

EFECTO DE METILTESTOSTERONA EN LA DIETA SOBRE
LA INVERSION DEL SEXO Y EL CRECIMIENTO
de Oreochromis Niloticus

POR

Adrián Elías Velasco Falconí

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para los usos que considere necesarios. Para otras personas y otros fines, se reservan los derechos del autor.

LIBRERIA: 4389
FECHA: 29/5/92
EMISOR: JCV

ADRIAN ELIAS VELASCO FALCONI

Abril, 1991

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado fuerzas para salir adelante.

A mis padres Elías y Virginia por todo el cariño y el apoyo brindado.

A mis hermanos Javier, Viviana y Fabiola.

A mi abuela Galud.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por haber creído en mí.

A mi consejero principal Dr. Daniel Meyer, por el apoyo y guía para realizar este trabajo, y por haberme dado la oportunidad de trabajar en el proyecto.

A mis consejeros secundarios Dr. Isidro Matamoros y Dr. Leonardo Corral por la ayuda brindada.

A Carlos Aceituno por la ayuda brindada.

A la Fundación Wilson Popenoe por el financiamiento parcial de mis estudios.

A Cesar Terán, Jorge Intriago, Manuel Zúñiga, Jorge Baracatt, Oscar Vergara, Diego Vizcaino y Oscar Lema por su amistad.

A todos los compañeros de cuarto año por los buenos y malos momentos compartidos durante este tiempo.

A las familias Hernández, Torres y Moreno por su amistad.

INDICE GENERAL

	PAGINA
I. INTRODUCCION.....	1
1. Objetivos.....	2
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
1. Tilapia.....	3
1.1. Reproducción.....	3
1.2. Policultivo con especies predatoras....	4
1.3. Poblaciones Monosexuales.....	5
1.3.1. Separación visual de los machos.	5
1.3.2. Hibridización.....	6
1.4. Inversión Hormonal del Sexo.....	6
1.4.1. Factores que afectan la.....	
efectividad del tratamiento con	
hormonas en la inversión del....	
sexo y en el crecimiento.....	
de <u>Oreochromis niloticus</u>	8
1.4.1.1. Tamaño y edad de los...	
alevines a seleccionar.	8
1.4.1.2. Concentración de.....	
hormona en la dieta....	9
1.4.1.3. Duración del tratamiento	9
1.4.1.4. Densidad.....	9
1.4.1.5. Temperatura.....	10
1.4.2. Efectos residuales de los	
andrógenos en el crecimiento de	
<u>Oreochromis niloticus</u>	10
III. MATERIALES Y METODOS.....	12
1. Ubicación del Experimento.....	12
2. Especie en estudio.....	12
3. Metodología.....	12
3.1. Siembra de alevines.....	12
3.2. Preparación del alimento.....	12
3.3. Inversión del sexo.....	13
3.4. Crecimiento.....	13
3.5. Parámetros de calidad del agua.....	14
3.6. Análisis Estadístico.....	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	18
1. Inversión del sexo.....	18
2. Crecimiento.....	20
2.1. Fase I (Inversión del sexo).....	20
2.2. Fase II (Crecimiento).....	22
2.3. Fase III (Período residual).....	26

V.	CONCLUSIONES.....	31
VI.	RECOMENDACIONES.....	32
VII.	RESUMEN.....	33
VIII.	BIBLIOGRAFIA.....	35
IX.	ANEXOS.....	38

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	PAGINA
Cuadro 1. Porcentaje de machos y hembras obtenidas..... con diferentes dosis de 17-alfa-..... metiltestosterona en la dieta de <u>Oreochromis</u> .. <u>niloticus</u> cultivado en hapas durante 90 días..	19
Cuadro 2. Peso promedio, longitud promedio y..... supervivencia de <u>Oreochromis niloticus</u> tratado dos concentraciones de 17-alfa-..... metiltestosterona durante 30 días.....	21
Cuadro 3. Peso promedio, longitud promedio y..... supervivencia a 60 días de <u>Oreochromis</u> <u>niloticus</u> tratado oralmente con 17-alfa-..... metiltestosterona.....	23
Cuadro 4. Peso promedio final y supervivencia a 90 días de <u>Oreochromis niloticus</u> tratado oralmente.... con diferentes concentraciones de 17-alfa-.... metiltestosterona.....	27
Cuadro 5. Longitud promedio final a 90 días de..... <u>Oreochromis niloticus</u> tratado oralmente con... diferentes concentraciones de 17-alfa-..... metiltestosterona.....	28

Figura 1. Diagrama esquemático de los tratamientos y sus designaciones para evaluar el efecto de las... diferentes concentraciones de metiltestosterona en la inversión del sexo y en el crecimiento.. de Oreochromis niloticus..... 15

Figura 2. Temperaturas promedio mensuales (°C) máximas y mínimas observadas en la EAP durante el..... ensayo..... 25

Figura 3. Concentraciones de Oxígeno disuelto en el agua (ppm) observadas en la EAP durante el ensayo.. 30

INDICE DE ANEXOS

	PAGINA
Anexo 1. Análisis de varianza de una vía para el peso... promedio de <u>Oreochromis niloticus</u> al término... la fase I.....	39
Anexo 2. Análisis de varianza de una vía para la..... longitud promedio de <u>Oreochromis niloticus</u> al.. final de la fase I.....	40
Anexo 3. Análisis de varianza de una vía para el peso.... promedio de tilapia al final de la fase II.....	41
Anexo 4. Análisis de varianza de una vía para longitud.. promedio de <u>Oreochromis niloticus</u> al final de... la fase II.....	42
Anexo 5. Análisis de varianza de una vía con un..... factorial 2 X 3 para la interacción entre fase I y fase II en el en peso de <u>Oreochromis</u> <u>niloticus</u>	43
Anexo 6. Análisis de varianza de una vía con un factorial 2 X 3 para la interacción entre fase I y fase.. II en la longitud de <u>Oreochromis niloticus</u>	44
Anexo 7. Análisis de varianza de una vía para el peso... promedio de <u>Oreochromis niloticus</u> al final de.. la fase III.....	45
Anexo 8. Análisis de varianza de una vía para la..... longitud promedio de <u>Oreochromis niloticus</u> al.. final de la fase III.....	46

I. INTRODUCCION

Las tilapias son una importante fuente de proteína animal en muchos de los países en vías de desarrollo, por lo que están ampliamente distribuidas en varias regiones de los trópicos y subtrópicos. Esto se debe a las muchas cualidades que poseen estos peces, tales como: buenas tasas de crecimiento, tolerancia a amplios rangos de condiciones ambientales, resistencia a enfermedades, facilidad de reproducirse en cautiverio, y una amplia aceptación en el mercado por la buena calidad de su carne.

La mayor limitante en el cultivo de tilapias es la excesiva capacidad que tienen para reproducirse en los estanques de engorde. Esto conduce a una sobrepoblación del cultivo y a una mayor competencia entre los peces, lo cual retarda su crecimiento. Como consecuencia, disminuye el ingreso por unidad de área al obtenerse peces de cosecha de poco tamaño y de bajo valor en el mercado.

