

T  
949

79963

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS  
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

MANEJO DEL CULTIVO COMERCIAL DEL GOURAMI ENANO  
*Colisa lalia*, INDUCIDA POR ESTEROIDES EN SISTEMAS DE  
PRODUCCIÓN INTENSIVA ✓

T E S I S

(Idónea Comunicación de Resultados)

Que para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias Agropecuarias

PRESENTA

Biol. Julio César Hernández Arellano

COMITÉ TUTORAL

Director:  
Dr. José Luis Arredondo Figueroa

Asesora:  
M. en C. Aída Malpica Sánchez

Asesor:  
Dr. Héctor Salgado Zamora

MEXICO, D. F. FEBRERO 2009

## INDICE

<b>I. DEDICATORIA</b> .....	<b>I</b>
<b>II. AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>II</b>
<b>III. RESUMEN</b> .....	<b>III</b>
<b>IV. ABSTRACT</b> .....	<b>IV</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	<b>3</b>
2.1. <i>Gourami enano, Colisa lalia (Hamilton, 1822)</i> .....	<b>10</b>
2.1.1. <i>Clasificación taxonómica</i> .....	10
2.1.2. <i>Distribución geográfica</i> .....	10
2.1.3. <i>Requerimientos ambientales</i> .....	11
2.2. <i>Biología de la especie</i> .....	<b>12</b>
2.2.1. <i>Dimorfismo sexual</i> .....	12
2.2.2. <i>Reproducción</i> .....	12
2.3. <i>Andrógenos</i> .....	<b>13</b>
2.3.1. <i>Esteroides</i> .....	15
2.3.1.1. <i>17<math>\alpha</math>-Metiltestosterona</i> .....	15
2.3.1.2. <i>Citrato de Tamoxifeno</i> .....	16
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>18</b>
<b>4. OBJETIVO DEL PROYECTO</b> .....	<b>19</b>
4.1. <i>Objetivos Específicos</i> .....	<b>19</b>
4.2. <i>Hipótesis</i> .....	<b>19</b>
<b>5. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>20</b>
5.1. <i>Fase de Bioensayo</i> .....	<b>20</b>
5.1.1. <i>Obtención de los juveniles</i> .....	20
5.1.2. <i>Bioensayo preliminar</i> .....	20
5.2. <i>Bioensayo experimental</i> .....	<b>20</b>
5.2.1. <i>Diseño experimental</i> .....	20
5.2.2. <i>Preparación del alimento</i> .....	21
5.2.3. <i>Condiciones experimentales</i> .....	21
5.2.4. <i>Evaluaciones morfométricas</i> .....	21
5.2.5. <i>Diseño estadístico</i> .....	<b>22</b>
5.2.5.1. <i>Crecimiento longitudinal</i> .....	22
5.2.5.2. <i>Relación peso-longitud</i> .....	22
5.2.5.3. <i>Crecimiento en peso</i> .....	23
5.2.6. <i>Proporción de sexos</i> .....	24
5.2.7. <i>Sobrevivencia</i> .....	25
5.2.8. <i>Evaluación económica</i> .....	25
5.2.9. <i>Eficiencia biológica</i> .....	25
<b>6. RESULTADOS</b> .....	<b>27</b>
6.1. <i>Obtención de los juveniles</i> .....	<b>27</b>

6.2. Bioensayo preliminar.....	27
6.3. Bioensayo experimental.....	28
6.3.1. Supervivencia.....	28
6.3.2. Masculinización.....	29
6.3.3. Indicadores de crecimiento.....	29
6.3.4. Estimadores biológicos.....	32
6.3.5. Modelos de crecimiento.....	33
6.3.6. Beneficio económico.....	41
6.4. Parámetros físicos y químicos.....	42
7. DISCUSIÓN.....	43
7.1. Supervivencia.....	43
7.2. Masculinización.....	44
7.3. Crecimiento.....	45
7.4. Beneficio económico.....	46
7.5. Parámetros físicos y químicos.....	47
8. CONCLUSIONES.....	48
9. LITERATURA CITADA.....	49

## INDICE DE FIGURAS

<i>FIGURA 1. DISTRIBUSIÓN GEOGRÁFICA DE LA COLISA LALIA</i> .....	7
<i>FIGURA 2. DIMORFISMO SEXUAL DE LA COLISA LALIA</i> .....	8
<i>FIGURA 3. PROCESO DE APAREAMIENTO DE COLISA LALIA</i> .....	9
<i>FIGURA 4. ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA TESTOSTERONA</i> .....	10
<i>FIGURA 5. ESTRUCTURA MOLECULAR DEL 17<math>\alpha</math>MT</i> .....	12
<i>FIGURA 6. ESTRUCTURA MOLECULAR DEL CITRATO DE TAMOXIFENO</i> .....	13
<i>FIGURA 7. MORFOLOGÍA DE LA COLISA LALIA</i> .....	17
<i>FIGURA 8. SOBREVIVENCIA</i> .....	24
<i>FIGURA 9. MASCULINIZACIÓN</i> .....	25
<i>FIGURA 10. INDICADORES DE CRECIMIENTO</i> .....	27
<i>FIGURA 11. CRECIMIENTO LONGITUDINAL</i> .....	31
<i>FIGURA 12. RELACIÓN PESO-LONGITUD</i> .....	33
<i>FIGURA 13. CRECIMIENTO EN PESO</i> .....	34
<i>FIGURA 14. RECAPITULACIÓN DE MODELOS</i> .....	36
<i>FIGURA 15. BENEFICIO ECONÓMICO</i> .....	37

*INDICE DE TABLAS*

<i>TABLA 1. EDAD DE APLICACIÓN DE HORMONAS EN COLISA LALIA.....</i>	<i>23</i>
<i>TABLA 2. PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS.....</i>	<i>26</i>
<i>TABLA 3. EFICACIA BIOLÓGICA.....</i>	<i>28</i>
<i>TABLA 4. PARÁMETROS DE DE LOS MODELOS DE CRECIMIENTO .....</i>	<i>29</i>
<i>TABLA 5. PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS .....</i>	<i>38</i>

I. DEDICATORIA

*Dedicado al M. en C. Samuel Marañón Herrera†*

*Lo más triste no es despedirse  
Sino no saber hacia dónde ir...  
No es triste despedir al que parte  
Sino el ignorar hacia donde y para que quedarse*

*Despidete de lo bueno que viviste  
Sin aferrarte a ello y al tiempo en que ocurrió  
Por temor del presente y el futuro  
Recordando con agrado y aprendiendo de ello*

*Despidete de los amigos  
Que llenaron tu vida de risas y consuelos  
Y abrázate de ellos en el recuerdo*

*Despidete del maestro que con entusiasmo  
Te enseñó a emprender el vuelo por el  
Camino de la profesión*

*Despidete de los que muriendo  
Partieron, para que dejes de esperar su regreso  
Y camines por tu vida en la esperanza  
De coincidir con ellos...*

*Despidete, deja correr el fluido e imparable río de la vida  
Que se llene las aguas que estás viendo  
Para que tengan lugar pronto ante tus ojos las aguas que no has visto  
Y que ya están viniendo*

*Gracias por todo mi maestro, mi jefe y mi amigo*



"Manejo del cultivo comercial del gourami enano *Colisa lalia*, inducido por esteroides en sistemas de producción intensiva"

## II. AGRADECIMIENTOS

*Agradezco en primer lugar a mi familia que me han animado a seguir adelante en esta vida que he escogido seguir llena de retos y que se que un día dará frutos.*

*Agradezco a mis amigos que han seguido conmigo durante todo este tiempo y que se que siempre estarán ahí siempre.*

*Quisiera agradecer de manera muy especial a mis profesores y amigos Javier Almeida, Arturo Aguirre, Gilberto Benquist, Martha Chávez, Aurora Chimal, Lidya Hernández, Aida Mápica, David Martínez y Jesús Sánchez ya que me han aceptado y arropado, dentro de esta unida y consolidada familia académica y que saben que en el momento que necesiten de mí ahí estaré para apoyarlos en cualquier momento.*

*Agradezco a mis asesores Dr. José Luis Arredondo, Dr. Héctor Balgado y M. en C. Aida Mápica por aceptar el reto de ayudarme a terminar este trabajo.*

*Agradezco infinitamente a M. en C. Samuel Marañón Herrera ya que gracias a sus enseñanzas, apoyo y estímulo me han permitido crecer profesionalmente y espero un día poder ser una mínima parte de lo brillante que él fue.*



### III. RESUMEN

En el presente estudio se evaluó la eficiencia de los esteroides 17 $\alpha$ -metiltestosterona y Citrato de Tamoxifeno a una concentración de 60 mg por kilogramo de alimento, con el fin de generar poblaciones monosexo de machos en el gourami enano, *Colisa lalia*. En un bioensayo previo, se determinó que la mejor edad de aplicación del esteroide fue a partir de los 25 días de edad. Posteriormente, se realizó un diseño experimental de bloques aleatorio con tres tratamientos y tres repeticiones incluyendo un grupo testigo sin hormona. Se evaluó la eficiencia de los esteroides a partir de la comparación de los indicadores de desempeño de sobrevivencia, porcentaje de machos, crecimiento y beneficio económico. La hormona 17 $\alpha$ -metiltestosterona resultó ser el esteroide más eficiente, ya que los organismos de este tratamiento presentaron una elevada sobrevivencia (90%), 100% de machos, una tasa de crecimiento mayor y el mejor beneficio económico, con respecto de los peces tratados con Tamoxifeno y el grupo control. Además, este estudio aportó información valiosa acerca del manejo del gourami enano en condiciones de laboratorio.

**Palabras clave:** Gourami enano, *Colisa lalia*, hormonas esteroides, indicadores de desempeño, cultivo.



"Manejo del cultivo comercial del gourami enano *Colisa lalia*, inducido por esteroides en sistemas de producción intensiva"

#### IV. ABSTRACT

The efficiency of the steroids  $\alpha$ 17-methyltestosterone and Tamoxifen Citrate with a concentration of 60 mg in one kilogram of food, to generate male monosex populations of the Dwarf Gourami *Colisa lalia* was evaluated. A preliminary bioassay determined that the better age for application of the steroids was of 25 days. After that, an experimental design of aleatory blocks with three treatments and three repetitions, including a control group without hormones was carried out. The efficiency of the steroids through the growth performance indicators such as survival, percent of masculinization, growth rate and economical benefits was evaluated. The  $\alpha$ 17-methyltestosterone hormone resulted the steroid more efficient because the fishes of this treatment exhibited high survival rate (90%), 100% of males, higher growth rates and a better economic benefit, in contrast with the other fishes treated with Tamoxifen Citrate and the control group. Besides, this study revealed useful information about the management of Dwarf Gourami under laboratory conditions.

**Key words:** Dwarf Gourami, *Colisa lalia*, steroids hormones, growth performance indicators, culture.



"Manejo del cultivo comercial del gourami enano *Colisa lalia*, inducido por esteroides en sistemas de producción intensiva"

## 1. INTRODUCCIÓN

La facilidad de su manejo, mantenimiento y reproducción en unidades de producción comercial, así como la presencia de un marcado dimorfismo sexual, hacen que los peces de la familia Belontiidae sean ampliamente utilizados para analizar los mecanismos relacionados con la determinación del sexo (Picciolo, 1964). Contradictoriamente, la información disponible relacionada con la manipulación del sexo de la familia de estos peces es escasa, o bien no es reportada por tener una connotación comercial. El gourami enano, *Colisa lalia*, es un pez de aguas tropicales nativo del Sureste de Asia, que goza de gran aceptación entre los acuariófilos debido a que es vistoso y distingue por el patrón de coloración y la forma de su cuerpo, características que lo hacen atractivo en el mercado de la piscicultura ornamental (Petrovicky, 1988).

Entre las características por las que sobresale el gourami enano destacan las siguientes: a) su proceso de diferenciación sexual es lábil, pero no se encuentra reportado; b) su tasa de crecimiento es alta, permitiéndoles llegar a la talla comercial (3.5 cm) en tan solo seis semanas; c) es gregario y puede vivir en altas densidades debido a su carácter pacífico y d) sus requerimientos de oxígeno son mínimos (<2 mg/L) ya que son capaces de absorber oxígeno atmosférico a través de un órgano suprabranquial llamado laberinto, (Petrovicky, 1988; Froese y Pauly, 2005).

En los peces Teleosteos como en otros vertebrados, la gónada principal se forma durante la ontogénesis, posteriormente, se distinguen los ovarios o testículos. Las diferencias morfológicas entre ellos llegan a ser evidentes durante este proceso de diferenciación sexual (Nakamura *et al.*, 2003).

El tiempo durante el cual se lleva a efecto el proceso diferenciación y desarrollo gonadal, así como el inicio de la biosíntesis de hormonas sexuales es desconocido en esta especie. En general las hormonas sexuales son elaboradas por dos tipos de células: (1) los esteroides son producidos por células localizadas en los límites alrededor de los folículos en los ovarios y (2) en las células entre las vesículas de células espermatogénicas en los testículos (Nakamura *et al.*, 2003).

La plasticidad del desarrollo sexual de los peces permite que la diferenciación sexual se pueda manipular, a pesar de que el sexo del organismo está determinado genéticamente. De esta forma se puede inducir el desarrollo de las gónadas hacia un sexo particular (Fitzpatrick *et al.*, 1993).



"Manejo del cultivo comercial del gourami enano *Colisa lalia*, inducido por esteroides en sistemas de producción intensiva"

Entre los procedimientos que destacan para inducir la inversión sexual con el propósito de producir poblaciones monosexuales se encuentra el uso de esteroides (Pandian y Sheela, 1995).

La orientación del sexo es una herramienta útil que facilita el aumento los beneficios derivados de la acuicultura, ya que las poblaciones monosexuales proveen características que incrementan su productividad (Green *et al.*, 1997), sobre todo en especies que presentan dimorfismo sexual, como es el caso del gourami enano, donde el macho presenta rasgos morfológicos más vistosas que la hembra.

