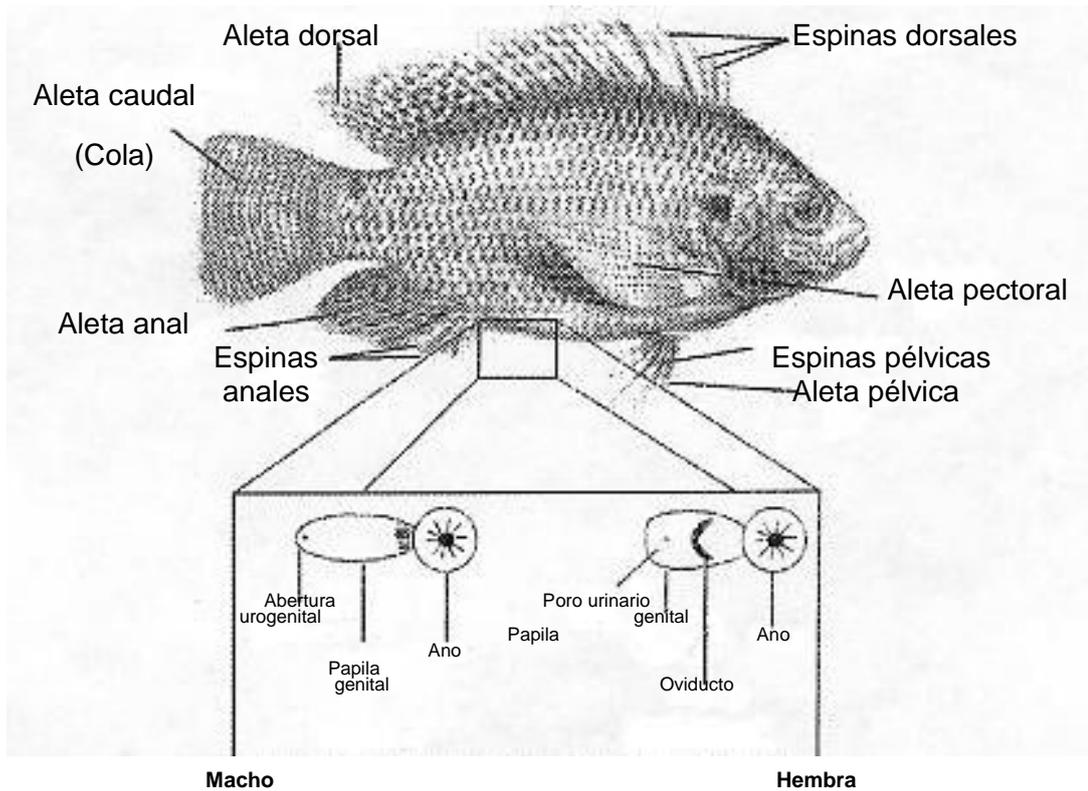


Figura 13. Anatomía externa de tilapia. Aletas y papila genital de la tilapia del Nilo (Popma y Masser, 1999). Alamilla (2002) menciona que el sexado debe realizarse cuidadosamente para evitar introducir hembras al cultivo y de esta manera prevenir su reproducción indeseada en los estanques.

Es conveniente realizar esta operación tan pronto como sea posible para ahorrar espacio y no desperdiciar alimento que ocuparían y consumirían respectivamente las hembras.

Puesto que el sexado no se puede efectuar con facilidad antes de que los alevines hayan alcanzado los 50 g de peso, conviene prolongar la crianza de los juveniles hasta dicha talla, y en una misma operación efectuar el sexado y la siembra en los estanques o jaulas de engorda.

En la práctica es posible lograr que la población a engordar esté compuesta hasta por un 95% de machos. Los inconvenientes de este método radican en la posibilidad del error humano y en el desperdicio de las hembras.