Se han empleado varias estrategias de manejo para evitar o reducir esta reproducción no deseada. Dos de las más comunmente usadas son: policultivo con especies piscívoras y el cultivo de poblaciones monosexuales. La primera no evita la reproducción pero sí reduce su efecto negativo en el crecimiento de los peces. La segunda se logra a través de la separación visual de machos y hembras, producción de híbridos machos, o inversión del sexo cuando se administran andrógenos en el alimento para producir poblaciones 100% machos. El uso

de hormonas ha dado los mejores resultados hasta la fecha.

Los andrógenos, además de producir la inversión del sexo, parecen tener un efecto anabólico positivo en el crecimiento de los peces, cuya duración probablemente va más allá del período de administración de la hormona. Esto trae ventajas obvias en la producción de tilapia.

1. OBJETIVO

El objetivo de este estudio fue observar el crecimiento de los peces y analizar la proporción de los sexos de Oreochromia niloticus tratado con 17-alfa-metiltestosterona. Tanto la dosis como la duración del tratamiento fueron variadas en el experimento.

II. REVISION DE LITERATURA

1. Tilapia

Oreochromis niloticus (Linneaus) es miembro de la familia Cichlidae, y es originaria de Uganda, Africa. El rango óptimo de temperaturas para su desarrollo está entre los 20-30°C. Pueden soportar temperaturas de hasta 12-13°C. Temperaturas más bajas son letales para estos peces (Meyer, 1989).

La especie se alimenta principalmente de fitoplancton, ya sea de la superficie o del fondo del estanque, siendo las diatomeas su más importante componente. Los alevines de O. niloticus se alimentan de detritus macrofítico, zooplancton, larvas de insectos y acáros acuáticos (Hepher y Pruginin, 1985).

1.1. Reproducción.

O. niloticus alcanza la madurez sexual a una edad de 5-6 meses, independientemente de su talla. La temperatura juega un papel importante en la reproducción. En regiones donde la temperatura es muy baja en ciertas épocas del año, la reproducción está limitada a las estaciones más calientes. En el trópico, donde la temperatura es constantemente cálida, la reproducción ocurre a lo largo de todo el año (Huet, 1972).

El proceso de la reproducción empieza cuando los machos ocupan un territorio. Cada macho cava un nido en forma de

cráter y cuida su territorio. La hembra sexualmente madura, desova en el nido. Después de la fecundación de los huevos por el macho, ella los colecta en su boca y se aleja de él. Posteriormente, ella incuba los huevos en su cavidad bucal por dos semanas y allí cría a los alevines después de la eclosión (Hepher y Pruginin, 1985).

La facilidad para reproducirse a edades tempranas constituye una de las mayores limitantes en el cultivo comercial de tilapia, lo cual resulta en una sobrepoblación de los estanques. Por lo tanto, se obtienen peces de cosecha de poco valor debido a su reducido tamaño (Lovshin y Da Silva, 1975).

Se han desarrollado muchas estrategias para evitar la reproducción no deseada que conduce a una sobrepoblación de los estanques durante la fase de crecimiento de *O. niloticus* (Hepher y Pruginin, 1985). Dos de las estrategias más comúnmente usadas son: el policultivo con especies piscícolas y el cultivo de poblaciones monosexuales (Guerrero, 1982).

1.2. Policultivo con especies predatoras.

El policultivo de especies piscícolas con tilapia no previene la reproducción pero sí reduce el efecto negativo de ésta en el crecimiento de los peces. El incremento en el número de peces de un aceptable tamaño comercial es a menudo significativo con este procedimiento (Bowman, 1974).

Dunseth y Bayne (1978) llevaron a cabo un estudio para

evaluar el control de la reproducción de O. niloticus, al sembrarla en policultivo con el guapote tigre (Cichlasoma managuense). Encontraron que el guapote tigre fue capaz de controlar la reproducción de tilapia. Obtuvieron rendimientos más altos de peces comerciales, mayores ganancias de peso y una mejor conversión alimenticia que en estanques donde no hubo control de la población. Sin embargo, es difícil mantener un balance entre las poblaciones de peces presa-depredador.

1.3. Poblaciones Monosexuales

Una alternativa bastante viable para evitar la reproducción y con ello una sobrepoblación en los estanques de cultivo de O. niloticus es el uso de poblaciones monosexuales. Los machos de tilapia presentan un mayor crecimiento que las hembras y alcanzan el tamaño comercial en menos tiempo por lo que solo se usan cultivos de machos (Pruginin y colaboradores, 1975).

Hay tres técnicas para obtener poblaciones mayormente de machos (Hanson, 1983). Estas son : separación visual de los machos, hibridación interespecífica, e inversión hormonal del sexo.

1.3.1. Separación visual de los machos.

Los sexos se diferencian al examinar la papila urogenital de los peces. La hembra presenta dos orificios y el macho solo uno. En peces con más de 50 g es fácil determinar el sexo

visualmente (Vaas, 1952 citado por Pullin y Lowe, 1982).

Las principales desventajas de la separación de los sexos son las siguientes (Pullin y Lowe, 1982):

- Se requieren de mejores instalaciones físicas en la finca.
- Hay error humano en el sexaje.
- Hay que buscar utilidad para las hembras.
- Es un trabajo extra y toma mucho tiempo.

Huet, (1972) lo recomienda solo para piscicultores experimentados, con la ayuda de personal calificado.

1.3.2. Hibridización.

Es posible cruzar diferentes especies de tilapia y obtener peces híbridos. En algunos cruces los híbridos son todos del mismo sexo (Chen 1967; Huet 1972; Hickling 1980).

El cruce entre Q. niloticus y Tilapia hornorum resulta en poblaciones que son 100% machos y los peces presentan vigor híbrido (Pruginin, 1967). Este vigor no siempre es detectado cuando los híbridos son comparados con los machos de las especies progenitoras. Los híbridos son menos resistentes a niveles bajos de oxígeno disuelto en el agua, y que por ser más nerviosos son más difíciles de manejar. En cultivos intensivos es preferible usar machos de Q. niloticus (Meyer, 1990).

1.4. Inversión hormonal del sexo

Yamamoto (1953; citado por Tayamen y Shelton, 1978) logró

la inversión del sexo en O. niloticus al administrar hormonas sexuales durante el periodo de diferenciación de las gónadas. Con este procedimiento se puede eliminar la reproducción no deseada y obtener altos rendimientos de peces de buen tamaño comercial.

El sexo del pez es determinado en el momento de la fecundación. Sin embargo, las gónadas se desarrollan después de la eclosión del huevo. La diferenciación de las gónadas empieza cuando el alevín ya ha absorbido el saco vitelino y se alimenta por la boca. Si en este momento se inicia la administración de andrógenos, se modifica el desarrollo de las gónadas convirtiendo peces genotípicamente hembras en machos fenotípicos y viceversa (Meyer, 1989).

La eficacia de un andrógeno está afectada por el modo de administración y por el tipo, ya sea este natural o sintético (White et al., 1973; citado por Tayamen y Shelton, 1981). Los andrógenos sintéticos tales como la ethynyltestosterona y la metiltestosterona (MT) son más efectivos cuando se administran oralmente junto con el alimento. Los andrógenos naturales tales como la testosterona, androsterona y androstenedione son más eficaces cuando se los inyecta intraperitonealmente (Shelton, 1978).

Anderson y Smith (1978), citados por Yoon Jo y Smitherman, (1988) encontraron que machos normales de O. niloticus crecieron más rápido que los machos invertidos de la misma especie. Atribuyen estos resultados a la competencia

de la progenie de los peces tratados, en los cuales el tratamiento hormonal no fue completamente efectivo ya que se obtuvo un reducido porcentaje de hembras.