Los resultados de experimentar con una gran variedad de especies de peces sugieren que, en general, los andrógenos y estrógenos exógenos inducen la reversión sexual de un género genético a uno fenotípico (Nakamura *et al.*, 2003). Además, estos agentes androgénicos también actúan como anabólicos al promover el crecimiento de la masa muscular y el fortalecimiento de las estructuras óseas, debido a que tienen la propiedad de retener el nitrógeno procedente del alimento, con la consecuente aceleración de la tasa de absorción de aminoácidos a través del intestino (Weatherley y Gill, 1987; Wilson y Brigstocke, 1987; Mommsen y Moon, 2001).

Ahora bien, si la demanda en el mercado de la acuicultura ornamental está determinado por las características fenotípicas (coloración, forma y tamaño de las aletas) una buena estrategia productiva es generar poblaciones monosexo con un fenotípico atractivo para el consumidor, mediante el uso de esteroides.



"Manejo del cultivo comercial del gourami enano *Colisa lalia*, inducido por esteroides en sistemas de producción intensiva"

## 2. ANTECEDENTES

Los países orientales se han convertido en las mayores potencias productoras de peces de ornato, siendo Singapur el mayor exportador de peces a nivel mundial, seguido de Sri Lanka quien exportó a Japón y Estados Unidos un equivalente a ocho millones de dólares en peces tan solo en el 2001 (Wijesekara y Yakupitiyage, 2001).

La piscicultura de ornato en México, es reciente y emerge como una ocupación de importancia económica durante la década de los ochenta, pero es la siguiente década cuando se transforma en una actividad económicamente importante, al presentarse dos eventos que influyeron en la producción de peces de ornato en el país: a) la devaluación del peso en diciembre de 1994 y b) el surgimiento de una economía contraída (Martínez *et al.*, 2004). En el año de 1993, México importó más de nueve millones de peces con un valor de 6, 430 millones de pesos y durante el año de 1994 las importaciones ascendieron a más de diez millones de peces cuyo valor representó 9, 478 millones de pesos (INEGI, 1998). De acuerdo a los registros del Banco de México, en 1996 se importó un volumen de más de un millón de peces, durante los meses de enero a abril.

La acuicultura como industria se ha visto enormemente beneficiada gracias al uso de esteroides para inducir el sexo, la maduración y el crecimiento de diversos organismos acuáticos. El empleo de estos esteroides se inició originalmente en especies comestibles, pero hoy en día se aplica en mayor escala a peces de ornato (Pandian y Sheela, 1995). El uso de agentes anabólicos ha sido reportado numerosas veces para acelerar el crecimiento de los peces (Guerrero, 1975; Lone y Maty, 1980; Yamazaki, 1983; Manzoor y Satyanarayan, 1989; Marañón y Maya, 1999; Paaver *et al.*, 2001).

La literatura científica acerca de la aplicación de anabólicos en peces de ornato es escasa, no obstante, se considera que existe más información sobre este tema, que no ha sido publicada por tener aplicación comercial estratégica, por lo que la ganancia económica es más importante que el conocimiento científico.

El objetivo de un agente anabólico es promover la tasa de crecimiento, a través del aumento de la masa muscular y el fortalecimiento de las estructuras óseas, incrementando así la eficiencia de la conversión del alimento en el organismo, con el consecuente beneficio en las tasas de ganancia de biomasa (Bogas *et al.*, 2002; Yesalis y Bahrke, 2005).



"Manejo del cultivo comercial del gourami enano *Colisa lalia*, inducido por esteroides en sistemas de producción intensiva"

Las hormonas son compuestos químicos que son sintetizados y secretados por las glándulas del cuerpo y son transportadas por la sangre a otras partes donde tienen efectos específicos en el órgano donde actúan (Bogas *et al.*, 2002). Debido a la actividad biológica, las hormonas esteroideas pueden ser clasificadas en cinco grupos: el de progestinas naturales, glucocorticoides, mineralcorticoides, andrógenos y estrógenos (Hicks, 2001).

La FDA (Agencia para la Administración de Medicamentos y Alimentos de EE. UU.) certificó seis hormonas para uso comercial; estas son: estradiol, testosterona, progesterona, zeranol, acetato de mengestrol y acetato de trembolona (ATB) (Bogas *et al.*, 2002).

Una revisión bibliográfica exhaustiva indica que no existe ninguna publicación relacionada con el gourami enano, *C. lalia* en donde se mencione el efecto de agentes hormonales en el crecimiento y la inversión del sexo. La mayoría de los trabajos reportados en los que se hace el uso de hormonas han sido aplicados a especies de peces pertenecientes a las familias: Poeciliidae, Cyprinidae, Cichlidae, y Salmonidae.

A continuación se presentan algunos antecedentes del uso de agentes hormonales en peces de ornato y comestibles.

Burger (1942) evaluó el efecto androgénico del propionato de testosterona en *Fundulus heteroclitus* a una dosis de 8 mg encontrando que la aplicación de la hormona promovió el desarrollo de las características masculinas, al incrementar la tonalidad de la piel; los tubos seminíferos no presentaron atrofia debido a la aplicación de los andrógenos y se promovió una actividad espermatogénica mayor que la de los machos control.

Cohen (1946) trató a hembras del *Xiphophorus maculatus* con pregnenolona, este agente anabólico indujo el desarrollo de las características masculinas en las hembras tratadas. El análisis de las estructuras sexuales de las hembras masculinizadas indicó que las gónadas tendieron a la degradación, con poco desarrollo y bajas producciones de ovocitos, resultando en estructuras no funcionales.

Pickford (1954) utilizó organismos del género *Fundulus* hipofisectomizados, recibiendo dosis inyectadas de somatotropina proveniente de otros peces, y encontró un incremento en las tasas de crecimiento y una ligera presencia de caracteres masculinos en hembras tratadas con la hormona.



"Manejo del cultivo comercial del gourami enano *Colisa lalia*, inducido por esteroides en sistemas de producción intensiva"

Hirose y Hibiya (1968) reportaron en *Cyprinus carpio* un incremento significativo en el peso al aplicarles intramuscularmente dosis de 4-clorotestosterona cada cuatro días por un periodo de un mes.

Chatain *et al.*, (1999) demostraron el efecto del andrógeno sintético 17 $\alpha$ -metildihidrotestosterona en diferentes concentraciones (0.5, 3 y 5 mg/kg de alimento) en la inversión sexual y el desarrollo gonadal de *Dicentrarchus labrax* a distintos tiempos de aplicación; obtuvieron masculinizaciones del 100% y se manifestaron un 10% de deformaciones testiculares en los peces tratados.

Gale *et al.*, (1999) determinaron la eficiencia masculinizante del 17 $\alpha$ -metiltestosterona y 17 $\alpha$ -metildihidrotestosterona a una concentración de 100 y 500  $\mu$ g/l por pequeños lapsos de inmersión en *Oreochromis niloticus*, encontraron masculinizaciones superiores al 80% con ambos agentes anabólicos.

Arslan y Phelps (2004) utilizaron 17 $\alpha$ -metiltestosterona y acetato de trembolona para la producción de poblaciones macho de *Pomoxis nigromaculatus*, utilizaron diversos medios de aplicación empleando 60 mg/kg alimento para la aplicación oral y 1mg/L para la aplicación mediante baños; hallaron que la aplicación de 17 $\alpha$ -metiltestosterona por medio de inmersión era más eficiente para masculinizar que la aplicación por vía oral y que el ATB fue el masculinizante más potente en ambas vías de aplicación.

Sánchez (2004) empleó cinco agentes hormonales: 17 $\alpha$ -MT, Acetato de Trembolona, Norgestrel, Citrato de Tde amoxifeno y 19 Norandrostriendona a concentraciones de 200 y 300 mg/kg de alimento para la reversión sexual de *Poecilia velifera*. Determinó que el norgestrel y el citrato de Tamoxifeno son agentes masculinizantes efectivos al obtener entre el 90 y 95 % de machos, además no se afectó la sobrevivencia de los organismos tratados con dichos agentes hormonales.

Marañón (2007) evaluó el efecto de la aplicación de 17 $\alpha$ -Metiltestosterona, Acetato de Trembolona, 19- Norandrostriendona y Norgestrel en concentraciones de 30 y 50 mg/kg de alimento en pez espada, *Xiphophorus helleri*, obteniendo que el Norgestrel a dosis de 30 mg/kg fue el que presentó las mayores tasas de crecimiento, sobrevivencia y masculinización.



2.1. *Gourami enano, Colisa lalia (Hamilton, 1822).*

2.1.1. *Clasificación taxonómica.*

El gourami enano, *C. lalia*, es un pez de ornato de agua dulce, que se distingue por el patrón de coloración que presenta, lo cual lo hace atractivo en el mercado de la acuicultura ornamental. Pertenece a la familia Belontiidae y se caracteriza por poseer un órgano suprabranquial llamado laberinto. Este órgano es el resultado de los procesos de evolución y adaptación a la vida en aguas tropicales las cuales son altas en compuestos orgánicos con lo cual tienden a ser más ácidas y escasas en oxígeno. El laberinto le permite absorber oxígeno atmosférico para poder desarrollarse de manera favorable en este medio (Petrovivy, 1988; Froese y Pauly, 2005). La familia se caracteriza por ser territorial y los machos son los encargados del cuidado de las crías. Su clasificación taxonómica se presenta a continuación:

Reino	Animalia
Subreino	Metazoa
Phylum	Chordata
Clase	Actinopterygii
Orden	Perciforme
Suborden	Anabantidae
Familia	Belontiidae
Subfamilia	Luciocephalinae
Género	<i>Colisa</i>
Especie	<i>lalia</i>
Nombre común	Gourami enano

2.1.2. *Distribución geográfica.*

Es originaria del Sudeste asiático principalmente en las aguas de Bengala y Asam, cuya distribución se muestra en la Figura 1. En general, es una zona muy calurosa donde se desarrolla una densa vegetación subacuática. Durante la época de monzones, las lluvias torrenciales provocan a menudo inundaciones que contribuyen a extender el hábitat de la *Colisa lalia* (Froese y Pauly, 2005).



"Manejo del cultivo comercial del gourami enano *Colisa lalia*, inducido por esteroides en sistemas de producción intensiva"

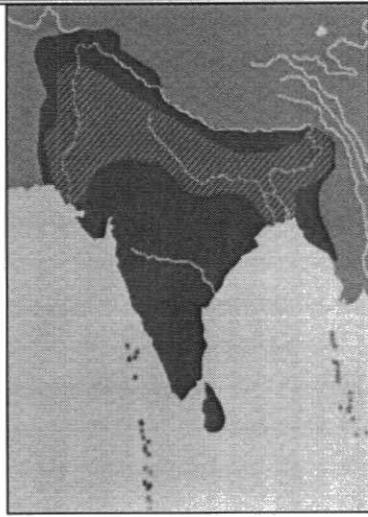


Figura 1. Distribución geográfica de *Colisa lalia*. La marca achurada indica la región donde se localizan los cuerpos de agua donde tienen una mayor presencia.

### 2.1.3. Requerimientos ambientales

La *Colisa lalia* es un pez de aguas tropicales, puede soportar intervalos de pH que fluctúan entre 6 y 8, la temperatura idónea para esta especie varía entre los 25 y 28° C, se desarrolla en aguas que tienden a ser moderadamente blandas a ligeramente duras, esto quiere decir que, tienen una concentración de 50 a 250 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Por otro lado, al igual que todos los laberíntidos sus requerimientos de oxígeno disuelto (OD) son mínimos y muy parecidos a los del gourami tres manchas, *Trichogaster trichopterus*. (Cole *et al.*, 1999) el cual requiere 2 mg/L de OD, ya que es capaz de absorberlo directamente de la atmósfera por el desarrollo del laberinto (Petrovivy, 1988; Froese y Pauly, 2005).



---

---

2.2. *Biología de la especie*

2.2.1. *Dimorfismo sexual*

Las especies pertenecientes a la familia Belontiidae presentan un marcado dimorfismo sexual que permite distinguir a las hembras de los machos, las características distintivas son principalmente el patrón y la tonalidad de la coloración (Picciolo, 1964). El macho tiene una coloración formada por hileras oblicuas de puntos verdes o azules sobre un fondo rojo y escarlata, el desarrollo de las aletas es mayor, y la aleta caudal es que alcanza una dimensión más grande. Las hembras tienden a ser más pequeñas, con un menor desarrollo de las aletas y la coloración es mucho menos respecto a los machos, generalmente de color pardo y plata con rayas oblicuas de color verde grisáceo, como se observa en la Figura 2. Se puede decir que los caracteres sexuales de la *C. lalia* están ligados al sexo (Picciolo, 1964; Petrovivy, 1988).

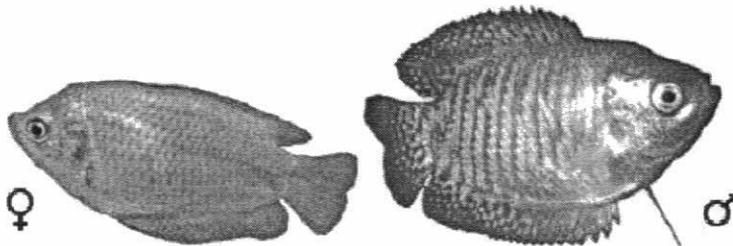


Figura 2. Ejemplar hembra y macho de *Colisa lalia*, (tomado de Froese y Paul, 2005).

2.2.2. *Reproducción*

El proceso reproductivo de *C. lalia* es muy similar al del gourami *Trichogaster trichopterus*. El macho hace un nido de burbujas en la superficie del agua oculto entre la vegetación. El macho comienza a atraer a la hembra y una vez que lo ha logrado, la envuelve con su cuerpo fertilizándola y los huevos son expulsados del cuerpo de ésta. El macho los recoge con la boca depositándolos en el nido, dicho proceso se ilustra en la Figura 3. Una vez depositados los huevos en el nido, los alevines tardan aproximadamente dos días en salir del huevo y permanecen en el nido por tres o cuatro días más, momento en el que comienzan a nadar libremente (Petrovivy, 1988).