Figura 14. Sexado visual tilapia (hembra)

9. RESULTADOS DE LA VALUACIÓN SEXADO VISUAL:

El día 89 post-eclosión se realizó el método de sexado visual ambos métodos: tratamiento por alimento, tratamiento por inmersión y también se realizó la misma técnica de evaluación de sexado visual en el estanque 1 en donde recibimos a todos los alevines, observándose una diferencia significativa en las siguientes tablas (véase Tabla 6 –9).

Tabla 6. Resultados del sexado visual en el estanque 1 determinación por el medio ambiente.

Determinación por el medio ambiente								
Numero de jaula	Días de tratamiento	Macho	(%)	hembras	(%)	Número de inicio de individuos	Número final de individuos	Número de individuos muertos
Control	0	71	49.31	73	50.69	150	144	6

Tabla 6. Resultados del sexado visual en el estanque 1 determinación por el medio ambiente.

Método de tratamiento hormonal en el alimento								
Numero de jaula	Días de tratamiento	Macho	(%)	hembras	(%)	Número de inicio de individuos	Número final de individuos	Número de individuos muertos
1	30	112	100.00	0	0.00	150	112	38
2	29	115	100.00	0	0.00	150	115	35
3	28	120	100.00	0	0.00	150	120	30
4	27	118	100.00	0	0.00	150	118	32
5	26	132	99.25	1	0.75	150	133	17
6	25	133	98.52	2	1.48	150	135	15
7	24	127	96.95	4	3.05	150	131	19
8	23	133	96.38	5	3.62	150	138	12
9	22	131	94.24	8	5.76	150	139	11
10	21	130	92.86	10	7.14	150	140	10
11	20	119	86.23	19	13.77	150	138	12
12	19	111	78.17	31	21.83	150	142	8
13	18	108	76.06	34	23.94	150	142	8
14	17	98	71.01	40	28.99	150	138	12
15	16	93	65.03	50	34.97	150	143	7
16 control	30	86	61.43	54	38.57	150	140	10
total de individuos al final	375	1866	87.85	258	12.15	2400	2124	276

Tabla 7. Resultados del sexado visual en el estanque 2 tratamiento hormonal en el alimento.

Método de tratamiento de inmersión								
Numero de jaula	Días de tratamiento	Macho	(%)	hembras	(%)	Número de inicio de individuos	Número final de individuos	Número de individuos muertos
17	10 y 15 de julio	73	80.22	18	19.78	150	91	59
18	10,20 y 30 julio	74	89.16	9	10.84	150	83	67
19	10,17,24,31 julio	71	94.67	4	5.33	150	75	75
Control		73	51.41	69	48.59	150	142	8
total al final		291	74.42	100	25.58	600	391	209

Tabla 8. Resultados del sexado visual en el estanque 3 tratamiento hormonal por técnica de inmersión.

Estanque	Número individuos al inicio	Número de individuos al final	Número de individuos muertos	Sobrevivencia (%)	Mortalidad (%)
1 (alimento)	2400	2124	276	88.5	11.5
2 (Inmersión)	600	391	209	65.16666667	34.83333333
3 (control)	150	144	6	96	4
Total	3150	2659	491	84.41269841	15.58730159

Tabla 9. Resultado general de los 3 estanques

10. DISCUSIÓN

El porcentaje de eficiencia logrado en la reversión con el método de inmersión con 4 inmersiones se obtuvo un resultado de evaluado (94.67%) la cual fue las mas alta, y como se puede observar en la tabla 8 que entre más inmersiones se realicen, mejores serán los resultados que se obtendrán, de lo contrario irán disminuyendo.

A pesar de presentar una diferencia significativa respecto del alcanzado con el método tradicional de reversión por alimento (100%) es satisfactorio, como se mostro en la tabla 7 en cuanto más temprana sea sometido los alevines recién eclosionados con hormona serán mejores los resultados que se obtendrán y en cuanto se dejen pasar mas día sin el tratamiento hormonal disminuirán el porcentaje de la obtención de machos como se muestra en la tabla 7 que partir del 4 día empieza a disminuir y se inicia a obtener resultados negativos.