Además de convertir hembras en machos, ciertos andrógenos tienen efectos anabólicos (Shelton y colaboradores, 1978). Estos tienen un efecto en la retención de nitrógeno e inducen un mayor desarrollo muscular. Los andrógenos estimulan un mejor apetito y comportamiento alimenticio, al aumentar la tasa de digestión y absorción del alimento, lo que a su vez produce una aceleración en el crecimiento (Yamazaki, 1976).

1.4.1. Factores que afectan la efectividad del tratamiento con hormonas en la inversión de sexo y en el crecimiento de Oreochromis niloticus.

Brett, (1979) señala que experimentos realizados anteriormente demuestran que varios factores, tanto bióticos como abióticos influyen decisivamente la respuesta de los peces a los andrógenos artificiales.

1.4.1.1. Tamaño y edad de los alevines a seleccionar.

Los alevines que vayan a ser seleccionados para el tratamiento hormonal no deben medir más de 12mm de longitud (Guerrero 1975; Shelton y colaboradores, 1978). En esta etapa de desarrollo las tilapias aún no se han diferenciado sexualmente.

1.4.1.2. Concentración de hormona en la dieta.

Jo y colaboradores (1988) evaluaron el efecto de cuatro concentraciones de metiltestosterona (0, 1, 10 y 60 ppm MT) en la dieta sobre la inversión de sexo y el crecimiento de O. aureus. Encontraron que dosis de 10 y 60 ppm MT administradas durante 30 días produjeron 99 y 100% de machos respectivamente. Los peces tratados con 1, 10 y 60 ppm MT tuvieron un crecimiento significativamente mayor ($P < 0.05$) que peces no tratados.

1.4.1.3. Duración del tratamiento.

Shelton y colaboradores (1981) evaluaron el efecto de la duración del tratamiento hormonal en la inversión de sexo en O. aureus. Ellos sugieren que los tratamientos no sean menor de 21 días para obtener poblaciones 100% machos.

La duración del tratamiento, y su efecto en la inversión del sexo, está directamente influenciado por la dosis de hormona que se use. Treinta y 60 ppm MT producen un mayor porcentaje de peces machos que 10 ppm MT (Tayamen y Shelton, 1978).

1.4.1.4. Densidad

Shelton y colaboradores (1981) encontraron que el crecimiento fue significativamente mayor ($P < 0.05$) a una densidad de 160 peces/m² que usando densidades arriba de 2000 peces/m². La efectividad del tratamiento en la inversión del

sexo no fue afectada por la densidad.

1.4.1.5. Temperatura.

Shelton y colaboradores (1981) evaluaron el efecto de la temperatura en el crecimiento e inversión del sexo en Q. niloticus. Encontraron que la longitud promedio de los alevines fue significativamente mayor ($P < 0.05$) a 30°C que a 21°C para tratamientos de igual duración. La temperatura tuvo poco efecto en la eficiencia del tratamiento sobre la inversión del sexo.

1.4.2. Efectos Residuales de los andrógenos en el crecimiento de Oreochromis niloticus.

Los niveles de andrógenos exógenos en los peces bajan rápidamente después que las hormonas se remueven del alimento. Después de tres semanas, los peces retienen apenas un 3% de los niveles originales (Jo, 1988). Muhaya (1985) detectó que las hormonas tienen un efecto residual. Encontró que peces de Q. niloticus invertidos con MT crecieron más rápido que peces no tratados después de catorce meses que la hormona se había retirado de la dieta.

Meyer (1990) trató peces de Q. niloticus con MT y encontró que los peces tratados tuvieron un crecimiento significativamente mayor que los no tratados durante los primeros cuatro meses del experimento. No encontró diferencia significativa entre peces tratados y no tratados durante los

dos últimos meses del experimento. Jo (1988) no encontró efecto residual de la metiltestosterona en el segundo año de crecimiento de Q. aureus, un año después que la hormona se retiró del alimento.

III. MATERIALES Y METODOS

1. Ubicación del Experimento.

El presente ensayo se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), ubicada en el Valle del Zamorano, Departamento de Francisco Morazán, Honduras.

2. Especie en estudio

La especie que fue objeto de estudio es la tilapia del nilo (Oreochromis niloticus).

3. Metodología

3.1. Siembra de alevines

En un estanque de cemento de 2m de ancho x 8m de longitud y 0.9m de profundidad promedio se suspendieron 36 canastas de fibra de vidrio (hapas) de 60cm de longitud x 30cm de ancho y 37cm de profundidad. El 8 de Octubre se sembraron 25 alevines en cada hapa.

3.2. Preparación del alimento.

Durante todo el ensayo se utilizó un alimento para peces de 40% de proteína cruda (PC) producido en la EAP. El alimento fue finamente molido y pasado a través de una malla de 1mm de grosor para evitar la presencia de partículas muy grandes que

no pudieran ser ingeridas por los peces. Posteriormente el alimento se secó en un horno para extraerle la humedad.

El alimento con hormona se preparó siguiendo el procedimiento presentado por Shelton y colaboradores (1978). Se disolvió la dosis a usar (1, 10 o 60 mg) de 17-alfa-metiltestosterona (MT), en 500cc de alcohol etílico al 95%. La solución hormona-alcohol se mezcló con 1 kg de alimento, y se dejó secar en bandejas plásticas por un lapso de 12 horas. El alimento control se preparó de la misma manera con la diferencia que no se usó hormona. Durante todo el experimento los peces se alimentaron cuatro veces por día.

3.3. Inversión del Sexo.

Los tratamientos control (0ppm MT) y con hormona (60ppm MT) fueron asignados en un Diseño Completamente al Azar, con 18 repeticiones por tratamiento. En esta fase se usó un nivel alimenticio del 30%.

Después de 30 días, se cosecharon los peces de cada hapa. Los peces fueron contados y pesados en grupo. Se midió además la longitud individual de cada uno. Para facilitar la medición de la longitud, los peces fueron sumergidos en una solución de agua con anestésico (200 ppm de MS-222).

3.4. Crecimiento.

El 9 de Noviembre de 1990, los peces de cada tratamiento se relocalizaron al azar en las hapas dentro del mismo tanque.

La densidad de siembra se redujo de 25 a 15 peces por hapa.

El grupo de peces que recibió el tratamiento control en la fase I se dividió en tres subgrupos para la siguiente fase, la cual tuvo una duración de 60 días. Cada subgrupo recibió el tratamiento 0, 1 y 10 ppm de MT respectivamente (Figura 1).

El grupo de peces que recibió el tratamiento 60 ppm de hormona en la fase I se dividió también en tres subgrupos para la fase II. Cada subgrupo recibió una dosis de 0, 1 y 10 ppm de MT respectivamente. Durante esta fase se usó un nivel alimenticio de 15%.

La tercera fase del experimento tuvo una duración de 30 días y todos los peces recibieron el alimento sin hormona, empleándose un nivel alimenticio de 10%. El último día de las fases II y III todos los peces de cada hapa fueron muestreados. Se calculó la mortalidad y el crecimiento alcanzado tanto en peso como en longitud.

Al finalizar el experimento (120 días), se escogió una muestra de 20 peces por tratamiento. Estos fueron disectados y observados bajo microscopio para determinar el sexo y estimar así el porcentaje de machos y hembras en cada población. Además, se midió el peso y longitud individual.