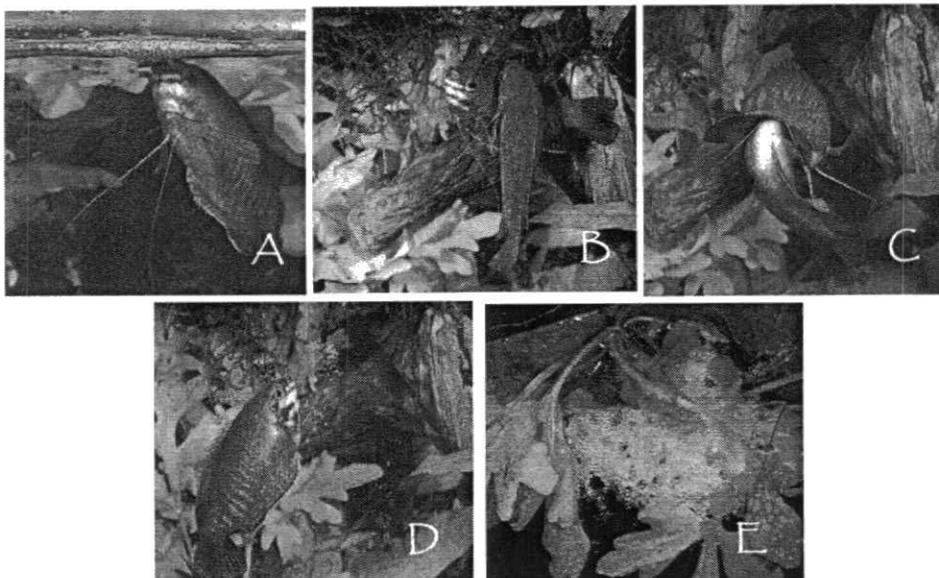


Figura 3. Proceso de apareamiento de *Colisa lalia*. (A) se muestra la construcción del nido de burbujas hecho por el macho, (B) muestra el cortejo, (C) apareamiento, (D) se observa como el macho recoge los huevos con su boca y los deposita en el nido de burbujas, (E) muestra el nido con los huevos ya fertilizados.

### 2.3. Andrógenos.

Se les denomina hormonas androgénicas o andrógenos a las sustancias que promueven acciones masculinizantes o virilizantes, es decir, que son capaces de desarrollar los caracteres sexuales secundarios, genitales o extragenitales. Dichas hormonas sexuales masculinas, son esteroides y de ellas derivan sustancias cuya acción principal es estimular el anabolismo de las proteínas (Timón, 2002).

Se producen en el testículo y su estructura contiene 19 átomos de carbono, presenta dos grupos metilo uno en el carbono 10 y otro en el 13 además el carbono 17 tiene un grupo hidroxilo y el 3 contiene una función cetona. La testosterona se considera el principal andrógeno de este grupo Figura 4 (Wilson, 1988).



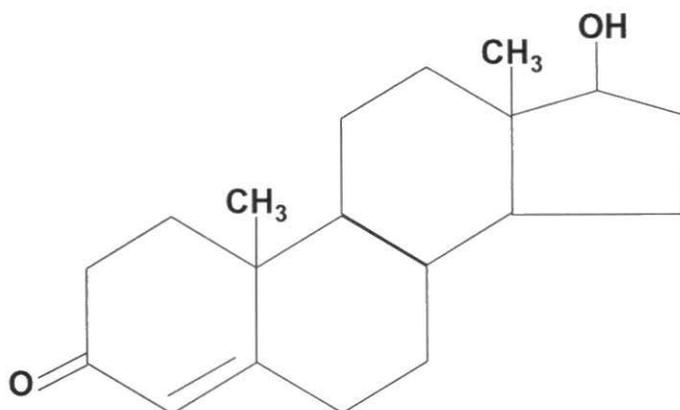


Figura 4. Estructura molecular de la testosterona.

Los andrógenos presentan una serie de efectos fisiológicos importantes, sin embargo los efectos fisiológicos de estos responden de modo diferencial dependiendo del tejido blanco sobre el cual actúan. (Timón, 2002).

Los esteroides anabolizantes están relacionados en su estructura con la testosterona y tienen un efecto en la construcción de tejidos; dichos esteroides son agentes empleados para generar un efecto menos virilizante que la testosterona, pero tienen como premisa conservar su efecto anabólico (Cardona y Sanclemente, 1986; Weatherley y Gill, 1987; Wilson y Brigstocke, 1987; Mommsen y Moon, 2001).

Los andrógenos pueden tener varias vías de acción:

- Las acciones androgénicas son las responsables del desarrollo de los caracteres sexuales secundarios.
- Las acciones anabolizantes favorecen el desarrollo muscular mediante la incorporación de aminoácidos en las proteínas musculares (Salvador *et al.*, 1999) invierten los efectos catabólicos de los glucocorticoides puesto que sus receptores son ocupados por los andrógenos.



- Tienen un efecto sobre el crecimiento óseo y en la retención de calcio; directamente en el espesor de los huesos, tanto a nivel cortical como a nivel trabecular y además, se depositan en ellos gran cantidad de sales de calcio (Alden, 1989).
- Aumentan la eritropoyesis, los niveles de hemoglobina y hematocrito además de incrementar la síntesis de eritropoyetina, hecho por lo cual se produce un gran efecto en la capacidad aeróbica (Timón, 2002).
- Efecto sobre el equilibrio de electrolitos y agua, aumenta la reabsorción de sodio en los riñones, por lo que se retiene agua y cloruro sódico, este proceso provoca un aumento de peso (Timón, 2002).
- Estimulan la lipólisis aumentando el número de  $\beta$ -adreno-receptores en el tejido adiposo (Xu *et al.*, 1990).

### 2.3.1. Esteroides.

#### 2.3.1.1. 17 $\alpha$ -Metiltestosterona.

Esta hormona ha sido una de las más ampliamente usadas en los peces de ornato, es un derivado de la testosterona. La molécula de la 17  $\alpha$ -metiltestosterona (17  $\alpha$ -MT) tiene un grupo metilo en la posición 17 (Figura 5), como se aprecia en la Figura 6, siendo el único agente activo que es ingerido por vía oral y por consecuencia resiste el metabolismo hepático (Orizaga, 1987).

Es difícil determinar el momento en que se origina el efecto androgénico y anabólico de la 17  $\alpha$ -MT, ya que éstos no son evidentes por lo menos en los primeros tres meses de edad. La vida media plasmática de la 17 $\alpha$ -MT fluctúa entre 10 y 100 minutos.

Aparece poca cantidad de 17 $\alpha$ -MT sin cambios en la orina o las heces de los animales tratados. Casi el 90% de la 17 $\alpha$ -MT metabolizada se desecha en la orina en forma de compuestos conjugados (Mc Van, 1995).



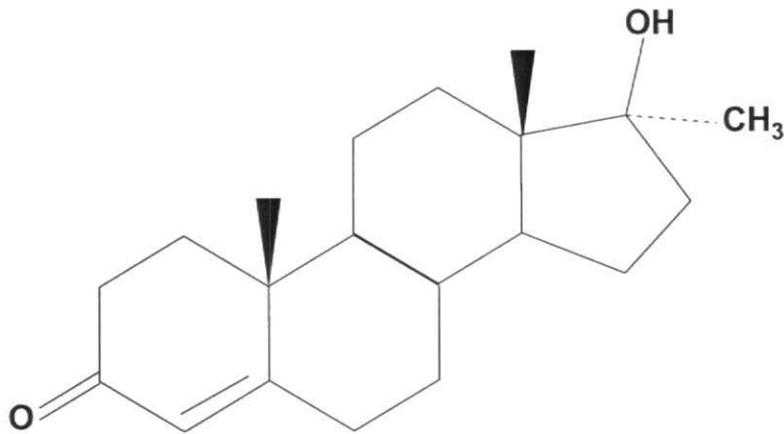


Figura 5. Estructura molecular de la 17 $\alpha$ -metilttestosterona.

#### 2.3.1.2. Citrato de Tamoxifeno.

Los antiestrogénicos fueron descubiertos a finales de los años 50, con el propósito de crear píldoras anticonceptivas. En 1962, Dora Richardson sintetizó el tamoxifeno, nombrándolo en ese entonces como ICI-476, 474.[26], finalmente, recibió la aprobación como un tratamiento de fertilidad; sin embargo los resultados obtenidos fueron más bien como anticonceptivos (Pardo, 2001).

Fue aprobado en 1977 por la FDA como tratamiento contra el cáncer de mama avanzado. En 1980 se amplió el uso de Tamoxifeno como terapia adyuvante del cáncer mamario en mujeres postmenopáusicas con ganglios axilares negativos y en mujeres premenopáusicas con receptores de estrógeno positivo (RE+) con cáncer mamario avanzado. En la década de los 90 se agrega a la terapia adyuvante en el cáncer mamario con RE+ en pacientes pre y postmenopáusicas independiente del compromiso axilar (Pardo, 2001).

El tamoxifeno es un antiestrogénico y actúa como un modulador selectivo de los receptores estrogénicos (MSRE o SERMs) y que puede actuar de manera simultánea en diferentes tipos de tejidos con efectos estrogénicos y antiestrogénicos (Goodman y Gilman, 2003).



"Manejo del cultivo comercial del gourami enano *Colisa lalia*, inducido por esteroides en sistemas de producción intensiva"

Su estructura química es parecida a la del dietilstilbestrol pero a diferencia de ésta el Tamoxifeno tiene una cadena lateral que le brinda la cualidad antiestrogénica, la estructura molecular se muestra en la Figura 6.

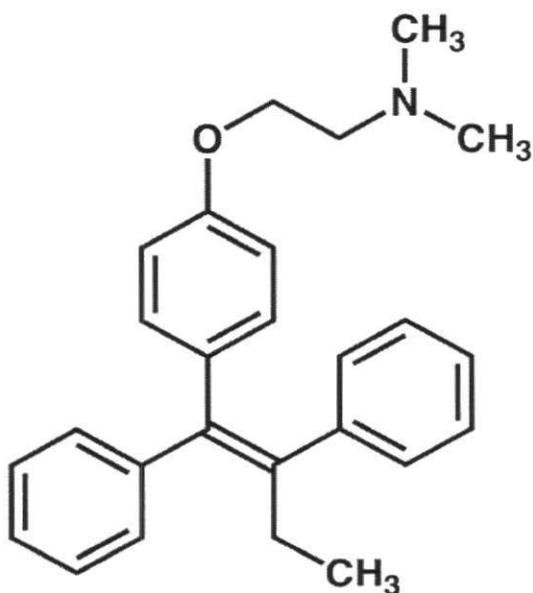


Figura 6. Estructura molecular del citrato de tamoxifeno.



### 3. JUSTIFICACIÓN

Hernández (2006) aplicó un esteroide, acetato de trembolona (ATB) a una concentración de 300 mg/kg de alimento como un inductor para promover el crecimiento; los resultados indicaron que el esteroide no afecta a los peces tratados, al registrarse una sobrevivencia mayor al 90% y una tasa de crecimiento entre 0.34 y 0.68 cm/día, mientras que a los peces que no se les aplicó el anabólico registraron una sobrevivencia entre 71 y 97% y una tasa de crecimiento entre 0.14 y 0.53 cm/día.

La aplicación de tecnologías de punta en la producción de peces de ornato, significa que es posible mejorar los niveles de eficiencia y productividad que actualmente tienen los productores nacionales, incrementando los beneficios económicos y generando divisas en el competido mercado internacional.

Basando en las afirmaciones anteriores, es conveniente hacer uso de agentes hormonales capaces de incrementar las tasas de crecimiento, que no afectan la sobrevivencia y que puedan producir poblaciones monosexo en un organismo que presente dimorfismo sexual y además, tenga una demanda dentro del mercado acuícola, tal es el caso de la *Colisa lalia*.

La experimentación con animales de laboratorio está regulada por la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio (NOM-062-ZOO, 1999), sin embargo no hay una reglamentación específica para el manejo de peces.



#### 4. OBJETIVO DEL PROYECTO

Probar la eficiencia anabólica de dos diferentes tipos de agentes hormonales en la producción de poblaciones monosexo del gourami enano *C. lalia*.

##### 4.1. *Objetivos Específicos.*

- ❖ Establecer la edad más adecuada para la aplicación de los esteroides.
- ❖ Determinar el esteroide más eficiente respecto a las características de color, forma, talla y porcentaje de machos.
- ❖ Analizar el beneficio económico de la producción de poblaciones macho.

##### 4.2. *Hipótesis.*

- Los peces tratados con hormonas incrementarán las tasas de crecimiento, la proporción de sexos y el beneficio económico en la producción de *Colisa lalia*, con respecto de los peces tomados como grupo testigo.
- El tipo de hormona incrementará la tasa de crecimiento y la proporción de sexos de manera distinta.



## 5. MATERIAL Y MÉTODOS

### 5.1. Fase de Bioensayo.

El trabajo se desarrolló en el “Laboratorio de Sistemas Acuáticos” de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, perteneciente al Departamento “El Hombre y su Ambiente”.

#### 5.1.1. Obtención de los juveniles.

Los juveniles de *C. lalia* utilizados para el trabajo experimental se obtuvieron en condiciones de laboratorio a partir de un lote de reproductores, en acuarios de 40 litros. Los juveniles se mantuvieron en estos acuarios por un periodo de 30 días, posteriormente, se inició con la aplicación de los tratamientos hormonados.

#### 5.1.2. Bioensayo preliminar.

Se colocaron cinco acuarios con una densidad de 25 animales de diferentes edades (5, 10, 15, 20 y 25 días) y se les suministró alimento hormonado con  $17\alpha$ -metiltestosterona a una concentración de 60 mg/kg de alimento, y un grupo control con una edad de 5 días, al que se les dio alimento sin hormona. Las unidades experimentales mantuvieron la temperatura y el pH constantes durante el periodo experimental que fue de 30 días.

### 5.2. Bioensayo experimental.

#### 5.2.1. Diseño experimental.

Con el objeto de seleccionar el esteroide y su dosis más eficiente, el experimento se realizó mediante un diseño factorial completamente aleatorizado de un factor teniendo un total de tres tratamientos (T1=  $17\alpha$ -MT 600 mg/kg, T2= Tamoxifeno 600 mg/kg y T3= grupo testigo) cada uno de estos tratamientos se realizó por triplicado en acuarios de 40 L con 10 organismos en cada uno. La administración de los esteroides inició a partir de que los juveniles cumplieron 30 días de edad y tuvo una duración de 30 días, se evaluó el efecto residual de la hormona 15 días después de finalizar la aplicación, esto es a los 45 días.