Quizás en unos de factores que se hayan intervenido en la obtención de buenos resultados en esta investigación puedes ser los siguientes:

Que se alimentaba en poca cantidad pero frecuentes mente (2.9 gr/día la cual se divide en 10 son las veces que se alimenta al día), la cual fue provechado mejor el alimento que se le proporcionada, si le diéramos 3 veces al día le daríamos 2.9 gr de alimento/ 3 que son las veces que se alimentan/día = 0.966grs. los alevines solo se comerían una parte del alimento lo demás se desperdiciara diluyéndose en con el agua sin embargo si se alimenta 10 veces al día comen poco y que dan con hambre y en cuanto se le vuelva a dar el alimento lo comen mejor y se aprovecha mejor y en el caso en el método de inmersión en mayor cantidad de inmersión se obtienen mejor resultados positivos.

En cuanto a la mortalidad de los alevinos/jaula , se observaron porcentajes estadísticamente más altos en el tratamiento de inmersión como se puede podemos observar en la tabla 8 por el motivo de manipulación, como podemos apreciar que entre más sean las inmersiones mayor manipulación de los alevines, es el motivo por la cual es que se eleva la mortalidad de los alevines, si tomamos la mortalidad en general en ambos métodos y las jaulas y el estanque de control, tenemos más elevada en la mortalidad en el tratamiento hormonal en alimento como se muestra en la tabla 9.

11. CONCLUSIONES

Es más trabajo en el método de inmersión por el motivo que tienes que trasladar a los alevines de la jaula al acuario para poder realizar la inmersión y tiene también como desventaja que tienes menor obtención de tilapia macho y menor cantidad de individuos, por causa de la elevación de mortalidad y en el tratamiento hormonal en alimento es un poco más caro por la hormona pero es más redituable es menor el trabajo y también hay menor pérdida de individuos, y mayor obtención de tilapia macho.

La utilización del método por inmersión parecería presentar un menor riesgo ambiental, si se tiene en cuenta que la concentración de la hormona es de 1.8 mg/l de agua, con respecto a 60 mg/kg de alimento concentrado; es decir, 33 veces menor concentración. Adicionalmente los volúmenes de agua empleados son menores, lo que supondría que los residuos hormonales causados por este tratamiento son más bajos respecto del tratamiento por alimento, por otro lado es menor el riesgo de los residuos por que los alevines ingieren el alimento de con hormonal.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. ALIMENTOS DE ALTA CALIDAD EL PEDREGAL, S.A. DE C.V. Alimento Hormonado para Tilapia de El Pedregal Silver Cup. (en línea). [fecha de acceso: Ene 2011] Disponible en:
<http://www.el-pedregal.com/pdf/tilapiahormonado.pdf>
2. Arredondo-Figueroa José Luis, Magdalena Tejeda-Salinas, EL HUESO FARÍNGEO, UNA ESTRUCTURA ÚTIL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES DE LA TRIBU TILAPIINI (PISCES; CICHLIDAE), INTRODUCIDAS EN MÉXICO. INST. CIENC. DEL MAR Y LIMNOL. UNIV. NAL. AUTÓN. MÉXICO, Volumen 16, 1989 Número 1. fecha de acceso: Ene 2012] Disponible en:
<http://biblioweb.tic.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1989-1/articulo326.html>
3. Asociación Sinaloense de productores de Tilapia, A.C. SAGRAPA. Conapesca. Enero 2009. CURSO TALLER: Cultivo de tilapia (*Oreochromis spp*) a alta densidad en módulos flotantes, con énfasis en buenas prácticas de producción acuícola para la inocuidad alimentaria y para la generación de un producto de calidad suprema.
4. Bocek Alex, introducción al cultivo de la tilapia, editor international center for aquaculture hall auburn university, alabama 36849-5419 usa [fecha de acceso: enero 2012] URL:
<http://ag.arizona.edu/azaqua/AquacultureTIES/publications/Spanish%20WHAP/TIL1%20Intro%20Tilapia.pdf>
5. Eckstein B. and M. Spira, Effect of Sex Hormones on Gonadal Differentiation in a Cichlid, Tilapia Aurea, *Biological Bulletin*, Vol. 129, No. 3 (Dec., 1965), pp. 482-489. fecha de acceso: junio 2011] Disponible en:
<http://www.jstor.org/discover/10.2307/1539726?uid=3738664&uid=2&uid=4&sid=56222152703>
6. Fitzpatrick Martin S. , Wilfrido M. Contreras-Sánchez, Ruth H. Milston, Carl B. Schreck, FATE OF THE MASCULINIZATION AGENT METHYLTESTOSTERONE IN THE POND ENVIRONMENT. Published in: B.W. Green, H.C. Clifford, M. McNamara, and G.M. Montaña (Editors), *V Central American Symposium on Aquaculture*, 18-20 August 1999, San Pedro Sula, Honduras, pp. 249-250.
7. Gale William L. Martin S. Fitzpatrick. Michael Lucero. Wilfrido M. Contreras-Sánchez. Carl B. Schreck. MASCULINIZATION OF NILE TILAPIA (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) BY IMMERSION IN ANDROGENS. Published in: *Aquaculture* 1999, 178:349-357.
8. García Díaz V. A. Tesis: 2009. Propuesta de proyecto sustentable para la producción de *Tilapia spp* en un sistema intensivo en estanquería. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México.