3.5. Parámetros de calidad del agua.

Se tomaron dos lecturas diarias (7:00Am y 5:00Pm) de los niveles de oxígeno disuelto y la temperatura del agua. Para tal efecto se usó un metro polarimétrico YSI modelo 57.

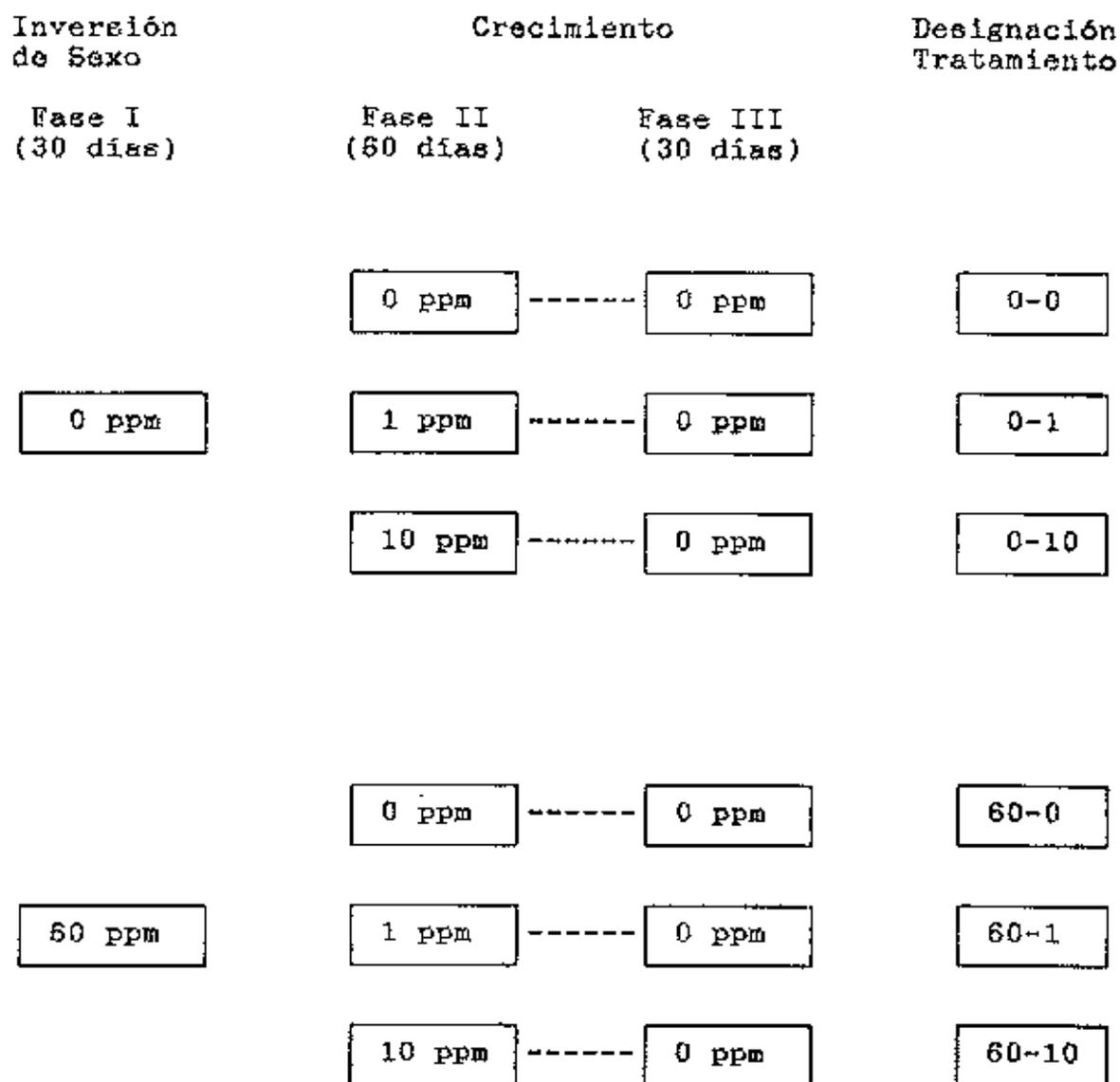


Figura 1. Diagrama esquemático de los tratamientos y sus designaciones para evaluar el efecto de las diferentes concentraciones de 17alfa-metil testosterona en la inversión del sexo y en el crecimiento de Oreochromis niloticus.

3.6. Análisis Estadístico.

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar en las tres fases que comprendió el ensayo.

Fase I.

En esta fase se emplearon dos tratamientos, con 18 réplicas por tratamiento, para un total de 36 unidades experimentales.

El esquema del Análisis de Varianza usado para evaluar el crecimiento de los peces fue el siguiente:

<u>FV</u>	<u>GL</u>
Tratamientos	1
Error	34
Total	35

Fase II.

En esta etapa se emplearon 6 tratamientos, y 6 repeticiones por tratamiento para un total de 36 unidades experimentales.

El esquema del Análisis de Varianza fue el siguiente:

<u>FV</u>	<u>GL</u>
Tratamientos	5
Error	30
Total	35

Fase III.

Esta última etapa solo tuvo un tratamiento y un total de 36 repeticiones. La duración de esta fase fue de 30 días.

Para establecer diferencias entre las medias de los diferentes tratamientos se usó la Prueba de Rango Múltiple de Duncan. Se hizo un análisis factorial de 2×3 para evaluar si el tratamiento con hormona de la fase 1 (60 ppm MT) tuvo algún efecto en el crecimiento de los peces durante la fase 2. La proporción de los sexos se evaluó mediante la prueba de Chi-Cuadrado. Todos los datos obtenidos durante el experimento se analizaron con el programa estadístico MSTAT.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

1. Inversión del Sexo

El porcentaje de machos y hembras que se obtuvo en cada tratamiento se presenta en el Cuadro 1. *O. niloticus* tiene el sistema de determinación del sexo XY, por lo que se espera que tanto machos como hembras sean producidos en números iguales (Guerrero, 1975). La proporción de sexo observada en los peces no tratados durante la fase I (0-0, 0-1 y 0-10) fue estadísticamente diferente de 1:1 ($X^2 = 24.01$, $df= 1$, $P < 0.005$ y $X^2 = 34.81$, $df= 1$, $P < 0.005$ respectivamente).

Los resultados observados en este ensayo son diferentes a los obtenidos por Meyer (1990) que encontró una proporción macho-hembra de 1:1 en peces no tratados durante el periodo de inversión de sexo. Es posible que en este experimento el alimento sin hormona se haya contaminado con alimento con hormona, al pasar este último a través de las hapas donde estaban los peces no tratados.

Los tratamientos 60-0 y 60-1 produjeron poblaciones con 95% de machos, y el tratamiento 60-10 una población 100% machos. Estos resultados son similares a los obtenidos por Shelton y colaboradores, (1981); Hanson y colaboradores, (1983) quienes encontraron que tratamientos con 60 ppm MT durante un periodo de 30 días son efectivos para establecer poblaciones monosexuales de tilapia.

Cuadro 1. Porcentajes de machos y hembras obtenidos con diferentes dosis de 17-alfa-metiltestosterona en la dieta de Oreochromis niloticus cultivada en hapas durante 90 días.