### 5.2.2. Preparación del alimento.

Las hormonas fueron incorporadas al alimento a través del método de evaporación por alcohol (Guerrero, 1975), el cual consiste en la disolución de la hormona en alcohol etílico al 90%, una vez disuelta esta perfectamente, se rocía en el alimento con el alcohol y se mezcló para humedecerlo de manera homogénea, posteriormente se dejó evaporar el alcohol y así el alimento quedó impregnado con la hormona. Para el alimento del grupo control se realizó el mismo procedimiento pero sin la hormona.

### 5.2.3. Condiciones experimentales.

Diariamente en cada uno de los acuarios se registró: la temperatura del agua y el pH. El agua de los acuarios se mantuvo con aireación constante y el volumen perdido por evaporación fue repuesta con agua previamente aireada y libre de cloro, con la finalidad de conservar las mismas condiciones experimentales.

### 5.2.4. Evaluaciones morfométricas.

Semanalmente se registraron el peso corporal (PC), la longitud total (LT) (la cual fue tomada del hocico del pez al final de la aleta caudal), la longitud patrón (LP) (del hocico del pez hasta donde comienza el pedúnculo caudal), y finalmente la altura máxima del cuerpo (AM) que se midió en la parte mas alta del pez (Figura 7).

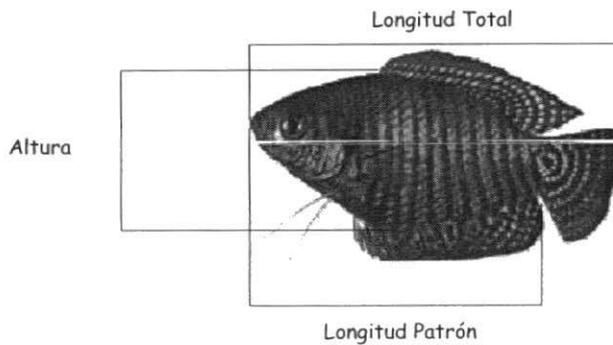


Figura 7. Medidas morfométricas del gourami enano, *C. lalia*.



5.2.5. Diseño estadístico.

Para analizar los indicadores del crecimiento (peso corporal, longitud total, altura máxima y factor de condición) se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA) de un factor (tratamiento) para identificar si había diferencias entre los tratamientos. De resultar significativa ( $p < 0.05$ ) se procedió a determinar las parejas de tratamientos aplicando la prueba de Tukey (Montgomery, 1984). Con objeto de describir el patrón de crecimiento se determinó la distribución de la longitud total y el peso corporal de los peces, mediante diagramas de caja (Hoaglin *et al.*, 1991). Finalmente, para determinar diferencias entre las pendientes de los modelos se aplicó una prueba de contrastes de pendientes (Zar, 1999).

La eficiencia de los esteroides aplicados en los peces se evaluó mediante los indicadores de desempeño que incluyen los factores de crecimiento, la sobrevivencia, la proporción de sexos y el beneficio económico de la producción experimental, para lo cual se empleó el siguiente algoritmo:

**5.2.5.1. Crecimiento longitudinal.** Que es la longitud estimada con respecto al tiempo y se describe con un comportamiento asintótico. Sus coeficientes se estimarán de acuerdo al modelo de von Bertalanffy (Ricker, 1975), siendo la ecuación que lo describe:

$$L_t = L_{m\acute{a}x} [1 - e^{-k(t-t_0)}] \quad \text{Ecuación 1}$$

donde:

$L_t$ : Longitud estimada al tiempo  $t$ .

$L_{m\acute{a}x}$ : Longitud máxima.

$e$ : Base de los logaritmos naturales.

$k$ : Tasa intrínseca de crecimiento.

$t_0$ : Tiempo teórico en la cual la longitud es igual a cero.

$t$ : Tiempo.

**5.2.5.2. Relación peso - longitud.** Es la relación que describe el crecimiento relativo, y su aplicación es muy usual en animales de granjas (Hoaglin *et al.*, 1991) y se estimó a través de un modelo potencial. La ecuación que lo describe es:



$$P_L = aL^b \quad \text{Ecuación 2}$$

donde:

$P_L$ : Peso estimado a la longitud  $L$

$a$ : ordenada al origen.

$L$ : Longitud observada.

$b$ : Coeficiente de proporción entre el peso y la longitud.

**5.2.5.3. Crecimiento en peso.** Se estima en función del tiempo de acuerdo con el modelo de von Bertalanffy y se obtiene a partir de los parámetros estimados en las ecuaciones 1 y 2 que se acoplan en este modelo. Siendo la ecuación que lo describe:

$$P_t = P_{m\acute{a}x} \left[ 1 - e^{-k(t-t_0)} \right]^b \quad \text{Ecuación 3}$$

donde:

$P_t$ : Peso estimado al tiempo  $t$ .

$P_{m\acute{a}x}$ : Peso máximo, se estima a partir de la ecuación 2, sustituyendo a  $L$  por la  $L_{m\acute{a}x}$  de la ecuación 1.

$e$ : Base de los logaritmos naturales.

$k$ : Tasa intrínseca de crecimiento, procede de la ecuación 1.

$t_0$ : Tiempo teórico en la cual la longitud es igual a cero, procede de la ecuación 1.

$t$ : Tiempo.

$b$ : Coeficiente de proporción entre el peso y la longitud, procede de la ecuación 2.

La precisión de los modelos se registró por medio del coeficiente de determinación ( $r^2$ ). Para probar la igualdad entre las pendientes de la regresión entre los grupos experimentales, de los modelos de crecimiento longitudinal y el alométrico, se empleó la prueba de covarianza, de resultar significativa se aplicó la prueba de Tukey con ajuste de Bonferroni. Con el objeto de describir el patrón de crecimiento se determinó la distribución de la longitud total y el peso corporal de los peces por quincena, mediante diagramas de cajas y bigotes.



Para determinar el uso de la energía por parte del gourami se utilizó el Factor de Condición Múltiple (Rodríguez y Marañón, 1993), cuya ecuación es:

$$KM = \left( \frac{P}{L^b \cdot A^c} \right) 100 \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

*KM*: Factor de Condición.

*L*: Longitud total.

*P*: Peso corporal.

*A*: Altura máxima del cuerpo.

*b*: Coeficiente de regresión de peso.

*c*: Coeficiente de regresión de la altura.

### 5.2.6. Proporción de sexos

Para determinar la existencia de diferencias significativas entre la proporción de sexos se aplicó la prueba de  $X^2$  con el ajuste de Yates (Scheffler, 1981) de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$X^2 = \frac{(O - E - 0.05)^2}{E} \quad \text{Ecuación 5}$$

donde:

$X^2$ : Chi.

*O*: Valores observados

*E*: Valores estimados

El sexado de los peces se realizó mediante la identificación de los caracteres sexuales secundarios que fueron la coloración y la morfología de las aletas.



**5.2.7. Supervivencia.**

Debido a que la supervivencia es un dato que se da en porcentaje, se aplicó la transformación del arco seno (Scheffler, 1981), de tal manera que se pudiera aplicar el análisis de varianza y determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos.

**5.2.8. Evaluación económica.**

Se estimó el precio de *C. lalia* por sexo en los mercados "Nuevo San Lázaro" ubicado en el Distrito Federal, a través de encuestas (n=25). El beneficio económico (BE) debido al uso de los esteroides fue calculado a partir de la suma de los resultados parciales del costo de los organismos por cada uno de los sexos que sobrevivieron de la siguiente manera:

$$BE = (\# \text{ de machos} * \text{precio unitario}) + (\# \text{ de hembras} * \text{precio unitario})$$

**5.2.9. Eficiencia biológica.**

Uno de los estimadores de la eficiencia biológica debido a la aplicación de esteroides es la tasa de crecimiento específico (TCE), que se calculó de la siguiente manera:

$$TCE = \left( \frac{\ln P_F - \ln P_I}{T} \right) * 100 \quad \text{Ecuación 6}$$

donde:

TCE: Tasa de crecimiento específico.

P<sub>I</sub>: Peso inicial.

P<sub>F</sub>: Peso final.

T: Tiempo.

Otro de los estimadores de eficiencia biológica es la productividad, la cual fue estimada de la siguiente manera:



$$P = \bar{P} \pm S_d * n$$

Ecuación 7

donde:

$P$ : Productividad.

$\bar{P}$ : Peso promedio.

$S_d$ : Desviación estándar.

$n$ : número de sobrevivientes.



"Manejo del cultivo comercial del gourami enano *Colisa lalia*, inducido por esteroides en sistemas de producción intensiva"

6. RESULTADOS

6.1. Obtención de los juveniles.

Los reproductores se mantuvieron en condiciones constantes de temperatura del agua y de pH (27.4 °C ± 0.3°C y 6.8 ± 0.3 respectivamente). Los machos registraron una longitud patrón (LP) de 4.70 ± 0.27 cm y un peso corporal (PC) de 3.92 ± 0.39 g.; en el caso de las hembras, éstas registraron una longitud de 2.67 ± 0.04 cm y un peso de 2.24 ± 0.19 g.

El número de alevines contabilizados por pareja fue de 145 ± 15 alevines con una edad de 2 ± 1 días de diferencia entre ellos.

6.2. Bioensayo preliminar.

Los resultados del bioensayo preliminar aplicando el alimento comercial hormonado con 17α-metiltestosterona al 60% se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Efecto de la aplicación de alimento hormonado al 60% en *C. lalia* a diferentes edades

Edad (días)	Sobrevivencia* (%)
5	0
10	0
15	10.3
20	40.6
25	76.8
5 (control)	83.9

\*n= 25



6.3. Bioensayo experimental.

6.3.1. Supervivencia.

Las supervivencias de los peces tratados fue igual o mayor a la de los peces del grupo testigo, la mayor supervivencia la presentaron los peces tratados con Tamoxifeno, en donde se registró el 90.0%; mientras que los peces del grupo testigo reportaron una supervivencia del 83%, igual a la de los peces tratados con la Metiltestosterona, como se aprecia en la Figura 8. Se observan diferencias significativas entre la supervivencia tanto de los peces que fungieron como grupo testigo como en los peces tratados con Metiltestosterona y Tamoxifeno ( $P > 0.05$ ).

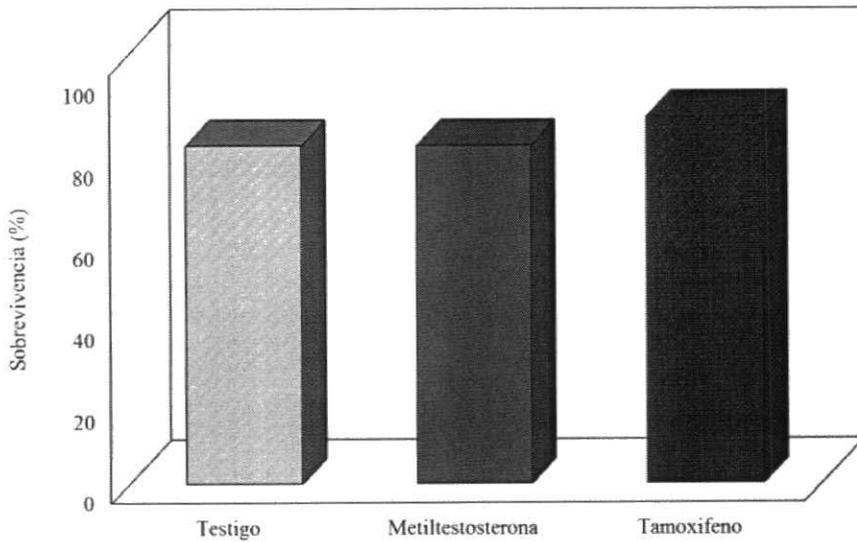


Figura 8. Eficiencia de los tratamientos en la supervivencia de *C. lalia* (n=30).



6.3.2. Masculinización.

La eficiencia masculinizante de los esteroides fue del 100% en los peces tratados con Metiltestosterona, del 20% en los peces tratados con Tamoxifeno y los peces que fungieron como grupo testigo sólo se presentó un macho que representa el 4% de la población, siendo entonces mejor el tratamiento donde se utilizó la Metiltestosterona (Figura 9). Mediante la prueba de  $\chi^2$  se pudo determinar estadísticamente que la proporción de sexos entre tratamientos es diferente ( $P < 0.05$ ).

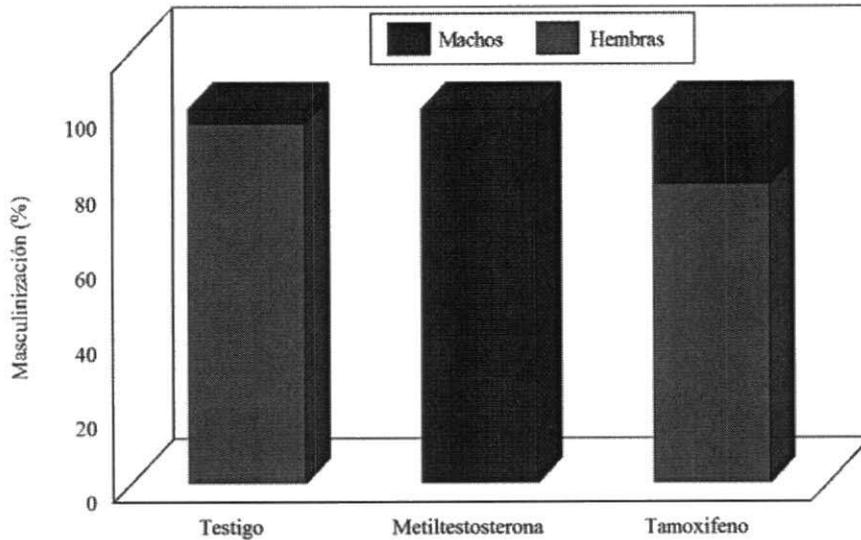


Figura 9. Eficacia de los tratamientos en la masculinización de *C. lalia* (n=30).

6.3.3. Indicadores de crecimiento.

En la Tabla 2, se muestran los resultados de los parámetros morfométricos donde se puede observar que los peces tratados con Tamoxifeno tuvieron tallas un poco mayores a las de los peces tratados con Metiltestosterona, sin embargo mediante el análisis de varianza no se determinaron diferencias significativas entre ellos ( $P > 0.05$ ), por otro lado los peces del grupo testigo si presentaron diferencias significativas con respecto a los peces tratados con esteroides ( $P < 0.004$ ).