9. Hurtado T Nicolás., INVERSION SEXUAL DE TILAPIA. AguaTIC. Lima – Perú, 2005, fecha de acceso: mayo 2011] Disponible en:
http://www.revistaaquatic.com/documentos/docs/nh_invsextilapia.pdf

10. Jiménez, B.L. & R. Nepita. 2000. Espectro trófico de la tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes, Cichlidae) en la presa Infiernillo, Mich.-Gro. México. Rev. Biol. Trop. 48: 487-494.

11. López CA, Carvajal DL, Botero MC. Masculinización de tilapia roja (*Oreochromis spp*) por inmersión utilizando 17-alfa–metiltestosterona. Rev Col Cienc Pec 2007; 20:318-326.

12. Popma, T. and M. Masser. 1999. Tilapia. Life History and Biology. Southern Regional Aquaculture Center. SRAC Publication No. 283. USA.

13. Marañón Red, Piscicultura: Crianza de Peces. Sistema de información Regional – Asociación Civil Radio Marañón. Jaén-Perú. fecha de acceso: junio 2011] Disponible en:
<http://webmail.radiomaranon.org.pe/redmaranon/agro/index.php?destino=piscicultura.html?reloaded=true>

14. Saavedra, M. M. 2006. Manejo del cultivo de *tilapia* [fecha de acceso: junio 2009] ,Disponible en http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADK649.pdf

15. Secretaria de Agricultura, Pesca y Alimentación. ESTUDIO DE DESARROLLO Y PRODUCCION DE TILAPIA. Subsecretaria de Pesca. Buenos Aires (Argentina), Julio de 1997. fecha de acceso: mayo 2011] Disponible en: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=h&c=26>

16. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Gómez Barrón, Reta, Mendiola., MANUAL DEL PARTICIPANTE DE TILAPIA EN ESTANQUES CIRCULARES. [fecha de acceso: Ene 2011] Disponible en:
http://www.acuicola.com/files/Cultivo_tilapia_estanques_circulares.pdf

17. Toledo Pérez Sergio José, Experiencia en Cuba y de desarrollo en la Argentina, Jefe del Laboratorio de Organismos Acuático Centro de Preparación Acuícola Mamposton Ministerio de la Industria Pesquera Habana. Cuba, [fecha de acceso: junio 2011] URL:
<http://www.adeformosa.org.ar/templates/media/pdf/Experiencia%20en%20Cuba%20y%20de%20desarrollo%20en%20la%20Argentina.pdf>

18. Watanabe Wade O. Kevin Fitzsimmons. Yang Yi. **FARMING TILAPIA IN SALINE WATERS**. Published in: *Tilapia: Biology, Culture, and Nutrition*. Food Products Press, Binghamton, pp.347-448. Food Products Press, Binghamton, pp.347–448.