Tratamientos (ppm MT)	Machos (%)	Hembras (%)
0 - 0*	75.0	25.0
0 - 1**	80.0	20.0
0 - 10**	80.0	20.0
60 - 0	95.0	5.0
60 - 1	95.0	5.0
60 - 10	100.0	0.0

P < 0.01

* $\chi^2 = 24.01$, $df = 1$, $P < 0.005$

** $\chi^2 = 34.81$, $df = 1$, $P < 0.005$

2. Crecimiento

El crecimiento de los peces, medido en base al peso y longitud promedios, se determinó al final de cada una de las fases del ensayo.

2.1. Fase I (Inversión de Sexo)

El peso promedio y longitud promedio alcanzados por los peces de O. niloticus al final de esta fase se muestran en el Cuadro 2. No se encontró diferencia ($P = 0.265$) para estos parámetros al comparar el tratamiento control (0 ppm MT) con el tratamiento 60 ppm MT (Anexos 1 y 2). El porcentaje de supervivencia fue similar en ambos grupos.

Los resultados obtenidos en este experimento difieren con aquellos encontrados por otros investigadores. Macintosh y colaboradores (1985) encontraron que alevines tratados con 60 ppm MT tuvieron un crecimiento mayor que peces no tratados. Jo (1988) obtuvo resultados similares en peces tratados con 60 y 10 ppm MT durante el período de inversión del sexo.

Los machos tienen un mayor crecimiento que las hembras (Anderson y Smith, 1978). El alto porcentaje de machos obtenidos en los tratamientos que no recibieron hormona durante esta fase influyó en que no se haya encontrado diferencia entre peces tratados y peces no tratados.

El peso y longitud promedios alcanzados por los peces en ambos tratamientos al final de esta fase son inferiores a los

Cuadro 2. Peso promedio, longitud promedio y supervivencia de Oreochromis niloticus tratado con dos concentraciones de metiltestosterona durante 30 días. Las medias de los pesos y longitudes seguidas de las mismas letras no fueron significativamente diferentes ($P = 0.265$).

MT (ppm)	Peso (g)	Longitud (mm)	Supervivencia (%)
0	0.44A	26.5A	93.5
60	0.40A	26.0A	94.4
EE ¹	0.02	0.05	
CV ²	23.43	7.55	

1 = Error estandar.

2 = Coeficiente de Variación en %.

que observó Meyer (1990) en peces sembrados a una misma densidad. La diferencia en crecimiento se puede explicar por las temperaturas promedio del agua, que en aquel caso fueron 3-4°C superiores a las observadas en el presente ensayo.

2.2. Fase II (Crecimiento)

Los peces de los tratamientos que recibieron 10 ppm MT tuvieron un mayor aumento en peso que los peces de los otros tratamientos durante la fase II (Cuadro 3). Ambos grupos resultaron diferentes ($P = 0.0853$) de los tratamientos que no recibieron hormona durante esta fase (Anexo 3). Esto nos muestra la tendencia anabólica de la hormona en el crecimiento de los peces.

El crecimiento de los peces que recibieron los tratamientos de 1 ppm MT durante esta fase no fue diferente de los peces que no recibieron hormona ($P = 0.0853$). Según los resultados presentados aquí, 1 ppm MT no fue suficiente para producir un efecto anabólico en el aumento de peso de los peces. Estos resultados difieren con los observados por otros investigadores. Q. aureus tratado con 1 ppm MT tuvo un incremento en peso mayor ($P < 0.05$) que peces no tratados (Jo, 1988).

Los peces tratados con 10 ppm MT alcanzaron longitudes mayores ($P = 0.0393$) que los peces tratados con 0 ppm. Los tratamientos que consistieron de 1 ppm MT no fueron estadísticamente diferentes de los tratamientos con 0 ppm.

Cuadro 3. Peso promedio, longitud promedio y supervivencia a 60 días de Oreochromis niloticus tratado oralmente con 17-alfa-metiltestosterona. Las medias de los pesos y longitudes seguidas de las mismas letras no fueron significativamente diferentes ($P = 0.0853$ y 0.0393).

Tratamientos (ppm MT)	Peso (g)	Longitud (cm)	Supervivencia (%)
0 - 0	4.50 C	5.84 B	96.0
0 - 1	4.68 BC	6.10AB	97.8
0 - 10	5.27AB	6.22AB	95.6
60 - 0	4.43 C	6.00AB	97.8
60 - 1	4.69 BC	6.00AB	94.7
60 - 10	5.35A	6.37A	93.3
EE ¹	0.25	0.11	
CV ²	12.86	4.35	

1 = Error Estandar.

2 = Coeficiente de Variación en %.

No se encontró interacción entre las fases I y II en el crecimiento de los peces (Anexos 5 y 6). La concentración de hormona usada durante la fase I (60 ppm MT) no influyó en los resultados obtenidos en la fase II, los cuales se debieron a las dosis usadas en esta fase:

El crecimiento de los peces de los diferentes tratamientos, alcanzado al final de esta fase, es inferior que el observado en peces de edad similar en estudios realizados por otros investigadores. Shelton y colaboradores (1981) obtuvieron pesos y longitudes promedios entre 68 y 84 g, y 14-15 cm respectivamente, al final de un experimento de 90 días de duración con O. niloticus tratado con diferentes dosis de MT. La densidad usada durante los últimos dos meses estuvo entre 3-7 peces/m³, la cual es muy inferior a los 360 peces/m³ que se sembraron durante esta fase en el presente experimento. Este podría ser un factor que influyó negativamente en el crecimiento de los peces.

Las tilapias son peces adaptados a temperaturas tropicales (Fruginin, 1975 y Guerrero, 1975). La temperatura promedio del agua en la mañana y en la tarde durante esta fase estuvo entre los 22 y 24 °C respectivamente (Figura 2). Las bajas temperaturas del agua registradas probablemente limitaban el crecimiento de los peces durante esta fase del experimento.

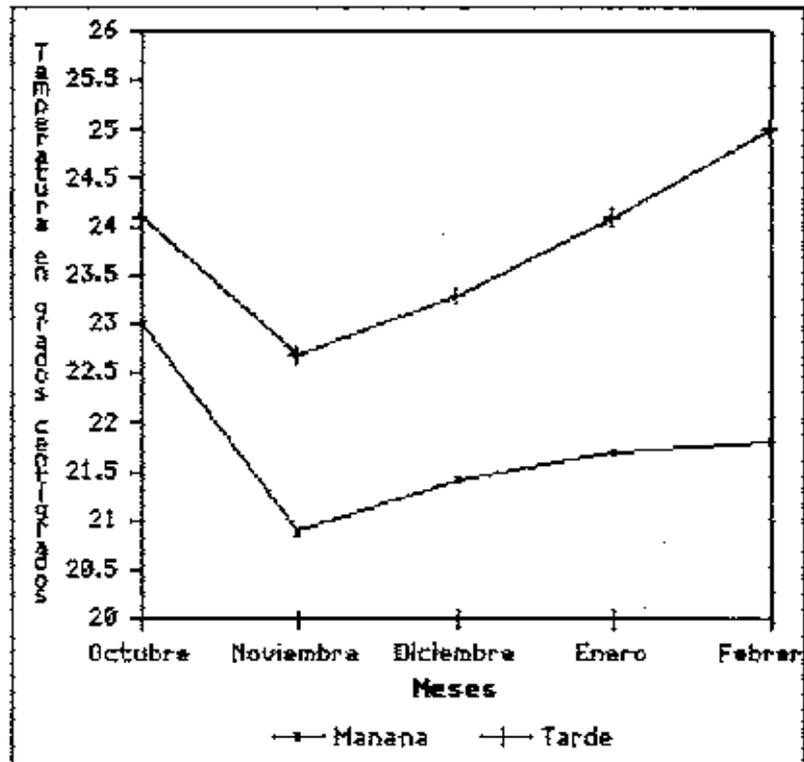


Figura 2. Temperaturas promedios mensuales (°C) máximas y mínimas observadas en la EAF durante el ensayo.