Tabla 2 Parámetros morfométricos

Parámetro	Testigo	Metiltestosterona	Tamoxifeno
<b>Peso (g)</b>	1.260 ± 0.232 <sup>a</sup>	1.331 ± 0.227 <sup>b</sup>	1.397 ± 0.471 <sup>b</sup>
<b>Talla (cm)</b>	2.32 ± 0.19 <sup>a</sup>	4.30 ± 0.33 <sup>b</sup>	4.25 ± 0.39 <sup>b</sup>
<b>Altura (cm)</b>	1.35 ± 0.13 <sup>a</sup>	1.62 ± 0.14 <sup>b</sup>	1.64 ± 0.20 <sup>b</sup>

Literales iguales no indican diferencias significativas (p>0.05); literales diferentes indican diferencias significativas (p<0.05).

En la Figura 10 se describe la talla, el peso y la altura de los sujetos de experimentación, y se observa que los peces tratados con Metiltestosterona registraron las mayores tallas en todas las evaluaciones, el análisis de varianza indicó diferencias significativas ( $P < 0.004$ ) entre la longitud de los peces tratados y la prueba de Tukey determinó que estas diferencias se presentaron entre los peces del grupo testigo y los peces tratados ( $P < 0.025$ ); desde la primera evaluación a los 45 días de edad los peces tratados con Metiltestosterona registraron una talla mayor, y este patrón se repitió hasta finalizar la última evaluación a los 75 días de edad.

La altura máxima del cuerpo de los peces tratados con Tamoxifeno fue la que presentó los mayores incrementos a partir de los 45 días de edad, patrón que se repitió hasta finalizar el experimento; el análisis de varianza determinó diferencias significativas entre los tratamientos ( $P < 0.032$ ), al realizar la prueba de Tukey destacaron las diferencias más importantes presentes entre los peces tratados con Tamoxifeno y los peces del grupo testigo ( $P < 0.01$ ).

En el caso del peso, los peces tratados con Tamoxifeno mostraron las tallas mas grandes a partir de los 45 días de edad, manteniendo esta tendencia hasta los 60 días de edad, periodo en el que se observaron diferencias significativas ( $P < 0.001$ ); a los 75 días de edad los peces del grupo testigo y los tratados con esteroides tuvieron pesos similares entre ellos. Sin embargo los peces tratados con Tamoxifeno difirieron de los peces del grupo testigo ( $P < 0.045$ ).



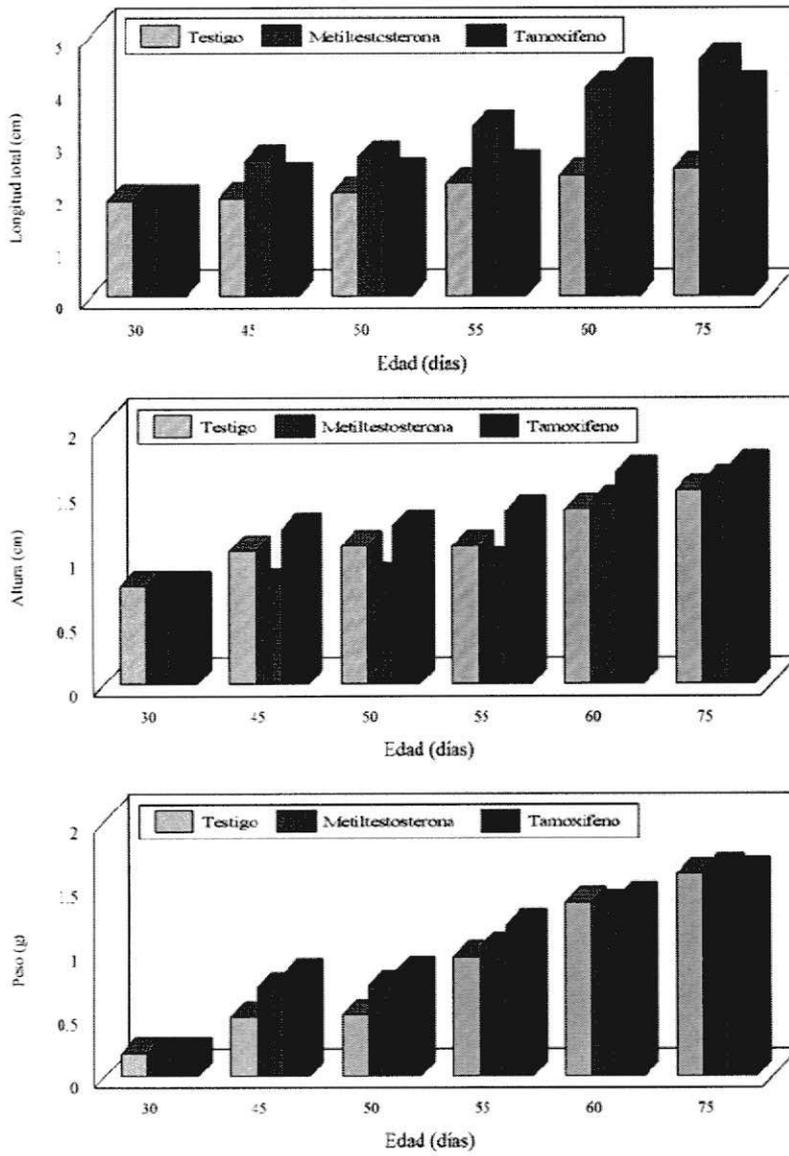


Figura 10. Indicadores de crecimiento de la *C. lalia*, la barras indican el promedio de las variables morfométricas en cada evaluación.



6.3.4. Estimadores biológicos.

En la Tabla 3 se registran los estimadores del desempeño del crecimiento debido a la aplicación de los agentes hormonales en la *C. lalia*; los resultados muestran que los peces tratados con Tamoxifeno mostraron una tendencia a crecer más ya que tienen mayor energía almacenada (*KM*), de la misma manera que los peces del grupo control igualmente tenderán a crecer más ya que también presentan un *KM* alto, por otro lado los peces tratados con Metiltestosterona presentaron un menor *KM*, sin embargo estos últimos son los peces que presentaron las mayores tallas al finalizar el periodo de evaluación, el análisis de varianza determinó diferencias significativas en el *KM* de cada uno de los grupos evaluados ( $P < 0.001$ ).

Las tasas de crecimiento específico (*TCE*) registradas no tuvieron diferencia entre los peces tratados con esteroides debido a que ambas tasas de crecimiento fueron muy parecidas, y superaron el valor de 1 mg/día; sin embargo, la menor tasa de crecimiento la presentaron los peces del grupo testigo y esta difirió de las tasas de crecimiento de los peces tratados con esteroides, no llegando a superar los 0.05mg/día.

Al realizar la estimación de la productividad (*P*), los peces del grupo testigo registraron la menor productividad con 34.02 g de biomasa, mientras que la mayor productividad la tuvieron los peces tratados con Tamoxifeno, los cuales generaron una biomasa de 37.71 g; mientras que, los tratados con Metiltestosterona produjeron una biomasa de 35.93 g, biomasa superior a la de los peces pertenecientes grupo testigo y ligeramente menor a la biomasa producida por los peces tratados con Tamoxifeno.

Tabla 3. Eficacia biológica de la *C. lalia* debido al efecto de los agentes hormonales

	Testigo	Metiltestosterona	Tamoxifeno
<i>KM</i> ± <i>S<sub>KM</sub></i>	25.5 ± 7.18 <sup>a</sup>	4.08 ± 1.29 <sup>b</sup>	53.22 ± 7.83 <sup>c</sup>
<i>TCE</i> (mg/día)	0.31 <sup>a</sup>	1.04 <sup>b</sup>	1.12 <sup>b</sup>
<i>P</i> (g) <sup>1</sup>	34.02 ± 6.26 <sup>a</sup>	35.93 ± 6.12 <sup>b</sup>	37.71 ± 12.71 <sup>b</sup>

*KM*: factor de condición, *TCE*: tasa de crecimiento específico; Productividad.<sup>1</sup> Valor promedio ± la desviación estándar. Literales iguales no indican diferencias significativas ( $p > 0.05$ ); literales diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). *S<sub>KM</sub>*: Desviación estándar del *KM*.



6.3.5. Modelos de crecimiento.

Los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanfy se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Parámetros de los modelos de crecimiento de la *C. lalia*

Modelo	Indicador	Tratamiento		
		Testigo	Metiltestosterona	Tamoxifeno
Longitud vs tiempo	$L_{\infty}$ (cm)	2.62	4.68	3.80
	k (cm/día)	0.46	0.35	0.12
	$T_0$ (días)	-2.20	-0.12	-4.86
	$r^2$ (%)	82.79	85.02	79.30
Peso vs Longitud	a (cm)	-2.90	-2.84	-1.97
	b (mg/cm)	3.33	2.35	1.78
	exp a	0.054	0.058	0.14
	$r^2$ (%)	42.74	72.68	66.70
Peso vs tiempo	$P_{\infty}$ (g)	0.831	2.095	1.502

Los resultados que relacionan la longitud en función del tiempo, indican que los peces del grupo testigo registraron la tasa de crecimiento más alta con un 0.46 cm/día, mientras que la más baja se observó en los peces tratados con Tamoxifeno. Los organismos tratados con Metiltestosterona presentarán una tasa de crecimiento ligeramente inferior a la de los peces del grupo testigo. Pese a lo anterior, la talla máxima calculada a través del modelo fue la de los peces tratados con Metiltestosterona y la menor, la obtenida para los peces del grupo testigo.

El coeficiente de determinación definió que el mejor modelo fue el generado por los peces tratados con Metiltestosterona, mientras que el menor fue el obtenido con los peces tratados con Tamoxifeno.



En el caso de los coeficientes generados por el modelo que relaciona el peso en función de la longitud se obtuvo el mayor coeficiente de determinación en los peces tratados con Metiltestosterona con un 72.68 de confiabilidad mientras que el más bajo fue el que registraron los peces del grupo testigo con un 42.74% de confiabilidad. La tasa de ganancia en peso calculada por centímetro más alta fue la calculada para los peces del grupo testigo, mientras que la más baja fue la encontrada en los peces tratados con Tamoxifeno.

Finalmente el peso máximo estimado ( $P_m$ ) más alto fue el evaluado para los peces del grupo tratado con Metiltestosterona con un peso máximo de 2.095 g y el más bajo fue el estimado para los peces del grupo control con un peso de 0.831 g.

En la Figura 11 se muestra el crecimiento en talla en función del tiempo de los peces. En el primer plano se muestran los valores de la longitud estimada para los peces del grupo testigo, en este se puede observar que la curva de crecimiento se localiza dentro de las distancias intercuartiles de los diagramas pasando muy cerca de la mediana, esto indica que el modelo generado para los peces del grupo testigo describe de forma adecuada el crecimiento de estos peces.

En el segundo plano de esta figura se puede apreciar que los peces tratados con Metiltestosterona registraron tallas más altas, los valores estimados para estos peces se encuentran dentro de la distribución de los diagramas de caja y bigote; el modelo subestima los valores observados calculando longitudes menores a las observadas, no obstante, la curva se ajusta mejor a partir de los 50 días de edad.

En el tercer plano de la Figura 11, se muestra la distribución de la talla de los peces tratados con Tamoxifeno, éstos presentan una menor talla y la curva que representa los valores estimados se ajusta a la distribución de los diagramas de caja y bigote, en el caso de estos valores la curva es sobre o cercana a la media de las cajas, de la misma manera esos valores presentan una mayor variabilidad.



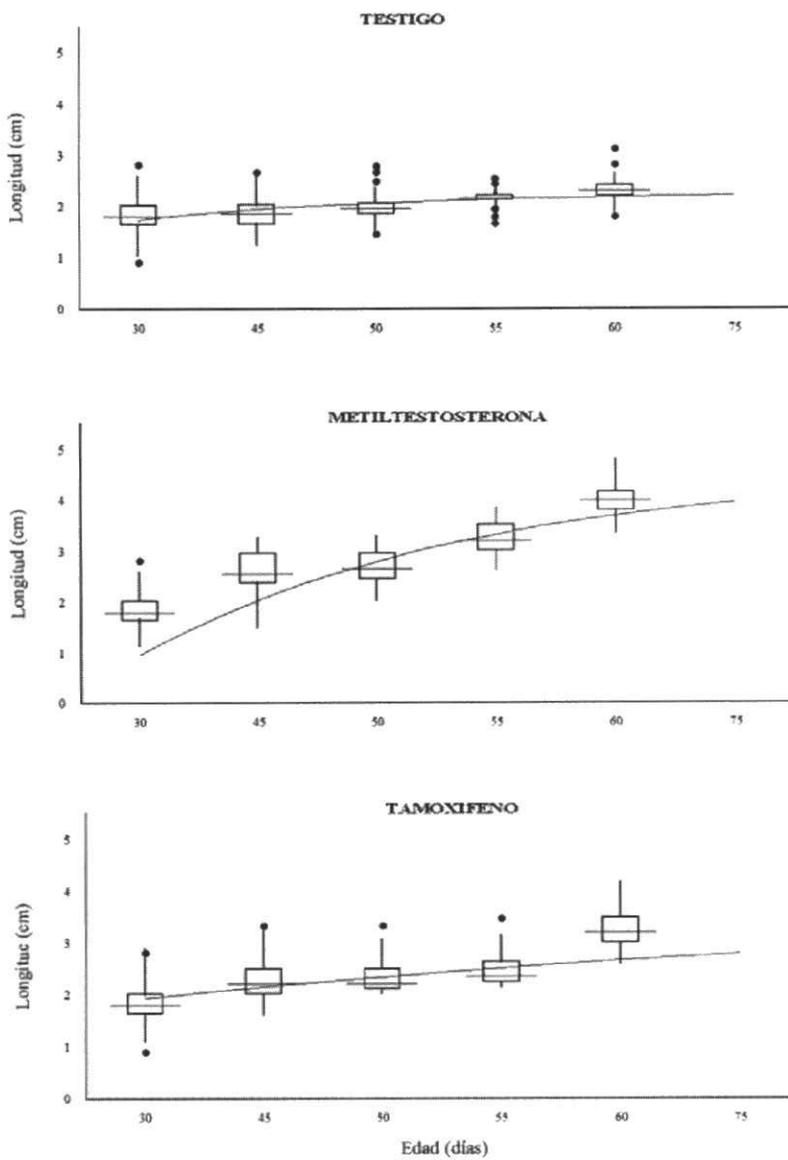


Figura 11. Efecto de los tratamientos en el crecimiento de *C. lalia*. Las líneas describen la longitud estimada por el modelo, la distribución del error se aprecia en la gráfica de caja y los casos extremos son los puntos.