2.3. Fase III (Periodo Residual)

Durante esta fase todos los peces recibieron un tratamiento control (0 ppm MT) con el propósito de probar si la hormona tiene algún efecto residual.

No hubo diferencia significativa entre los pesos promedios finales de los peces (Cuadro 4). El efecto de los tratamientos que consistieron de 60 ppm MT durante la fase de inversión de sexo, no fue estadísticamente superior al efecto de aquellos que no tuvieron hormona. Los peces tratados con 10 ppm MT durante la fase de crecimiento tuvieron un mayor peso que los otros tratamientos, sin embargo las diferencias no eran significativas ($P = 0.1270$).

Jo (1988) observó que peces de *O. niloticus* tratados con 10 y 60 ppm MT durante el periodo de inversión sexual crecieron significativamente más que los peces no tratados, un año después de la inversión del sexo. Este mayor crecimiento se debió a que en los tratamientos con 10 y 60 ppm MT no se produjeron hembras.

En el presente estudio habían hembras en los tratamientos de 10 y 60 ppm MT. Este hecho puede explicar porqué no se detectó diferencia significativa en esta fase del experimento (Anderson y Smitherman, 1978).

Los tratamientos 60-10 y 0-10 tuvieron un mayor efecto en el crecimiento en longitud de los peces. Ambos fueron diferentes ($P = 0.0531$) de los tratamientos que no recibieron hormona en la fase 2 (Cuadro 5). Sin embargo, al comparar la

RECIBIDO EN EL INSTITUTO VETERINARIO Y ZOOLOGICO DE LA UNAM
MEXICO D.F. 1988

Cuadro 4. Peso promedio final y supervivencia a 90 días de Oreochromis niloticus tratado oralmente con diferentes concentraciones de 17-alfa-metiltestosterona. Las medias de los pesos seguidas de las mismas letras no fueron significativamente diferentes ($P = 0.1270$).

Tratamientos (ppm MT)	Peso promedio final (g)			Supervivencia (%)
	*Machos	*Hembras	**Grupal	
0 - 0	7.10A	6.55A	6.85A	92.20
0 - 1	6.95A	6.71A	6.75A	93.30
0 - 10	7.70A	6.28A	7.63A	93.30
60 - 0	6.82A	6.52A	6.70A	91.10
60 - 1	7.35A	6.25A	7.27A	93.30
60 - 10	7.41A	--	7.41A	93.30
EE ¹	0.37	0.25	0.33	
CV ²	13.25	7.40	11.50	

1 = Error estandar.

2 = Coeficiente de Variación en %.

* n = 20

** n = 90

Cuadro 5. Longitud promedio final a 90 días de Oreochromis niloticus tratado oralmente con diferentes concentraciones de 17-alfa-metiltestosterona. Las medias de las longitudes seguidas de las mismas letras no fueron significativamente diferentes (P = 0.0531).

Tratamientos (ppm MT)	Longitud promedio final (cm)		
	*Machos	*Hembras	**Grupal
0 - 0	7.11A	6.28ABC	6.82 C
0 - 1	7.04A	6.96A	6.97ABC
0 - 10	7.35A	5.70 BC	7.24AB
60 - 0	6.95A	6.60AB	6.89 BC
60 - 1	7.18A	5.40 BC	7.13ABC
60 - 10	7.28A	--	7.28A
EE ¹	0.15	0.42	0.13
CV ²	6.30	13.75	4.35

1 = Error estandar.

2 = Coeficiente de Variación en %.

* n = 20

** n = 90

longitud de machos y hembras no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos con 10 y 0 ppm MT. Esto demuestra que la hormona a una concentración de 1 y 10 ppm MT no tuvo efecto residual en la longitud de los peces.

El bajo crecimiento alcanzado por O. niloticus al final de esta fase se puede atribuir al igual que en las fases anteriores, a bajas temperaturas y alta densidad de cultivo. Durante los meses de diciembre y enero se observaron niveles bajos de oxígeno disuelto en el agua durante la mañana (Figura 3). Probablemente, esto pudo haber afectado el consumo de alimento de los peces y retardar su crecimiento.

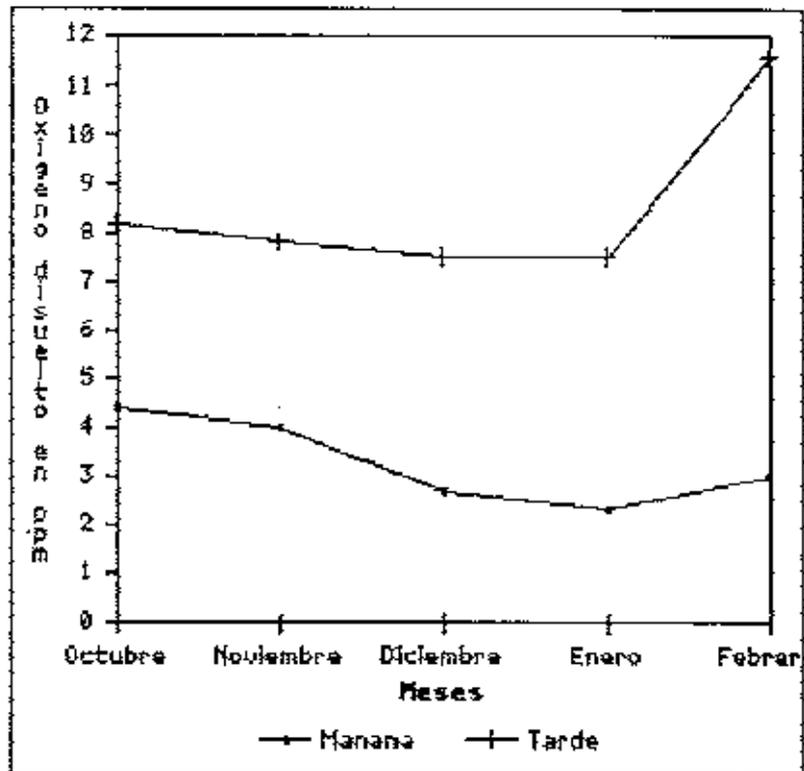


Figura 3. Concentraciones de oxígeno disuelto en el agua observadas en la EAP durante el ensayo.

V. CONCLUSIONES

1. Metiltestosterona fue efectiva en producir poblaciones monosexuales o con un alto porcentaje de machos en O. niloticus.

2. Se encontró un mayor porcentaje de machos que de hembras en los tratamientos que no recibieron hormona durante la fase I (0-0, 0-1 y 0-10).

3. No hubo diferencias significativas en el peso y longitud promedio observado entre los 2 tratamientos (0 y 60 ppm MT) al finalizar la fase de inversión del sexo (30 días).