"Manejo del cultivo comercial del gourami enano *Colisa lalia*, inducido por esteroides en sistemas de producción intensiva"

En la parte superior de la Figura 12 se describe el peso de los peces del grupo testigo en función de la longitud; se aprecia que los peces del tratamiento testigo registraron la menor talla, se observa que los pesos para cada longitud (puntos) se encuentran alejados de los valores estimados (línea continua) para cada una de las longitudes, por lo que los valores observados presentan una mayor dispersión con respecto de la línea estimada por el modelo.

Los valores de peso estimados para los peces tratados con Metiltestosterona se ajustan de manera adecuada a los valores estimados, presentando una dispersión mucho más cercana a la curva del modelo.

Finalmente en el tercer plano se muestran los pesos de los peces tratados con Tamoxifeno, éstos presentaron una talla muy parecida a la de los peces tratados con Metiltestosterona, sin embargo, los pesos observados no se ajustan a los datos generados por el modelo, alejándose de la curva y formando dos grupos, uno donde están agrupados los peces con tallas pequeñas y poco peso y, otro con los peces con tallas más largas y mayor peso.

El crecimiento en peso en función del tiempo, muestra que los pesos estimados del grupo testigo pasan por debajo de la de la media a partir de los 55 días de edad, presentando valores menores, y la distribución de los diagramas de caja y bigote presentan más variabilidad (Figura 13).

Los peces tratados con Metiltestosterona presentaron una menor variabilidad de los peces es menor y que la curva de crecimiento se ajustó de manera adecuada a los diagramas de caja y bigote, pasando entre las distancias intercuartiles de los diagramas de caja (Figura 13).

Los valores medios del peso de los peces tratados con Tamoxifeno, se ubicaron fuera de la curva de crecimiento de los diagramas de caja, con una variabilidad mayor que la de los peces tratados con Metiltestosterona (Figura 13)..



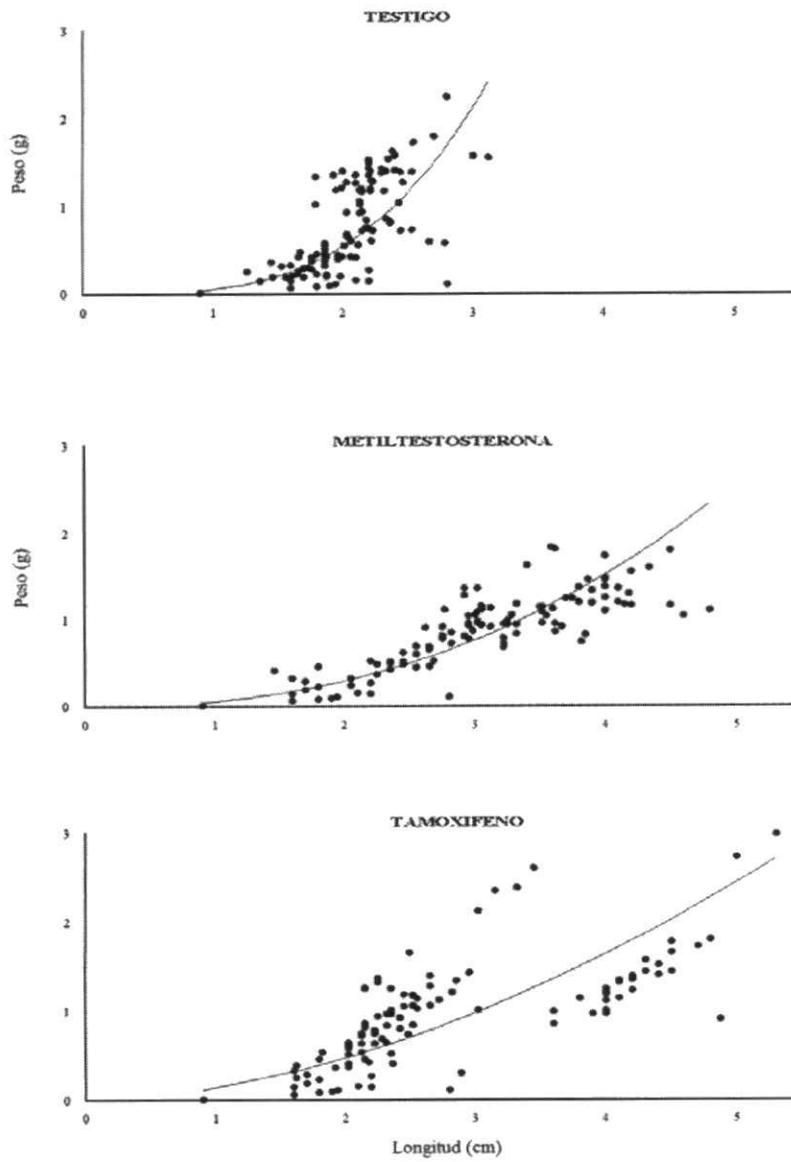


Figura 12. Efecto de los tratamientos en el crecimiento de *C. lalia*. Las líneas describen el peso estimado por el modelo, mientras que los puntos describen los pesos observados para cada longitud.



"Manejo del cultivo comercial del gourami enano *Colisa lalia*, inducido por esteroides en sistemas de producción intensiva"

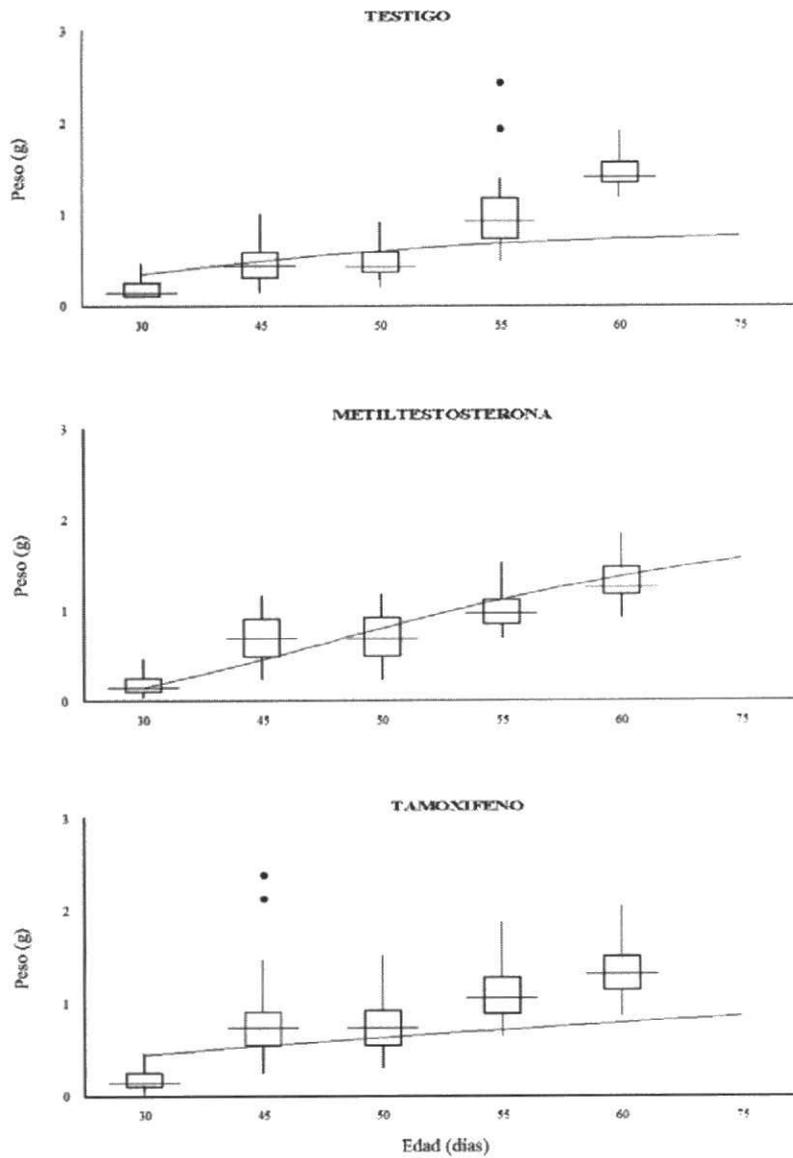


Figura 13. Efecto de los tratamientos en el crecimiento de *C. lalia*. Las líneas describen el peso estimado por el modelo, la distribución del error se aprecia en la gráfica de caja y bigote y los casos extremos son los puntos.



La recapitulación de las curvas de crecimiento generadas mediante el modelo de von Bertalanffy muestran que la curva generada para los peces tratados con Metiltestosterona presentó un crecimiento más prolongado que los otros dos grupos. La curva con el menor crecimiento fue la generada por los peces del grupo testigo, con una curva similar a la generada para los peces tratados con Tamoxifeno. Al realizar el contraste de pendientes para determinar que estas eran similares, se estableció que no existieron diferencias significativas entre las pendientes del grupo testigo y Tamoxifeno ( $P > 0.05$ ), en contraste, si hubo diferencia entre estas dos curvas y la de los peces tratados con Metiltestosterona ( $P < 0.02$ ) (Figura 14).

Mediante el análisis de las pendientes se determinó que existieron diferencias significativas entre los peces del grupo testigo y los peces tratados con hormonas ( $P < 0.05$ ), mientras que no se determinaron diferencias entre las curvas de los peces tratados ( $P > 0.05$ ). Los peces con Metiltestosterona presentaron el mayor crecimiento. Las curvas de los peces testigos y los tratados con Tamoxifeno fueron similares y el análisis de las pendientes mostró que no existieron diferencias significativas entre ellas ( $P > 0.05$ ).



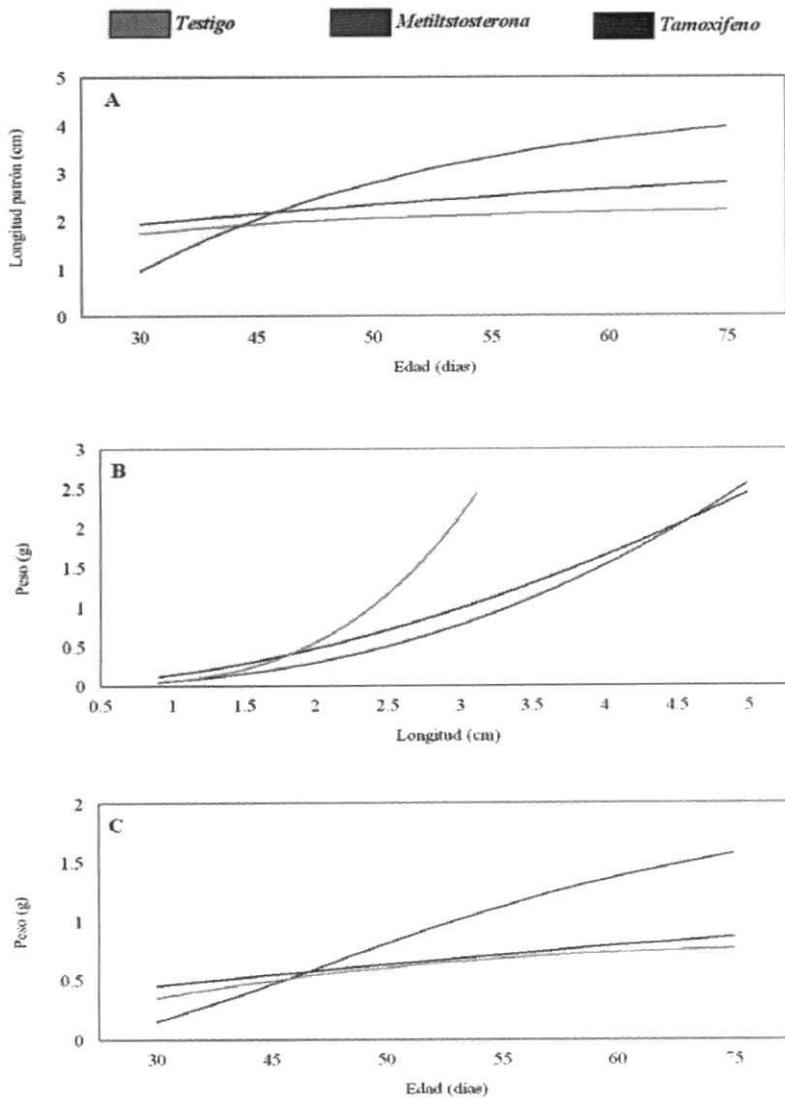


Figura 14. Recapitulación de los modelos de crecimiento de *C. lalia*: A) Modelo de crecimiento de von Bertalanffy, B) Modelo alométrico (peso en función de la longitud); y C) Acoplamiento de modelos.



"Manejo del cultivo comercial del gourami enano *Colisa lalia*, inducido por esteroides en sistemas de producción intensiva"

6.3.6. Beneficio económico.

Para estimar el beneficio económico de la aplicación de agentes hormonales en el cultivo de *C. lalia* se tomó el precio de los peces que fluctuó entre \$13.25 ± 1.06 para los machos y \$6.25 ± 1.77, (Figura 15).

El análisis indicó que los peces tratados con esteroides registraron un mayor beneficio económico que los peces del grupo testigo con un valor de 157 ± 40.66, los peces tratados con Metiltestosterona son los que registraron el mayor beneficio económico, con un valor de \$318 ± 44.19 y los pees tratados con Tamoxifeno registraron un beneficio económico de \$203.75 ± 44.19 La diferencia en el beneficio entre los peces tratados con Metiltestosterona y los peces del grupo testigo fue de \$161.<sup>00</sup> lo que representa un 50.62% del beneficio generado por los peces del grupo testigo, mientras que la diferencia entre los peces tratados es de \$114.25 lo que representa un 35.92% del benéfico generado por los peces tratados con Metiltestosterona.