4. Peces tratados con 10 ppm MT en la segunda fase del experimento crecieron significativamente más en peso y en longitud que peces que no fueron tratados (0 ppm MT).

5. No se encontró efecto residual de la hormona en el crecimiento de los peces al finalizar el experimento.

6. El crecimiento de los peces en el presente trabajo fue limitado por la alta densidad de siembra empleada, las bajas temperaturas del agua y probablemente por niveles bajos de oxígeno experimentados durante parte del ensayo.

VI. RECOMENDACIONES

1. Continuar con experimentos similares, pero de mayor duración y en otras épocas del año, empleando densidades menores de peces y evitando niveles bajos de oxígeno.

2. Utilizar dosis inferiores a 60 ppm MT durante el periodo de inversión de sexo, y determinar cual de ellas es suficiente para producir poblaciones ciento por ciento machos.

3. Realizar otros ensayos ubicando los peces no tratados en tanques diferentes de los peces tratados, para evitar una posible contaminación del alimento.

4. Realizar otros experimentos que permitan cuantificar por separado el efecto anabólico y la inversión del sexo, al usar metiltestosterona en tilapia.

5. Realizar inmunoensayos para determinar la residualidad de metiltestosterona en el producto final ofrecido al consumidor.

VII. RESUMEN

El objeto del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de 17-alfa-metiltestosterona en la inversión de sexo y en el crecimiento de Oreochromis niloticus. El experimento se dividió en tres fases diferentes:

La fase I, con una duración de treinta días, tuvo 2 tratamientos (0 ppm y 50 ppm MT), y 18 repeticiones por cada uno. No se encontró diferencia significativa en el crecimiento entre los peces tratados con 50 ppm MT y los peces del testigo ($P = 0.265$).

La fase II, tuvo una duración de 60 días, y consistió de 6 tratamientos con 6 repeticiones por tratamiento. Los peces que recibieron el tratamiento testigo en la fase I se dividieron en 3 subgrupos, cada uno de los cuales recibió 0, 1 y 10 ppm de MT respectivamente. Se siguió el mismo procedimiento con el grupo que recibió 50 ppm de hormona durante la primera fase. Los peces tratados con 0-10 y 50-10 ppm MT presentaron un mayor crecimiento. Ambos grupos tenían pesos y longitudes promedios significativamente mayores que los otros peces ($P = 0.0853$ y 0.0393 respectivamente).

La fase III tuvo una duración de 30 días. Todos los peces se alimentaron con una ración sin hormona (0 ppm MT). No se encontró efecto residual de la hormona en el crecimiento tanto en peso como en longitud de los peces.

Los tratamientos que recibieron hormona en la primera fase (50-0, 50-1 y 50-10) produjeron una población 100% machos

o con un alto porcentaje de ellos. Los tratamientos que no recibieron hormona en la fase I presentaron una mayor proporción de machos que de hembras.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, C. E. y R. O. SMITHERMAN 1978. Production of normal male and androgen sex-reversed Tilapia aurea and T. nilotica fed a comercial catfish diet in ponds. Symposium on the culture of exotic fishes 1978, R.O. Smitheerman, W.L. Shelton y J.H. Grover (Editors), Fish Culture Section. American Fisheries Society, Auburn, Alabama, USA. 257p.
- AVTALION, R. R. y I. S. HAMMERMAN 1978. Sex determination in Sarotherodon (Tilapia). Department of Life Sciences, Bar-Ilan University, Ramat-Gan. 30:110-115.
- BOWMAN, D. 1974. Comparación entre Tilapia aurea (Steindachner) y Tilapia mossambica (Peters) en estanques en El Salvador. Simposio FAO/Carpas Sobre Acuicultura en Latino América, Montevideo, Uruguay. 13 p.
- BRETT J. R. 1979. Environmental factors and growth. In Fish Physiology Bioenergetics and growth, W.S. Hoar, D.J.Randall and J.R. Brett. Academic Press. New York. 8:599-615.
- CHEN, F. Y. 1969. Preliminary studies on sex-determining mechanism of Tilapia mossambica (Peters) and T. hornorum (Trewavas). Verh. Int. Verein. Limnol. 17:719-724.
- DUNSETH, D.R. y D. R. BAYNE 1978. Recruitment control and production of Tilapia aurea (Steindachner) with the predator Cichlasoma managuense (Gunther). Aquaculture. 14:383-388.
- GUERRERO, R. D. 1975. Use of androgens for the production of all male Tilapia aurea (Steindachner). Transactions of the American Fisheries Society. 104:342-348.
- 1982. Control of tilapia reproduction. In: R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell (Editors). The Biology and Culture of Tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7. pp.309-316.
- HANSON, T. R., R. O. SMITHERMAN, W. L. SHELTON y R. A. DUNHAM 1983. Growth comparisons of monosex tilapia produced by separation of sexes, hybridization, and sex reversal. In: L. Fishelson and Z. Yaron (Compilers), proceedings of International Symposium in Aquaculture. Tel Aviv University. Tel Aviv, Israel. pp. 570-579.
- HEPHER B. y Y. PRUGININ 1985. Cultivo de Peces Comerciales. Traducido del inglés por Luis Fernando Canudas y Eulalia Espinosa Acuña. Editorial Limusa,

- S.A. México, D.F. 316p.
- HICKLING, C. F. 1960. The Malacca *Tilapia* hybrids. *J. Genet.* 57:1-10.
- HIGGS, D. A., H. M. FAGERLUND, J. G. EALES y J. R. McBRIDE 1981. Applications of thyroid and steroids hormones as anabolic agents in fish culture. *Comp. Biochem. Physiol.* 73B:164-165.
- HUET, M. 1972. Textbook of Fish Culture: Breeding and Cultivation of Fish. Fishing News Books Ltd., England. 436p.
- JO, J.-Y. 1988a. II. Effects of 17-alfa-methyltestosterone concentration in the diet on sex reversal and growth of *Tilapia aurea*. In: Doctoral dissertation, Auburn University, Alabama, USA. pp. 4-27.
- 1988b. III. Residual effects of 17-alfa-methyltestosterone on second year growth, body composition, and gonad weight of *Tilapia aurea*. In: Doctoral dissertation, Auburn University, Alabama, USA. pp.4-27
- LOVSHIN, L. L., A. B. DA SILVA Y J. A. FERNANDEZ 1975. El cultivo intensivo del híbrido macho de *Tilapia hornorum* (macho) *T. nilotica* (hembra) en el nordeste de Brasil. Centro de Pesquisas Ictiológicas, Fortaleza, Brasil. pp.162-179.
- MACINTOSH, D. J., T. B. SINGH, D. C. LITTLE y P. EDWARDS 1988. Growth and sexual development of 17-alfa-methyltestosterone and progesterone treated Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in earthen ponds. In: R.S.V. Pullin, T. Bhukaswan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (eds.). The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand. pp.457-463.
- MEYER, D. E. 1990. Growth, survival and sex-ratios of *Tilapia hornorum*, *Tilapia nilotica* and their hybrid treated with 17-alfa-methyltestosterone. In: Doctoral dissertation, Auburn University, Alabama, USA. pp.7-28.
- MUHAYA, B. B. M. 1985. Growth comparisons of *Tilapia nilotica* males produced through oral administration of methyltestosterone at varying levels and durations. Master's thesis. Auburn University, Alabama, USA. 28p.