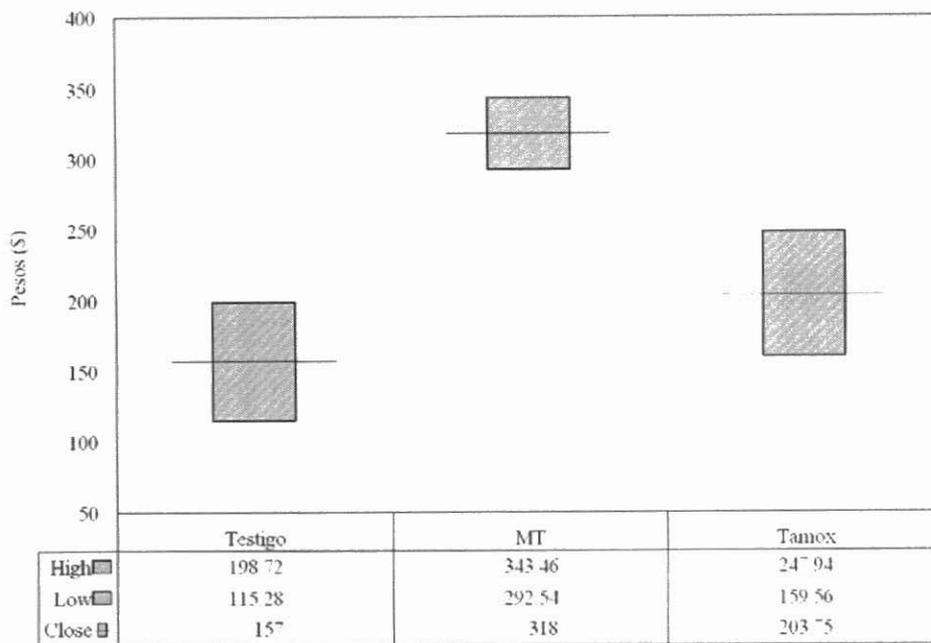


Figura 15. Efecto de los tratamientos en en el precio coemrcial de la *C. lalia*



6.4. Parámetros físicos y químicos

El pH y la temperatura del agua, se mantuvieron constantes durante todo el periodo experimental, de igual manera los valores de los parámetros no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ( $P > 0.05$ ) (Tabla 5).

Tabla 5. Parámetros físico y químicos

Tratamiento	pH	Temperatura (°C)
Testigo	6.46 ± 0.20	26.8 ± 0.79
Metiltestosterona	6.5 ± 0.10	27.1 ± 0.60
Tamoxifeno	6.3 ± 0.10	26.9 ± 0.36



## 7. DISCUSIÓN

En el presente trabajo se estudio por primera vez el proceso productivo del gourami enano *Colisa lalia*, y constituye un antecedente único que aporta nuevo conocimiento acerca del manejo de esta especie y del uso de esteroides en la generación de poblaciones monosexuales.

Una de las estrategias de producción para garantizar las cualidades morfológicas externas atractivas para el consumidor de peces de ornato, es mediante el uso de anabólicos (Hirose y Hibiya, 1968; Lone y Matty, 1980). El empleo de esteroides para inducir el sexo la maduración y el crecimiento se inició originalmente en especies comestibles, pero hoy en día se aplican a mayor escala a peces ornato debido al crecimiento que ha recientemente ha alcanzado esta (Pandian y Sheela, 1995).

Como se señalo anteriormente, la información concerniente a la familia Belontiidae es prácticamente inexistente y sobre todo la referente al gourami enano *C. lalia*, por tal motivo la difusión del presente trabajo se realiza con base en artículos y documentos bibliográficos en los que utilizaron los agente hormonales utilizados.

### 7.1. Sobrevivencia.

Los resultados de la sobrevivencia de la *C. lalia* fueron superiores a los registrados por Arslan (2003), quien trabajo con la mojarra *Lepomis macrochirus* con  $17\alpha$ -metiltestosterona a una dosis de 60 mg/kg de alimento y reporto sobrevivencias entre el 42 y 48%. Arslan y Phelps (2004) experimentaron con la robaleta *Pomoxis nigromaculatus* utilizando  $17\alpha$ -metiltestosterona también con 60mg/kg de alimento reportando una sobrevivencia entre el 59.6 y 64%. Hernández (2006) trabajó con *Trichogaster trichopterus* una especie perteneciente a la familia Belontiidae; y aplicó Acetato de Trembolona (ATB) a una concentración de 300 mg/kg de alimento y obtuvo como resultado sobrevivencias del 91.6%. Estos resultados son muy parecidos a los obtenidos en el presente trabajo.

Con respecto al Tamoxifeno, Park *et al.* (2004) aplicaron dosis de 200mg/L en bagre y registraron una sobrevivencia entre el 86 y 96% y Sánchez (2004) registró sobrevivencias de 93% en *Poecilia velifera*.



"Manejo del cultivo comercial del gourami enano *Colisa lalia*, inducido por esteroides en sistemas de producción intensiva"

Los resultados fueron similares a las obtenidas en este trabajo en *C. lalia*, esto permite afirmar que los agentes hormonales utilizados no produjeron ningún efecto negativo en la sobrevivencia de los peces, ya que estas son iguales o superiores a las del grupo testigo y parecidas a las anteriormente.

## 7.2. Masculinización.

Los inductores de reversión sexual utilizados en peces, tienen como principal sujeto de experimentación a *Poecilia reticulata*, dondese ha empleado con éxito la 17 $\alpha$ -metiltosterona (Clemens *et al.*, 1966, Takahashi, 1975). La aplicación de esta hormona en *C. lalia* fue exitosa, ya que según lo muestran los resultados se obtuvo una masculinización del 100%, siendo este por tanto el esteroide más eficiente de los dos que fueron probados. La eficiencia masculinizante obtenida en la presente investigación con la 17 $\alpha$ -metiltosterona, es superior a las reportadas por Clemens *et al.*, (1966) quienes emplearon el mismo esteroide en forma oral a una concentración de 20 a 30 mg/kg de alimento durante 60 días en crías de *Poecila reticulata*, obteniendo una proporción de 90% de machos. Jessy y Varghese (1988), a su vez obtuvieron eficiencias hasta del 91.3% de machos con 17 $\alpha$ -MT con dosis de 140 mg/kg de alimento, en *Xiphophorus helleri*; Márquez (1999), obtuvo una eficiencia masculinizante hasta del 85.7% con la misma especie aplicando dosis de 5.0, 7.5, 10.0, y 12.5 mg/L. Sánchez en (2004) aplicó en *Poecilia velifera* aplicando cinco tipos de esteroides (19-NAD, 17 $\alpha$ -metiltosterona, ATB, Norgestrel y Tamoxifeno) en dos concentraciones (200 y 300 mg/kg de alimento) y obtuvo como resultado que el Norgestrel masculinizo de un 65.5 a 75% para cada una de las concentraciones, seguido de la 17 $\alpha$ -metiltosterona con 50% de machos. Los peces tratados con Tamoxifeno reportaron una masculización de 42.3 a 46%, resultados superiores a los obtenidos en el presente trabajo.

Finalmente, Marañón (2007) reportó que el ATB, la 17 $\alpha$ -metiltosterona, el Norgestrel y el Tamoxifeno a dosis de 30 y 50 mg/kg de alimento, logran masculinizar el 90% de los organismos de *Xiphophorus helleri*.

Kavumpurath y Pandian (2008) reportaron masculinizaciones del 100% en organismos de *Betta splendens* tratados con 17 $\alpha$ -metiltosterona en concentraciones de 60 mg/kg de alimento, lo cual indica que una concentración de 60 mg/kg de alimento es eficiente para el proceso de masculinización.



Por lo anterior, se resume que la eficacia masculinizante para los peces de la familia Poecílidos fluctúa entre el 75 y 100%, dependiendo de la proporción de sexos de la especie, del esteroide, del vehículo de administración, la dosis, la duración del tratamiento y la edad del organismo a la que es tratado. En el caso de la *C. lalia*, la 17 $\alpha$ -metiltosterona es el agente hormonal más eficiente para generar machos; mientras que, el Tamoxifeno podría ser un buen agente masculinizante en la *C. lalia* en concentraciones más que la utilizada en la presente investigación. Lo cual deja una interrogante que habrá que estudiar en las investigaciones futuras en esta especie.

### 7.3. Crecimiento.

Además del efecto androgénico que produjo la aplicación de los agentes hormonales, éstos también produjeron un efecto anabólico en los peces, los organismos tratados con Tamoxifeno presentaron los mayores pesos al finalizar el periodo experimental, sin embargo, los tratados con 17 $\alpha$ -metiltosterona presentaron un crecimiento significativo.

Con respecto a la longitud de los organismos, la 17 $\alpha$ -metiltosterona fue el mejor promotor del crecimiento, alcanzando longitudes ligeramente superiores a la de los peces tratados con Tamoxifeno, con esto se demuestra que esta hormona funcionó como agente anabólico, tal y como lo mencionan Mommsen y Moon (2001) ya que su aplicación aumentó la eficiencia de los peces en la conversión de alimento, ya que el aumento en biomasa de los peces tratados fue del 49.98%, mientras que los peces tratados con Tamoxifeno fue de un 43.29% y la de los peces del grupo testigo de un 15.6%. A este respecto Boujard *et al.*, (1992) y Bocek (2004) mencionan que los estímulos externos, provocan que los organismos tengan una asimilación y uso más eficiente del alimento y por lo tanto su crecimiento será mayor.

Lo anterior se confirma mediante los resultados obtenidos del factor de condición múltiple (*KM*), si consideramos a éste como un indicador de la energía almacenada (Rodríguez y Marañón, 1993). Los valores registrados en los peces tratados con 17 $\alpha$ -metiltosterona indican un bajo *KM*, lo que significa que estos peces utilizaron la energía para crecer; mientras que los peces tratados con Tamoxifeno tendrán una mayor probabilidad de crecer, debido a que son los que tienen la mayor cantidad de energía almacenada (Medina, 1976; Tveiten *et al.*, 1998).

Las longitudes de los peces tratados con Tamoxifeno, a pesar de tener una masculinización de 20%, mostró que las hembras presentaron medidas iguales a los machos; la variabilidad de la longitud y



pesos corporal existentes entre un población es variable (Medina, 1976), esto podría significar que el efecto anabólico del Tamoxifeno fue más fuerte que el efecto androgénico, lo cual se manifestó en el tamaño de las hembras que es igual al de los machos, pero manteniendo las características fisiológicas de las hembras, estas hembras podrían ser infértiles debido a la acción anabólica del Tamoxifeno, ya que las gónadas pueden verse afectadas (Manzoor y Satyanarayan, 1989; Al-Ablani, 1998; Al-Ablani. y Phelps, 2002) y quedar atrofiadas e incapaces para reproducirse.

#### 7.4. Beneficio económico.

El mercado conocido como Nuevo San Lázaro ubicado en el Distrito Federal, fue seleccionado debido a que con el paso del tiempo se ha convertido en uno de los principales centros de distribución a nivel nacional para la venta de peces de ornato. Los organismos presentes en el mercado son surtidos principalmente por las granjas productoras del estado de Morelos. A pesar que el gourami enano es un organismo de un gran valor económico, la producción de este organismo está limitado a un par de granjas y el resto corresponde a producto de importación, por tal motivo la cantidad de locales en los que se pudo obtener la información económica es limitada.

El tamaño de la muestra utilizado en este trabajo permitió estimar el beneficio económico resultante de la aplicación de los agentes hormonales y la generación de poblaciones monosexuales. Una de las características de la acuicultura ornamental es que la venta del producto es por unidad, es decir por organismo y no por peso como es el caso de la acuicultura comestible, aunado al atractivo de las características de los organismos. En el caso de la *C. lalia*, la alternativa de producir poblaciones monosexuales 100% de machos genera un mayor beneficio económico .

Ahora bien, si se hace una combinación del uso de agentes hormonales que ya se ha demostrado que incrementan las tasas de crecimiento y en este caso una generación de poblaciones monosexuales (100% machos) con una unidad de producción intensiva (RAS), es decir con sistemas de recirculación, se tiene la capacidad de soportar gran cantidad de organismos en espacios reducidos y permite además mantener las condiciones ambientales óptimas que los peces requieren para su desarrollo (Paaver *et al.*, 2001; Hardy, 2003). Ante este panorama podemos hacer la siguientes proyecciones con los datos obtenidos.

Un sistema de circulación (RAS) tiene una capacidad en volumen de agua de 480 L en promedio, y aproximadamente por cada litro de agua, se pueden producir aproximadamente ocho peces, entonces en



"Manejo del cultivo comercial del gourami enano *Colisa lalia*, inducido por esteroides en sistemas de producción intensiva"

el sistema se podrían manejar un promedio de 3,800 peces, considerando una sobrevivencia del 90% (Dunning, *et al.*, 1998; Losordo *et al.*, 1999; Masser *et al.*, 1999) y con una masculinización del 100%; entonces ante este escenario se podría generar un beneficio económico cercano o superior a los \$40,000.00 M.N. por lo que constituye una estupenda alternativa productiva.

Además el uso de los sistemas de recirculación disminuirá los gastos de producción y el impacto al ambiente al mantener controladas las condiciones y poder hacer uso del agua de manera más eficaz.

#### 7.5. *Parámetros físicos y químicos*

Las características físicas y químicas registradas en las unidades experimentales, se mantuvieron constantes durante todo el periodo experimental. El pH en promedio fue de  $6.42 \pm 0.13$  la temperatura del agua de  $26.9 \pm 0.58^{\circ}\text{C}$ . Estos valores se mantuvieron dentro de los valores reportados por Petrovivy (1998); Sampaio *et al.* (2004); 1988; Froese y Pauly, 2005; Hernández (2006).



## 8. CONCLUSIONES

1. Se encontró que la edad más adecuada para la aplicación de agentes hormonales es a partir de los 30 días de edad, cuando el desarrollo de las estructuras internas están desarrolladas completamente y pueden asimilar y tolerar adecuadamente el agente externo.
2. El esteroide más eficiente en la producción de *C. lalia* fue la 17  $\alpha$ -metiltestosterona a una concentración de 60 mg/kg de alimento, ya que presentó una sobrevivencia alta, una masculinización del 100% y mantuvo una mayor tasa de crecimiento.
3. Al analizar el beneficio económico se comprobó que la aplicación de agentes hormonales para producir poblaciones 100% machos, incrementa el valor total, esto quiere decir, que a mayor número de machos de *C. lalia*, mayor será la ganancia económica, y el agente hormonal que logró el mayor beneficio fue la 17  $\alpha$ -metiltestosterona.



9. LITERATURA CITADA

- Alden J. C. 1989. Osteoporosis. A review. *Clinical Therapeutics*. 11(1): 3-14.
- Al-Ablani S. 1998. Use of synthetic steroids to produce monosex populations of selected species of Sunfish (Family: Centrarchidae). Dissertation Abstracts International Part B: *Science and Engineering*, 58 (7): 33-83.
- Al-Ablani S. A. y R. P. Phelps. 2002. Paradoxes in exogenous androgen treatments of bluegill. *Journal of Applied Ichthyology*, 18 (1): 61-64.
- Arslan T. 2003. Masculinization of Bluegill *Lepomis macrochirus* by multiple androgen immersion and effect of percutaneous permeation enhancers. *Journal of the world Aquaculture Society*, 34(3): 403-411.
- Arslan T. y R. Phelps. 2004. Production of monosex male black crappie, *Pomoxis nigromaculatus*, populations by multiple androgen immersion. *Aquaculture*, 243: 561-573.
- Bogas D. L., Males J. R., Thaler R. C. y J. J. Wagner. 2002. Impact of technology on meat safety. *Extension extra*, 4: 1-2.
- Boujard T., Dugy X., Genner D., Gosset C., y Y. Grig. 1992. Description of a modular low, cost, eater meter for the study of feeding behavior and food preferences in fish. *Physiological Behavior*, 52: 1101-1106.
- Bocek A. 2004. *Acuicultura y aprovechamiento del agua para el desarrollo rural. Alimentando a sus peces*. Traducción Gálvez J. I. Red Internacional de Acuicultura de la Universidad de Auburn. International Center of Aquaculture And Aquatics Enviroments. Swingle Hall. Alabam, USA, 14 p.
- Burger J. W. 1942. Some effects of androgens on the adult male *Fundulus*. *Biological Bulletin*, 82 (2): 233-242.



- Cardona I. y L. Sanclemente. 1986. Acción del undecilenato de boldenona (equipoise) más un implante de estradiol progesterona (Ganamax-m) en la ceba de novillos cebú comercial. Tesis, Universidad Nacional sede Palmira, Brasil, 67 p.
- Chatain B., Saillant E. y S. Peruzzi. 1999. Production of monosex male populations of European seabass, *Dicentrarchus labrax* L. by use 17 $\alpha$ -methyldehydrotestosterone. *Aquaculture*, 178: 225-234.
- Clemens, P., Mc Dermitt C. y T. Inslee. 1966. The effects of feeding methyltestosterone to guppies for sixty days after birth. *Copeia*, 2: 280-284.
- Cole B. M. S., Tamaru C. S., Bailey B. A., y C. Brown. 1999. *Manual for commercial production of the gourami Trichogaster trichopterus, a temporary paired spawner*. Center for Tropical and Suptropical Acuaculture Publication, Número 135: 41 p.
- Cohen H. 1946. Effects of sex hormones on development of the platyfish, *Platypoecilus maculatus*. *Zoologica*, 31: 121-128.
- Dunning R. B., Losordo M. T. y O. A. Hobbs. 1998. The economics of recirculating tank systems: A spreadsheet for individual analysis. *Southern Regional Aquaculture Center*, 456: 1-8.
- Fitzpatrick, M. S., Pereira, C. B. y C. B. Schreck. 1993. *In vitro* steroid secretion during early development of mono-sex rainbow trout: sex differences, onset of pituitary control, and effects of dietary steroid treatment. *General and Comparative Endocrinology* 91: 199-215.
- Gale W., Fitzpatrick M., Lucero M., Contreras W. y C. Schereck. 1999. Masculization of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by immersion in androgens. *Aquaculture*, 178: 349-357.
- Goodman L. S y A. Gilman. 2003. Fármacos antineoplásicos. En: J.G. Hardman, L. E. Limbird, P. B. Molinoff, y R. W. Rudalio (Eds.). *Las bases farmacológicas de la terapéutica*. Mc Graw Hill Interamericana, México, D.F. pp. 1355-1356.
- Green B., Veverica K., y M. Fitzpatrick. 1997. Fry and fingerling production. En: Egna H. S., y C. E. Boyd (Eds.) *Dynamics of pond aquaculture*. CRC Press, Boca Raton, New York. pp. 215 – 243.



- Guerrero, R. 1975. Use of androgens for the production of all-male *Tilapia aurea* (Steindachner). *Transactions of the American Fisheries Society*, 2: 342-348.
- Hardy R. 2003. Introduction to the special issue on "ornamental fish". *Aquaculture research*, 34(11): 903-903(1).
- Hernández A. J. C. 2006. Evaluación del efecto anabólico del acetato de trembolona en el gourami *Trichogaster trichopterus* (Pallas, 1770), en un sistema de recirculación. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. México, D.F. 39 p.
- Hicks J. J. 2001. *Bioquímica*. Mc. Grow Hill, México. Cap. 34. pp. 648-686
- Hirose K., y T. Hibiya. 1968. Physiological studies on growth promoting effect of protein anabolic steroids on fish. Effects on goldfish. *Bulletin Japanese Society Science Fisheries*, 34 (6): 466-472
- Hoaglin D., Mosteller F. y J. Tukey. 1991. *Fundamentals of exploratory analysis of variance*. John Wiley and Sons Inc, New York. 527 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1998. *Cuaderno estadístico municipal. Jiutepec. Estado de Morelos. México, México*. INEGI, México, D. F. 153 p.
- Jessy D., y T. J. Varghese. 1988. Hormonal sex control in *Betta splendens* Regan and *Xiphophorus helleri* Heckel. Pages 123-124 en: M. M. Joseph, editor. *Proceedings of the First Indian Fisheries Forum*. Asian Fisheries Society. Indian Branch, Mangalore, India.
- Kavumpurath S., y T. J. Pandian. 2008. Masculinization of fighting fish, *Betta splendens* Regan, using synthetic or natural androgens. *Aquaculture Research*, 25(4): 373-381.
- Lone K. P. y A. J. Maty. 1980. The effect of feeding methyltestosterone on the growth and body composition of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *General and comparative endocrinology*, 40 (4): 409-424.
- Losordo M. T., Masser P. M. y J. Rakocy. 1999. Recalculating aquaculture tank production systems. A review of component options. *Southern Regional Aquaculture Center*, 453: 58-69.



- Manzoor A. y R Satyanarayan. 1989. Growth in carp, *Cyprinus carpio* (Linnaeus), esterilized with 17 $\alpha$ -methyltestosterone. *Aquaculture*, 76: 157-167.
- Marañón S., y E. Maya. 1999. Masculinización de *Xiphophorus helleri* (Pisces: Poeciliidae) inducida por los esteroides norgestrel y androstenediona. *Hidrobiológica*, 9 (1): 31-38.
- Marañón S. 2007. Manejo del cultivo comercial de *Xiphophorus helleri* Heckel, 1848 (Pisces: Poeciliidae) a través de la producción de poblaciones monosexo por el uso de esteroides. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 125 p.
- Márquez, A., 1999. Inducción sexual en peces *Xiphophorus helleri* (Poeciliidae) a través de la administración de la 17 $\alpha$ -Metiltestosterona y de Dietiletilbestrol, en el alimento. Tesis de Maestría (Ciencias Biológicas de la Reproducción), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 65 p.
- Martínez D., Marañón S. y A. Cárdenas. 2004. Análisis retrospectivo de la piscicultura de ornato en el estado de Morelos. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 5(8): 69-75.
- Masser P. M., Rakocy J. y M. T. Losordo. 1999. Recirculating aquaculture tank production systems. Management of recirculation systems. *Southern Regional Aquaculture Center*, 452: 58-69.
- Medina G. M. 1976. El factor de condición múltiple (KM) y su importancia en el manejo de poblaciones de Carpa de Israel (*Cyprinus carpio*) I. Hembras en estado de madurez V. (Niklosky, 1967). *Revista Latinoamericana de Acuicultura*, 2: 42-46.
- Mc Van R. B. 1995. *Referencias farmacéuticas*. Ed. El Manual Moderno, S. A. de C. V. México, D.F. pp. 1476-1477.
- Mommsen T. P. y T. W. Moon. 2001. Hormonal regulation of muscle growth. En: I. A. Johnston (Ed.). *Muscle Development and Growth, Vol. 18 Fish Physiology*. Academic Press, San Diego, USA, pp. 251-308.
- Montgomery D. C. 1984. *Design and analysis of experiments*. 2<sup>da</sup> Edición, Jhon While y Sons, Inc. New York, EEUU, 538 p.



- Nakamura M., Bhandari R. K. y M. Higa. 2003. The role estrogens play in sex differentiation and sex changes of fish. *Fish Physiology and Biochemistry*, 28: 113–117.
- Norma Oficial Mexicana (NOM. 1999). Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio (NOM-062-ZOO-1999).Diario Oficial de la Federación 22 Agosto 2001.
- Orizaga S. J. 1987. *Guía profesional de medicamentos. Manual de consulta para médicos, odontólogos, farmacéuticos y quienes prescriben, administran o toman medicamentos*. Ed. El Manual Moderno, S. A. de C. V. México, D.F.. pp. 480-490.
- Paaver T., Tohver T. y M. Kanpur. 2001. History of aquaculture research in Estonia. *Proceedings of the Estonian Academy of Science Biology and Ecology*, 50(3): 211-221.
- Pandian T. y S. Sheela. 1995. Hormonal induction of sex reversal in fish. *Aquaculture* 138: 1-22.
- Pardo M. J. 2001. Tamoxifeno y Cáncer de Mama. *Revista del Hospital Clínico de la Universidad de Chile*, 12: 204-207.
- Park In-Seok, Kim Jung-Hey, Cho S. H. y D.S. Kim. 2004. Sex differentiation and hormonal sex reversal in the bagrid catfish *Pseudobagrus fulvidraco* (Richardson). *Aquaculture*, 232: 183-193.
- Petrovivy I. 1988. *Aquarium fish of the world*. Caxton Editions. Praga, Republica Checa, 303 p.
- Picciolo A. R. 1964. Sexual and nest discrimination in anabantid fishes of genera *Colisa* and *Trichogaster*. *Ecological monographs*, 34 (1): 57-77.
- Pickford G. E. 1954. The response of hypophysectomized male killifish to purified fish growth hormone, as compared with the response to purified beef growth hormone. *Endocrinology*, 55: 274-287.
- Ricker W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Department of the Environment Fisheries and Marine Services. *Bulletin Fisheries Research Board of Canada*, 191: 203-204.



- Rodríguez G. M., y H. S. Marañón. 1993. Relación del factor de condición múltiple con la reproducción de machos de *Cyprinus Carpio*. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. UNAM, 20(1): 105-113.
- Salvador A., Moya-Albiol L., Martínez-Sanchis S. y V. M. Simon. 1999. Lack of effects of anabolic-androgenic steroids on locomotor activity in intact male mice. *Percet Mot Skills*, 88(1): 319-328.
- Sampaio Z. J. A., Assano M. y F. J. B. Kochenborger. 2004. Desempenho de *Trichogaster (Trichogaster trichopterus)* submetido a diferentes níveis de Arraçamento e densidades de estocagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 6 (3): 1639-1645.
- Sánchez C. N. 2004. Reversión de *Poecilia velifera* Regan, 1914 (Pisces: Poeciliidae) inducida por cinco agentes masculinizantes. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. México, 51 p.
- Scheffler W. 1981. *Bioestadística*. Fondo Educativo Interamericano. E.E.U.U país 267 p.
- Takahashi H. 1975. Masculinization of the gonad of juvenile guppy, *Poecilia reticulata*, induced by 11-Ketotestosterona. *Bulletin of the Faculty of fisheries, Hokkaido University*, 26(1): 11-22.
- Tveiten H., Mayer I., Johnsen H. K., y Jolbling M. 1998. Sex steroids, growth and condition of Arctic charr broodstock during an annual cycle. *Journal of Fish Biology*, 53: 714-727.
- Timón A. R. 2002. Variación del perfil esteroideo con diferentes tipos de ejercicio y actividad física. Tesis Doctoral, Universidad de Extremadura, España, 159 p.
- Weatherley A. H. y H. S. Gill. 1987. Influence of bovine growth hormone on the growth dynamics of mosaic muscle in relation to somatic growth of rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal Fish Biology*, 20: 162-165.
- Wijesekara R. y A. Yakupityage. 2001. Ornamental fish industry in Sri Lanka: present status and future trines. *Aquarium Sciences and Conservation*, 3: 329-354.



Wilson P. N. y T. D. Brigstocke. 1987. *Avances en la alimentación de vacuno y ovino*. Edit. Acribia, S. A. España. 250 pp.

Wilson J. D. 1988. Androgen abuse by athletes. *Endocrine Reviews*: 9 2-5.

Xu X., Pergola G. y P. Björntorp. 1990. The effects of androgen on the regulation of lipolysis in adipose cells. *Endocrinology*, 126: 1229-1234.

Yamazaki F. 1983. Sex control and manipulation in fish. *Aquaculture*, 33: 329-354.

Yesalis C. E. y M. Bahrke. 2005. Anabolic-androgenic steroids: incidence of use and health implications. *President's council on physical fitness and sports. Research digest*, 5 (5): 1-8.

Zar H. J. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4<sup>th</sup> Edición, Prentice Hall. New Jersey, EE. UU. 663 p.

#### Citas electrónicas

Froese R. y D. Pauly (Eds). 2005. FishBase. World Wide Web. Electronic publication. Última actualización mayo-enero 2006, consultada en Junio del 2008; en:

<http://fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.cfm?ID=4675&genusname=Colisa&specienname=lalia>



"Manejo del cultivo comercial del gourami enano *Colisa lalia*, inducido por esteroides en sistemas de producción intensiva"