- PRUGININ, Y. 1967. Report to the Government of Uganda on the experimental fish culture project in Uganda, 1965-1966. FAO/UNDP (Technical Assistance). Reports on Fisheries. Reports 2446. FAO, Rome. 19 p.
- G. ROTHBARD, A. HALEY, R. MOAV y G. HULATA 1975. All male broods of Tilapia nilotica and T. aurea hybrids. Aquaculture. 6:11-21.
- PULLIN, R. S. V. y R. H. LOWE-McCONNELL 1982(editors) The Biology and Culture of Tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Phillipines.
- SHELTON, W. L., K. D. HOPKINS y G. L. JENSEN 1978. Use of hormones to produce monosex tilapia for aquaculture. In: R.O. Smitherman, W.L. Shelton, and J.H. Grover. (Eds.), Culture of Exotic Fishes Symposium Proceedings, Fish Culture Section, American Fisheries Society, Auburn, Alabama, USA. pp. 10-33.
- D. RODRIGUEZ-GUERRERO y J. LOPEZ-MACIAS 1981. Factors affecting androgen sex reversal of Tilapia aurea. Aquaculture. 25:59-65.
- TAYAMEN, M. y W. L. SHELTON 1978. Inducement of sex reversal in Sarotherodon niloticus (Linnaeus). Aquaculture. 14:349-354.
- YAMAZAKI, F. 1976. Application of hormones in fish culture. J. Fish. Res. Board Can. 33:948-958.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de una vía para el peso promedio de Oreochromis niloticus al término de la fase I.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F
Tratamientos	1	0.013	0.013	1.283ns
Error	34	0.338	0.010	
Total	35	0.351		

Coefficiente de variación = 23.43%

ns: no significativo al 10%

Anexo 2. Análisis de varianza de una vía para la longitud promedio de Oreochromis niloticus al final de la fase I.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F
Tratamientos	1	0.021	0.021	0.520ns.
Error	34	1.344	0.040	
Total	35	1.364		

Coefficiente de variación = 7.55%

ns. = no significativo al 10%

Anexo 3. Análisis de varianza de una vía para el peso promedio de Oreochromis niloticus al final de la fase II.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F
Tratamientos	5	4.288	0.848	2.177*
Error	28	10.901	0.389	
Total	33	15.139		

Coefficiente de Variación = 12.86%

* Significativo al 10%

Anexo 4. Análisis de varianza de una vía para la longitud promedio de Oreochromis niloticus al final de la fase II.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F
Tratamientos	5	0.962	0.192	2.731*
Error	28	1.972	0.070	
Total	33	2.934		

Coefficiente de Variación = 4.35%

* Significativo al 5%

Anexo 5. Análisis de Varianza de una vía con un factorial de 2 X 3 para la interacción entre fase I y fase II en el peso de Oreochromis niloticus.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F
Factor A	2	4.245	2.122	5.452*
Factor B	1	0.125	0.125	0.323ns
AB	2	0.108	0.054	0.134ns
Error	28	10.901	0.389	
Total	33	15.379		

Coefficiente de Variación: 12.91%

* Significativo al 1%

ns = No significativo al 10%

ns = No significativo al 10%

Anexo 6. Análisis de Varianza de una vía con un factorial de 2 X 3 para la interacción entre fase I y fase II en la longitud de Oreochromis niloticus.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F
Factor A	2	0.851	0.426	6.041*
Factor B	1	0.048	0.048	0.677ns
AB	2	0.137	0.069	0.973ns
Error	28	1.972	0.070	
Total	33	3.008		

Coefficiente de Variación: 4.36%

* Significativo al 1%

ns = No significativo al 10%

ns = No significativo al 10%

Anexo 7. Análisis de varianza de una vía para el peso promedio de Oreochromis niloticus al final de la fase III.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F
Tratamientos	5	6.382	1.272	1.910ns
Error	26	17.372	0.668	
Total	31	23.754		

Coefficiente de Variación = 11.50%

ns. = no significativo al 10%

Anexo 8. Análisis de Varianza de una vía para la longitud promedio de Oreochromis niloticus al final de la fase III.

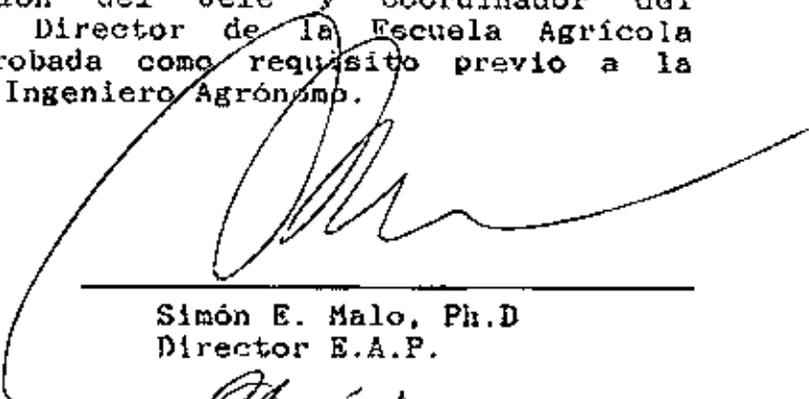
Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F
Tratamientos	5	1.201	0.240	2.543*
Error	26	2.456	0.094	
Total	31	3.657		

Coefficiente de Variación = 4.35%

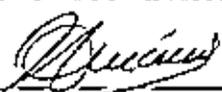
* Significativo al 10%

Esta Tesis fue preparada bajo la dirección del Consejero Principal del Comité de Profesores que asesoró al candidato y ha sido aprobada por todos los miembros del mismo. Fue sometida a consideración del Jefe y Coordinador del Departamento, Decano y Director de la Escuela Agrícola Panamericana y fue aprobada como requisito previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo.

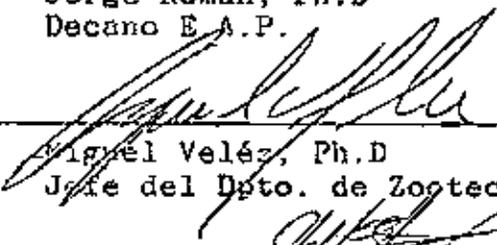
Abril de 1991



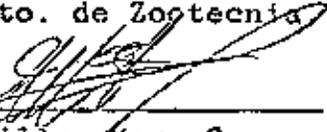
Simón E. Malo, Ph.D
Director E.A.P.



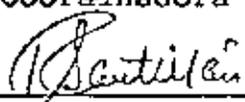
Jorge Román, Ph.D
Decano E.A.P.



Miguel Veléz, Ph.D
Jefe del Dpto. de Zootecnia

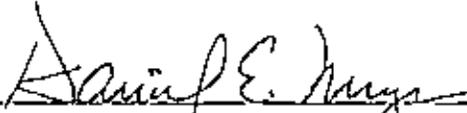


Beatriz Durillo, Mag. Sc.
Coordinadora del Dpto.

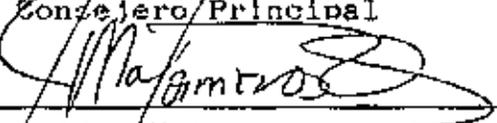


Raúl Santillán, Ph.D
Coordinador del Dpto.

Comité de Profesores:



Daniel E. Meyer, Ph.D
Consejero Principal



Osidro Matamoros, Ph.D
Consejero



Leonardo Corral, Ph.D
Consejero